

Novasitz

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

INTERNACIONAL EN **TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA**

CITID 2013

2013

NO. 54
JUNIO 2013.

ISSN No. 1405-9967
Certificado de Licitud de Título No. 11163
Certificado de Licitud de Contenido No. 7794
Que otorga la comisión calificadora de publicaciones
y revistas ilustradas de la Secretaría de Gobernación.
Reserva 04-2005-091915321800-102



DIRECTORIO

Ing. Roberto Ortiz Delgadillo.
DIRECTOR.

MC. Yolanda Figueroa Ocampo.
SUBDIRECTORA DE PLANEACIÓN.

Dr. Miguel Ángel Chagolla Gaona.
SUBDIRECTOR ACADÉMICO.

MARH. Rogaciano Velázquez Vázquez.
SUBDIRECTOR DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS.

Ing. Alma Lilly Nava Sedano.
**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE
COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN.**

C. Eduardo Vázquez Aranda.
JEFE DE LA OFICINA DE DIFUSIÓN ESCRITA.

Lic. Celerino Alonso Nájera
ENCARGADO DE LA OFICINA DE DIFUSIÓN AUDIOVISUAL.

C. Arturo Fernández Ortiz
ENCARGADO DE LA OFICINA DE EDITORIAL

C. Susana Castro Martínez.
SECRETARIA.

C. Jesús Basilio Castrejón Cortez
IMPRESIÓN EDITORIAL DEL ITZ

**COORDINADOR TÉCNICO DE
LA REVISTA NOUSITZ**
Dr. René Salgado Delgado

Tiraje 250 ejemplares Distribución Gratuita.

REVISTA ARBITRADA

CONSEJO EDITORIAL

Ing. Roberto Ortiz Delgadillo
DIRECTOR DEL PLANTEL

Dr. Miguel Ángel Chagolla Gaona
SECRETARIO ACADÉMICO

MC. Yolanda Figueroa Ocampo
SECRETARIA DE RELACIONES
INTERNAS Y EXTERNAS

MARH. Rogaciano Velázquez Vázquez
SECRETARIO DE FINANZAS
Y COMERCIALIZACIÓN

Ing. Viridiana García Navarro
SECRETARIA TÉCNICO

Ing. Alma Lilly Nava Sedano
JEFA DE INFORMACIÓN

C. Eduardo Vázquez Aranda
JEFE DE EDICIÓN Y PRODUCCIÓN

MC. Pedro Aragón Hernández
JEFE DE EDICIÓN DIGITAL

Ing. Narda Martínez
JEFA DE RESGUARDO Y DISTRIBUCIÓN
DE PUBLICACIONES.

ASESORES

DR. EDGAR GARCÍA HERNÁNDEZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DR. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ CAMPOS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DR. FRANCISCO JAVIER CARTUJANO ESCOBAR

DEPTO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

ING. RICARDO RODRÍGUEZ ROBLEDO
DEPTO. DE METAL-MECANICA

DR. JOSÉ LUIS CORONEL TRUJILLO
DEPTO. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DR. RENE SALGADO DELGADO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ING. RODOLFO LÓPEZ BAILÓN
DEPTO. DE QUÍMICA - BIOQUÍMICA

DRA. ANA CELIA CAMPOS HERNÁNDEZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

M.C. ÁNGEL SANDOVAL JACOBO
DEPTO. CIENCIAS BÁSICAS

DRA. MINERVA GUADALUPE VARGAS VEGA
POSGRADO DE METAL-MECANICA

ING. CLAUDIA BARRETO CABRERA
DEPTO. DE ING. INDUSTRIAL

ING. CLAUDIA NOGUERÓN GONZÁLEZ
INFORMÁTICA Y COMPUTACIÓN

MARH. ROBERTO YÁÑEZ HERNÁNDEZ
CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

LIC. BLANCA NIEVES CABRERA LÓPEZ
CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

Prólogo

¿La ciencia al servicio del hombre o el hombre al servicio de la ciencia?

En la búsqueda incesante de respuestas que expliquen el por qué y cómo de las cosas, el hombre ha recabado un sin fin de conocimientos y aplicaciones, que le han permitido construir el mundo que conocemos.

La interrogante sobre si la ciencia está al servicio del hombre o si más bien, la ciencia nos ha esclavizado y hecho dependientes de ella, es un planteamiento que constantemente surge al analizar las consecuencias e impacto en la humanidad de los alcances científicos y tecnológicos, sin llegar hasta la fecha, a una respuesta final.

Sin embargo, un hecho que sí ha destacado, es la importancia de ligar ambos conceptos en la formación de los individuos. La inclusión en la enseñanza desde un enfoque ético y moral, como factor condicionante para conducir los resultados obtenidos hacia un verdadero bienestar de la humanidad, ha sido una estrategia adoptada en los últimos años para situar a la ciencia en el verdadero lugar que le corresponde: *al servicio del hombre*.

La realización del **Congreso Internacional en Tecnología, Innovación y Docencia CITID-2013**, es un evento académico del **Instituto Tecnológico de Zacatepec**, que a la par de reafirmar los conocimientos teórico-prácticos de los alumnos, adquiridos en el aula, representa un acercamiento con la aplicación de estos conocimientos en la solución de situaciones diversas. El **CITID-2013** es además, un foro que estrecha los vínculos entre investigadores, docentes y estudiantes para impulsar juntos, el estudio en áreas no exploradas o aplicaciones en alternativas no consideradas, generando así, el intercambio de experiencias que enriquecen la labor que cada uno realiza.

Por su importancia y relevancia, en esta ocasión, se han compilado los trabajos presentados en el **CITID-2013**, para conformar una edición especial de la *Nousitz* : *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, por lo que a nombre del **Consejo Editorial del Instituto Tecnológico de Zacatepec**, esperamos que sea de su interés, pero sobre todo, que disfruten de su lectura.

Índice

IQB-00	BIOPROCESOS Y DESARROLLO SUSTENTABLE	
IQB-01	CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS A BASE DE CASEINATO, CON FUNCIÓN ANTIMICROBIANA PROVENIENTE DE CALDOS DE FERMENTACIÓN DE <i>Streptococcus sp.</i> AISLADO DEL POZOL.	1
	B. Mendoza-Mendoza, A.I. Rodríguez-Hernández, G. Díaz-Ruiz, R. Montiel-Duarte, A. Vargas-Torres, <u>N. Chavarría-Hernández</u>	
IQB-02	CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE ALMIDONES DESRAMIFICADOS Y RECRISTALIZADOS DE TUBERCULOS	7
	K.A. Ramírez-Rangel, A. Vargas-Torres, N. Guémes-Vera, F.J.L. García-Suárez y <u>J.P. Hernández-Uribe</u>	
IQB-03	DESEMPEÑO ELECTROQUÍMICO DE ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ENJUAGUE	12
	<u>C.I. Alvarez-Alvarez</u> , C.D. Arrieta-González, M. Casales-Diaz, J. Porcayo-Calderón, L. Martínez-Gómez	
IQB-04	ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE BIOPELÍCULAS A BASE DE CELULOSA OBTENIDA A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA	24
	N. P. Delgado-Hernández, <u>E. García-Hernández</u> , J. R. Rendón-Villalobos, R. Salgado-Delgado, Z. Vargas-Galarza y G. Arámbula-Villa	
IQB-05	ESTUDIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LAS PROPIEDADES DE PELÍCULAS HÍBRIDAS DE GRENETINA-NANOARCILLA	33
	E. M. Subdiaz-Guadarrama, J. C. Ochoa-Jaimes, A. Stefanoni-Altamirano, A. Perfecto-Peralta, J. R. Rendón-Villalobos, R. Salgado-Delgado y <u>E. García-Hernández</u>	
IQB-06	LA EXCLUSIÓN DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA DENTRO DEL CURRÍCULO EDUCATIVO	39
	K. P. Restrepo Salamanca	
IQB-07	MODELOS DE COPOLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN: UN ESTUDIO COMPARATIVO	52
	<u>S. Espinoza-Salgado</u> , J. Reyes-Reyes, C.M. Astorga-Zaragoza y A. Álvarez-Castillo	
IQB-08	MODIFICACIÓN QUÍMICA DEL QUITOSANO Y SU UTILIZACIÓN EN LA REMOCION DEL COBRE EN SISTEMAS ACUOSOS	58
	R. Juárez-Sotelo, <u>Z. Vargas-Galarza</u> , R. Salgado-Delgado, E. García-Hernández, E. Rubio-Rosas, J. Pérez-Orozco, W. N. Hernández-Díaz	
IQB-09	ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE BIOPELÍCULAS DE QUITOSANO DE BAJO PESO MOLECULAR/CELULOSA	64
	L. García-Hernández, <u>E. García-Hernández</u> , J. R. Rendón-Villalobos, R. Salgado-Delgado, Z. Vargas-Galarza y G. Arámbula-Villa	
IQB-10	OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE PE/PPy/CB/CNT Y SU CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA-MORFOLÓGICA	72
	A. Olarte-Paredes, <u>R. Salgado-Delgado</u> , H. Zhao-Hu, Z. Vargas-Galarza, E. García-Hernández, J. Campos-Alvarez.	
IQB-11	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE PHEMA/QUITOSANO/ NANOHIIDROXIAPATITA POR FTIR Y SEM	78
	A. M. Salgado-Delgado, <u>Z. Vargas-Galarza</u> , R. Salgado-Delgado, E. García-Hernández, W. N. Hernandez-Diaz, E. Rosas-Rubio, R. Salgado-Rodriguez	

IQB-12	PRODUCCIÓN DE CELULASAS POR <u>TRAMETES VERSICOLOR</u> UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA COMO SUSTRATO POR FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO D. Cajero-Sotelo, L. Cajero-Sotelo, Y. E. Hernández-Flores, M. E. Ocampo-Millán, G. Valdivieso-Padilla, J. Folch-Malloj y <u>M. J. Granados-Baeza</u>	87
IQB-13	PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE POTENCIAL USO COMO ADITIVOS ALIMENTARIOS, MEDIANTE EL CULTIVO DE <i>Streptococcus sp.</i> AISLADO DEL POZOL, USANDO MEDIOS COMPLEJOS CON MELAZAS J. Pineda-González, W. Y. Sánchez-Reyes, G. Díaz-Ruiz, A. I. Rodríguez-Hernández y <u>N. Chavarría-Hernández</u>	93
IQB-14	PRODUCCIÓN DE UNA PROTEASA RECOMBINANTE DE <i>Jacaratia mexicana</i> EN <i>Pichia pastoris</i>. <u>M. Quiroz-Cardoso</u> , C. Oliver-Salvador, J. Aranda-Barradas, A. Badillo-Corona y N. Durán-Figueroa	100
IQB-15	RESISTENCIA A LA CORROSION DEL COMPUESTO INTERMETALICO Ni₃Al EN SALMUERA-DIESEL SATURADA CON CO₂ <u>D. López-Domínguez</u> , C.D. Arrieta-González, M. Casales-Díaz, J. Porcayo-Calderón, L. Martínez-Gómez	109
IQB-16	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE REDES POLIMERICAS POLI(2-HIDROXIMETIL METACRILATO-(BIS[3-(TRIMETOXISILIL)PROPI]AMINA) CON DIFERENTES CONTENIDOS DE SILICE L. A. Bustos Figueroa, <u>R. Salgado-Delgado</u> , E. García-Hernández, Z. Vargas-Galarza, E. Rubio-Rosas y R. Salgado-Rodríguez	118
IQB-17	SUSCEPTIBILIDAD A CORROSION POR PICADURAS DE TITANIO Y ACERO INOXIDABLE 316-L EN FLUIDOS FISIOLÓGICOS SIMULADOS <u>C.D. Arrieta-González</u> , J. Porcayo-Calderón, L. Martínez-Gómez	129
IQB-18	SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA EN LA FORMULACIÓN DEL CACAHUATE JAPONÉS <u>W. N. Hernández Díaz</u> , F. J. Hernández Campos, I. Parra Chavero, Z. Vargas-Galarza	138
IQB-19	EFFECTO DE LA MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN DE ARROZ EN LA ENCAPSULACIÓN DE VITAMINA C <u>H. M. Palma-Rodríguez</u> , E. Agama-Acevedo y R. A. González-Soto	142
IQB-20	ESTUDIOS DE ESTRUCTURA SUPERFICIAL DE MICROCELULOSA NATIVA Y MODIFICADA POR MEDIO DE AFM Y ESEM M. A. Lorenzo-Santiago, <u>J. R. Rendón-Villalobos</u> , E. García-Hernández, R. Salgado Delgado, y Y. Torres-Ramírez	147
IQB-21	ESTUDIOS TÉRMICOS Y ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN DE JÍCAMA (<i>Pachyrhizus erosus</i>) PARA SU POSIBLE APLICACIÓN EN NUEVOS PRODUCTOS Y. Torres-Ramírez, <u>J. R. Rendón-Villalobos</u> , E. García-Hernández, Z. Vargas Galarza y M. A. Lorenzo-Santiago	155
IQB-22	LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL, DESDE LA RELACIÓN ENTRE LO EDUCATIVO, LO SOCIAL Y LO BIOFÍSICO <u>M. A. Coca Fonseca</u>	163
IQB-23	VALIDACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS DEL SISTEMA HACCP DE LA EMPRESA EMPACADORA DE AGUACATES SAN LORENZO S.A. DE C.V. <u>M. D. Gutiérrez-Botello</u> , F. J. Hernández Campos, M. I. Legorreta-Saavedra	179

IQB-24	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DEL TUBÉRCULO DE CHAYOTE (SECIUM EDULE SW.), EN MEZCLA CON CELULOSA O NANOPARTÍCULAS DE CELULOSA	191
	S. Aila-Suárez , J. J. Islas-Hernández, J. P. Hernández-Urbe, G. Aguirre-Álvarez, <u>A. Vargas-Torres</u>	
IQB-25	EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA EN PELICULAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON ALMIDÓN DEL TUBÉRCULO DE CHAYOTE (SECIUM EDULE SW.), ADICIONADAS CON CELULOSA O NANOPARTICULAS DE CELULOSA	195
	J. Terrazas- Hernández, <u>A. Vargas</u> , N. Chavarria, J.J. Berrios, S.H. Iman	
IQB-26	EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE POLIVINIL ALCOHOL, CELULOSA Y NANOFIBRAS DE CELULOSA, SOBRE PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DEL TUBÉRCULO DE CHAYOTEXTLE (SECIUM EDULE SW.)	202
	M. B. Cottonieto Morales, F. Gutiérrez Meraz, H. M. Palma Rodríguez, A. I. Hernández Rodríguez, <u>A. Vargas Torres</u>	
IQB-27	PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE USO POTENCIAL EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, MEDIANTE EL CULTIVO POR LOTE DE LA BACTERIA ÁCIDO LÁCTICA, streptococcus sp., USANDO MEDIOS DE CULTIVO ALTERNATIVOS	207
	M. A. López-Ortega' A.I. Rodríguez-Hernández, G. Díaz-Ruíz, J. Piloni-Martini y <u>N. Chavarria-Hernández</u>	
ISC-00	CIENCIAS DE LA COMPUTACION	
ISC-01	API PARA CONECTIVIDAD A BASES DE DATOS CON JAVA	215
	V. Bárcenas, M. H. Tiburcio, Y. Castrejón, C. Estrada	
ISC-02	RECONOCIMIENTO DE HUELLAS DACTILARES PARA CONTROL DE ASISTENCIA DE USUARIOS	220
	B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, E. Rodríguez Zavaleta, N. Lara Acono, <u>S. Arrieta Garcia</u>	
ISC-03	DETECCIÓN DE PROBLEMAS DE APRENDIZAJE MEDIANTE SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO	230
	B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, M. Casarrubias García, <u>P. V. Casarrubias Raymundo</u>	
ISC-04	DIAGNÓSTICO DE TRASTORNOS DE CONDUCTA MEDIANTE SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO.	242
	B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, M. Aguilar Castillo, K. M. Castañeda Hernández, A. I. De la Roca Chiapas, L. Santa Olalla Ocampo	
ISC-05	Diseño de una interfaz para el control de mensajes de texto a través de la API WMA.	250
	L. Gama-Moreno, D. Fajardo, C. Noguero González, F.J. Cartujano Escobar, M. Ménez Esquivel	
ISC-06	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO APLICADO A EMERGENCIAS MÉDICAS EN UROLOGÍA	258
	B. A. Aranda Benítez , L. Villavicencio Gómez, E. Rodríguez Zavaleta, N. Lara Acono, D. Arroyo Delgado	
ISC-07	GENERACIÓN Y EJECUCIÓN DE TRAYECTORÍA PARA UN OBJETO ELECTROMECÁNICO MÓVIL UTILIZANDO VISIÓN POR COMPUTADORA	267
	A. de la Roca-Chiapas, R. Ortiz-Delgadillo, L. Santa Olalla Ocampo, A. Pineda Méndez, B. Aranda Benitez, L. Villavicencio Gómez, J. Reyes Reyes	
ISC-08	HERRAMIENTA DE GRAFICACIÓN DE MOTIVOS DE REGULACIÓN	278
	C. Noguero González, M. Ménez Esquivel, F.J. Cartujano Escobar, L. Gama Moreno, J. Morales Barrera y C.G. Bustillos Gaytán	

ISC-9	IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE UNA AUTORIDAD CERTIFICADORA A. Valdez-Aguilar, G. Gallegos-García, R. A. Flores-Espinoza, M. Salinas Rosales	287
ISC-10	INTERFAZ PARA ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE VOZ USANDO EL ATMEL328P CONTROLADO POR COMPUTADORA J. Torres, J. Vázquez, F. Castillo, R. Urzúa, G. Beltrán, E. Contreras, E. Díaz, J. Gadea	297
ISC-11	KIOSCO PARA LA PROMOCION DE LAS CARRERAS EN EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE IGUALA A. Bello-Ernestina, T. Vazquez-Javier, L. Estrada-Ulises, P. Salgado-Enrique y C. Quiroz Anastacio	310
ISC-12	LA TRAZABILIDAD UTILIZANDO MÉTRICAS POR UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL L. Santa Olalla, A. González, A. Pineda, A. De la Roca, L. Villavicencio, B. Aranda, S. Martínez	316
ISC-13	LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) APLICADOS EN LA INGENIERÍA A. Suárez, C. Astudillo	325
ISC-14	MAPEO DE CONSULTA VISUAL A TEXTUAL EN VXQUERY F.J. Cartujano Escobar, M. Ménez Esquivel, C. Noguérón González, H. Flores Salazar y C.G. Bustillos Gaytán	333
ISC-15	MINI GRID MORELOS, INFRAESTRUCTURA DE CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL ESTADO DE MORELOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN E-CIENCIA P. Moreno-Bernal, M. A. Cruz-Chávez, A. Martínez-Oropeza, M. Flores-Pichardo, M. Á. Córdova-Serrano	346
ISC-16	MODELO PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS BASADO EN EL PATRÓN MODELO-VISTA-CONTROLADOR. N. Lara Acono, L. Villavicencio Gómez, L. Santa Olalla Ocampo, E. Rodríguez Zavaleta, B. A. Aranda Benítez	355
ISC-17	RECONOCIMIENTO DE RASGOS FACIALES PARA CONTROL DE ACCESO ENTRADA/SALIDA DE USUARIOS B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, R. Carranza Sotelo, E. Rodríguez Zavaleta, N. Lara Acono	362
ISC-18	RECONOCIMIENTO FACIAL (BASADO EN EL REGISTRO DE PERSONAL) E. Díaz Domínguez, B. Cardona Hernandez, C. Montero Reynoso, D. Olivares Hernandez, E. Peña Garcia, F. Rivera Rodriguez	370
ISC-19	RECORRIDO VIRTUAL INTERACTIVO EN 3D CON REALIDAD AUMENTADA UTILIZANDO EL MOTOR DE VIDEOJUEGOS “UNITY 3D” RV-UTEZ E. Adán-Moreno, M. Luna-Ortiz, E. Damián-Solis	376
ISC-20	SISTEMA CONSTRUCTOR DE APLICACIONES EN LENGUAJE C MEDIANTE COMANDOS DE VOZ (C-VOZ). J. Cortés-Galicia, D. Degollado-Hernández y A. G. Juárez-Carrión	383
ISC-21	SISTEMA DE APOYO PARA EL TRATAMIENTO DE NIÑOS CON DIFICULTADES DE LECTO – ESCRITURA (SATLEES). J. Cortés-Galicia, C. E. Rubio-Orozco y A. G. Juárez-Carrión	392
ISC-22	REPRESENTACION XML DE UNA CONSULTA VISUAL EN VXQUERY F.J. Cartujano Escobar, M. Ménez Esquivel, C. Noguérón González, M.A.J. Lagunas Martínez y A.C. Campos Hernández	402

ISC-23	ACCESO VEHICULAR PARA EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE ZACATEPEC	414
	A. Díaz Villegas, A. E. Díaz Domínguez, E. Ramírez Thomain, D. Montes Barrios & L. A. Serrano Delgado	
ISC-24	ATAQUES MAN IN THE MIDDLE WIRELESS EN LA APLICACIÓN DE PROTOCOLOS(HTTP,HTTPS)	421
	J. Á. Peña Ramírez, S. A. Chavarria Puga	
ISC-25	SISTEMA DE MONITOREO DE PROCESOS MEDIANTE LA TÉCNICA CRC (CYCLIC REDUNDANCY CHECK) PARA DETECCIÓN DE CÓDIGO MALICIOSO	432
	J. Á. Peña Ramírez, S. A. Chavarria Puga	
IC-00	INGENIERÍA CIVIL	
IC-01	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ARENAS PARA CONCRETO HIDRAULICO	442
	E. G. Carrillo-González, R. B. Cervantes-Quintana, O. de la Paz Soto-Talavera, R. Salgado-Delgado, <u>A. Sedano-Peñaloza</u>	
IC-02	LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN PLAZAS DE COBRO	454
	<u>S. Flores – Hernández</u>	
IEM-00	TERMOFLUÍDOS Y ENERGÉTICA	
IEM-01	ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR DE DESECHO CON UN PROTOTIPO DE CICLO TERMODINÁMICO POR ABSORCIÓN	465
	<u>J. Ibarra – Bahena</u> , L. Velazquez – Avelar, C. V. Valdez – Morales, Y. R. Galindo – Luna, R. J. Romero	
IEM-02	ANALYSIS OF INTERACTION BETWEEN NATURAL CONVECTION AND SURFACE THERMAL RADIATION IN TILTED SLENDER CAVITIES WITH VARIABLE PROPERTIES	470
	<u>R. Alvarado-Juárez</u> , M.C. Domínguez-Ayala and A. Reyna-Ballesteros	
IEM-03	DIRECT STEAM-GENERATION IN HORIZONTAL AND INCLINED PIPES	481
	<u>F. Aguilar-Gastelum</u> , O. Cazarez-Candia, S. L. Moya-Acosta	
IEM-04	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR PID PARA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN UNA BARRA METÁLICA MEDIANTE UNA CELDA PELTIER	500
	<u>A. J. Martínez Mata</u> , J. E. Arreola Chacón, J. E. Ruiz Ramírez, O. C. Benítez Centeno y R. Silva Martínez	
IEM-05	ESTUDIO TEÓRICO DEL ARRASTRE DE RECORTES DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS	511
	G. A. Sánchez Lozano, O. Cazarez Candia, O. C. Benítez Centeno	
IEM-06	EVALUACION ENERGETICA DE UNA INCUBADORA PARA AVES, CON ENERGIA SOLAR	518
	<u>Del Valle Soberanes B. A.</u> , Gamboa Sánchez S., Gutiérrez Macedo M., Nájera Medina P. R., Reyes Salgado G., Montes Martínez A.	
IEM-07	IN SITU COMBUSTION SIMULATION IN A MATRIX-FRACTURE SYSTEM	533
	C.G. Aguilar-Madera and <u>O. Cazarez-Candia</u>	
IEM-08	MODELADO DEL DESPLAZAMIENTO INMISCIBLE AGUA-ACEITE EN UN SISTEMA FRACTURA-MEDIO POROSO	547
	<u>E. D. Reyes-Téllez</u> , O. Cazarez-Candia y C.G. Aguilar-Madera	
IEM-09	MODELADO DEL TRANSPORTE DE OXÍGENO A ESCALA DE PORO EN UN SISTEMA MATRIZ-FRACTURA	555
	G. Rojas-Altamirano, <u>O. Cazarez-Candia</u> y C. G. Aguilar-Madera	
IEM-10	SIMULACIÓN DE FLUJO BIFÁSICO EN UN MEDIO POROSO CON RED DE FRACTURAS	563
	<u>J. Díaz-Ávila</u> , O. Cazarez-Candia y C.G. Aguilar-Madera	

IEM-11	SIMULACIÓN NUMÉRICA DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR P. Verazaluze-Barragán, J. R. Hernández-Pérez, O. Cazarez-Candia	571
IEM-12	STRATIFIED THERMAL STORAGE TANKS: A COMPARATIVE STUDY OF ONE-DIMENSIONAL MODELS R. Alvarado-Juárez, M.C. Domínguez-Ayala and A. Reyna-Ballesteros	588
IEM-13	TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN SISTEMA MATRIZ-FRACTURA CON FLUJO MONOFÁSICO I.G. Torres-Tapia, O. Cazarez-Candia y C.G. Aguilar-Madera	593
IEM-14	VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA BURBUJA DE TAYLOR O.C. Benítez-Centeno, O. Cazares-Candia y J. Bahena-Maciél	602
IIN-00	OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA Y MEJORAMIENTO DE PROCESOS	
IIN-01	COMPETENCIAS PROFESIONALES NECESARIAS EN LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLES (FMS) J. L. Coronel-Trujillo, D. Ochoa Vásquez, N. R. Gómez Rivera, Ma. C. Domínguez Marroquín, E. López Durán y S. A. Chavarría Puga	620
IIN-02	DISEÑO, FABRICACION CON CNC Y EVALUACION DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM B. A. Del Valle Soberanes, S. Gamboa Sánchez, M. Gutiérrez Macedo, P. R. Nájera Medina, G. Reyes Salgado, A. Montes Martínez	634
IIN-03	ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA ETAPA DE SECADO DE UNA GRANOLA UTILIZANDO CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO E. Arriaga Ambriz, H. Alonso Jiménez, C. Barreto Cabrera, O. Román Rosales, J.L. Coronel Trujillo	643
IIN-04	MANUFACTURA DE UN EQUIPO PARA MEDIR LA ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS SUPERFICIES E. Estrada Gonzaga, J. Tapia Toral, O. Román Rosales, V. Y. Atala Campos, L. A. Medina Juárez y G. Gómez Ortiz	652
IIN-05	SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CONFIABLE X. Astudillo; J. Astudillo	662
IIN-06	ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN EL PESO DE UNA BARRA DE CEREAL UTILIZANDO CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO C. Barreto, E. Hernández, O. Román, J.L. Coronel	671
ADM-00	GESTIÓN EN MERCADOTECNIA, ADMINISTRACIÓN Y RECURSOS HUMANOS	
ADM-01	ESTRATEGIAS DE SOCIAL MEDIA PARA LAS MIPYMES Y DISMINUIR LA BRECHA DIGITAL EN TÉRMINOS DE ACCESO Y HABILIDADES DE USO DE TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON EL NUEVO MARKETING M. C. Domínguez-Ayala, A. Reyna-Ballesteros, R. Alvarado-Juárez	680
ADM-02	EVALUACIÓN VOCACIONAL DE LOS ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN CONTADURÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE IGUALA M. de los A. Bárcenas Nava, R. Marchán Lázaro, E. Trujillo Beltrán, I.A. Fernández Jaimez y F. Manuel Regino	689
ADM-03	SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MICROEMPRESAS Una aproximación entre el sector formal e informal Sergio A. Chavarría Puga	697

CB-00	OBJETOS DE APRENDIZAJE, TIC'S APLICADAS A LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA Y DOCENCIA	
CB-01	CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA DOCENTE, UNA NECESIDAD URGENTE PARA LA INCORPORACIÓN DE LAS TIC'S EN ESCUELAS PRIMARIAS I. Patiño-Galvan y M. Verduzco-Rodríguez	703
CB-02	INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍA EDUCATIVA PARA LA FORMACIÓN DOCENTE INTERCULTURAL BILINGÜE <u>A. Segundo C.</u> , M. E. García C., M. E., N. Pacheco S., B. E. Guerra E.	711
CB-03	LAS FUNCIONES ACTUALES DE LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA <u>E. Guerrero-Visoso</u> , A. Soler-Durán	717
CB-04	MÉTODO DE PROYECTOS POSIBLE INSTRUMENTO PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN FÍSICA C. Mureddu Torres, <u>M. Domínguez Quezada</u>	722
CB-05	MODELO INTEGRAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN ESCOLAR, MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN I. Patiño-Galvan y M. Verduzco-Rodríguez	727
CB-06	PROGRAMAS DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA PARA EL DOCENTE DIGITAL <u>A. Reyna-Ballesteros</u> , M.C. Dominguez-Ayala y R. Alvarado-Juarez	733
CB-07	SISTEMA INTEGRAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN ESCOLAR, INCLUYENDO SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN I. Patiño-Galvan y M. Verduzco-Rodríguez	746
CB-08	UNA ESTRATEGIA REUTILIZANDO VIDEOS DE YOUTUBE COMO OBJETOS DE APRENDIZAJE, PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA "APRENDER A APRENDER" M. C. Domínguez Marroquín, N.R. Gómez Rivera y <u>C.R. Moncada Andino</u>	756
CB-09	PIZARRÓN DIGITAL-TOUCH V. I. Camacho Gallardo, <u>A. E. Díaz Domínguez</u> , L. A. Olalde Belevin, J. G. Ramos Galicia, A. Rosas Rames, e I. Valdez Ramírez	763
CONFERENCIAS INVITADAS		
1	LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ORGÁNICA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA INTERCULTURALIDAD W. Sedano	770
2	BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN LA WEB DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS ANÁLISIS DE PROTOCOLOS VERBALES A. Huertas	781
3	COSECHADO DE ENERGÍA (ENERGY HARVESTING), FUENTES TÉCNICAS Y APLICACIONES Juan Carlos Cruz Hurtado	795
4	FORMACIÓN INVESTIGATIVA INICIAL: REFLEXIONES PEDAGÓGICAS Y DIDÁCTICAS J C. Tovar-Gálvez	797
5	MODELING, PREPARATION AND TRANSMISSION CHARACTERISTICS OF BRAGG FIBERS FOR DELIVERY OF HIGH POWERS AT 1060 NM <u>V. Matějec</u> , I. Kašík, O. Podrazký, J. Aubrecht, M. Frank, M. Jelínek and V. Kubeček	808
6	ALTERNATIVAS EN LA FORMACIÓN AMBIENTAL DE INGENIEROS J. C. Tovar-Gálvez	821

CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS A BASE DE CASEINATO, CON FUNCIÓN ANTIMICROBIANA PROVENIENTE DE CALDOS DE FERMENTACIÓN DE *Streptococcus* sp. AISLADO DEL POZOL.

B. Mendoza-Mendoza^{1,2}, A.I. Rodríguez-Hernández¹, G. Díaz-Ruiz³, R. Montiel-Duarte⁴,
A. Vargas-Torres¹, N. Chavarría-Hernández¹

¹Cuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Avenida Universidad Km 1, Rancho Universitario. Tulancingo, Hidalgo, CP 43600 - norberto@uaeh.edu.mx; ²Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, ³Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, ⁴Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, CINVESTAV.

Área de participación: Bioprocesos y desarrollo sustentable

Resumen. Películas de caseinato de sodio-glicerol (1:0.3) con la inclusión de sustancias antimicrobianas (AM) producidas por la bacteria láctica, *Streptococcus* sp. (aislada del pozol, bebida fermentada a base de maíz y cacao), a diferentes concentraciones (0, 0.5, 0.7, 0.9 y 1.25 mg_{AM}/g_{película}), fueron caracterizadas mediante pruebas de permeabilidad al oxígeno (PO₂), al vapor de agua (PVA) y pruebas de tensión uniaxial; para PVA no existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Blanco (B), 6.12; T1, 4.18; T2, 4.39; T3, 5.29, y T4, 5.55 × 10⁻¹⁰ g/s·Pa·m). En PO₂ si hubieron diferencias significativas: PO₂ disminuyó con la incorporación de AM (Blanco, 13.2; T1, 2.27; T2, 4.45; T3, 4.77, y T4, 4.41 × 10⁻¹⁴ g_{H2O}·m/s·Pa·m²). Las pruebas mecánicas mostraron que la adición de AM disminuye el módulo de Young y aumenta el porcentaje de elongación, manteniéndose prácticamente constante el esfuerzo a la fractura. La capacidad inhibitoria de las películas-AM contra *Listeria monocytogenes* fue evaluada mediante determinación de la máxima velocidad específica de crecimiento (μ_{máx}) y el tamaño de las colonias (área/(área inicial)≡A/A₀), encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos: μ_{máx}, B-sin película (SP), 0.77; B-con película (CP), 0.74; T1, 0.16; T2, 0.10, y T3, 0.10 h⁻¹; A/A₀, B-SP, 1592.5; B-CP, 459.8; T1, 9.1; T2, 3.3, y T3, 3.0, observándose una disminución de μ_{máx} y A/A₀ al aumentar la concentración de AM. T4 no permitió crecimiento microbiano.

Introducción

El propósito principal de los empaques es la preservación y protección de todo tipo de productos, siendo los alimentos y las materias primas un campo de gran importancia. Estos productos requieren atención dada la contaminación generada por microorganismos (bacterias, esporas, hongos, etc.) durante la manipulación. La protección se hace a través de los empaques, los cuales generalmente se elaboran a partir de polímeros sintéticos. El uso indiscriminado de empaques sintéticos ha generado serios problemas ecológicos contribuyendo a la contaminación ambiental provocada por desechos sólidos de baja degradabilidad. Esto ha impulsado la búsqueda de biopolímeros naturales para la elaboración de películas que puedan sustituir a los materiales sintéticos (Villada et al 2007). Las películas comestibles han sido utilizadas para reducir el deterioro de los alimentos por diferentes factores, incluyendo pérdida de la humedad, crecimiento microbiológico y oscurecimiento enzimático entre otros (Martins et al 2010).

En los últimos años, los consumidores se han preocupado por mejorar sus hábitos alimenticios, ahora prefieren aquellos productos con mayor calidad, que sean naturales, mínimamente procesados y listos para consumir. Esto implica tener productos libres de conservadores y aditivos, que logren tener por mayor tiempo excelente calidad sensorial, y sobre todo excelente calidad sanitaria para evitar brotes de enfermedades por consumo de alimentos contaminados. La biopreservación es un método de conservación, donde se utiliza de forma controlada la microbiota natural del alimento o sus productos antimicrobianos. Las bacterias ácido lácticas (BAL) son los principales microorganismos usados en este método ya que los productos finales de su metabolismo, como las bacteriocinas (v.gr., nisina), tienen propiedades antimicrobianas. El uso de nisina en películas comestibles para controlar el crecimiento de microorganismos en alimentos ha sido ampliamente investigado (Cha et al 2003; Li et al 2006; Sanjurjo et al 2006; Kristo et al 2008; Imran et al 2010). En el presente trabajo se elaboraron y caracterizaron películas de caseinato de sodio con la inclusión de sustancias antimicrobianas (AM) producidas por BAL, *Streptococcus* sp., aislada de pozol, alimento tradicional fermentado, que evitan o retrasan el crecimiento de *Listeria monocytogenes*.

Sección Experimental

Producción de AM. La cepa *Streptococcus* sp. utilizada para la producción de AM fue aislada del *pozol* (bebida fermentada de maíz) y proporcionada por la Dra. C. Wachter (Facultad de Química, UNAM). Después de su activación se hizo una resiembra en caldo MRS (inóculo al 1%), incubando durante 24 h en agitación (130 rpm). El caldo de fermentación se centrifugó a 5000 rpm por 30 min a 4°C, el sobrenadante se ajustó a un pH entre 6.5 – 7.0, se concentró (75%) en un rota vapor con controlador de vacío (BÜCHI R-215), seguido de un tratamiento térmico (10 min a 105°C) y se conservó a -20°C.

Elaboración de películas. Caseinato de sodio (4%) (Lactonat EN-US Lactoprot) y glicerina (30% p/v base seca) (ACS, Reactivos Química Meyer) como plastificante, se disolvieron en agua destilada hasta homogenización completa, luego se agregó el concentrado AM en diferentes concentraciones (0, 0.5, 0.7, 0.9 y 1.25 mg_{AM}/g_{película}), La mezcla resultante se homogenizó a 11,000 rpm por 5 min (homogeneizador Polytron-Aggregate Luzerrerstrasse 147 CH-6014 Littau/luzern). La solución filmogénica se vació en moldes para secarlos por 24 h en campana de flujo laminar; una vez formadas las películas, se acondicionaron por 48 h a 50-55 % HR.

Evaluación del efecto antimicrobiano. *L. monocytogenes* (cepa proveniente de la colección FQ-UNAM) fue utilizada como indicador de inhibición. Se caracterizó la cinética de crecimiento colonial de la bacteria indicadora. Una vez que *L. monocytogenes* fue activada, se tomaron 50 µL del cultivo para inocular 5 mL de caldo BHI e incubar a 35°C por 6 h. Se realizaron diluciones decimales para sembrar en superficie (60 UFC/caja Petri) de medio Oxford para listeria (BD Difco); luego, en la superficie del agar inoculado fue colocada una película (previamente esterilizada durante 24 h con luz UV) y se incubaron a 35°C. Utilizando el microscopio Nikon eclipse 80i se hizo un monitoreo del crecimiento colonial (5

colonias/placa), realizando mediciones para obtener el área total de las colonias (Software Motic images 2000 1.3). Este registro fue realizado cada 2 h hasta cumplir 72 h de incubación.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA). La PVA a través de las películas se determinó gravimétricamente usando el método estándar para la transmisión de vapor de agua en materiales en forma de lámina (ASTM E96-80, 2003).

Permeabilidad al oxígeno (PO₂). La prueba se realizó en el equipo VAC-V2 Permeability tester, que mide la tasa de transferencia de un gas permeante a través de una película (principio manométrico ASTM D1434). Este equipo opera bajo las normas ISO 2556, ISO 15105-1, ASTM D1434, GB 1038, JIB K7126-A. La presión de gas permanente fue de 1.01 Kg_f/cm², a 23°C.

Pruebas mecánicas. La prueba fue realizada con base en el método estándar ASTM D882-97, en un texturómetro Texture Analyser modelo TA-HDi con una celda carga de 25 kg y pinzas de tensión A/TG. Las películas fueron cortadas en tiras de 10 × 1 cm y la velocidad de extensión fue de 1.5 mm/s. Se calcularon los siguientes parámetros: esfuerzo a la fractura ($\sigma_{\text{máx}}$), módulo de Young (EM) y porcentaje de elongación (%E).

Análisis estadístico. Los resultados de las distintas pruebas se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), determinando la diferencia entre medias ($p \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico Sigma Plot 11.0.

Resultados y Discusión

Evaluación del efecto antimicrobiano. Se probaron diferentes concentraciones de antimicrobiano, de tal manera que se pudiera encontrar el mayor efecto inhibitorio sobre *L. monocytogenes* por acción de la película-AM; además se incluyeron dos blancos, una placa que no tenía película (B-SP) y otra que tenía película sin AM (B-CP). La Figura 1 muestra el crecimiento colonial de *L. monocytogenes* en función del tiempo de incubación, donde se observa que cuando listeria creció normalmente (Blanco-SP), la fase estacionaria (λ) fue de 19 h; lo mismo sucedió con el tratamiento sin antimicrobiano (Blanco-CP). En contraste, en los tratamientos T1 y T2 la λ fue de 35 h, en T3 de 45 h y en T4 no se detectó crecimiento alguno durante el periodo de incubación (72 h). La fase λ indica el tiempo en que un microorganismo es capaz de adaptarse al medio antes de comenzar a reproducirse o aumentar su población, ya sea en un alimento o en un medio de cultivo (Murray et al 2006). De acuerdo con los resultados se observa que λ aumenta si la cantidad de AM en la película es mayor, lo cual indica que la presencia de estas sustancias producidas por la BAL afecta la multiplicación de listeria hasta por 72 h. Por otra parte, la $\mu_{\text{máx}}$ también disminuyó conforme aumentó la concentración de AM en la película. Los valores de $\mu_{\text{máx}}$ entre los tratamientos B-SP (0.77 h⁻¹) y B-CP (0.74 h⁻¹) no exhibieron diferencias significativas; sin embargo entre éstos últimos y los tratamientos T1 (0.16 h⁻¹), T2 (0.10 h⁻¹) y T3 (0.9 h⁻¹) si presentaron diferencias significativas. La determinación de la $\mu_{\text{máx}}$ es importante ya que permite saber con certeza la velocidad de crecimiento de la bacteria, nos da idea de la rapidez de duplicación de las células

y dependiendo de su valor podemos determinar condiciones que favorecen o perturban el crecimiento bacteriano. Por otra parte, en la Figura 1 también podemos observar cómo las películas con AM proporcionaron condiciones adversas para el desarrollo de listeria ya que los tamaños alcanzados por las colonias respectivas en estos tratamientos fueron dos órdenes de magnitud más pequeñas que lo exhibido por las colonias equivalentes desarrolladas en B-SP y B-CP. Se consideró que el tamaño de las colonias es directamente proporcional con la cantidad de biomasa de listeria presente.

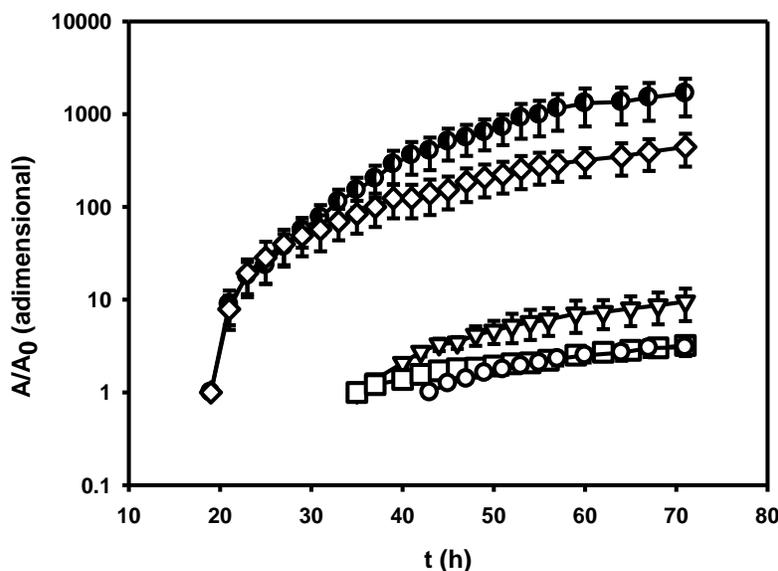


Figura 1. Efecto inhibitorio del crecimiento de *Listeria monocytogenes* por películas de Caseinato de Sodio con la inclusión de sustancias antimicrobianas producidas por la bacteria ácido láctica, *Streptococcus* sp. Clave: ●, blanco sin película; ◇, blanco con película sin antimicrobiano; ▽, T1 (0.5 mg_{AM}/g_{película}); □, T2 (0.7 mg_{AM}/g_{película}), y ○, T3 (0.9 mg_{AM}/g_{película}).

Permeabilidad al vapor de agua y al oxígeno. En la Tabla 1 se muestran los resultados de PVA y PO₂ de las películas estudiadas en este trabajo. Con relación a PVA, los datos muestran que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos probados (PVA_{promedio}=5.11 × 10⁻¹⁰ g/s·Pa·m). En contraste, en lo referente a PO₂ si se presentaron diferencias significativas entre el blanco, que exhibió el mayor valor en este parámetro (i.e., 13.2 × 10⁻¹⁵ g·m/s·Pa·m²), y los diferentes tratamientos estudiados, los cuales resultaron sin diferencias significativas (PO_{2promedio}=3.90 × 10⁻¹⁵ g·m/s·Pa·m²). La incorporación de AM en las películas disminuyó la PO₂. Por otra parte, los valores determinados de PO₂ son muy cercanos a los reportados para materiales sintéticos como el polietileno de baja densidad y otros (Bonilla et al 2011). Por esta razón, con base al comportamiento PO₂ podría sugerirse el uso de estas películas como empaques de alimentos ricos en grasas o aceites esenciales.

Pruebas mecánicas. Los valores obtenidos de los parámetros mecánicos, modulo de Young (EM), porcentaje de elongación (%E) y esfuerzo a la fractura ($\sigma_{\text{máx}}$) de las distintas películas estudiadas, son presentados en la Tabla 2. En cuanto a EM, se observó su disminución conforme aumentó la concentración de AM, haciendo a las películas menos rígidas; este efecto fue mayor a concentraciones de AM por arriba de 0.5 mg_{AM}/g_{película}. Debido a este incremento en la concentración de AM, el %E aumentó, lo cual sugiere que la mezcla compleja que constituye el extracto del caldo de fermentación de BAL continente de AM, podría también estar actuando como plastificante. El valor de $\sigma_{\text{máx}}$ varió con la adición de AM, sin embargo, ésta no fue tan marcada como la variación observada en los otros parámetros mecánicos estudiados.

Tabla 1. Valores de PVA y PO₂ exhibidos por películas de Caseinato de sodio-glicerol-AM

Tratamiento	PO ₂ × 10 ¹⁵ (g·m/s·Pa·m ²)	PVA × 10 ¹⁰ (g/s·Pa·m)
Blanco	13.2 (1.18 × 10 ⁻¹⁴)*a	6.12 (5.47 × 10 ⁻¹¹)a
T1	2.27 (1.02 × 10 ⁻¹⁴)b	4.18 (9.50 × 10 ⁻¹¹)a
T2	4.45 (5.29 × 10 ⁻¹⁵)b	4.39 (4.84 × 10 ⁻¹¹)a
T3	4.77 (2.71 × 10 ⁻¹⁵)b	5.29 (5.60 × 10 ⁻¹¹)a
T4	4.41 (2.57 × 10 ⁻¹⁵)b	5.55 (3.82 × 10 ⁻¹²)a

*Valores entre paréntesis, desviación estándar.

Letras diferentes en columnas, existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Tabla 2. Propiedades mecánicas de películas de Caseinato de sodio -glicerol-AM

Tratamiento	EM (MPa)	E (%)	$\sigma_{\text{máx}}$ (MPa)
Blanco	19.13 (3.30)a	90.04 (7.27)a	1.80 (0.17)a
T1	16.67 (1.52)a	88.07 (9.54)a	1.55 (0.10)b
T2	8.98 (0.53)b	140.76 (6.88)b	1.82 (0.10)a
T3	6.26 (0.73)b	120.71(7.31)c	1.24(0.15)c
T4	7.18 (0.62)b	103.15 (3.37)d	1.17 (0.05)c

*Valores entre paréntesis, desviación estándar.

Letras diferentes en columnas, existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Conclusiones

Las películas de caseinato de sodio adicionadas con sustancias antimicrobianas (AM) producidas por la bacteria ácido láctica, *Streptococcus* sp., aislada de pozol, resultaron ser eficientes para inhibir el crecimiento de *L. monocytogenes*. En particular, el tratamiento T4 (1.25 mg_{AM}/g_{película}) resultó ser el mejor para impedir el crecimiento de esta bacteria, al menos hasta por 72 h de incubación. Por otra parte, la incorporación de estas sustancias no tiene un efecto muy importante en las propiedades de permeabilidad a gases (i.e., agua, PVA, y oxígeno, PO₂). Específicamente, en el caso de PO₂ se presenta una ligera disminución al incrementar la cantidad de AM, lo cual es deseable para alargar la vida de anaquel en algunos alimentos. Finalmente, las propiedades mecánicas sí son afectadas en gran medida; sin embargo, las películas adquieren propiedades que las hacen

más adecuadas, en el sentido de ser manipulables con mayor facilidad sin afectar su integridad.

Agradecimientos

B. Mendoza-Mendoza agradece la beca CONACyT para realización de estudios de posgrado (No. Becario 373017). Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "*Diseño y caracterización de películas alimentarias a base de biopolímeros y antimicrobianos naturales*" que se realiza en el marco de la red "*Biotecnologías basadas en biomoléculas funcionales para el sector agroalimentario*" financiado por el programa de Mejoramiento del Profesorado, SEP, 2012.

Referencias

1. Bonilla J.; L. Atarés; M. Vargas; A. Chiralt. *Journal of Food Engineering* 2011, 110, 208-213.
2. Cha S.D.; K. Cooksey; M.S. Chinnan; H.J. Park. *Food Science and Technology* 2003, 36, 209-213.
3. Imran N.; S. El-Fahmy; A.M. Revol-Junelles; S. Desobry. *Carbohydrate Polymers* 2010, 81, 219-225.
4. Kristo E.; P.K. Konstantinos; G.B. Costas. *Food Hydrocolloids* 2008, 22, 373–386.
5. Li B.; J.F. Kennedy; J.L. Peng; X. Yie; B.J. Xie. *Carbohydrate Polymers* 2006, 65, 488–494.
6. Martins J.T.; M.A. Cerqueira; B.W.S. Zouza; M.C. Avides; A.A. Vicente. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2010, 58, 1884-1891.
7. Murray P.R.; K.S. Rosenthal; M.A. Pfäuer, *Microbiología Médica*, 5a Edición, Elsevier, Madrid, España 2006.
8. Sanjurjo K.; S. Flores; L. Gerschenson; R. Jagus. *Food Research International* 2006, 39, 749-754.
9. Villada H.S.; H.A. Acosta; R.J. Velasco. *Temas Agrarios* 2007, 12, fd5-13.

CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE ALMIDONES DESRAMIFICADOS Y RECRISTALIZADOS DE TUBERCULOS.

K.A. Ramírez-Rangel¹, A. Vargas-Torres¹, N. Guémes-Vera¹, F.J.L. García-Suárez² y J.P. Hernández-Uribe¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km 1, Rancho Universitario. Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43600 México - keyla_1826@hotmail.com; apolovt@hotmail.com; njgv2002@yahoo.com.mx; hdezspark@hotmail.com; ² Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional - gar_sua_fj@hotmail.com.

Área de participación: Polimeros

Resumen – El almidón resulta un ingrediente o aditivo de bajo costo en la industria alimentaria y por su abundancia resulta factible su utilización. La investigación en ciencia y tecnología de este polímero ha propuesto métodos de modificación en su estructura, y potenciar algunos beneficios como lo es la generación de almidón resistente; por lo que el objetivo del trabajo fue caracterizar parcialmente el almidón desramificado y recristalizado de papa y chayotextle (*Sechium edule Sw*). Se desramificaron los almidones con Pululanasa y se hicieron pruebas de HPLC, de rayos X, se determinaron las propiedades térmicas y de digestibilidad de los almidones. Los resultados de HPLC mostraron que mediante la desramificación y recristalización, se obtuvieron diferentes fracciones del almidón, es decir, cadenas de amilosa con diferentes longitudes, mientras que los resultados de rayos X indicaron que la desramificación y recristalización afectó la cristalinidad de los almidones nativos, pasando de una estructura polimórfica tipo B a una tipo A, que es una estructura termodinámicamente más estable. Mediante Calorimetría se observó que los almidones desramificados y recristalizados aumentaron su Temperatura pico, oscilando en un intervalo entre 105-109°C, y su ΔH que osciló entre 21-22 J/g para muestras desramificadas y 40-47 J/g para las recristalizadas. En cuanto a la digestibilidad se obtuvieron valores de almidón resistente entre 21 y 36% para los almidones modificados. Estos valores suponen que los almidones pueden servir como un producto funcional.

Introducción

Por su importancia en la dieta, el almidón es un ingrediente que debe ser consumido de forma controlada debido a su relación con el aumento de la concentración de glucosa en sangre. La investigación en ciencia y tecnología de este polímero ha generado métodos de modificación (químicos, físicos y enzimáticos) en su estructura química, para poder mejorar su digestibilidad y pueda tener mayor competitividad dentro de la industria (Flores-Farías, 2004). La respuesta de la glucosa está fuertemente relacionada con la velocidad de hidrólisis del almidón, en los últimos años el almidón resistente se ha considerado como un ingrediente multifuncional importante en la alimentación; donde el crecimiento de la flora intestinal, efectos hipoglucémicos e hipocolesterolemicos y prevención del cáncer de colon, son algunos de los beneficios que puede tener el incluir almidón resistente dentro de la dieta (Sajilata et al. 2006). Por lo tanto, los almidones

modificados pueden tener una amplia aplicación dentro del área de los alimentos, proporcionando un valor agregado que potenciará su consumo.

Sección Experimental

Se utilizó chayotextle (*Sechium edule* Sw.) para la extracción del almidón y almidón comercial de papa. Para la desramificación del almidón se siguió la metodología usada por González-Soto et al. (2007). Las muestras obtenidas se caracterizaron mediante HPLC, Rayos X, Calorimetría de Barrido Diferencial y para la Digestibilidad se usó un kit de Megazyme basado en la metodología de la AACC (32-40) y AOAC (2002.2).

Resultados y Discusión

Los tratamientos de desramificación y recristalización de los almidones nativos de papa y chayotextle, modificaron las propiedades térmicas, de digestibilidad y cristalinidad. Los resultados de HPLC mostraron que mediante el proceso de desramificación y recristalización, se lograron obtener diferentes fracciones del almidón, es decir, cadenas de amilosa con diferentes longitudes (Figura 1). Se sabe que la estructura del almidón está formada por tres tipos de cadenas; las tipo A y B que son cadenas secundarias de amilopectina y la del tipo C la cual es la cadena ramificada central (amilopectina) (Maciej y Andrzej, 2006; Copeland et al., 2008). Los almidones desramificados de chayotextle y papa (ADC y ADP, para chayotextle y papa respectivamente) presentaron un primer pico a los 25.5 min de elución, que corresponde a la fracción III, la cual se ha relacionado con cadenas del tipo C de la amilopectina es decir que pertenece a la fracción de amilopectina que no sufrió una desramificación (Copeland et al., 2008). Un segundo pico a los 29.5 min que corresponde a la fracción III/II que se han reportado como cadenas tipo C y B de la amilopectina. El tercer pico que se observó (34 min de elución) se ha relacionado con la fracción II que corresponde a las cadenas tipo B de la amilopectina y el pico cuatro (39 min de elución) está relacionado con la fracción I que corresponde a las cadenas A provenientes de la amilopectina, es decir cadenas lineales de amilosa de bajo peso molecular (Gallant et al., 1997; Hizukuri, 1984; Hizukuri, 1986).

Los almidones nativos presentaron una Temperatura pico (T_p) de 65.8 y 63 °C y una entalpía (ΔH) de 10.9 y 12.1 J/g para papa y chayotextle respectivamente. Los almidones desramificados y recristalizados presentaron un aumento en la T_p , los valores oscilaron en un intervalo de 103 a 109 °C, debido al ordenamiento de sus cadenas, lo cual se observó con los resultados de rayos X (Figura 2), debido a que pasaron de una estructura polimórfica tipo B a una tipo A, que es una estructura termodinámicamente más estable (Watcharatewinkul et al., 2009). Los almidones desramificados necesitaron mayor energía para desorganizar su estructura, mostrando una ΔH de 21.74 J/g para el Almidón Desramificado de Chayotextle (ADC) y 21.6 J/g para el Almidón Desramificado de Papa (ADP) y para los recristalizados los valores de ΔH fueron más de 40 J/g. En cuanto a la

digestibilidad el ADC mostró un 79.28% de Almidón Disponible (AD) y 21.37% de Almidón Resistente (AR) y para el almidón recristalizado, el AD fue de 67.9% y el AR fue de 32.75%. Este comportamiento fue similar al que presentaron los almidones de papa, para el almidón desramificado de papa (ADP) y el almidón recristalizado de papa (ADP-24) presentaron valores de AR de 34.56 y 35.49% respectivamente. La retrogradación de la amilosa, durante el proceso de recristalización, favoreció el incremento del AR, y la estabilidad térmica (González-Soto et al. 2007 y Cai et al. 2010).

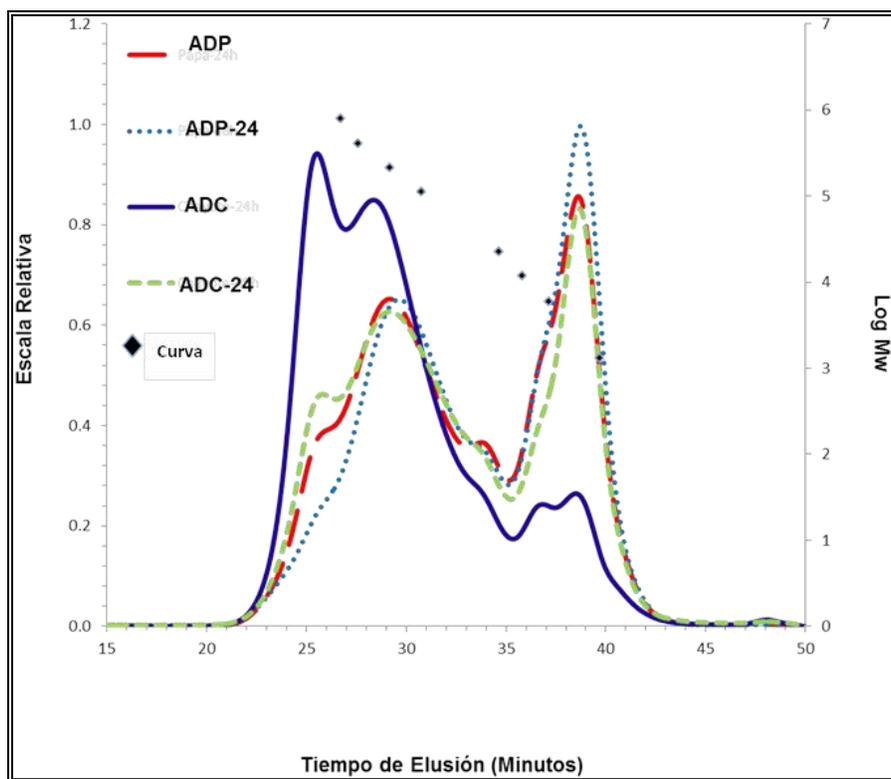


Figura 1. Cromatograma de las muestras de almidón de chayotextle y papa desramificados (ADC y ADP) y recristalizados (ADC-24 y ADP-24).

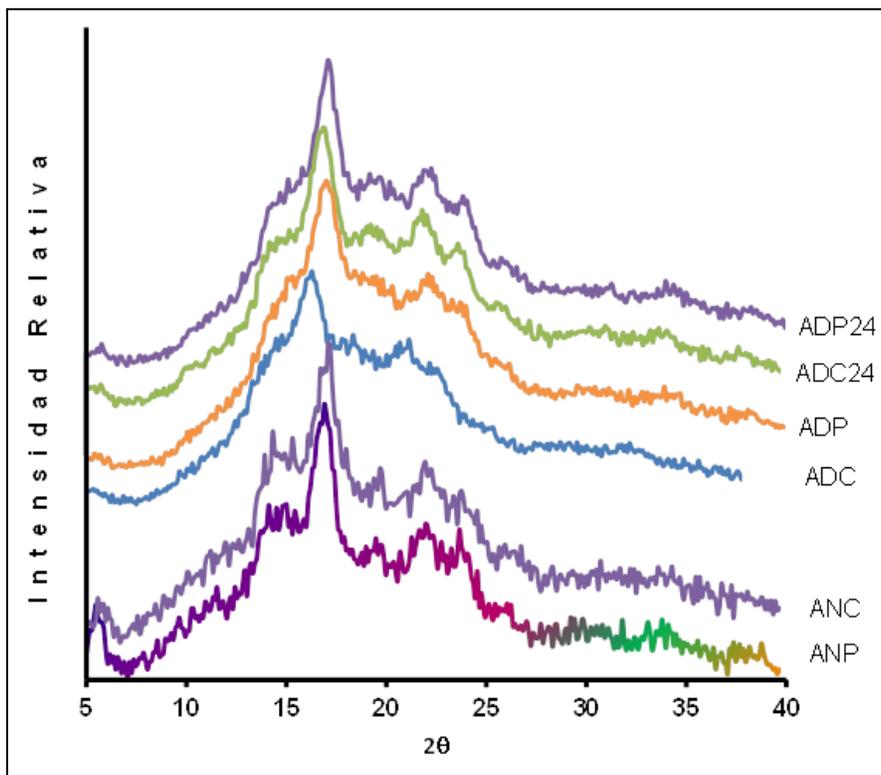


Figura 2. Patrón de difracción de rayos X de almidón nativo de chayotextle y papa. (ANC y ANP), desramificado (ADC y ADP), desramificado y recristalizado (ADC-24 y ADP24).

Conclusiones

Se desramificó el almidón y se logró obtener almidones térmicamente más estables, de acuerdo al tratamiento que se les dio, presentando con esto una mayor resistencia a la digestión con alfa amilasa.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero de PROMEP-SEP 2010-2012, así como, al Departamento de Desarrollo Tecnológico del CEPROBI-IPN, y al Dr. Alejandro Aparicio Saguilán, de la Universidad del Papaloapan, por las facilidades otorgadas para realizar parte del trabajo experimental.

Referencias

1. S. Flores-Farías. Tesis de maestría. Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional. 2004.
2. M.G. Sajilata; R.S. Singhal; P.K. Kulkarni *Compr. Rev. Food Sci. F.* 2006, 5, 1.
3. R.A. González-Soto; R. Mora-Escobedo; H. Hernández-Sánchez; M. Sánchez-Rivera; L.A. Bello-Pérez *Food Res. Int.* 2007, 40, 304.
4. F. Maciej; P. Andrzej *Carbohydr. Polym.* 2006, 63, 360.
5. L. Copeland; J. Blazek; H. Salman; M.C. Tang *Food Hydrocolloids.* 2008, 23, 1527.
6. J.G. Gallant; B. Bouchet; M. Baldwin *Carbohydr. Polym.* 1997, 32, 177.
7. S. Hizukuri *Carbohydr. Res.* 1984, 141, 295.
8. S. Hizukuri *Carbohydr. Res.* 1986, 147, 142.
9. Y. Watcharatewinkul; P. Chureerat; R. Vilai; U. Dudsadee *Carbohydr. Polym.* 2009, 75, 505.
10. L. Cai; S. Yong-Cheng; R. Lixia; S.H. Benjamin *Carbohydr. Polym.* 2010, 81, 385.

DESEMPEÑO ELECTROQUÍMICO DE ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS EN SALIVA ARTIFICIAL Y ENJUAGUE

C.I. Alvarez-Alvarez^{1,3}, C.D. Arrieta-González¹, M. Casales-Diaz³, J. Porcayo-Calderón^{2,3}, L. Martínez-Gómez³

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec – sheccid_131@hotmail.com, cdaglez@gmail.com, ²CIICAp-UAEM – jporcayoc@gmail.com; ³Instituto de Ciencias Físicas-UNAM – mcasales@icf.unam.mx, lmg@icf.unam.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – Se investigó el comportamiento como biomateriales, para uso dental, de una serie de aceros inoxidable austeníticos de utilidad en aplicaciones de alta temperatura por su alta resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas. Los aceros fueron evaluados mediante polarización potenciodinámica en dos tipos de ambientes; saliva artificial y enjuague bucal blanqueador. Para valorar el desempeño de los aceros se evaluó también dos materiales de uso común en aplicaciones dentales, Oro y Titanio, ambos químicamente puros. Los resultados muestran que los aceros evaluados poseen características que los pueden hacer atractivos como biomateriales para aplicaciones dentales. En particular su contenido de Cr y Ni, así como otros elementos aleantes menores determina el desempeño de los aceros. En saliva artificial los aceros muestran una velocidad de corrosión del mismo orden de magnitud que el Titanio, y en enjuague bucal presentan mayor resistencia a la corrosión que el Oro y Titanio.

Introducción

El entorno oral es muy propicio para la formación de productos de corrosión. La boca está húmeda y continuamente sometida a fluctuaciones de temperatura. Los alimentos y bebidas causan variaciones transitorias, pero importantes, en la química del medio ambiente. La comida y líquidos ingeridos tienen amplias gamas de pH. Los ácidos son liberados durante la descomposición de los productos alimenticios. Estos restos de comida a menudo se adhieren tenazmente a las restauraciones metálicas proporcionando una condición localizada propicia para una reacción acelerada entre los medios orales y el metal o aleación [1].

Una de las condiciones fundamentales de cualquier metal que se usa en la boca es que no deben producir productos de corrosión que sean perjudiciales para el organismo. La corrosión es un proceso químico o electroquímico a través de la cual es atacado un metal por agentes naturales, resultando en su disolución parcial o completa, deterioro o debilitamiento. La corrosión causa la desintegración catastrófica del cuerpo metálico. Algunos elementos metálicos que son totalmente seguros en estado elemental pueden formar iones o compuestos peligrosos o incluso tóxicos. Además, la degradación de una aleación debería ser limitada con el fin de garantizar su vida útil [2].

Varios sulfuros, tales como sulfuro de hidrógeno o amonio, corroen la plata, mercurio, y metales similares presentes en una amalgama. El agua, oxígeno, y iones cloruro están presentes en la saliva y contribuyen al ataque por corrosión. Diversos ácidos tales como ácido fosfórico, acético, láctico a veces están presentes, y a la concentración y pH adecuado, esto puede conducir a la corrosión. Los iones específicos puede jugar un papel importante en la corrosión de ciertas aleaciones, por ejemplo, los iones oxígeno y cloro están implicados en la corrosión de las amalgamas en la interfase diente y dentro del cuerpo de la aleación

La composición, estado físico, y condición superficial de un metal, así como los componentes químicos de su medio circundante determinan la naturaleza de las reacciones de corrosión. Otras variables importantes que afectan a los procesos de corrosión son la temperatura, fluctuaciones de temperatura, movimiento o circulación del medio en contacto con la superficie metálica, y la naturaleza y solubilidad de los productos de corrosión. Muchos tipos de corrosión electrolítica son posibles y todo puede ocurrir en alguna medida en la cavidad oral, porque la saliva, con las sales que contiene, es un electrolito débil. Las propiedades electroquímicas de la saliva dependen de su composición, concentración de sus componentes, pH, tensión superficial, y capacidad buffer.

Los tipos de corrosión electrolítica se basan en los mecanismos que producen las zonas no homogéneas (áreas anódica y catódica). Un tipo importante de corrosión electrolítica se produce cuando combinaciones de metales diferentes están presentes en la cavidad oral y se conoce como corrosión galvánica o metales disímiles. Otro tipo de corrosión galvánica es debido a la composición heterogénea de la superficie metálica. Otro tipo de corrosión electrolítica se llama corrosión por celda de concentración o corrosión por grietas. Esta situación existe cuando hay variaciones en los electrolitos o en la composición del electrolito dentro del sistema. A menudo hay acumulaciones de restos de alimentos en ciertas áreas de la boca, estos desechos produce entonces un tipo de electrolito en esa zona, y la saliva normal proporciona otro electrolito en la superficie. Por lo tanto, la corrosión electrolítica se produce con un ataque preferencial de la superficie metálica debajo de la capa de restos de alimentos.

La corrosión de metales, producción de los productos de corrosión, liberación de iones metálicos en el cuerpo humano, y la interacción entre los metales y el cuerpo humano son los factores que determinan la biocompatibilidad de los metales y aleaciones. La biocompatibilidad de metales y aleaciones está relacionada con su comportamiento a la corrosión. Si una aleación se corroe más, se liberan elementos en la boca y aumenta el riesgo de reacciones desfavorables en los tejidos orales. Estas reacciones no deseadas pueden ser sabores desagradables, irritación, alergias y otras reacciones [3]

En este estudio se evaluó el comportamiento electroquímico de diferentes aceros inoxidables austeníticos mediante pruebas de polarización potenciodinámica. Los resultados se compararon con el comportamiento obtenido de dos materiales de

uso común como biomateriales, oro y titanio. Los ensayos de corrosión se realizaron en saliva artificial y un enjuague bucal blanqueador.

Procedimiento Experimental

Materiales evaluados

Los aceros inoxidable se dividen en cinco familias, cada una con su propia microestructura, elementos aleantes y propiedades mecánicas específicas. Estos aceros inoxidable se clasifican en ferríticos, austeníticos, de doble fase, martensíticos y endurecidos por precipitación. En particular, los aceros austeníticos constituyen la familia más grande de los aceros inoxidable, no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico, no son magnéticos y su estructura es cúbica centrada en la cara, poseen excelente ductilidad y buena soldabilidad.

En este trabajo se evaluaron 6 diferentes acero inoxidable austeníticos de amplio uso en ambientes corrosivos a alta temperatura. En la tabla siguiente se muestra los materiales evaluados y los límites de su composición química.

Tabla I. Límites de composición química para aceros inoxidable austeníticos [4]

Grado	Designación UNS	Composición									
		C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	Ti
TP304H	S30409	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	18.0-20.0	8.0-11.0			
TP309H	S30909	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0			
TP310H	S31009	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	24.0-26.0	19.0-22.0			
TP316H	S31609	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	16.0-18.0	11.0-14.0	2.00-3.00		
TP321H	S32109	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0			4(C+N)-0.7
TP347H	S34709	0.04-0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0		8C-1.10	

Se puede observar que el contenido de C, Mn, P, S y Si son los mismos, por lo que se podría esperar que su desempeño sea de acuerdo a su contenido de Cr y Ni u otros elementos menores (Mo, Nb, Ti). Al mismo tiempo se evaluó el comportamiento del Ti y Oro con propósitos de comparación.

Preparación de las muestras

De cada material se obtuvieron probetas, con dimensiones aproximadas de 5*5*3 mm, a las cuales se les soldó un alambre conductor de cobre mediante la técnica de spot-welding. En estas condiciones las probetas fueron encapsuladas en resina epóxica y posteriormente preparadas metalográficamente con papel abrasivo desde grado 120 hasta 1200 y posteriormente fueron pulidas a espejo con suspensión de alúmina de 0.25 micras. Posteriormente las muestras fueron colocadas en un baño ultrasónico con etanol por 10 minutos para eliminar residuos.

Medio y condiciones de ensayo

El fluido más importante en el entorno oral es la saliva natural. Es obvio que las pruebas que implican los materiales dentales se deben hacer en ese medio. Sin embargo, la naturaleza inestable de la saliva natural hace que sea inadecuada para estudios estandarizados in vitro y en su lugar se emplea saliva artificial. La

saliva artificial generalmente utilizada en estudios de corrosión de aleaciones dentales es libre de compuestos orgánicos: no contiene proteínas u otros compuestos orgánicos. En este trabajo la resistencia a la corrosión de los materiales fue evaluada en una solución de saliva artificial con la composición química reportada en la tabla siguiente [5]. Las condiciones de trabajo de la solución fueron pH de 6.5 y temperatura de 37°C la cual es equivalente a la del cuerpo humano. Además, también fue utilizado un enjuague bucal blanqueador. Fluido ampliamente utilizado para propósitos de higiene.

Tabla II. Composición química de la saliva artificial (pH = 6.5) [5]

Compuesto	Composición [g/l]
NaCl	0.600
KCl	0.720
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.220
KH ₂ PO ₄	0.680
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	0.856
KSCN	0.060
NaHCO ₃	1.500
Acido cítrico	0.030

Técnicas electroquímicas

Los ensayos electroquímicos fueron realizados usando un equipo ACM Instrument controlado por una computadora personal. Se empleó un arreglo típico de tres electrodos, donde el electrodo de referencia fue uno de calomel saturado y el auxiliar uno de grafito. En todos los casos la cantidad de solución empleada fue de 100 ml, siguiendo la recomendación V/A especificado en ASTM G31-90 [6].

A fin de determinar la resistencia a la corrosión de los materiales (I_{corr}), éstos fueron sometidos a pruebas de polarización potenciodinámica desde -400 mV hasta 1500 mV respecto al potencial de circuito abierto (E_{corr}) de acuerdo al estándar ASTM G5-94 (reaprobada 2004) [7] y ASTM G-3-89 (reaprobada 2004) [8]. Estos ensayos permiten determinar el potencial y la intensidad de corrosión, mediante extrapolación de las pendientes Tafel a partir de las curvas obtenidas

Para todos los materiales, las pruebas de polarización potenciodinámica fueron realizadas a una velocidad de barrido de 1 mV/s. Antes de iniciar el ensayo las muestras se dejaban estabilizar durante 10 minutos.

Los valores de densidad de corriente de corrosión (I_{corr}), así como pendiente anódica, catódica y potencial de corrosión (E_{corr}), fueron calculados usando el método de extrapolación Tafel tomando una zona de extrapolación de ± 250 mV alrededor del valor del potencial de corrosión (E_{corr}) como se muestra en la figura siguiente.

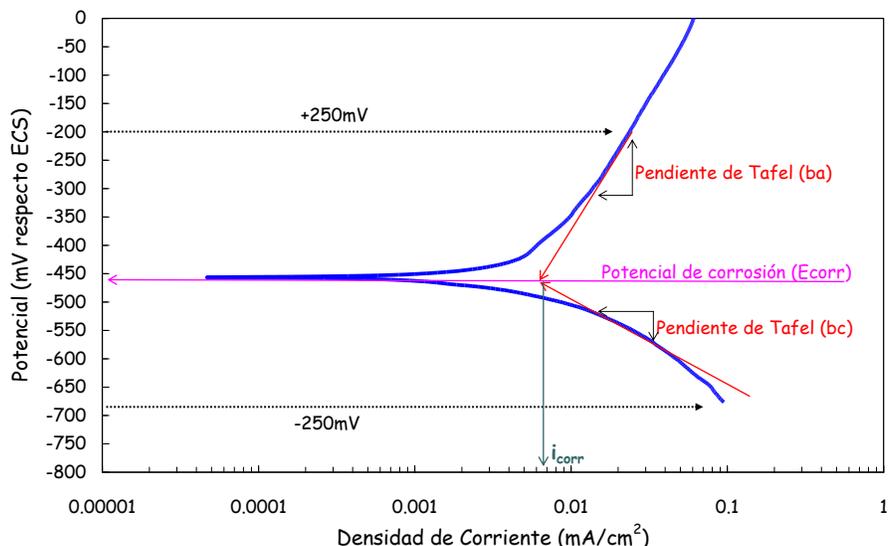


Figura 1. Esquemático que ilustra el procedimiento para el cálculo de i_{corr} , E_{corr} y las pendientes de Tafel.

Resultados y Discusión

En la figura 2 se muestran las curvas de polarización potenciodinámicas de los materiales evaluados en saliva artificial a 37°C.

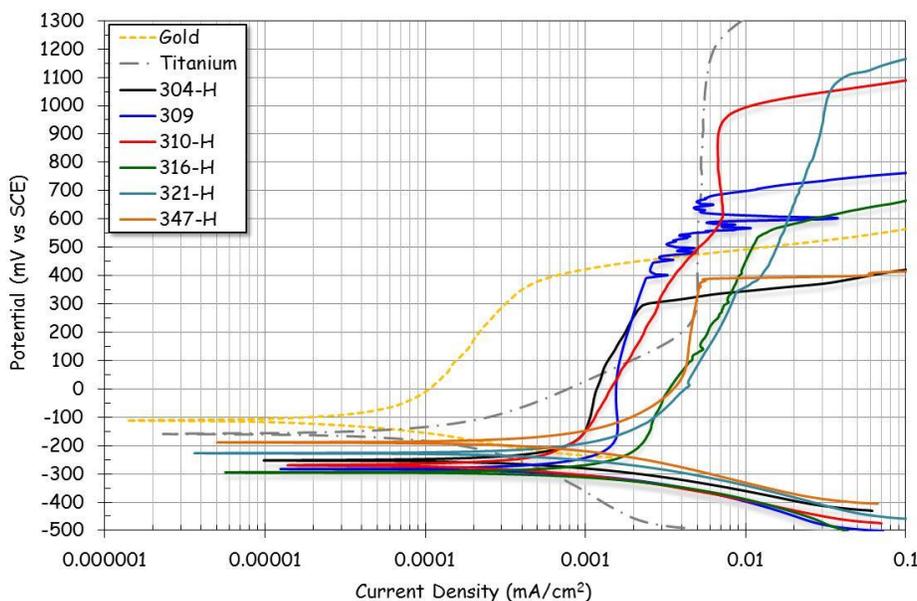


Figura 2. Curvas de polarización para los materiales evaluados en saliva artificial a 37°C.

De la figura se observa que el oro tiene el E_{corr} más noble y los aceros inoxidables el E_{corr} más activo, pero a potenciales más anódicos los aceros inoxidables muestran una tendencia menos activa que el oro y titanio. Arriba de su potencial de corrosión, el oro muestra un comportamiento más activo que el

titanio, y arriba de los 350 mV su velocidad de corrosión incrementa aún más. Por el contrario el titanio presenta el desarrollo de una zona pasiva a partir de los 250 mV hasta los 1200 mV, esto debido al desarrollo de una capa protectora de TiO_2 sobre su superficie.

Los aceros inoxidable muestran prácticamente el mismo comportamiento, donde las pequeñas variaciones observadas pueden corresponder a las variaciones existentes en su composición química particular. Sin embargo de manera general se puede observar que arriba de su potencial de corrosión todos muestran una tendencia a disminuir su velocidad de corrosión al incrementar el potencial aplicado. Esta tendencia parece corresponder al intento de desarrollo de una zona pasiva por la formación de una película protectora de Cr_2O_3 sobre su superficie. La extensión de esta zona aparentemente pasiva es diferente para cada acero y al final de ella se observa un incremento abrupto en la densidad de corriente que puede corresponder al desarrollo de picaduras sobre la superficie de los aceros. En particular, el 309-H muestra claramente la ruptura de su capa protectora y repasivación de su superficie desde 250 mV antes de presentar su potencial de picadura. Los demás aceros no muestran de manera clara esta tendencia, pero esto puede deberse a la velocidad de barrido empleada (1 mV/s) y posiblemente a velocidades de barrido más lentas (0.167 mV/s) se puede observar claramente el desarrollo de la zona pasiva y de los valores exactos de su potencial de picado y otros parámetros de interés para biomateriales [9]. Es de notarse que los aceros con adición de Mo, Nb y Ti, 316-H, 321-H y 347-H, respectivamente, son los materiales cuyas zonas de aparente pasivación se ubican a densidades de corriente mayores respecto a aquellos que únicamente contienen Cr y Ni (304-H, 309-H y 310-H). En general, los aceros inoxidable mostraron las mayores velocidades de corrosión, seguido del Titanio, y el Oro fue el material con la mayor resistencia a la corrosión.

En la tabla III se muestran los parámetros electroquímicos obtenidos de las curvas de polarización de la figura 2.

Tabla III. Parámetros electroquímicos de los materiales evaluados en saliva artificial a 37°C

Material	E _{corr} (mV)	B _a (mV/Dec)	B _c (mV/Dec)	I _{corr} (mA/cm ²)
304-H	-252	2248	104	0.00090
309-H	-280	8572	138	0.0015
310-H	-268	965	111	0.00075
316-H	-292	1000	127	0.00176
321-H	-227	493	137	0.00148
347-H	-189	245	129	0.00083
Titanio	-159	260	286	0.00019
Oro	-111	220	97	0.000038

No obstante que los aceros inoxidable presentan las mismas tendencias, su posición particular en el gráfico y los valores puntuales de sus parámetros electroquímicos, dependen de su composición química. Por ello en las figuras 4 y 5 se muestra el efecto del contenido de Cr y Ni sobre el E_{corr}, y de igual forma en las figuras 6 y 7 se muestra el efecto del contenido de Cr y Ni sobre los valores de I_{corr}. Los valores de Cr y Ni graficados corresponden a el contenido mínimo de estos elementos en los aceros inoxidable de acuerdo a ASTM A213/A213M-04 (Tabla I)

De acuerdo a estas figuras se observa que en saliva artificial los aceros 316-H, 309-H y 310-H muestran una clara tendencia que a mayor contenido de Cr (16 → 24%) el Ecorr del acero es más noble. Sin embargo, los aceros 304-H, 321-H y 347-H se salen de esta tendencia, ya que muestran un Ecorr más noble con un contenido de Cr entre 17 y 18%. Esta discrepancia está asociada al contenido de Ni de éstos aceros, se observa que aquellos aceros con menor contenido de Ni exhiben un Ecorr más noble. Sin embargo, la diferencia en el contenido de Ni entre los aceros 304-H, 321-H y 347-H no justifica la diferencia tan significativa entre sus valores de Ecorr. Esto puede ser explicado en términos de que los aceros 321-H y 347-H, contienen adicionalmente Ti y Nb respectivamente, elementos adicionados como estabilizadores. Donde el Nb parece tener el mejor efecto sobre el Ecorr del acero 347-H, seguido del Ti en el acero 321-H. Esto último es congruente con el comportamiento del Ti de acuerdo a la figura 2 donde se observó que el Ti tiene un Ecorr más noble que los aceros inoxidable.

De las figuras 6 y 7 se puede observar una relación directa entre el contenido de Cr de los aceros inoxidable y su velocidad de corrosión, siendo que a mayor contenido de Cr menor Icorr. Asimismo, se observa que en el caso particular de los aceros 316-H y 321-H, éstos presentan mayores valores de Icorr que aceros similares (en contenido de Cr y Ni) como el 347-H y 304-H. En estos casos particulares se observa de la tabla I, que estos aceros contienen elementos adicionales como Mo para el caso del 316-H y Ti para el caso del 321-H, lo anterior nos indica que la incorporación de estos elementos trae un detrimento en la resistencia a la corrosión de éstos aceros en ambientes de saliva artificial. Por otro lado se observa que no obstante que el 347-H contiene Nb, éste no afecto significativamente la resistencia a la corrosión del acero. Respecto al contenido de Ni se observa una tendencia similar a la descrita respecto al contenido de Cr.

Por tanto, se puede establecer que el potencial de corrosión (Ecorr) de los aceros inoxidable se ve afectado por el contenido de Cr y Ni de la aleación, siendo que a menor contenido de Ni mayor influencia del Cr sobre el comportamiento pasivo de los aceros. La adición de elementos estabilizadores, como Nb y Ti, tiene un mayor efecto que el incremento en la concentración de Cr. Por otro lado, la velocidad de corrosión de los aceros (Icorr) tienen relación directa con el contenido de Cr y Ni de la aleación, siendo que a mayor contenido de ambos elementos mayor la resistencia a la corrosión de los acero, y la adición de Mo y Ti afectan de manera negativa.

En la figura 3 se muestran las curvas de polarización potenciodinámicas de los materiales evaluados en enjuague bucal blanqueador a 37°C.

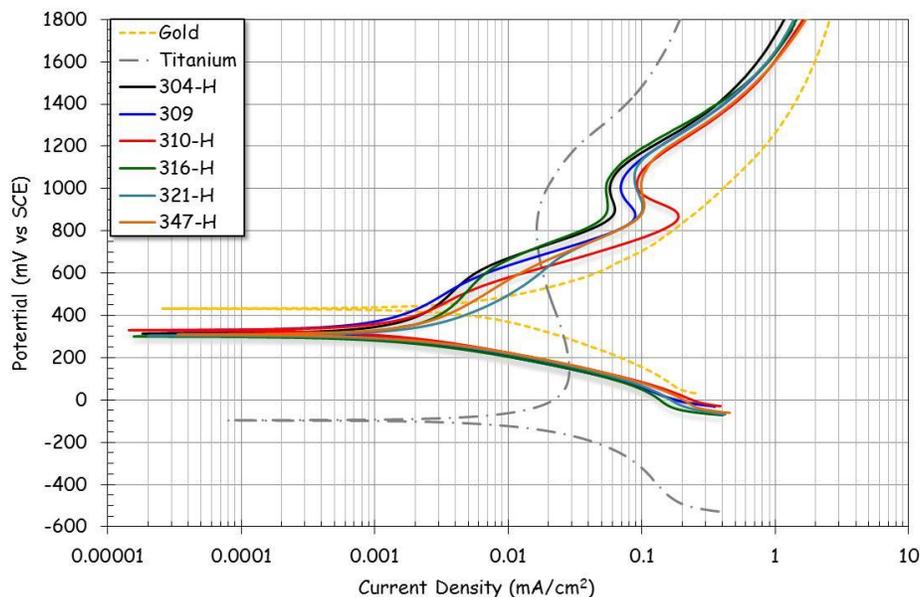


Figura 3. Curvas de polarización para los materiales evaluados en enjuague bucal blanqueador a 37°C.

De acuerdo al gráfico, el oro presenta el E_{corr} más noble de todos los materiales pero de acuerdo a su rama anódica, se observa un proceso de corrosión más activo en todo el rango de potenciales. Por el contrario, el Titanio muestra el E_{corr} más activo pero desarrolla rápidamente una zona de pasivación a potenciales anódicos. Por otro lado, los aceros inoxidable muestran un comportamiento más homogéneo que el observado en presencia de saliva artificial (figura 2), donde sus valores de E_{corr} son muy similares y cercanos al presentado por el Oro. Además, sus ramas anódicas son prácticamente las mismas con una zona pasiva entre los 850 y 1050 mV. Las pequeñas variaciones observadas corresponden a las diferencias en composición química de cada material. Los aceros inoxidable muestran las menores velocidades de corrosión, seguido del oro y el titanio.

En la tabla IV se muestran los parámetros electroquímicos obtenidos de las curvas de polarización de la figura 3. En las figuras 4 y 5 se muestra el efecto del contenido de Cr y Ni sobre el E_{corr} , y de igual forma en las figuras 6 y 7 se muestra el efecto del contenido de Cr y Ni sobre los valores de I_{corr} .

Table IV. Parámetros electroquímicos de los materiales evaluados en enjuague bucal blanqueador a 37°C

Material	E_{corr} (mV)	B_a (mV/Dec)	B_c (mV/Dec)	I_{corr} (mA/cm ²)
304-H	317	581	133	0.001713
309	330	356	129	0.00111
310-H	333	306	121	0.00127
316-H	302	642	140	0.0023
321-H	304	333	138	0.0027
347-H	310	371	126	0.0021
Titanio	-96	356	176	0.0116
Oro	430	187	213	0.0061

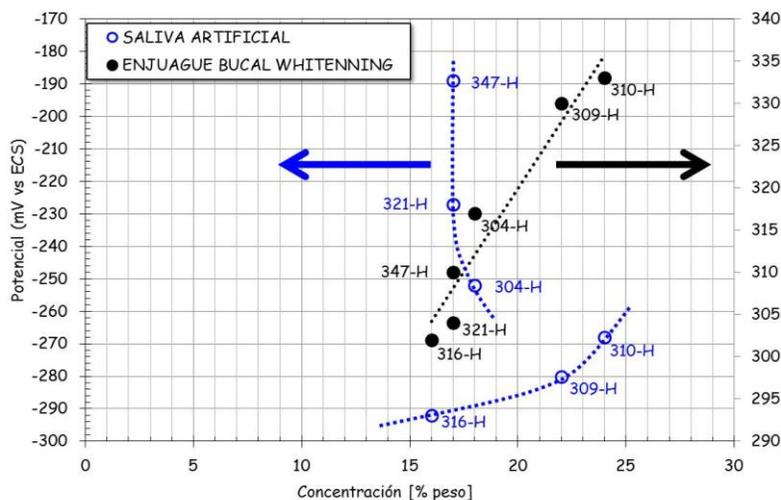


Figura 4. Efecto del contenido de Cr sobre Ecorr de los aceros inoxidables.

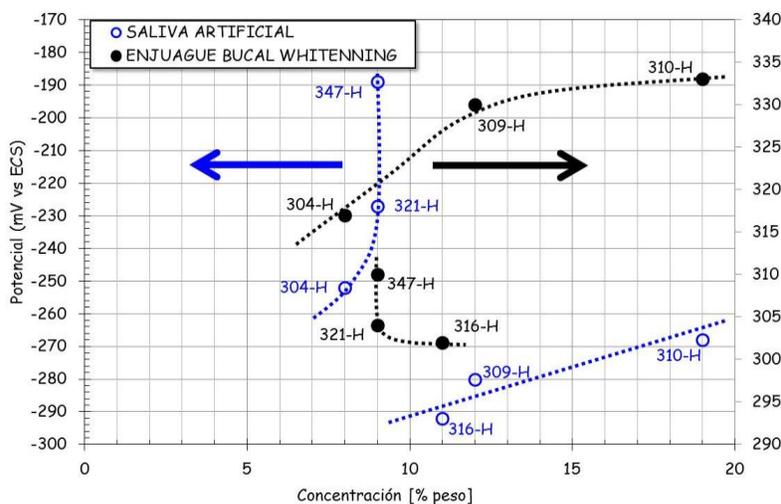


Figura 5. Efecto del contenido de Ni sobre Ecorr de los aceros inoxidables.

En enjuague bucal se observa un claro efecto en el contenido de Cr y el incremento en los valores de Ecorr de los aceros inoxidables. Siendo que a mayor contenido de Cr, más noble el potencial de corrosión. Sin embargo, al observar el contenido de Ni, solo en los aceros 304-H, 309-H y 310-H, se mantiene la tendencia de que a mayor contenido de Ni mayor Ecorr. Pero para el caso de los aceros 347-H, 321-H y 316-H, ésta tendencia no se respeta. Al observar la composición química para estos aceros se observa que éstos contienen Nb, Ti y Mo, respectivamente. Entonces al parecer la adición de Mo genera mayor impacto en la disminución del Ecorr del 316-H (mayor contenido de Cr y Ni que el del 321-H y 347-H), seguido del Ti en el 321-H (mismo contenido de Cr y Ni que el 347-H). Esto es consistente con los resultados de las curvas de polarización donde se observó que el Ti mostró el comportamiento más activo.

De igual forma que en el caso de la saliva artificial se observa una relación directa entre el contenido de Cr de los aceros inoxidables y su velocidad de corrosión, siendo que a mayor contenido de Cr menor I_{corr} (figura 6). Respecto al efecto del contenido de Ni (figura 7) se observa que el caso de los aceros 304-H, 309-H y 310-H existe una relación directa (no tan marcado como en el caso del Cr), siendo que a mayor contenido de Ni menor I_{corr} . En el caso de los aceros 316-H, 321-H y 347-H se observa que estos se salen de la tendencia y esto puede ser debido a que la presencia de Mo, Ti y Nb puede afectar adversamente en la resistencia a la corrosión de éstos aceros.

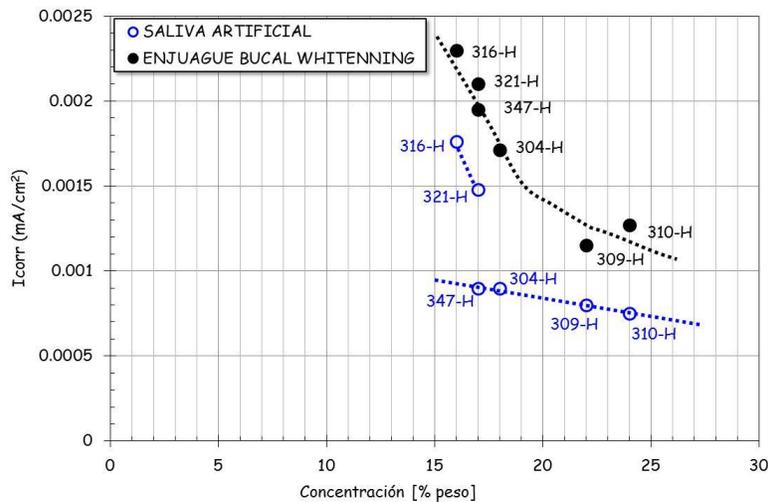


Figura 6. Efecto del contenido de Cr sobre I_{corr} de los aceros inoxidables.

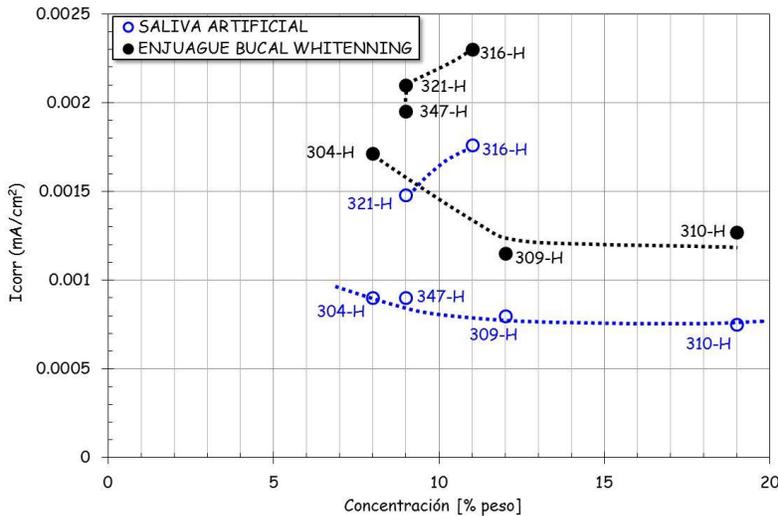


Figura 6. Efecto del contenido de Ni sobre I_{corr} de los aceros inoxidables.

Por tanto, se puede establecer que el incremento en el contenido de Cr y Ni favorecen un comportamiento más noble ($> E_{corr}$) en los aceros inoxidables, siendo este efecto mayor con el incremento de Cr, y que la adición de Mo, Ti y Nb

provocan un comportamiento más activos en los aceros. De igual forma se observó el mismo efecto respecto a la resistencia a la corrosión de los aceros.

Es importante señalar que los comportamientos y tendencias observados, corresponden al inicio del proceso de corrosión y que éstas pueden cambiar en exposiciones a más largo tiempo.

Conclusiones

En saliva artificial tanto el Oro como el Titanio muestran un E_{corr} más noble y menor velocidad de corrosión que los aceros inoxidable. Se observó que el potencial de corrosión (E_{corr}) de los aceros inoxidable se ve afectado por el contenido de Cr y Ni de la aleación, a menor contenido de Ni mayor influencia del Cr sobre su comportamiento pasivo. La adición de elementos estabilizadores, como Nb y Ti, tiene un mayor efecto que el incremento en la concentración de Cr. La velocidad de corrosión de los aceros (I_{corr}) tienen relación directa con el contenido de Cr y Ni de la aleación, siendo que a mayor contenido de ambos elementos mayor la resistencia a la corrosión de los acero, y la adición de Mo y Ti afectan de manera negativa.

En enjuague bucal blanqueador los aceros inoxidable mostraron el mejor comportamiento seguido del Oro y Titanio. En el caso de los aceros inoxidable el incremento en el contenido de Cr y Ni favorecen un comportamiento más noble ($> E_{corr}$), siendo este efecto mayor con el incremento de Cr, y la adición de Mo, Ti y Nb provocan un comportamiento más activos en los aceros. El mismo efecto se observó respecto a la resistencia a la corrosión de los aceros.

Agradecimientos.

C.I. Alvarez-Alvarez agradece al Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM, las facilidades y apoyo otorgado para realizar su estancia de Residencia Profesional.

Referencias.

1. M. Fathi; V. Mortazavi *Journal of Research in Medical Sciences*, 2004, 1, 42.
2. G.S. Duffó; S.B. Farina *Materials Chemistry and Physics*, 115, 2009, 235.
3. G. Velazco; E. Weinholt; J.L. Cova *Revista Odontológica de los Andes*, 2007, 2, 11.
4. ASTM A213/A213M – 04. Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes, West Conshohocken, PA: ASTM International.
5. G.S. Duffó; E. Quezada-Castillo *CORROSION*, 6, 2004, 594.

6. ASTM G31-90. Standard practice for laboratory immersion corrosion testing metals. West Conshohocken, PA: ASTM International.
7. ASTM G 5-94 (Reapproved 2004). Standard Reference Test Method for making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements. West Conshohocken, PA: ASTM International.
8. ASTM G-3-89 (2004). Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing. West Conshohocken, PA: ASTM International.
9. ASTM F 2129-01. Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements to Determine the Corrosion Susceptibility of Small Implant Devices. ASTM International.

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE BIOPELÍCULAS A BASE DE CELULOSA OBTENIDA A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA

N. P. Delgado-Hernández¹, E. García-Hernández¹, J. R. Rendón-Villalobos², R. Salgado-Delgado¹, Z. Vargas-Galarza¹ y G. Arámbula-Villa³

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, División de Estudios de Posgrado e Investigación Calzada Tecnológica No.27, Zacatepec, Morelos, México, C.P. 62780- nellypatty@hotmail.com, eddgarcia@hotmail.com, renesalgado@hotmail.com, ²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN – rrendon@ipn.mx, ³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., Unidad Querétaro- garambula@qro.cinvestav.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – En este trabajo se obtuvieron biopelículas a partir de la celulosa de las fibras de bagazo de caña. Las biopelículas fueron elaboradas por casting, utilizando glicerol y sorbitol como plastificantes. Las películas obtenidas fueron caracterizadas por FTIR SEM, DRX, DSC y esfuerzo a la tensión. Por FTIR se pudo corroborar la ausencia de lignina y hemicelulosas. La caracterización por SEM permitió identificar formas parenquimatosas alargadas y gruesas; cilíndricas y globulares de hasta 100µm. Las formas estructurales y agregados que se detectaron en las microfotografías fueron de tamaños mayores en las películas formuladas sin plastificante comparadas con las películas elaboradas con plastificante. En el análisis de DRX se observó un pico de difracción de las 6 películas de bagazo de caña alrededor de $2\theta=23^\circ$ correspondiente a los planos cristalográficos de celulosa, que se atribuyen a la presencia de celulosa tipo I y celulosa tipo II, con picos de difracción más pronunciados para las películas formuladas con fibra con modificación alcalina de KOH en contraste con las formuladas con fibra con modificación alcalina de NaOH que presentan el mismo pico de difracción, pero con menor altura. Las curvas obtenidas por DSC muestran picos endotérmicos para las seis películas: entre 54.905°C y 60.827°C y un segundo pico endotérmico entre 103.901°C y 158.216°C que presenta un patrón menor de temperatura para las películas elaboradas sin plastificante, seguido de las elaboradas con glicerol y finalmente las temperaturas mayores se detectaron en las películas elaboradas con sorbitol como plastificante. Para la evaluación de las propiedades mecánicas, el menor esfuerzo de tensión (27.17 Mpa) fue para la película Na-g y el mayor (60.72 Mpa) fue para la película Na, a su vez con el menor porcentaje de elongación de 1.28% en contraste con el mayor Módulo de Young 4.87 Gpa. El mayor porcentaje de elongación fue de 9.08% para la película Na-s en contraste con el menor Módulo de Young de 0.43 Gpa para misma la película.

Introducción

Una relación interesante de la agricultura con la producción de biopolímeros es el uso creciente de fibras vegetales las cuales tienen cualidades favorables en relación con esfuerzos y módulos específicos, viabilidad económica, baja densidad, aumento en la recuperación de energía y en la actualidad son consideradas como sustituto potencial de fibras sintéticas no renovables [1,2]; siendo una situación de éxito, porque las fibras vegetales pueden ser residuos agrícolas; y la industria de plásticos, al utilizarlas, puede obtener ganancias basadas en el costo de sus materias primas, contribuir ambientalmente con la biodegradación [3,4] y reducir la dependencia de fuentes no renovables.

Las películas de plástico biodegradables se emplean como bolsas para la basura, cubiertos desechables, materiales de embalaje, y empaquetamiento de comida principalmente. Los materiales para el embalaje son usados a menudo en productos agrícolas, reconocidos, como los más adecuados [5,6]. También está documentado que la presencia de celulosa puede mejorar las propiedades de las películas para membranas de diálisis [7].

Los países tropicales han desarrollado, con eficacia, la producción de la caña de azúcar, dando lugar a una gran disponibilidad de bagazo para ser utilizado como fuente de materia prima y energía, siendo la producción de papel una de las principales alternativas [8], así como agentes reforzantes en materiales compuestos con diferentes matrices polimérica [9] y/o utilizado como combustible en algunos ingenios azucareros [10]. El bagazo de caña es un material con alto contenido de celulosa [11] que constituye el 43.8%, 28.6% de hemicelulosas, 23.5% de lignina, 1.3% de cenizas y 2.8% de otros componentes [12].

Sección Experimental

Materiales:

Fibra de bagazo de caña de azúcar (Ingenio Azucarero “Emiliano Zapata” Zacatepec, Mor.), Agua baja en sales. Hidróxido de sodio e Hidróxido de Potasio (J.T. Baker), Hipoclorito de sodio y Glicerol (Químicos Farmacéuticos e industriales S.A de C.V), Ácido Trifluoroacético (Sigma-Aldrich), Sorbitol (Reactivos analíticos Reasol).

Preacondicionamiento de las fibras:

Se seleccionaron fibras de malla 30, se lavaron con agua baja en sales, (1 g de bagazo por cada 30 mL agua), manteniendo agitación constante durante 2 horas a 60°C, se enjuagaron hasta que el agua tuvo un color claro, se eliminó el agua por decantación, se eliminaron las fibras menos densas. Finalmente las fibras se colocaron en un trozo de tela y se secaron a temperatura ambiente durante 24 horas; se almacenaron en bolsas limpias de polietileno para su posterior uso.

Extracción de celulosa mediante modificaciones químicas a la fibra de bagazo:

Tratamiento primario: Se llevaron a cabo tratamientos alcalinos por separado, con soluciones 1N de hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH), utilizando una relación de 1 g de fibra:30 mL de solución, se mantuvieron con agitación suave durante 2 horas a temperatura ambiente, al finalizar el tiempo de reacción, se separaron las fibras de la solución por decantación, se enjuagaron con agua baja en sales, se neutralizaron y secaron. Las fibras secas se pesaron, identificaron y almacenaron en bolsas de polietileno para su posterior uso.

Tratamiento secundario: Las fibras con tratamiento alcalino se trataron con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO 13 % p/v) en una relación de 1 g de fibra: 30 mL de NaClO, durante 2 horas a temperatura ambiente con agitación suave. Al finalizar el tiempo de reacción, se separaron las soluciones por decantación, las fibras se lavaron y se neutralizaron, posteriormente se secaron a temperatura ambiente durante 36 horas aproximadamente. Las fibras secas se pesaron, identificaron y almacenaron en bolsas limpias de polietileno para su posterior uso.

Obtención de las biopelículas.

La Tabla I muestra las formulaciones de las biopelículas obtenidas por casting, utilizando ácido trifluoroacético como solvente.

Tabla I.- Biopelículas de celulosa de bagazo de caña.

Pre acondicionamiento	Tratamientos alcalinos primarios a la fibra	Tratamientos secundarios a la fibra (Blanqueamiento)	Disolución de la fibra con ATF	Adición de plastificante	Nomenclatura de las biopelículas de bagazo de caña
Fibra lavada	NaOH	NaClO	Na-NaClO	Sorbitol	Na-s
				Glicerol	Na-g
				Ninguno	Na
	KOH		K-NaClO	Sorbitol	K-s
				Glicerol	K-g
				Ninguno	K

Caracterización por Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR):

Las películas fueron caracterizadas en un espectrofotómetro de FTIR Marca Midac. Modelo PR5 con software Grams 3.2. Los espectros de las películas se obtuvieron por el modo de transmisión haciendo incidir el haz a través de las muestras de cada una de las películas. Se empleó una resolución de 16 cm⁻¹ y 16 barridos en un intervalo de 4000 a 400 cm⁻¹.

Caracterización por Microscopia Electrónica de Barrido (ESEM):

Las biopelículas se caracterizaron en un Microscopio Electrónico de Barrido marca Phillips XL30 Ambiental, con una resolución 3-10 nm, a temperatura ambiente, bajo vacío y voltaje de 20 kEV. Las muestras se colocaron en un porta muestras de aluminio y se sujetaron con cinta de grafito. Se obtuvieron las micrografías con magnificaciones de 25, 100, 250 y 1000X.

Caracterización por Difracción de Rayos X (DRX):

Las biopelículas se caracterizaron en un Difractómetro de rayos X marca Rigaku modelo D max 2100. El rango de barrido fue de 4 a 50° de 2θ y el paso de 0.03°. Se trabajó a una potencia de 30 kV, 16 mA.

Caracterización por Calorimetría Diferencial de Barrido (CDB).

Las biopelículas se caracterizaron en un equipo CBD, TA Instruments, modelo 2010, New Castle USA, en un ambiente de 30°C, en atmosfera inerte a 5°C/min con barridos de 30°C a 220°C. Utilizando 2 mg de muestra.

Evaluación de Propiedades Mecánicas:

Las biopelículas se cortaron probetas rectangulares de 2 x 10 cm de acuerdo a la norma ASTM 882-02 [13]. Para la caracterización mecánica se utilizó un Texturometro Texturanalyser TA-XT2 Stable Micro System con una celda de carga de 25 kg, distancia entre cabezales de 50 mm, distancia de recorrido 100 mm y la velocidad del cabezal de 0.5 mm/s. Se realizaron 5 ensayos para cada una de las

biopelículas. El espesor de las películas se midió con un micrómetro digital en cinco posiciones aleatorias para cada probeta (5 probetas por película).

Resultados y Discusión

Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR).

La Figura 1 muestra los espectros de FTIR de las películas con tratamiento primario con KOH. En todos los espectros de las películas se muestran las bandas características de los polisacáridos [14,15]. En 1100 se aprecian los estiramientos C-O-H característicos de los polisacáridos, a 1690 cm^{-1} se presenta un traslape con la señal correspondiente a los OH del agua absorbida [12,15] y estiramientos C=O carbonilo. Las señales de estos grupos carbonilos en las muestras de las películas estudiadas parecen estar fuertemente relacionada con la presencia de compuestos de oxidación de la celulosa [16]. En el análisis de los espectros de las películas obtenidas no se aprecian señales características de restos de lignina. Esto se deduce por la ausencia de las bandas relacionadas con la vibración de anillos aromáticos ($1500\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$) [17]; así como la ausencia de bandas entre 1512, 1250 y 1730 cm^{-1} características de los grupos funcionales presentes en la lignina que son asociados con celulosas y hemicelulosas antes del proceso de deslignificación y blanqueamiento hechos a la fibra de bagazo [12], con los tratamientos alcalinos y con hipoclorito de sodio respectivamente.

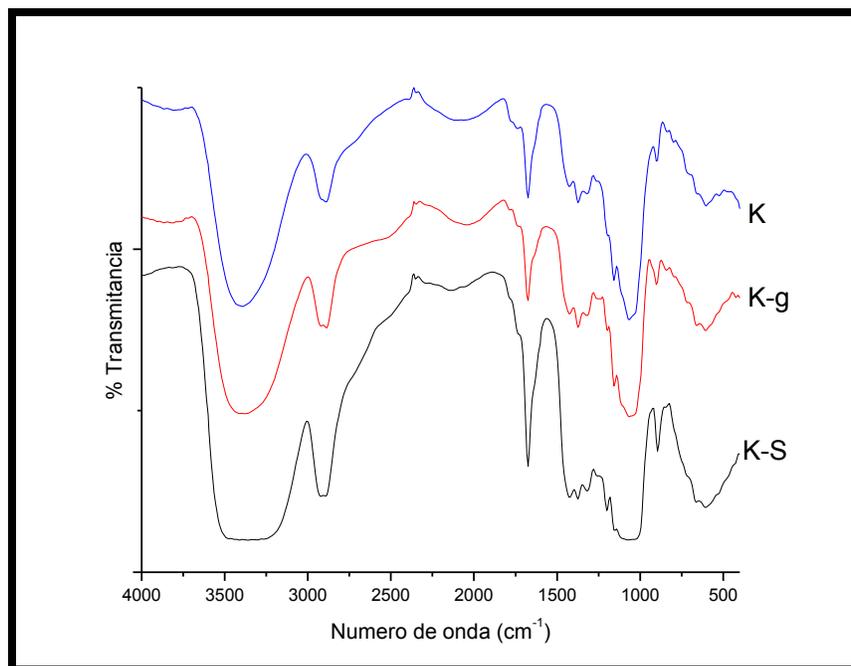


Figura 1 .Espectros de FTIR de las biopelículas K con y sin plastificante

Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (ESEM).

La Figura 2 muestra las micrografías de las biopelículas, Se pueden observar regiones de microfibrillas elementales perfectamente orientadas y de diversas formas y tamaños que poseen los tres tipos de elementos celulares del bagazo: microfibrillas, elementos vasculares y parénquima del material fibroso [18]. Lo anterior concuerda con las estructuras identificadas en este trabajo, encontrando formas parenquimatosas [2,12] alargadas y gruesas [15] cilíndricas y globulares de hasta 100µm. Las formas estructurales y agregados que se aprecian en las microfotografías fueron de tamaños mayores en las películas formuladas sin plastificante (Figura 2c y 2f) comparadas con las películas elaboradas con plastificante.

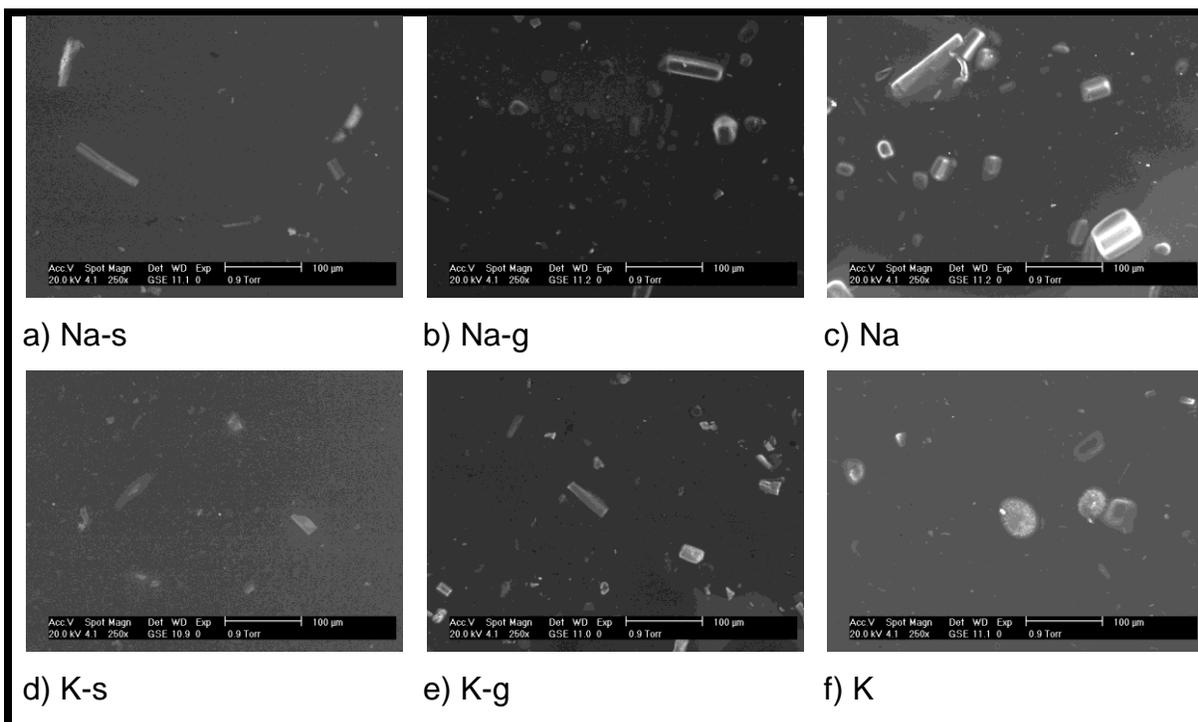


Figura 2. Micrografías de las biopelículas de bagazo de caña a 100X.

Difraccion de Rayos X (DRX).

El patrón de difracción de rayos X de las 6 películas de bagazo de caña se observa en la Figura 3. Alrededor de $2\theta=23^\circ$ se aprecia un patrón de DRX que corresponde a los planos cristalográficos de celulosa [12] que se atribuye a la presencia de celulosa tipo I y celulosa tipo II (obtenida por tratamiento alcalino) [15]; con picos de difracción más pronunciados para las películas formuladas con fibra K-NaClO en contraste con las formuladas con fibra Na-NaClO que presentan el mismo pico de difracción, pero con menor altura; lo que sugiere la contribución de regiones con mayor orden cristalino para las películas K y de regiones con menor orden cristalino para las películas Na. La permanencia de dicho pico con ligeras variaciones, sugiere zonas cristalinas de la celulosa que aún se encuentran

presentes en las películas. La incorporación de plastificante en las películas también influyó en la disminución del carácter cristalino [19].

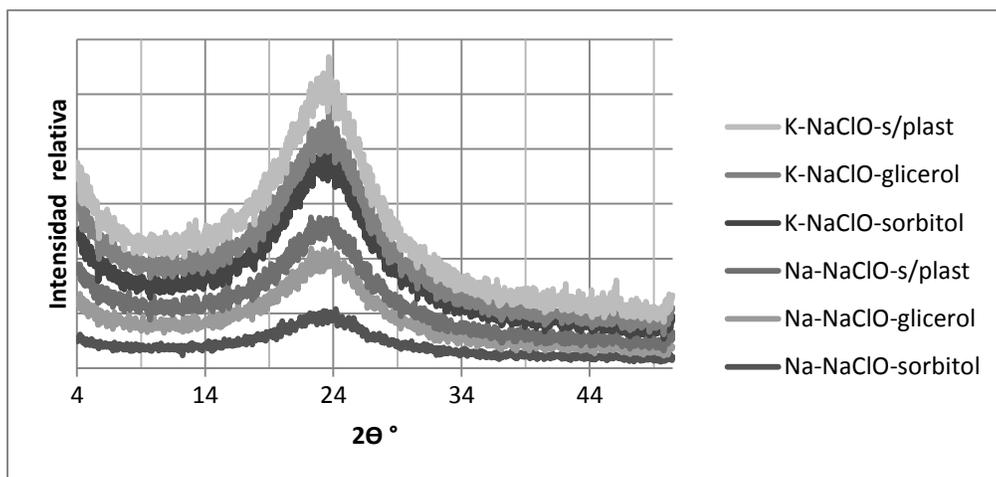


Figura 4. Patrón se difracción de rayos X de las películas de bagazo de caña

Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC).

En la Tabla 2 se muestran las transiciones térmicas de las biopelículas. Se aprecian picos endotérmicos para las seis películas: entre 54.905°C y 60.827°C para las películas Na; 55.743°C y 59.994°C para las películas K y un segundo pico endotérmico, que presenta un patrón menor de temperatura para las películas elaboradas sin plastificante, 103.901°C para Na y 124.21°C para K, para las películas elaboradas con glicerol como plastificante: 143.69°C, 147.744°C para Na-g y K-g respectivamente. Las temperaturas mayores se detectaron en las películas elaboradas con sorbitol como plastificante: de 156.061°C y 158.216°C para Na-s y K-s respectivamente. Se ha reportado que la adición de plastificante en las películas biodegradables afecta las propiedades térmicas tales como Tg y Tm, resultando en valores bajos y baja cristalinidad [20].

Tabla 2. Tabla de comparación de transiciones térmicas de las películas de bagazo de caña determinadas por calorimetría diferencial de barrido (CDB).

Películas	°C	
	1ª transición	2ª transición
Na-s	54.9053	156.061
Na-g	57.1367	143.69
Na	60.8274	103.901
K-s	58.0311	158.216
K-g	55.743	147.744
K	59.9947	124.21

Evaluación de la propiedad de Tensión

Las propiedades mecánicas de las biopelículas de bagazo se reportan en la Tabla 3. Las películas formuladas sin plastificante fueron las más rígidas con esfuerzos de tensión mayores a las formuladas con plastificante. Observándose que las películas Na con plastificante tienen menores esfuerzos de tensión que las películas K con plastificante. Siendo estas últimas las que presentaron un carácter más cristalino, con mayores interacciones moleculares y mejores arreglos estructurales, en contraste con las películas Na con y sin plastificante. La adición de plastificante se utiliza para reducir la fragilidad y modificar las propiedades mecánicas de las películas.

Las películas formuladas con sorbitol presentaron los mayores porcentajes de elongación comparadas con las formuladas con glicerol como plastificante.

Tabla 3. Propiedades mecánicas de las biopelículas de bagazo.

Película	Espesor (mm)	Esfuerzo de tensión σ (MPa)	Elongación (%)	Módulo de Young E (GPa)
Na-s	0.011	37.48 \pm 0.29	9.08 \pm 2.37	0.43 \pm 0.13
Na-g	0.013	27.17 \pm 0.39	4.28 \pm 0.78	0.65 \pm 0.12
Na	0.017	60.72 \pm 0.47	1.28 \pm 0.24	4.87 \pm 0.99
K-s	0.015	37.99 \pm 1.16	6.21 \pm 1.59	0.64 \pm 0.15
K-g	0.011	54.97 \pm 3.72	2.43 \pm 0.47	2.31 \pm 0.35
K	0.012	57.72 \pm 9.02	1.69 \pm 0.44	3.63 \pm 1.45

Conclusiones

Se obtuvieron biopelículas a partir de celulosa de bagazo de caña. Las técnicas de DRX demostraron regiones semicristalinas en las películas, corroborado también por las microestructuras detectadas en MEBA.

Las películas elaboradas con fibra tratada con KOH y NaClO posteriormente, fueron las que de acuerdo a su caracterización, presentaron mayores esfuerzos a la tensión y mayor carácter cristalino, esto concuerda con lo documentado en la literatura, que el KOH comparado con NaOH es un mejor removedor de lignina.

Los resultados de este trabajo abren la puerta a la utilización de fuentes de celulosa poco tradicionales como las procedentes de los residuos agroindustriales para el desarrollo de materiales biodegradables, amigables con el medio ambiente.

Agradecimientos

Se agradece a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica por el financiamiento (Proyecto: 4415.11-P) y la beca otorgada a la primer autora para sus estudios de Doctorado en Ciencias en Polímeros.

Referencias

1. S. Mukhopadhyay and R. Figueiro Physical Modification of Natural Fibers and Thermoplastic Films For Composites—A Review. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Vol. 22. Pp 135-162 (2009).
2. Cataño Rueda E. Obtención y Caracterización de Nanofibras de Celulosa a partir de desechos Agroindustriales. Tesis de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas Escuela de Procesos y Energía Sede Medellín (2009).
3. R.P. Brown. *Polymers in Agriculture and Horticulture*. Vol. 15, No. 2, (2004).
4. Vallejos M. E., Peresin M.S., Rojas O. J. Nano y micro-fibras de acetato de celulosa reforzada con nano-cristales de celulosa por electrospinning. XXI Tecnicelpa Conference and Exhibition/ VI CIADICYP, Lisbon, Portugal (2010).
5. Anthony H. Conner. Handbook of size exclusion chromatography. Chromatographic Science Series. Size Exclusion Chromatography of Cellulose and Cellulose Derivatives. 69: 331-352; (1995). New York: Marcel Dekker, Inc.
6. M. Kolybaba, L.G. Tabil, S. Panigrahi, W.J. Crerar, T. Powell, B. Wang. *Biodegradable Polymers: Past, Present, and Future*. CSAE/ASAE (2003).
7. M. Hasegawa M, A Isogai, F. Onabe, M. Usuda & R. H Atalla. Characterization of Cellulose-chitosan Blend Film. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 45, 1873-1879 (1992).
8. José Turrado Saucedo; Marta Pajón Poblet, Erenio González Suárez; Alma R. Saucedo, Salvador Pérez Ramos; Obtención de papel para corrugar a partir de diferentes mezclas de fibras alternativas. México (2001).
9. García-Hernández E. Tesis doctoral materiales compuestos poliméricos reforzados con bagazo de caña de azúcar modificado en su superficie. Instituto Tecnológico de Tijuana. Centro de graduados e investigación (2003).
10. Han W., Chen K., Yang R., Yang F., Zhao C. and Gao W. Utilization of bagasse fiber for preparation of biodegradable flame retarding composites (BFRCS). *Bio Resources* 5(3), Pp. 1605-1617. (2010).
11. A.U. Israel, I.B. Obot, S. A. Umoren, V. Mkpennie and J.E. Asuquo. Production of Cellulosic Polymers from Agricultural Wastes. *E-Journal of Chemistry*. Vol. 5, No. 1, pp. 81-85, (2008)
12. Fernandes P., Jacobus V., Cioffi M., Mulinari D., Da Luz S. and Caetano Pinto D. Sugarcane bagasse pulping and bleaching: thermal and chemical characterization. *Bioresources* 6(3), Pp 2471-2482, (2011). ASTM, "Standard specification for woven wire test sieve cloth and test sieves", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005
13. Norma ASTM D 882 – 02. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. 2002
14. Zhao X., Heide E., Zhang T., Liu D. Delignification of sugarcane bagasse with alkali and peracetic acid and characterization of the pulp. *BioResources* 5(3), Pp. 1565-1580. (2010).
15. Rojas J., Lopez A., Guisao S., Ortiz C. Evaluation of several microcrystalline celluloses obtained from agricultural by-products. Department of Pharmacy, School of Pharmaceutical Chemistry, University of Antioquia, Medellín, Colombia. *Journal of Advanced Pharmaceutical technology & Research* Vol. 2, 144-150 (2011).
16. Orea-Igarza U., Cordero-Machado E., Pérez D. N. and Gómez M. R. Chemical composition of bark of three species of eucalyptus to three heights of commercial bole. Part 1: *Eucalyptus citriodora* var. *Citriodora*. *Revista Forestal Venezolana* 50(1), pp. 45-52 (2006).

17. J. Morán, Vazquez A. Cyrus V.P. Extracción de celulosa y obtención de nanocelulosa a partir de fibra sisal – caracterización. División Polímeros – INTEMA Universidad Nacional de Mar del Plata. 2do Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales (2008).
18. Area Ma. C., Aguilar S., Felissia F., Nuñez C., Lozano U. L., Alonso J., Vera E., Vega M. Pulpado hidroalcohólico de alto rendimiento de Bagazo de caña de azúcar. Iberoamerican Congress on pulp and paper research, 2002.
19. Aguilar-Méndez M., San Martín-Martínez E., Ortega-Arroyo L., Cruz-Orea A. Application of Differential Scanning Calorimetry to Evaluate Thermal Properties and Study of Microstructure of Biodegradable Films. *Int J Thermophys* 31:595–600 (2010).
20. Park S., Baker J., Himmel M., Parilla P. and Johnson D. Cellulose crystallinity index: measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance *Biotechnology for Biofuels* 2010, 3:10

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LAS PROPIEDADES DE PELÍCULAS HÍBRIDAS DE GRENETINA-NANOARCILLA

E. M. Subdías-Guadarrama¹, J. C. Ochoa-Jaimes¹, A. Stefanoni-Altamirano¹, A. Perfecto-Peralta¹, J. R. Rendón-Villalobos³, R. Salgado-Delgado^{1,2} y E. García-Hernández^{1,2}

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec-
mahesubdiaz@hotmail.com, carl_dinho@hotmail.com, julian_thestrokes14@hotmail.com,
antonio_perfect@hotmail.com ²División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto
Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec Morelos, México-
eddgarcia@hotmail.com, renesalgado@hotmail.com, ³Centro de Desarrollo de Productos Bióticos
del IPN – rrendon@ipn.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – En este trabajo se presentan los resultados parciales de la caracterización de solubilidad, FTIR y SEM de películas híbridas de grenetina-nanoarcilla con y sin tratamiento térmico. Se formularon películas con 0, 0.2, 0.6 y 1% en peso de nanoarcilla. Los resultados preliminares muestran que la nanoarcilla hace menos hidrofílica a las películas. La caracterización por SEM mostró que se logró obtener películas con una muy buena dispersión de las nanopartículas de arcilla y en conjunto con el FTIR se observó que el tratamiento térmico no provoca cambios químicos y morfológicos significativos en las películas, sin embargo, la prueba de solubilidad mostró que el tratamiento térmico hace más resistentes a las películas, pues estas se hincharon y se disolvieron en menor grado.

Introducción

Una de las desventajas principales de las películas biodegradables, es que exhiben propiedades de barrera y mecánicas muy pobres, las cuales necesitan ser mejoradas para que puedan reemplazar a los plásticos tradicionales. Esto se puede lograr mediante la incorporación de partículas inorgánicas, como arcillas, en la matriz biopolimérica.

Otra propiedad importante de cualquier empaque para alimentos es su habilidad para actuar como una barrera de transferencia de masa hacia los alimentos. Los componentes de las películas biodegradables que son responsables de la función de barrera son generalmente polisacáridos y/o lípidos. Existen relativamente pocos trabajos que abordan la introducción de arcillas con el objetivo de mejorar las propiedades físicas de esas películas⁽¹⁻³⁾.

Los bionanomateriales compuestos son materiales híbridos nanoestructurados que poseen mejoras en sus propiedades mecánicas, térmicas y de barrera a gases. El uso de este tipo de bionanomateriales como empaque para alimentos no solo ayuda a protegerlos e incrementar su vida de anaquel, sino que también son considerados como productos amigables con el medio ambiente, debido a que reducen el uso de plásticos sintéticos como materiales de empaque.

Se ha reportado que la adición de nanoarcillas, tipo nanokaolinita en películas de PLA mejora tanto su estabilidad térmica como sus propiedades mecánicas sin el decrecimiento de sus propiedades de barrera⁽⁴⁾.

Debido a lo anterior, en este trabajo se están estudiando las propiedades de biopelículas de grenetina-nanoarcilla formuladas a temperatura ambiente y con un tratamiento térmico posterior, para evaluar el efecto del tratamiento sobre sus propiedades finales, hasta este momento solo se tienen resultados parciales de la caracterización.

Sección Experimental

Materiales:

Se emplearon los siguientes materiales para la formulación de las bionanopelículas: Grenetina (marca comercial Duche®), Nanoarcilla bentonita hidrofílica (Sigma-Aldrich), Alcohol etílico desnaturalizado.

Elaboración de las películas:

Se preparó una solución al 4% en peso de grenetina en una solución alcohol:agua en relación 1:1. A esta solución se le agregó la nanoarcilla en una relación de 0, 0.2, 0.6 y 1% en peso. Las suspensiones fueron puestas en un baño de ultrasonido durante 0, 10, 15 y 20 minutos respectivamente. Posteriormente se hizo el vaciado en unas cajas de vidrio y se dejaron a temperatura ambiente hasta la formación de las películas, las cuales fueron cortadas en dimensiones de 10x1 cm, se evaluó su espesor con un micrómetro Mitutoyo y finalmente fueron almacenadas en bolsas de polietileno.

Tratamiento térmico:

Las películas fueron sometidas a un tratamiento con calor, en una balanza térmica, utilizando una velocidad de calentamiento de 5 °C/min desde temperatura ambiente hasta 180 °C. Las muestras se corrieron por triplicado.

Prueba de Solubilidad:

Se cortaron películas de 1 cm² por triplicado y se colocaron en 20 mL de agua desionizada. Se dejaron durante 24 horas a temperatura ambiente, al concluir el tiempo se retiraron las películas de los vasos de precipitados y se verificó cualitativamente el efecto del agua en las películas.

Caracterización por FITR:

Las películas fueron caracterizadas en un espectrofotómetro de FTIR marca Perkin Elmer con software Spectrum®, las muestras fueron analizadas en el modo de Transmitancia en el intervalo de 650-4000 cm⁻¹, con una resolución de 4 cm⁻¹ y 8 barridos, utilizando un accesorio de ATR.

Caracterización por SEM:

Las películas se caracterizaron en un equipo de SEM de Jeol modelo JSM-6010A, utilizando 3kV y magnificaciones de 150 y 350X.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestran las películas obtenidas, se puede observar que todas las películas presentan una dispersión uniforme de la carga. Sin embargo, la textura de ambos lados fue ligeramente diferente, ya que el lado que estuvo en contacto con el molde fue el lado menos rugoso. En la Tabla I se muestran los datos de los espesores promedios de cada formulación.



Figura 1.- Películas obtenidas.

Tabla I.- Espesor promedio y desviación estándar de las películas.

Película	Espesor promedio [mm]
0%	0.0777 ± 0.0025
0.2%	0.2452 ± 0.0406
0.6%	0.2889 ± 0.02344
1%	0.2175 ± 0.0144

La Figura 2 muestra la pérdida de peso promedio de las películas durante el tratamiento térmico, la cual corresponde a la pérdida de humedad. Se puede observar que las películas con 0% de nanoarcilla son las que pierden mayor porcentaje en peso, alrededor del 20% en peso, mientras que las que contienen la nanoarcilla presentan una pérdida menor, en promedio 16% en peso.

La Figura 3 muestra las películas con y sin tratamiento térmico después de estar 24 horas en agua desionizada a temperatura ambiente. Se puede observar que las películas con tratamiento térmico fueron menos solubles y además presentaron un menor hinchamiento, esto se puede deber a que con el tratamiento térmico se incrementa el entrecruzamiento entre las cadenas de la gretina.

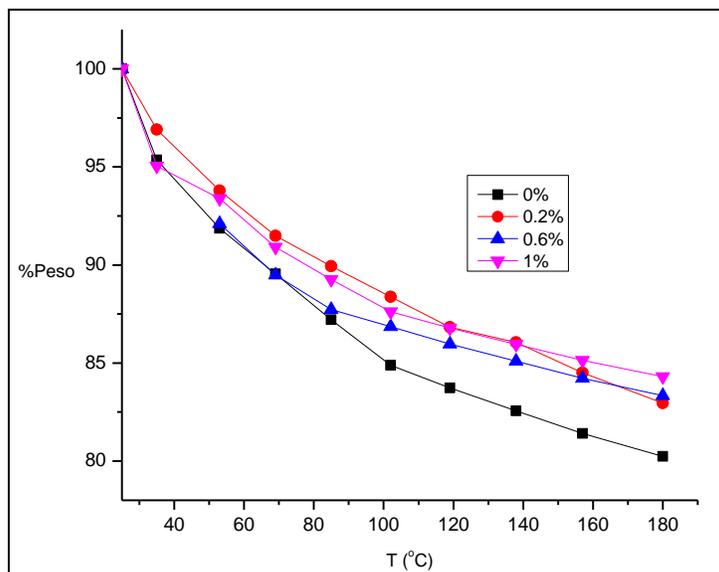


Figura 2.- Pérdida de peso durante el tratamiento térmico.

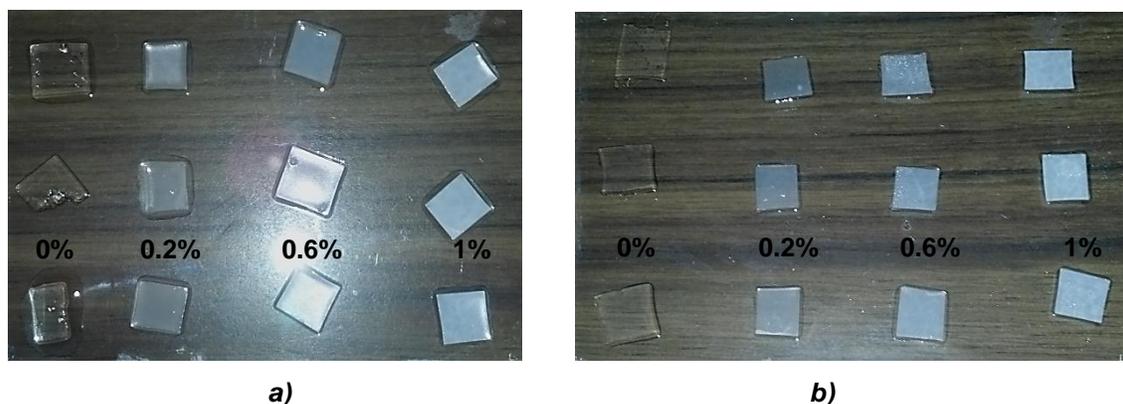


Figura 3.- Películas después de la prueba de solubilidad (a) sin tratamiento térmico y (b) con tratamiento térmico.

La Figura 4 muestra los espectros de FTIR de la nanoarcilla, de la grenetina y de las películas por el lado más rugoso y sin tratamiento térmico. Se puede apreciar a 1000 cm^{-1} la señal correspondiente al estiramiento Si-O de la nanoarcilla. Mientras que el espectro de la grenetina muestra las señales de una amida I (estiramiento C=O) a $1636\text{-}1640\text{ cm}^{-1}$, una amida II (doblez N-H y estiramiento C-H) a $1542\text{-}1544\text{ cm}^{-1}$, una amida III (estiramiento C-N y N-H) a 1240 cm^{-1} y una amida A (estiramiento N-H) a 3300 cm^{-1} , las cuales son señales características de la grenetina⁽⁵⁾. Las películas formuladas con 0% y 0.2% en peso de nanoarcilla presentan espectros de FTIR muy parecidos, mientras que las películas formuladas con 0.6 y 1% muestran las señales de ambos componentes.

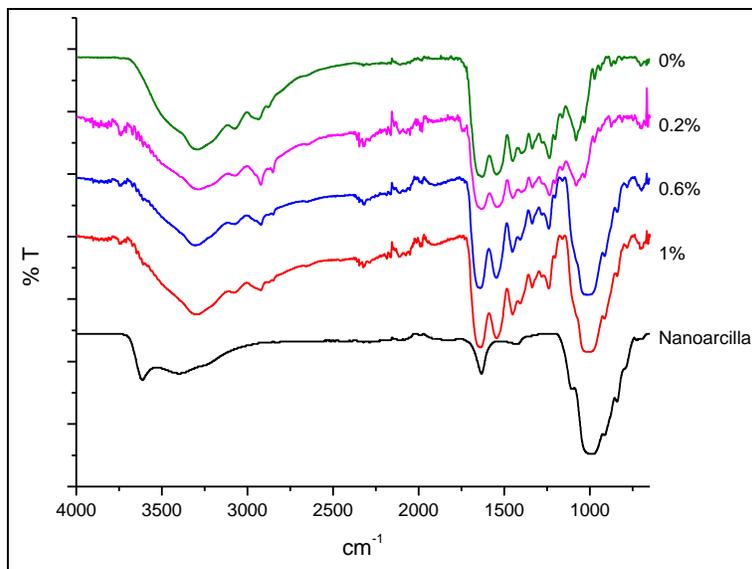


Figura 4.- Espectros FTIR de las películas y de la nanoarcilla y grenetina.

La Figura 5 muestra las microscopias electrónicas de barrido de la nanoarcilla, se puede apreciar que las nanopartículas tienden a aglomerarse.

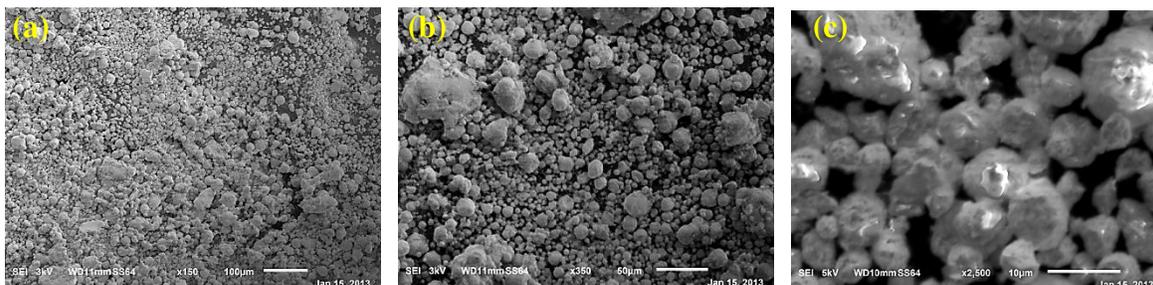


Figura 5. SEM de la nanoarcilla a (a)150X, (b) 350X y (c) 2500X

La Figura 6 muestra las microscopias electrónicas de barrido de las películas sin nanoarcilla, Figura 6(a), y con 0.6% en peso de nanoarcilla del lado liso, Figura 6(b), y del lado rugoso, Figura 6(c), en la cuales se puede observar que no existen aglomeraciones de las nanopartículas de arcilla como las observadas en la Figura 5. Se analizaron las películas sin tratamiento y con tratamiento térmico y no logró observar ninguna diferencia morfológica significativa en las películas.

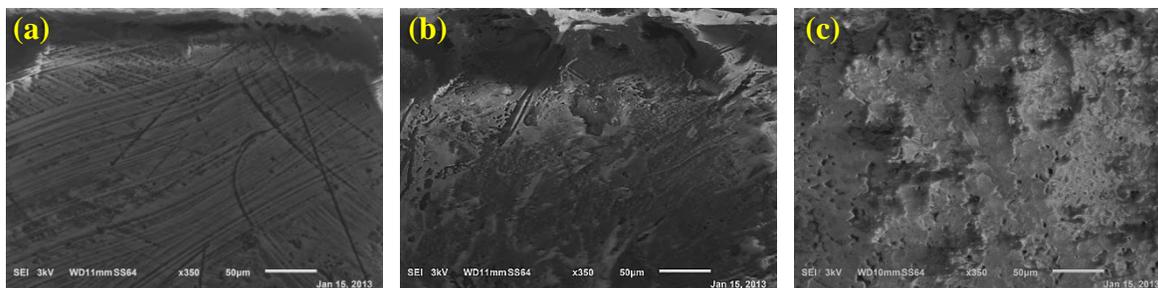


Figura 6. SEM de las películas (a) sin nanoarcilla, con 0.6% en peso de nanoarcilla (b) del lado liso (c) del lado rugoso.

Conclusiones

Se logró obtener películas híbridas de grenetina-nanoarcilla en concentraciones de 0, 0.2, 0.6 y 1% en peso de nanoarcilla. Los resultados mostraron que las películas con nanoarcilla son menos hidrofílicas. La caracterización por FTIR y SEM no muestran que el tratamiento provoque cambios químicos y morfológicos significativos. Por SEM se pudo observar que se logró obtener películas con una muy buena dispersión de las nanopartículas de arcilla. La prueba de solubilidad mostró que el tratamiento térmico hace más resistentes a las películas, pues estas se hincharon y se disolvieron en menor grado. Sin embargo, las pruebas que definirán el efecto del tratamiento térmico serán las caracterizaciones de esfuerzo a la tensión, permeabilidad al vapor de agua y al CO₂ y la caracterización térmica por DSC, las cuales están en proceso.

Referencias

1. Kaynak, C. and Tasan, C. (2006) Effects of production parameters on the structure of resol type phenolic resin/layered silicate nanocomposites. *Eur. Polym. J.* 42, 1908–1921
2. Pereira de Abreu, D.A. et al. (2007) Development of new polyolefin films with nanoclays for application in food packaging. *Macromol. Nanotechnol.* 43, 2229–2243
3. Weiss, J. et al. (2006) Functional materials in food nanotechnology. *J.*
4. Cabedo, L. et al. (2006) Optimization of biodegradable nanocomposites based on aPLA/PCL blends for food packaging applications. *Macromol. Symp.* 233, 191–197.
5. Thi-Hiep Nguyen and Byong-Taek Lee (2010), Fabrication and characterization of cross-linked gelatin electro-spun nano-fibers. *J. Biomedical Science and Engineering*, 3, 1117-1124.

LA EXCLUSIÓN DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA DENTRO DEL CURRÍCULO EDUCATIVO

K. P. Restrepo Salamanca

Semillero de investigación Awagkuna, Facultad de Educación, Universidad Antonio Nariño, Bogotá-Colombia- krestrepo@uan.edu.co, katika2707@hotmail.com

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen - El presente artículo tiene como objetivo reconocer que en los procesos curriculares, de manera concreta los PRAE (proyecto ambiental escolar) de entidades educativas que rodean la de la cuenca media del río Tunjuelo en Bogotá-Colombia, se está excluyendo en su mayoría el problema de la contaminación hídrica y no se están generando proyectos ambientales donde se integren la comunidad educativa, y demás personas y actores del contexto de río Tunjuelito. La metodología consiste en el análisis documental de los PRAE de seis colegios que hacen parte de la cuenca media del río, para lo cual se establecen tres indicadores o parámetros a evaluar; y apartar de allí se caracterizan los aspectos que muestran los aportes, las dificultades, las carencias generales y la exclusión de la problemática de la contaminación hídrica del río Tunjuelito causada por las múltiples condiciones y factores sociales involucrados.

Introducción

El ser humano desde que se originó, ha podido hacer uso de los recursos naturales para subsistir; así mismo ha tenido la oportunidad de aprovecharse de manera beneficiosa, llámese económica, social, política y culturalmente de estos recursos. Para el caso de interés, es de notar que el recurso hídrico ha sido deteriorado y así mismo ha provocado cambios biofísicos y sociales; pues como lo dice Ibarra (2010), la naturaleza es el eje fundamental para satisfacer las necesidades del hombre, ya sea en alimentación, en vestido, en materiales para trabajar entre otros y pues esto tiene un cierto valor económico como un valor ambiental en su utilización.

Teniendo en cuenta la problemática general, en el presente documento se va a presentar un estudio sobre la problemática ambiental en la Cuenca Media del Río Tunjuelito, ubicada en Bogotá-Colombia, cerca a una de las sedes de la Universidad Antonio Nariño, en el pueblo de Usme. Esta región cuenta con un sector rural que se dedica a cultivar principalmente papa, arveja y cebolla, además de una parte pequeña de ganadería; allí también se encuentra al Relleno Sanitario de Doña Juana, el cual genera problemáticas como la contaminación hídrica, de suelos, atmosférica y salud pública. La zona habitada en torno a la Cuenca se encuentra ubicada en el sur de Bogotá con un número de habitantes que son dos quintos de la población total de Bogotá, de estratos socioeconómicos 0, 1 y 2, en donde la actividad económica está ligada a la misma actividad de ganado, agricultura y entre otras de esta zona y sus ingresos promedio son inferiores a los de un salario mínimo legal vigente en Colombia (que para 2013 se fijó aproximadamente en 310 USD), en una población constituida por familias en las

que es común que los padres no hayan tenido educación y los hijos asisten a instituciones educativas de primaria-secundaria que rodean a la cuenca.

La cuenca hidrográfica más importante de la región es la del río Tunjuelito, el cual nace en la laguna de los Tunjos del páramo de Sumapaz y formando los embalses Chisacá y La Regadera ofrece suministro de agua a Bogotá.

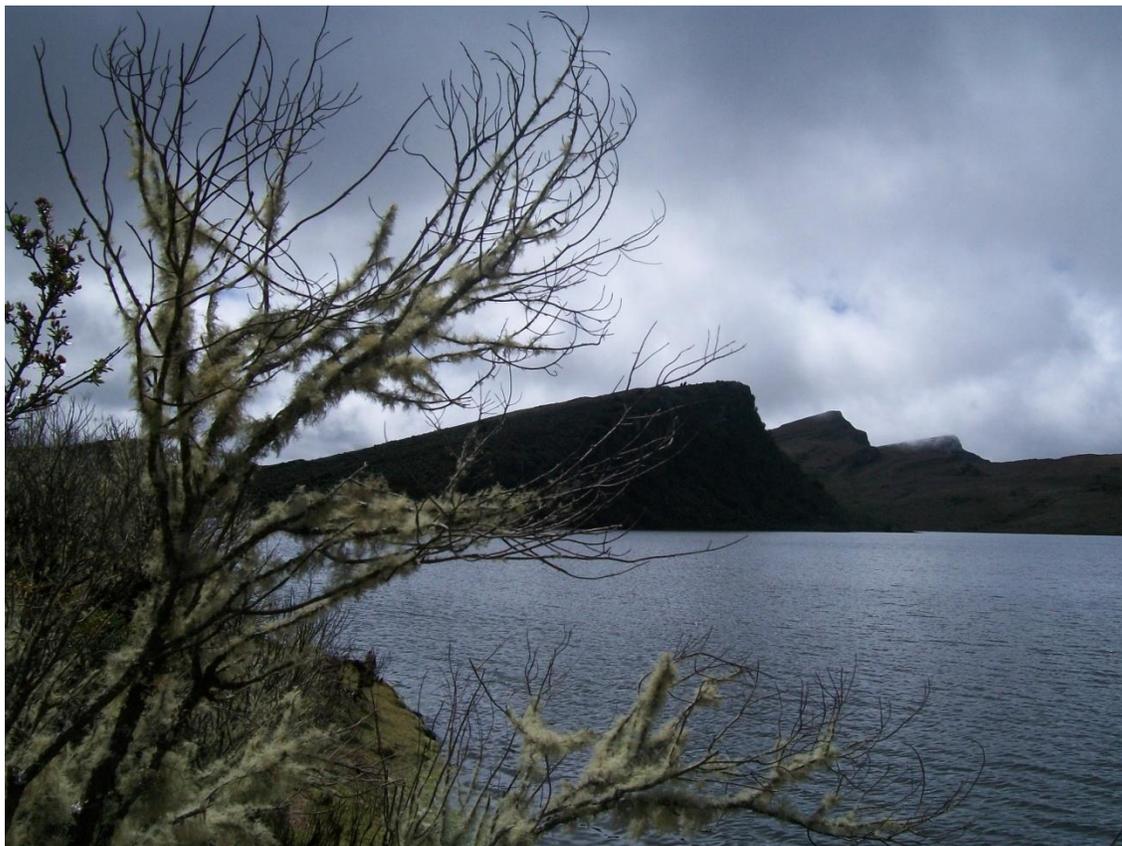


Foto: Julio Tovar, 2012.

Figura 1. Laguna de los Tunjos o Chisacá, al sur de Bogotá, en donde nace el río Tunjuelito

La contaminación hídrica de la Cuenca del Río Tunjuelo tiene un impacto que afecta ambientalmente puesto que se hace un mal uso del recurso hídrico y así mismo en la actividad humana desde el punto de vista social, educativo, político, e incluso cultural. Un ejemplo es las basuras son arrojadas al río, las curtiembres de tunjuelito entre otros factores son los causantes de la contaminación en este sector.

Frente a dicho contexto ambiental, existen muchos factores desde los cuales lograr cambios, y uno de ellos es la educación. En este sentido, la educación ambiental contribuye con un proceso de fortalecimiento social, educativo y cultural en el ámbito escolar, de tal manera que si se habla que éste es un proceso social, es desde la misma institución educativa desde donde se debe generar propuestas ambientales que involucren a la sociedad de la que hace parte la institución. El

instrumento fundamental para ello, desde la Política Nacional de Educación Ambiental colombiana (2002), es el Proyecto Ambiental Educativo -PRAE-.

Teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior, durante el segundo semestre de 2012 se lleva a cabo una serie de recorridos ambientales y entrevistas a la comunidad, realizados con el Grupo de Investigación Conciencia, así como algunas jornadas de reconocimiento del contexto social y cultural con el Grupo de Investigación Awagkuna; todo ello en la zona que comprende la Cuenca Media del Río Tunjuelito, desde lo que se puede determinar qué:

a) las instituciones educativas toman el PRAE como un proyecto que se realiza en jornadas académicas dentro de los planteles educativos, como procesos internos de reciclaje y de siembra de plantas (ornamentales o de huerta); procesos a los que no se integra la comunidad que rodea a la institución;

b) la problemática de la contaminación hídrica, siendo causada por las actividades humanas y siendo a la vez un problema para la subsistencia humana, no es uno de los principales problemas abordados en el currículo escolar desde los PRAE.

Entonces, la problemática esencial es que los colegios que hacen parte de este sector, al parecer no incluyen en sus PRAE la cuenca media del río Tunjuelito como prioridad; zona en la que todas las quebradas y afluentes del río se han convertido en un entorno de basuras y desechos industriales; y teniendo en cuenta que ello es una directa consecuencia de la forma de vida que llevan las comunidades y del desarrollo del sector productivo de la región, los PRAE deberían aportar a la formación de las comunidades para la transformación de la situación de la contaminación hídrica.

La exclusión de la contaminación hídrica dentro de los currículos educativos es una realidad que no se toma como meta, ni propósito ambiental, que si se implementara o articulara a los PRAE permitiría construir mejoras desde proyectos y gestiones ambientales que al realizarse y analizarse desde el aula se integrara la sociedad podría ser una herramienta de recuperación y de impacto a la contaminación hídrica. Ante el contexto planteado, el presente documento se plantea como objetivo responder a la siguiente pregunta: ¿incluyen los PRAE de los colegios de la cuenca media del río Tunjuelito el problema de la contaminación hídrica?



Foto: Julio Tovar, 2012.

Figura 2. Cuenca Media del río Tunjuelito contaminada, en inmediaciones del pueblo de Usme.

Fundamento Teórico

1. Proyecto ambiental educativo-PRAE-:

En Colombia, a mediados del siglo XX se crean los primeros lineamientos para el manejo del recurso hídrico. En el Decreto 1381 de 1940 el Ministerio de Economía Nacional menciona que la finalidad es regular proyectos y planes en cuestión de las cuencas hidrográficas como lugares prioridad. El siguiente aporte fue totalmente en el Decreto 1337 de 1978, el cual reglamenta la inclusión en programaciones curriculares desde todos los grados y que tengan como componente en esos proyectos la preservación del ambiente que los rodea y así mismo la ejecución de proyectos desde la institución hacia los sectores.

Al transcurrir el tiempo la nueva Constitución Política Nacional de la República de Colombia establece en el año de 1991 que el medio ambiente es un derecho colectivo en donde pueden participar todos, es decir que así mismo se pueden vincular las instituciones educativas con las personas que conviven cerca y vivir el entorno, pero también observar entre todos aquellos problemas ambientales.

Como desarrollo de las disposiciones constitucionales, la ley 99 de 1993, del Sistema Nacional Ambiental SINA dice:

...“El esquema de manejo ambiental, cambia en Colombia con motivo de la expedición de la ley 99 de 1993. mediante esta Ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el sistema nacional ambiental SINA, incluyendo la redefinición y creación de un total de 34 corporaciones autónomas regionales y 5 institutos de investigación.”

En el mismo sentido, la Ley 115 de 1994 (General de Educación), hace referencia a que la educación debe generar conciencia para la formación de una cultura ecológica entre una sociedad:

Artículo 1º. Objeto de la Ley: La educación es un proceso de formación permanente, personal cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos, y de sus deberes.

Artículo 5º. Fines de la educación: de conformidad con el artículo 67 de la constitución política, la educación se desarrollará atendiendo entre otros, los siguientes fines:

La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de la vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y de la defensa del patrimonio cultural de la nación.

La formación para la promoción y preservación de la salud y la higiene, la prevención integral de los problemas socialmente relevantes, la educación física, la recreación, el deporte y la utilización del tiempo libre, y la promoción en la persona y en la sociedad de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país y le permite al educando ingresar al sector productivo

Y en el Decreto 1743 de 1994, se identifica que los proyectos ambientales que se generen en la institución forman parte de todos los niveles académicos y deben generarse de forma obligatoria a todas las entidades escolares dentro de sus proyectos educativos institucionales:

Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente.

ARTÍCULO 1º.- Institucionalización. A partir del mes de enero de 1995, de acuerdo con los lineamientos curriculares que defina el Ministerio de

Educación Nacional y atendiendo la Política Nacional de Educación Ambiental, todos los establecimientos de educación formal del país, tanto oficiales como privados, en sus distintos niveles de preescolar, básica y media, incluirán dentro de sus proyectos educativos institucionales, proyectos ambientales, escolares en el marco de diagnósticos ambientales, locales, regionales y/o nacionales, con miras a coadyuvar a la resolución de problemas ambientales específicos.

En lo que tiene que ver con la educación ambiental de las comunidades étnicas, ésta deberá hacerse teniendo en cuenta el respeto por sus características culturales, sociales y naturales y atendiendo a sus propias tradiciones.

La finalidad del PRAE es la incorporación de proyectos escolares que identifiquen problemas ambientales que afectan a la comunidad de las instituciones educativas, para desde allí desarrolla una propuesta pedagógica-didáctica de manera investigativa y de intervención, con la finalidad de transformar ese contexto ambiental, tal vez a través de cambios culturales o de formas en que las personas conviven en la región y de acciones para la recuperación y o conservación de los factores biofísicos involucrados.

Así, El PRAE debe estar articulado a todo el proceso curricular en la escuela y lograr integrar los sistemas socioculturales y biofísicos; haciendo interpretaciones y propuestas desde diferentes conocimientos, ya sean científicos, tradicionales y/o populares. En la construcción del PRAE participan la entidad educativa y la comunidad causante-afectada por las problemáticas ambientales.

2. Experiencias en la escuela a través de los proyectos ambientales:

A nivel nacional en Colombia, la educación ambiental de las escuelas se evidencia a través de los Proyectos Ambientales Educativos, los cuales hacen parte de los Proyectos Educativos Institucionales en cada escuela y cada colegio. Sin embargo, las investigaciones muestran que los objetivos de dichos proyectos no siempre están enfocados a responder a la cotidianidad de la escuela y la comunidad; muestra de ello es la investigación realizada por Sepúlveda (2009) en la que reporta la evaluación de los proyectos educativos ambientales en la ciudad de Manizales en Colombia, hallando que en muchas escuelas los PRAE usualmente identifican problemas, pero no se actúa ni se genera la participación de la comunidad; situación que limita el alcance, pertinencia y utilidad de los proyectos.

De esta manera si los proyectos ambientales se establecen en las instituciones como un requisito y no como una forma de educar, entonces la educación ambiental no genera la población tome conciencia de los problemas y que busque soluciones al transformar sus formas de convivencia y de relación con lo biofísico. Respecto a tal problemática en el currículo ambiental, Sepúlveda (2010) identifica los dos casos en instituciones educativas en la ciudad de Manizales: a) en algunos

el PRAE es la creación de un espacio curricular que genera la participación y formación de los estudiantes teniendo continuidad y una implementación de los objetivos ambientales, y b) en otros, los PRAE están como requisito a la ejecución de un año con objetivos a corto plazo que no se alcanzan a lograr. Si bien es cierto que los PRAE son un instrumento pedagógico que ha permitido vincular lo ambiental al currículo escolar, aún existen problemas en cuanto su concepción, formulación e implementación.

Esto proyectos ambientales, aparte de ser una lineamiento curricular obligatorio, también son importantes en el proceso de aprendizaje de los estudiantes ya que sirven como *“el puente de dos mundos: el interno y el artificial; de la clase y la realidad”* (Robles, 2008); es decir lo que se puede proyectar en el mundo de los estudiantes en su vida cotidiana ante lo ambiental y en generar proyectos reales de aplicaciones reales que aporten a su contexto; de tal manera esa sería la finalidad de generar PRAE en las instituciones.

Sección Experimental

La metodología del estudio presentado se basa en la investigación cualitativa, ya que se hace un análisis descriptivo-interpretativo del contenido de los documentos de Proyectos Educativos Ambientales (PRAE) de varios colegios situados en torno a la Cuenca Media del Río Tunjuelito, en la localidad de Usme, al sur de Bogotá-Colombia.

El estudio se realiza sobre los documentos del PRAE de 6 instituciones a las cuales se tuvo acceso. Los parámetros o indicadores a verificar o evaluar en los documentos son:

- a) que los PRAE incluyan el problema de la contaminación hídrica del río Tunjuelito
- b) cuáles son las líneas, acciones o estrategias que se han generado ante la problemática de la contaminación hídrica del río Tunjuelito.
- c) que el objetivo del PRAE cumpla con la necesidad de la comunidad y de las entidades educativas y cómo logra la participación de la comunidad.

Resultados

El siguiente cuadro presenta una descripción de los principales componentes de los PRAE, en los cuales es de esperarse que se haga referencia a la contaminación hídrica del río Tunjuelito, así como de las acciones realizadas, puesto que hace parte del contexto ambiental de dichas instituciones y comunidades:

Tabla 1. Evaluación indicadores *a* “inclusión del problema hídrico” y *b* “proyectos ejecutados que aborden el problema hídrico”:

Nombre Colegio	Indicador <i>a</i> “inclusión del problema hídrico”		Indicador <i>b</i> “proyectos ejecutados que aborden el problema hídrico”
	Definición del Problema	Líneas de trabajo o de acción	Reporte o registro de actividades realizadas
Colegio Almirante Padilla	Se centran en el uso de residuos sólidos	definen dos principales: - Educación ambiental básica. -Educación ambiental ligada a escenarios de gestión	Hay evidencias de un cronograma de actividades desde marzo a octubre, pero sin participación de la comunidad.
Colegio Federico García Lorca	La problemática es residuos sólidos y comentan la problemática hídrica	La institución educativa y los valores ambientales	Se encuentra establecidas unas actividades sin fecha y con el acompañamiento de las directivas.
Colegio ciudad de Villavicencio	Falta de valores y cuidado de las plantas	El prado verde de la institución	Salidas a jardines botánicos y recorridos dentro del prado verde de la institución.
Colegio Chuniza	Residuos sólidos y Agricultura Urbana.	Trabajo en la institución	Salidas Pedagógicas en donde el estudiante pueda ver la vivencia y la biodiversidad del entorno que lo rodea.
Colegio Gran Yomasa IED	El mal uso de los residuos “reciclar”	Procesos de valores y reciclaje dentro de la institución ante la normativa.	Actividades de concientización docentes estudiantes y padres de familia y la construcción de un pendón y un logotipo.
Colegio La Aurora	La utilización racional del recurso hídrico y los residuos sólidos.	Las líneas inter institucionales contarán con: Actividades de impacto pedagógico, Periodismo ambiental, Planeación de actividades de reflexión.	Cronograma de actividades con fechas para la creación del un nuevo PRAE con las directivas.

En el cuadro que sigue se presenta el objetivo de cada PRAE de las instituciones educativas anteriores, una observación pertinente a sus objetivos y una valorización de las personas que participan.

Tabla 2. Evaluación indicador c “respuesta a necesidades y participación comunitaria”

Nombre del colegio	OBJETIVO PRAE	PARTICIPACIÓN
Colegio Almirante Padilla	Crear un plan de reciclaje de residuos sólidos con los estudiantes del Colegio Almirante Padilla.	Estudiantes y maestros. Se excluye la comunidad que rodea la institución.
Colegio Federico García Lorca	Implementar procesos de educación ambiental que permitan generar conciencia y sentido de pertenencia en la comunidad educativa del colegio Federico García Lorca, frente al manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos	Participan todos a través de los espacios de dirección de grupo y de Comité Ambiental Educativo. Se excluye a la comunidad externa y cierta parte de estudiantes.
Colegio Ciudad de Villavicencio	Fomentar en la comunidad educativa conocimientos y conciencia ecológica frente a la importancia de los árboles y otras especies, Afianzar los valores, el sentido de pertenencia y desarrollar habilidades enfocadas a la gestión empresarial.	Los directivos y cursos. Se excluye la comunidad que rodea a la institución.
Colegio Chuniza	Mejorar la calidad de vida contribuyendo a la Preservación del Ambiente a través del adecuado manejo de residuos sólidos y Agricultura Urbana.	Se dice que profesores y estudiantes deben investigar en torno al PRAE, pero no se evidencia dicho proceso.
Colegio Gran Yomasa IED	Realizar el manejo adecuado de los residuos sólidos, mediante la sensibilización de la comunidad educativa bajo un proceso de análisis participativo, con responsabilidad ética y ambiental como miembros que interactúan con la sociedad, la naturaleza y los seres vivos.	Las actividades están dirigidas a la institución, mediante salidas a jardines botánicos.
Colegio La Aurora	Generar espacios pedagógicos, sociales e institucionales donde pueda integrarse la reflexión y la acción a partir de las problemáticas ambientales de la Institución. aduciendo el derecho constitucional de un ambiente sano y el deber universal que tenemos como ciudadanos del planeta de conservar nuestros recursos naturales hacia la calidad de vida nuestra y de las futuras generaciones	La comunidad educativa, y comunidad que rodea a la institución; de tal manera establecen contacto con autoridades comunitarias del barrio, y hasta establecen diálogos con las familias de este contexto

Discusión

Al realizar el análisis documental de los PRAE de 6 instituciones educativas del sur de Bogotá, de la Cuenca Media del río Tunjuelito, se evidencia:

1. Respecto al indicador a “inclusión del problema hídrico”:

Ciertos documentos de PRAE se encuentran elaborados de manera organizada pero lo único que se encuentran son proyectos que excluyen en su mayoría las problemáticas ambientales de la comunidad.

El principal problema identificado en las instituciones, es el de los residuos sólidos, el proceso de siembras de matas en las instituciones que si bien es cierto que es relevante, no es el único que debería tenerse en cuenta. Quizás ello se debe al tema paisajístico o de buena apariencia de las instituciones, es decir, por la necesidad de lograr un lugar limpio y agradable de convivencia. En contraste el estudio de los documentos revela que solamente en un caso se identificó el problema hídrico; ello, en el PRAE del Colegio La Aurora en el que, para reconocer la problemática, realizan entrevistas a las personas que viven, trabajan y rodean a la institución.

Las líneas de trabajo se enfocan a lo relativo dentro de las instalaciones de los colegios, pues es el PRAE enfocado como un aspecto limitado al área de ciencias naturales. Es decir, los PRAE solo son tomados como un tema a desarrollar en el currículo de ciencias naturales, desde donde algunas instituciones justifican espacios para salidas de campo y desde donde algunos profesores generan espacios de sensibilización en su clase. Sin embargo no se evidencia un currículo estructurado en torno a la problemática cultural y social frente a lo biofísico, en donde también se observe la participación de todo el cuerpo directivo e institucional, como así mismo la participación de la comunidad ya que es la más afectada directamente por la contaminación hídrica.

2. Respecto al indicador b “proyectos ejecutados que aborden el problema hídrico”:

La mayoría de actividades estaban enunciadas en los cronogramas, con la gran limitación de que en la planeación no existen sistemas de registro de evidencias, ni sistemas de evaluación del aporte de las actividades al desarrollo del PRAE.

Ciertas actividades que se evidencian en los PRAE son las de organizar campañas de reciclaje, de ahorro de agua de los baños, de cultivo de plantas y salidas pedagógicas. Entre las actividades nombradas en su mayoría ninguna tiene que ver con directamente con el componente hídrico.

Estas actividades sin dejar de ser importantes, puesto que aportan a concientizar ambientalmente, no son consideradas como la problemática principal puesto que el problema de la Cuenca del río Tunjuelito conjuga varios elementos que requieren de una atención especial: a) el ordenamiento territorial y la urbanización, pues existen comunidades que tienen sus casas invadiendo la ronda del río, b) el factor económico, pues de los frigoríficos y otras actividades se vierten muchos residuos al río, c) el Relleno Sanitario Doña Juana, porque de allí se vierten lixiviados, d) las costumbres de las personas, pues algunos lavan en el río su ropa o los automóviles, e) la agricultura, porque las aguas contaminadas con pesticidas pueden alcanzar el cauce del río, f) la minería, por los vertimientos y la deforestación. Todo lo anterior alarma sobre la importancia de generar procesos y actividades que aporten al reconocimiento de la problemática y a buscar cambiar tales condiciones.

En conclusión para este indicador, la revisión de los PRAE muestra que en la mayoría de los colegios se excluye totalmente el problema de la contaminación hídrica, excepto en un caso en el que no son claras las acciones. Los planes de reciclaje sólo se implementa como proyecto de aula y no a nivel colectivo, ni social.

3. Respecto al indicador c “respuesta a necesidades y participación comunitaria”:

Algunos PRAE, según sus objetivos, buscan mejorar los “valores ambientales en la contaminación hídrica”, así como otros aspectos, pero no presentan alternativas para lograr que la comunidad educativa se reconozca como parte del medio ambiente, valore sus elementos y sus relaciones para mantener la armonía entre la naturaleza y su bienestar sabiendo que el recurso hídrico es una prioridad para la subsistencia del hombre.

De los 6 PRAE analizados todos abarcan procesos de integración de valores, pero sólo incluyen personas que hacen parte de la institución (estudiantes, padres de familia y profesores), dejando de lado la participación del otro sector de la población que rodea el colegio. Aunque casi todos los PRAE mencionan la necesidad de integrar las comunidades al trabajo ambiental, no se evidencian alternativas de participación de comunidades externas a los colegios. Así mismo es clara la exclusión del problema de la contaminación hídrica y sin duda de las problemáticas generales de la comunidad, pues en la mayoría de los PRAE no hay evidencia de su integración.

Conclusiones

Al identificar la Cuenca Media del río Tunjuelito como un contexto ambiental complejo, con problemas ambientales complejos, se da la necesidad de incorporar un análisis desde la escuela.

Los Proyectos Ambientales Educativos -PRAE- como estrategia de educación ambiental, juegan un papel importante, no sólo para el colegio sino para toda la comunidad, por lo que es evidente que desde ellos se logre el reconocimiento de las problemáticas del contexto y se consiga la participación ciudadana; para este caso, los PRAE de la zona de Usme en Bogotá deben propender por la inclusión del problema de la contaminación hídrica y en general todo el contexto ambiental de la Cuenca Media del río Tunjuelito.

Los PRAE analizados, a pesar de que desconocen como problemática a la Cuenca Media del río Tunjuelito, identifican otros problemas que también afectan a la comunidad educativa. Sin embargo esto no es suficiente ya que pueden estar descontextualizados de todo lo que sucede en la Cuenca Media del río Tunjuelito. Sería necesario reorientar los PRAE actuales hacia un nuevo reconocimiento del contexto, cultura y participación ciudadana.

De acuerdo con lo anterior y lo revisado en los documentos curriculares, sin duda el PRAE está siendo tomado como un requisito y no como un proyecto de mejoramiento personal, social y cultural respecto al contexto del que la comunidad hace parte; pudiendo entablar proyectos donde se integren distintas cuestiones culturales y tradiciones de la comunidad y comprender en sí cuáles pueden ser las relaciones entre las formas de actuar y de convivir y su impacto sobre el componente hídrico de la región, así como de otros componentes ambientales como la salud pública, el paisaje, la biodiversidad, etc.

Se pueden implementar procesos de investigación que involucren normativas legales y gestiones ambientales vigentes que puedan hacer parte de proyectos que involucren a organizaciones ambientales desde las instituciones y así generar actividades dentro del PRAE que integren a la comunidad y poder buscar un cambio cultural donde se evidencie la forma de que las personas se identifican con la cuenca, cómo interactúan con las demás personas ante la cuenca y como se relacionan con su contexto biofísico, un cambio que logre hablar y actuar de nuevos valores ambientales y nuevas formas de administrar la cuenca y de generar proyectos de mejoramiento en la Cuenca Media del río Tunjuelito.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial al profesor Julio César Tovar Gálvez por su gran ayuda, por su trato personal hacia mí, su esfuerzo e interés en todo momento de forma desinteresada, gracias de todo corazón.

Referencias

1. Colombia. *Constitución Política*. Banco de la República, Bogotá, 1991. (Online). En: <http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>
2. Colombia. *Ley 9 de 1979*. (Online). En: http://www.amazonas.gov.co/apc-aa-files/64333134366637663234626363623135/LEY_09_1979.pdf
3. Departamento Nacional de Planeación. *Sistema Nacional Ambiental*. (Online). En: www.dnp.gov.co
4. H. Robles. Proyectos en el aula: Cuidemos nuestro medio ambiente. *Zona Próxima*. 2008, 9 (Diciembre), 46-59. En: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=85312286004>
5. L. E. Sepúlveda. “Praeizar” el Proyecto Educativo Institucional: una alternativa para incluir la dimensión ambiental en la educación básica y media. *Revista Luna Azul*. 2010, 30, (enero-junio), 142-163. En: http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul30_08.pdf
6. L. E. Sepúlveda. Una evaluación de los procesos educativo-ambientales de Manizales. *Revista Luna Azul*. 2009, 28 (enero-junio). En: http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul28_6.pdf
7. Ministerio de Ambiente. *Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico. Decreto 1381 de 1940-Decreto 1337 de 1978*. (Online). En: http://www.minambiente.gov.co/documentos/5774_240610_libro_pol_nal_recurso_hidrico.pdf.pdf
8. Ministerio de Ambiente. *Sistema Nacional Ambiental SINA Ley 99 de 1993*. (online). En: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ley/ley_0099_221293.pdf
9. Ministerio de Educación Nacional. *Lineamientos curriculares*. (Online). En: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

MODELOS DE COPOLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN: UN ESTUDIO COMPARATIVO

S. Espinoza-Salgado¹, J. Reyes-Reyes², C.M. Astorga-Zaragoza² y A. Álvarez-Castillo¹

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), Av. Instituto Tecnológico No. 27, C.P. 62780, Zacatepec, Mor. Mex. – socspinoza@yahoo.com.mx; ²Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), diaablaa@cenidet.edu.mx, ²Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), astorga@cenidet.edu.mx, ³Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), nuabli@yahoo.com.mx.

Área de participación: Polímeros

Resumen – En el presente trabajo se realizan simulaciones por computadora entre dos modelos de copolimerización en emulsión ya reportados con anterioridad.

Los monómeros que intervienen en el sistema de copolimerización en emulsión son el estireno y el acrilato de butilo. De acuerdo con los resultados que se obtengan tras la simulación, se compararán algunas variables como: La velocidad de copolimerización, la conversión de masa total, la composición del copolímero, entre otras variables.

La validación y comparación de los modelos, se realizará mediante simulaciones numéricas por computadora.

Introducción

En el presente trabajo se presentan dos modelos de copolimerización en emulsión para ser simulados. Los monómeros que intervienen en la reacción son el estireno y el acrilato de butilo, las simulaciones se realizan por computadora solo para la reacción en batch. El software simulador que se utilizó fue el MATLAB.

Sección Experimental

Modelos de copolimerización.

1) El primer modelo bajo estudio está dado por las referencias [1, 2].

Para describir a este modelo, asuma que los monómeros son esencialmente insolubles en la fase acuosa, entonces la evolución del número de moles $N_i(t)$, del monómero i (para una copolimerización $i = 1, 2$), está dada por la siguiente ecuación diferencial.

$$\frac{dN_i}{dt} = Q_i(t) - \mu(t) [M_i^p(t)] \left[\frac{kp_{ii}N_i(t)}{N_i(t) + (kp_{ij}/kp_{ji})N_j(t)} + \frac{kp_{ji}N_j(t)}{N_j(t) + (kp_{ji}/kp_{ij})N_i(t)} \right]$$

ó en forma condensada.

$$\frac{dN_i}{dt} = Q_i(t) - \mu(t) [M_i^p(t)] \bar{R}_{pi}(t)$$

ó en forma desarrollada:

$$\sum^{NL} \left\{ \begin{array}{l} \frac{dN_1}{dt} = Q_1(t) - \mu(t) [M_1^p(t)] \\ \frac{dN_2}{dt} = Q_2(t) - \mu(t) [M_2^p(t)] \end{array} \right. \left[\begin{array}{l} \frac{kp_{11}N_1(t)}{N_1(t) + (kp_{12}/kp_{21})N_2(t)} + \frac{kp_{21}N_2(t)}{N_2(t) + (kp_{21}/kp_{12})N_1(t)} \\ \frac{kp_{22}N_2(t)}{N_2(t) + (kp_{21}/kp_{12})N_1(t)} + \frac{kp_{12}N_1(t)}{N_1(t) + (kp_{12}/kp_{21})N_2(t)} \end{array} \right]$$

Donde:

$N_1(t)$ y $N_2(t)$; son los monómeros que intervienen durante la reacción de copolimerización expresado en moles.

$\frac{dN_i(t)}{dt}$; es el consumo del monómero i , durante la reacción de copolimerización.

$Q_i(t)$; es el flujo de alimentación del monómero i .

$\mu(t)$; es el parámetro de aglutinación asociado con el número de moles de radicales libres por litro de emulsión.

$M_i^p(t)$; es la concentración del monómero i en las partículas.

$\bar{R}_{pi}(t)$; es la velocidad total de polimerización del monómero i .

kp_{11} , kp_{12} , kp_{21} y kp_{22} ; son los coeficientes de velocidad de propagación.

La concentración de monómero i en la partícula es:

$$[M_i^p(t)] = \begin{cases} \frac{(1-\varphi^*)N_i(t)}{\Delta_1(t)} & \text{para } V_d(t) > 0, \\ \frac{N_i(t)\varphi^*}{\Delta_2(t)} & \text{para } V_d(t) \leq 0, \end{cases}$$

Donde:

$$\Delta_1(t) = \frac{MW_1}{\rho_1} N_1(t) + \frac{MW_2}{\rho_2} N_2(t)$$

$$\Delta_2(t) = \frac{MW_1}{\rho_{1,homo}} (N_1^{tot}(t) - N_1(t)) + \frac{MW_2}{\rho_{2,homo}} (N_2^{tot}(t) - N_2(t))$$

MW_i ; es el peso molecular del monómero i .

ρ_i ; es la densidad del monómero puro del tipo i .

$\rho_{i,homo}$; es la densidad del homopolímero del tipo i .

$N_i^{tot}(t)$; es el número total de moles del monómero i adicionado al reactor.

Donde $V_d(t)$ es el volumen total de las gotas del monómero y se define como una función de $N_i(t)$ y $N_i^{tot}(t)$, como sigue:

$$V_d(t) = \frac{MW_1}{\rho_1} N_1(t) + \frac{MW_2}{\rho_2} N_2(t) - \frac{1-\varphi^*}{\varphi^*} \frac{MW_1}{\rho_{1,homo}} (N_1^{tot}(t) - N_1(t)) - \frac{1-\varphi^*}{\varphi^*} \frac{MW_2}{\rho_{2,homo}} (N_2^{tot}(t) - N_2(t))$$

O más brevemente como:

$$V_d(t) = \alpha N_1(t) + \beta N_2(t) + \gamma(t)$$

Donde:

$$\alpha = \left(\frac{MW_1}{\rho_1} - \frac{(1-\varphi^*)}{\varphi^*} \frac{MW_1}{\rho_{1,homo}} \right)$$

$$\beta = \left(\frac{MW_2}{\rho_2} + \frac{(1-\varphi^*)}{\varphi^*} \frac{MW_2}{\rho_{2,homo}} \right)$$

$$\gamma(t) = - \frac{(1-\varphi^*)}{\varphi^*} \frac{MW_1}{\rho_{1,homo}} N_1^{tot}(t) - \frac{(1-\varphi^*)}{\varphi^*} \frac{MW_2}{\rho_{2,homo}} N_2^{tot}(t)$$

φ^* ; es la fracción en volumen de los monómeros en las partículas hinchadas bajo saturación.

El número total de moles $N_i^{tot}(t)$, del monómero i , está dado por la ecuación diferencial siguiente:

$$\frac{dN_i^{tot}(t)}{dt} = Q_i(t)$$

La conversión individual del monómero i esta dado por:

$$X_i(t) = \frac{N_i^{tot}(t) - N_i(t)}{N_i^{tot}(t)}$$

Y la conversión de masa total por:

$$X_g(t) = \frac{\sum_j MW_j [N_j^{tot}(t) - N_j(t)]}{\sum_k MW_k N_k^{tot}(t)}$$

ó más simplemente como; $y(t) = X_g(t) = MW_1 N_1(t) + MW_2 N_2(t)$

2) El segundo modelo bajo estudio está dado por las referencias [3, 4, 5].

Asumiendo que el grado de polimerización es despreciable en la fase acuosa, la concentración molar $[M_i]$ del monómero i en el reactor es principalmente afectado por la reacción de propagación, entonces el balance del material para el monómero i es ($i \in A, B$):

$$\frac{d}{dt}([M_i]V_r) = -R_{pi} + Q_f [M_{fi}]$$

Es decir para cada monómero, su consumo está dado por:

$$\frac{d}{dt}([M_A]V_r) = -R_{pA} + Q_f [M_{fA}]$$

$$\frac{d}{dt}([M_B]V_r) = -R_{pB} + Q_f [M_{fB}]$$

Donde, $Q_f [M_{fi}]$ es el flujo total de entrada al reactor y las velocidades de polimerización para cada monómero se determina por:

$$R_{pA} = k_{pA} [M_A]_p \frac{N_p}{N_A} \bar{n} \cdot V_r \cdot \phi$$

$$R_{pB} = k_{pB} [M_B]_p \frac{N_p}{N_A} \bar{n} \cdot V_r \cdot \phi$$

Además :

$$k_{pA} = k_{pAA} P_A + k_{pBA} P_B$$

$$k_{pB} = k_{pAB} P_A + k_{pBB} P_B$$

Donde k_{pij} , son los coeficientes de propagación de la reacción entre un radical con unidad monomérica i con otra j .

La probabilidad P_j está definida por:

$$P_A = \frac{k_{pBA} [M_A]_p}{k_{pBA} [M_A]_p + k_{pAB} [M_B]_p}$$

$$P_B = \frac{k_{pAB} [M_B]_p}{k_{pAB} [M_B]_p + k_{pBA} [M_A]_p}$$

Donde las concentraciones $[M_A]_p$ y $[M_B]_p$ son las concentraciones de los monómeros A y B en las partículas respectivamente.

Y la conversión de masa total también está dada por:

$$X_g(t) = \frac{\sum_j MW_j [N_j^{tot}(t) - N_j(t)]}{\sum_k MW_k N_k^{tot}(t)}$$

Resultados y Discusión

Los resultados derivados del presente trabajo todavía están proceso, sin embargo, a continuación se presentan algunos resultados preliminares: para el modelo 1 y 2. En La figura 1, se muestra el número de moles para cada monómero en función del tiempo, en la misma gráfica se aprecia que el comportamiento para ambos modelos es muy parecido.

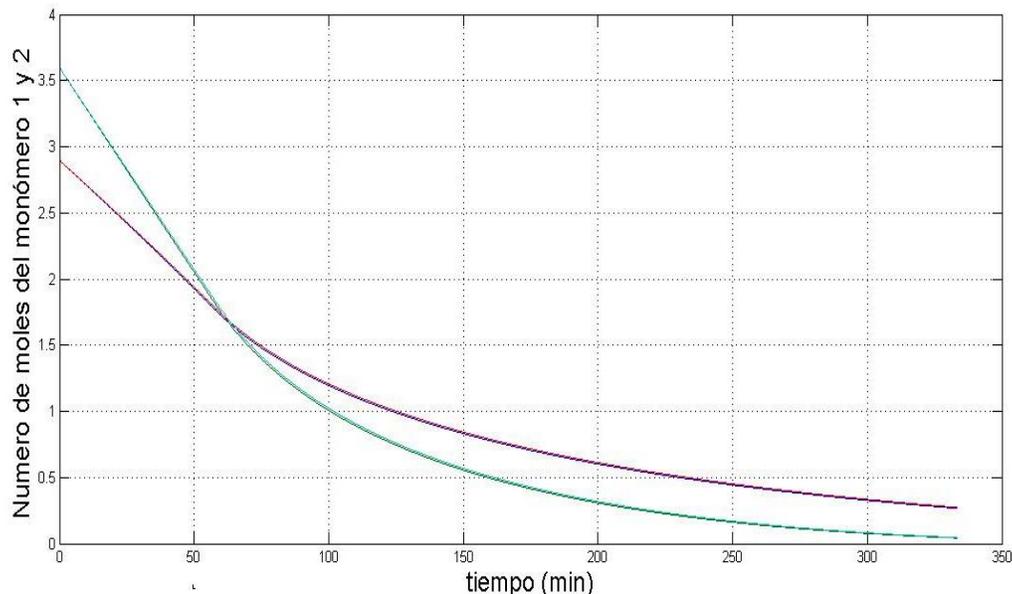


Figura 1. Resultados de la simulación para ambos modelos.

Conclusiones

Todavía falta mucho por analizar a los modelos en cuestión, sin embargo el comportamiento de los modelos aquí presentados prácticamente son iguales.

No obstante, todavía faltan algunos análisis entre ambos modelos.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Tecnológico de Zacatepec y al CENIDET las facilidades otorgadas para realizar el presente trabajo.

Referencias

1. C.M. Astorga, Control Engineering Practice. 2002, 10, 3-13.
2. G. Févotte, T. F. McKenna, S. Othman and H. Hammouri. Chemical Engineering Science, 1998, 53, 773- 786.
3. Emmanuel Ginsburger, Fernand Pla, Christian Fonteix, Sandrine Hoppe, Silvere Masseur, Philippe Hobbes, Philippe Swaels. Chemical Engineering Science, 2003, 58, 4493- 4514.
4. Lourdes López Arbina, Maria J. Barandiaran, Luis M. Gugliotta and José M. Asua. Polymer, 1997, 38, 143-148.
5. Young Je K wark, Won Seok Lyoo and Wan Shik Ha. Polymer Journal, 1996, 28, 851-859.

MODIFICACIÓN QUÍMICA DEL QUITOSANO Y SU UTILIZACIÓN EN LA REMOCION DEL COBRE EN SISTEMAS ACUOSOS.

R. Juárez-Sotelo ¹, Z. Vargas-Galarza¹, R. Salgado-Delgado¹, E. García-Hernandez¹, E. Rubio-Rosas², J. P. Pérez-Orozco¹, W. N. Hernández-Díaz¹

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México-narei_juarez@hotmail.com; zullyvag@hotmail.com ; renesalgado@hotmail.com; eddgarcia@gamil.com; juanpablo_perezorozco@yahoo.com.mx ; wendyntz@yahoo.com. Centro Universitario de Vinculación de la BUAP -efrainrubio@yahoo.com.mx,

Área de participación: Bioprocesos y Desarrollo Sustentable

Resumen- La contaminación ambiental es un tema de relevancia mundial, por tal motivo se han incrementado las investigaciones enfocadas a la descontaminación de suelos, pero sobre todo en efluentes de aguas contaminadas con metales pesados. En esta investigación se llevó a cabo la modificación química del quitosano sulfatándolo para elaborar películas soportadas en celulosa (tela) para su uso en la eliminación de metales pesados, utilizando el Cobre (Cu) en soluciones acuosas, estas películas se caracterizaron con la técnica de espectrofotometría de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), obteniendo las señales características del sulfuro (S-O-C y S=O), lo cual es una evidencia de la modificación química del quitosano. Así también las películas se caracterizaron por SEM para analizar su morfología, finalmente se realizó la adsorción del cobre, obteniendo una remoción del 39%.

Introducción.

En la actualidad se pueden encontrar varios tipos de biopolímeros naturales, los cuáles son materiales atractivos debido a que tienen como característica el reducir los iones de metales de transición a partes por mil millones de concentraciones. Algunos de ellos son la quitina y el quitosano, son de interés comercial debido a su alto contenido de nitrógeno y esto los hace agentes aglutinantes útiles. Los grupos amino libres en las moléculas de quitosano pueden ser fácilmente protonadas a NH_3^+ en soluciones ácidas por los que se puede enlazar con sustancias con carga negativa; mientras que en soluciones alcalinas, el quitosano adquiere una carga negativa debido a la disociación de los grupos de CH_2OH ó de la adsorción de OH^- de la solución por lo que se puede utilizar para eliminar las sustancias con carga positiva. Los iones metálicos tiende a unirse a la molécula del quitosano uno de ellos es el ion metálico del Cu^{2+} , estos iones metálicos están presentes en soluciones acuosas diluidas debido a la función quelante entre los átomos de N, en la figura 1 muestra la unidad repetitiva del quitosano[1].

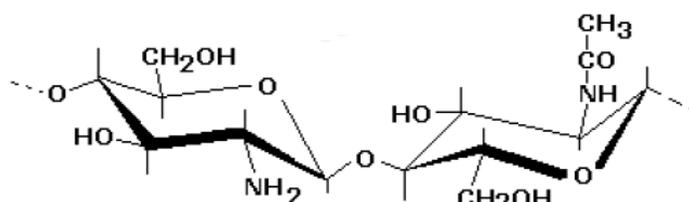


Figura 1.- Unidad repetitiva del quitosano

El cobre es un oligoelemento necesario para la vida, pero a niveles altos de este elemento en el organismo pueden causar daño para la salud. La inhalación de niveles altos de cobre puede producir irritación de las vías respiratorias. La ingesta de niveles muy altos de cobre puede producir náuseas, vómitos y diarrea. Al tener exceso de cobre en la sangre puede dañar el hígado y los riñones, e incluso podría causar la muerte [2].

Parte experimental.

Materiales y equipo. Tela de algodón comercial con un diámetro de 3,8 cm, agua destilada (reactivos Karal CAS: 7732-18-5), ácido acético (reactivos Karal CAS:108-24-7), hidróxido de sodio (reactivos Karal CAS:1310-73-2), sulfato de cobre (CuSO₄), quitosano marca Sigma Aldrich, dimetilformamida, ácido clorosulfónico.

Se utilizaron los siguientes equipos: infrarrojo MIDAC modelo PRS, espectrofotómetro UV-Visible (Spectronic 20D), parrilla con agitador magnético, modelo Nuova, marca Thermolyne, y microscopio electrónico de barrido JEOL, JSM-5600LV.

Pre tratamiento al Quitosano. Primero se llevó a cabo un pre tratamiento al quitosano con el propósito de provocar una expansión en la estructura molecular del polímero lo cual facilitó la reacción. Se disolvió 1.0 g de quitosano seco en 50 mL de ácido acético al 1% obteniendo un gel transparente y enseguida se precipitó con NaOH 0.25 M, el quitosano es puesto en dimetilformamida posteriormente se realizó la modificación química.

Sulfatación del Quitosano. Después del pretratamiento y lavarlo varias veces con agua hasta un pH neutro, se filtró y colocó en metanol para desalojar toda el agua atrapada por el quitosano. Esta etapa se realizó dos veces, se filtró y el sólido es colocado en DMF con agitación, una vez filtrado se conservó hasta su utilización, el quitosano obtenido hasta esta etapa se muestra un sólido seco.

En un matraz de 3 bocas se colocó el quitosano sulfatado en la etapa anterior y se agregaron 5 mL de DMF sobre un baño de hielo con agitación constante y se adiciona gota a gota 5.4 mL de HClSO₃. Cuando se formó el complejo HClSO₃-DMF, se agregó lentamente 25g de tolueno. Se retiró del baño de hielo y se calentó hasta una temperatura aproximada de 35°C, hasta disolver totalmente el complejo clorosulfónico para obtener una mezcla semi-líquida para poder hacer la película. Entonces se agregó el quitosano impregnado con DMF (actúa como disolvente) posteriormente se dejó reaccionar por 2 h. Se procedió a separar la fase líquida y el producto sólido, la fase sólida se lavó con metanol varias veces para eliminar el exceso de HClSO₃ que no reaccionó con el quitosano[3].

Caracterización por SEM y FTIR. La caracterización de las películas con el quitosano modificado se llevó a cabo por medio de FTIR Modelo PRS, marca MIDAC, con 16 barridos y región media. Así también estas películas de quitosano modificado se observaron a través de un microscopio electrónico de barrido (SEM)

Jeol Modelo JSM-5600LV. Para lo cual se recubrió la muestra con una capa delgada de oro con ayuda de un Desk V marca Denton Vacuum durante un minuto, esto debido a que las membranas no son conductoras y es necesario que haya conducción para obtener mejores imágenes y con mayor rapidez. Se tomaron las imágenes a 100, 500 y 1.000 aumentos [5].

Pruebas de funcionalidad de la película. Inicialmente se determinó la longitud de onda de adsorción en un espectrofotómetro UV-Vis (*Spectronic 20D*). Se preparó una solución 0,5 M de CuSO_4 , haciendo un barrido desde la longitud de onda de 450 hasta 560 nm. La longitud de onda obtenida del máximo fue de 540 nm (véase Figura 2).

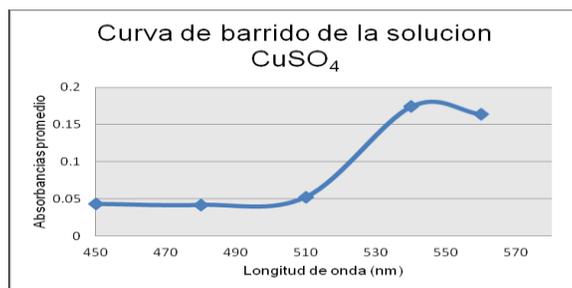


Figura 2.- Espectro de UV-Visible del CuSO_4

Para construir la curva de calibrado (Figura 3), se colocaron diferentes cantidades de agua y de una disolución de CuSO_4 a 0,5 M, para obtener molaridades diferentes CuSO_4 , con un desplazamiento de 0,005. Posteriormente se leyó la adsorbancia de cada disolución a 540 nm [6, 7].

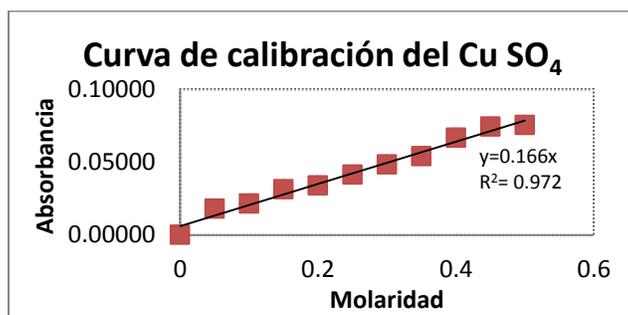


Figura 3.- Curva de calibración del CuSO_4

Para obtener muestras para las pruebas de adsorción, se preparó 250 mL de una solución 0,5 M de CuSO_4 , se colocó 20 mL de la solución en cuatro vasos de precipitado con agitación, posteriormente como muestra se colocó un pedazo de películas en un vaso de precipitado esta prueba se realizó por triplicado, se cubrieron con papel aluminio y se agitaron durante 24 horas. Posteriormente se retiró cada trozo de película de los vasos de precipitado para medir la adsorbancia de cada una de las soluciones en el espectrofotómetro a 540 nm.

Resultados y discusión.

Desde el punto de vista químico, el quitosano se modificó por sustitución parcial de los grupos OH por grupos sulfatos este proceso químico no sufre degradación como se muestra en la Figura 4 y el propósito es que presente mayor electronegatividad en la superficie de la película por lo tanto presenta una atracción mayor y esto ayudo a la adsorción de los cationes metálicos [3, 4, 8].

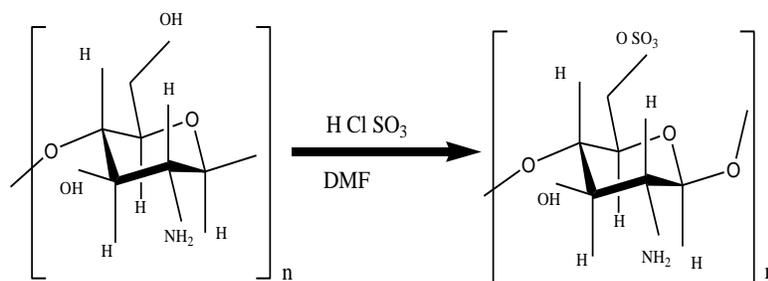


Figura 4.-Reacción de sulfatación del quitosano

Los espectros de FTIR de la muestra de quitosano natural comparando con el modificado se presentan en la figura 5, las señales de FTIR muestran que si existen cambios y modificaciones químicas en la molécula de quitosano, la señal en color azul es el de quitosano natural donde después de los 3000cm^{-1} se encuentran las señales de estiramiento de los grupos OH y las flexiones en la región de $1400\text{-}1500\text{cm}^{-1}$, en la región de 1600cm^{-1} se encuentran las señales de flexión del N-H_2 , así también hay señales de estiramiento del C-O en el rango de $900\text{-}1250\text{cm}^{-1}$. Las señales características de sulfatación que se observan son a los 900cm^{-1} que corresponde al grupo S-O-C, otra señal característica para comprobar si el quitosano fue modificado químicamente o sulfatado es del grupo S=O que se encuentra en la región de 1230cm^{-1} . Se tiene incremento de señales como son de los grupos de los CH_2 y CH_3 , los cuales se encuentran en el rango de los 2900cm^{-1} [9,10].

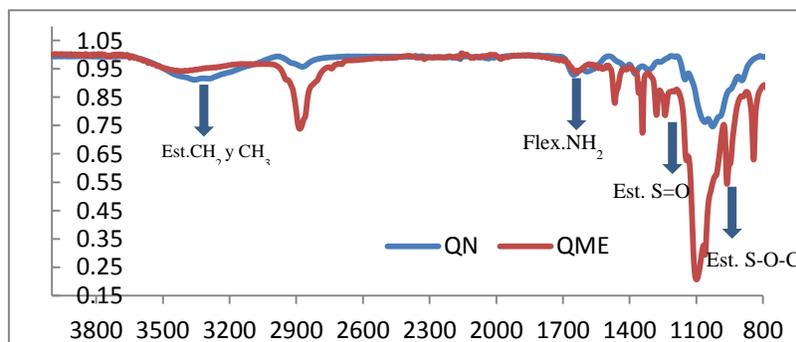


Figura 5. Espectro de FTIR del quitosano modificado.

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido, en el cuál se puede observar claramente las fibras de la tela de algodón (fibras de celulosa) véase figura 6 (a), un recubrimiento a lo largo de la tela con esto se tiene un soporte de las películas (fibras de celulosa), lo cual confirman la presencia de quitosano natural sobre la superficie de la tela (b). Los cambios morfológicos en la superficie muestran la presencia de la capa del quitosano modificado sobre las fibras de algodón y se encuentra adherido a las fibras de celulosa (c).

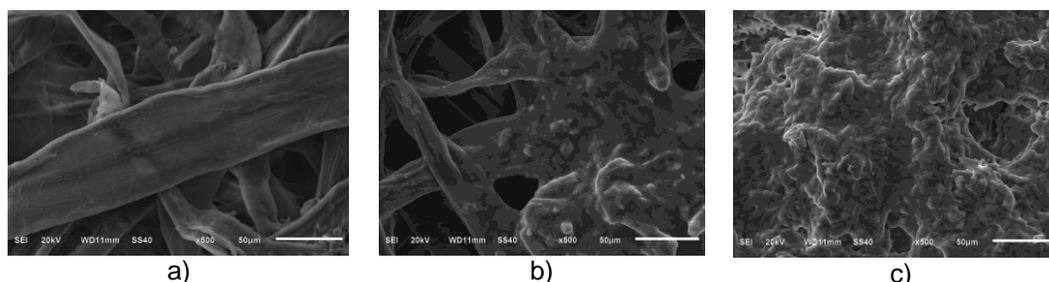


Figura 6. a) Fibra de celulosa (tela), b) Película de Quitosano Natural, c) Quitosano modificado

En la tabla 1 se muestran la adsorbancia de las soluciones en contacto con cada una de las diferentes muestras de las películas con quitosano natural, quitosano modificado y disuelto en glicerina, quitosano modificado y disuelto en hidróxido de Sodio. Los datos obtenidos son antes y después de haber dejado las películas en la solución del cobre durante un periodo de 24h esto para comprobar si se tiene una remoción de los iones metálicos.

Tabla 1.- Película para la remoción de metales

Película	SuCo ₄	QN	% Remoción	QMG	% Remoción	QMNaOH	% Remoción
1	0.071	0.058	30.12%	0.056	32.53%	0.068	18.07%
2	0.068	0.053	30.14%	0.065	33.68%	0.067	19.28%
3	0.069	0.058	30.12%	0.053	39.75%	0.066	20.48%

De todos los experimentos realizados se eligió como mejor metodología la muestra de la película 3 (quitosano modificado y disuelto en glicerina), ya que poseen mayor capacidad de adsorber iones de cobre removiendo hasta un 39% a diferencia del quitosano natural teniendo una remoción del 30%, el quitosano modificado disuelto con Hidróxido de Sodio tiene una adsorción del metal del 20%.

Conclusiones.

Las películas de quitosano modificado con soporte de celulosa (tela), muestran que la modificación si existe, dicha modificación se comprobó con la técnica de FTIR apareciendo las señales características de la sulfatación, en la región de los 900cm^{-1} que corresponde al grupo S-O-C, otra señal muy importante es el grupo S=O que se encuentra a los 1230cm^{-1} , con ello se comprueba que si se logró cumplir el objetivo deseado de esta investigación; también se pudo observar que no existe alguna unión con la celulosa (tela) y el quitosano modificado, dado que no arrojo algún resultado donde se pudiera observar algún tipo de enlace químico y que se pudiera verificar por espectroscopia FTIR. La caracterización por microscopía electrónica de barrido muestra la morfología de las películas de quitosano modificado con soporte de celulosa (tela), se puede observar la presencia del quitosano modificado y la celulosa está unida físicamente.

Por otro lado, queda demostrado que la película de quitosano modificado adherido a la celulosa (tela de algodón) si hay una remoción de metal, por lo tanto los resultados obtenidos existe una remoción considerable de aproximadamente un 39% en la disolución de adsorción estática.

Referencias

1. Lares Velásquez C “Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos”, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias. Departamento de Química, Grupo de Polímeros. Mérida (Venezuela), 2003.
2. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 “Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”.
3. Nelly Ríos et. Al. Obtención de sulfato de quitosano y aplicación en el proceso de coagulación-floculación de suspensiones coloidales aniónicas de caolinita. Volumen7 (3), agosto 2006. Revista Iberoamericana de polímeros.
4. Andrés Sánchez et. al. Síntesis y Caracterización de hidrogeles de quitosano obtenido apartir del camarón langostino (pleuroncodes planipes) con potenciales aplicaciones biomédicas. Volumen 8(4) septiembre 2007. Revista Iberoamericana de polímeros.
5. Ogawa K et al. “X-ray diffraction study of chitosan-metal complexes, in Chitin, Chitosan and Related Enzymes”, Zikakis JP (Editor). Academic Press, Orlando, FL., 1984
6. Masri MS, Reutger FW, Friedman M, J. Appl. Polym. Sci., **18**, 675 (1974).
7. Roberts GAF “Chitin Chemistry”. 1992, London: The Macmillan Press Ltd.
8. Marisa Martinelli. Materiales poliméricos funcionalizados. Volumen 4 (4), Diciembre 2003. Revista iberoamericana de polímeros.
9. R. Huang, Y. Du, J. Yang y L. Fan. Carbohydrate Research., 338,483-489 (2003).
10. A.M. Naggi, G. Torri, T. Compagnoni y B. Casu “Chitin in nature and technology”

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE BIOPELÍCULAS DE QITOSANO DE BAJO PESO MOLECULAR /CELULOSA

L. García-Hernández¹, E. García-Hernández¹, J. R. Rendón-Villalobos²,
R. Salgado-Delgado¹, Z. Vargas-Galarza y G. Arámbula-Villa³

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec-lyworld24@hotmail.com, eddgarcia@hotmail.com, renesalgado@hotmail.com, ²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN – rrendon@ipn.mx, ³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., Unidad Querétaro- garambula@qro.cinvestav.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – En este trabajo se presentan los resultados de la elaboración de películas a base de quitosano de bajo peso molecular y celulosa utilizando sorbitol como agente plastificante.

Para la formación de las películas, por el método de casting, se preparó una solución de ácido propiónico al 0.5 M y 3% p/p de quitosano y se adicionó la celulosa al 0.25, 0.5, 1, 2, 3 y 5% en peso.

La caracterización por espectroscopia FTIR muestra los picos característicos del quitosano bajo peso molecular, de la celulosa y en la película las interacciones entre los componentes de las películas. Los resultados de las propiedades mecánicas mostraron que la película con 0% de celulosa fue la que presentó un valor mayor de esfuerzo a la tensión con 28.38 MPa± 0.82 y este esfuerzo fue disminuyendo conforme se aumentó la concentración de celulosa hasta 3%, sin embargo la concentración de 5% muestra una mejor respuesta, solo por debajo de las películas de celulosa al 0% y 0.25%. Los resultados de ESEM mostraron que a medida que la concentración de celulosa se va incrementando, esta se distribuye de manera más homogénea en toda la película.

Introducción.

Actualmente, los empaques representan un área de aplicación de los polímeros sintéticos de mayor consumo. En la suma de esfuerzos para las nuevas tecnologías para el desarrollo de procesos sustentables, debido a la acumulación de desechos sólidos han surgido polímeros biodegradables, los cuales tienen propiedades funcionales comparables con los plásticos sintéticos. [1] El quitosano es un biopolímero lineal formado por unidades de 2-desoxi 2-amino glucosa, obtenido de la desacetilación de la quitina. Presenta una gran aplicabilidad comercial, debido a varios factores entre los que se cuentan su solubilidad en ácidos diluidos y la presencia de grupos hidroxilos y aminos libres en la cadena polimérica, lo cual le confiere una gran capacidad para atrapar iones de metales pesados; no es tóxico, es biodegradable y biocompatible.

Todas estas características han permitido desarrollar numerosas aplicaciones, entre las cuales encontramos el gran espectro de propiedades terapéuticas que son aprovechadas en Europa, Asia, Australia, USA y Cuba [2]. Debido a sus características funcionales y a su inocuidad se ha utilizado en la industria de alimentos y bebidas [3] [4]; también tiene aplicaciones en el tratamiento de aguas residuales y en procesos de purificación de aguas potables [5] [6] y una de sus más prometedoras aplicaciones podría ser como plástico biodegradable [7]

Las películas de quitosano son claras, fuertes y flexibles y buena barrera al oxígeno; se forman por moldeo de una solución acuosa. Las películas basadas en quitosano protegen los alimentos de la degradación por hongos y modifican la atmósfera de frutos frescos.

Las cubiertas de quitosano se usan en peras, naranjas, melocotón y ciruelas como barrera para el dióxido de carbono y el oxígeno. La permeabilidad de las películas o cubiertas comestibles se relacionan con la resistencia a los gases, al vapor de agua y al transporte de solutos.

El desarrollo de películas comestibles y biodegradables proviene de varias fuentes. Los productores y consumidores por igual se han comprometido a reducir los problemas del medio ambiente asociados con materiales de empaque. En algunos casos, las películas biodegradables pueden tener la capacidad de reemplazar las películas sintéticas de empaque

Debido a su propiedad de aumentar su viscosidad con la hidratación, los materiales elaborados con quitosano pueden ser utilizados como películas o recubrimientos comestibles y biodegradables. Sin embargo, el uso de las películas de quitosano ha sido limitado debido a que presentan alta permeabilidad a la humedad y problemas en sus propiedades mecánicas. De cualquier forma las características de las películas de quitosano se pueden modificar para mejorar sus propiedades mecánicas y de barrera cambiando el tipo de solvente a utilizar o el pH de las soluciones.

Sección Experimental.

Materiales:

Se emplearon los siguientes materiales para la formulación de las películas: Ácido Propiónico (99.5% Sigma Aldrich), Quitosano Bajo peso molecular (Sigma-Aldrich Co.), Celulosa (CIVEQ)

Elaboración de las películas:

Se preparó una solución de ácido propiónico 0.5 M y 3% p/p de quitosano, a esta solución se le adicionó la celulosa al 0.25, 0.5, 1, 2, 3 y 5% en peso. Y 1% en peso de sorbitol como plastificante. Las suspensiones se dejaron en agitación durante dos horas a 100 rpm. Posteriormente se hizo el vaciado en unas cajas de vidrio y se dejaron durante 16 horas a 50 °C para la formación de las películas, las cuales fueron cortadas en dimensiones de 10x1 cm, se evaluó su espesor con un micrómetro Mitutoyo y finalmente fueron almacenadas en bolsas de polietileno.

Caracterización por FTIR:

Las películas fueron caracterizadas en un espectrofotómetro de FTIR marca Perkin Elmer con software Spectrum®, las muestras fueron analizadas en el modo de Transmitancia en el intervalo de 650-4000 cm^{-1} , con una resolución de 4 cm^{-1} y 8 barridos, utilizando un accesorio de ATR.

Caracterización por SEM:

Las películas se caracterizaron en un equipo de SEM de Jeol modelo JSM-6010A, utilizando 3kV y magnificaciones de 100, 500 y 1000x

Evaluación a tensión de las películas:

Las películas fueron cortadas en dimensiones de 10x1 cm y fueron acondicionadas en un desecador con una solución de Bromuro de Sodio para mantener una humedad relativa de 17%. Durante 48 horas.

Posteriormente las probetas fueron evaluadas de acuerdo a la norma ASTM-882-95^a en un texturometro TAXTi (Stable Micro Systems, Surrey, UK) usando una celda de carga de 25 kg, con una velocidad de cabezal de 8.5 mm/s

Resultados y Discusión.

La Figura 1 muestra la película al 2% en peso de celulosa al ser despegada del molde.

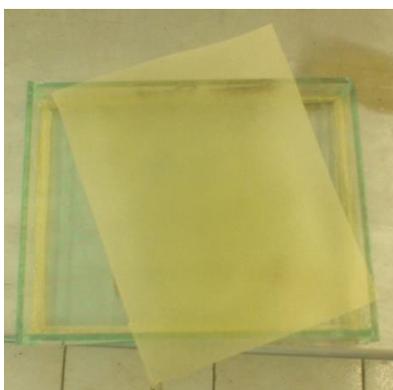


Figura 1. Película al 2% en peso de celulosa obtenida por casting

La Tabla I muestra los datos de los espesores promedios de las películas obtenidas.

Tabla I.- Espesor promedio y desviación estándar de las películas.

Película	Espesor promedio [mm]
0	0.06833± 0.03443
0.0024	0.111± 0.01153
0.004975	0.12967± 0.00666
0.0099	0.125± 0.01082
0.0196	0.175± 0.04371
0.0291	0.19667±0.00503
0.04761	0.22967±0.02673

La Figura 2 muestra el espectro FTIR del quitosano, En la región de 1000-1100 cm^{-1} se observan los estiramientos C-O-H, de 1400 a 1700 cm^{-1} se observan las señales correspondientes al carbonilo C=O-NHR (1650 cm^{-1}), y al grupo amino R-NH₂ (1590 cm^{-1}).

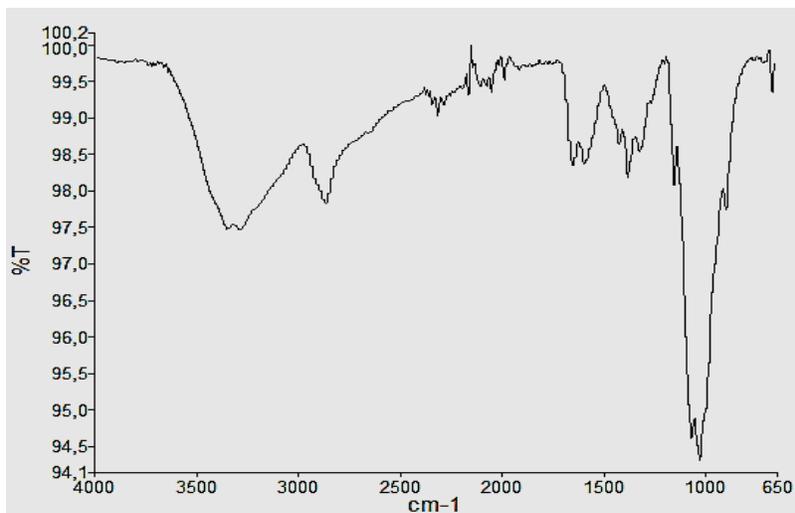


Figura 2. Espectro FTIR del quitosano.

La Figura 3 muestra el espectro FTIR de la celulosa, se pueden apreciar en 1100 cm^{-1} los estiramientos C-O-H característicos de los polisacáridos, a 1690 cm^{-1} se presenta un traslape con la señal correspondiente a los OH del agua absorbida.

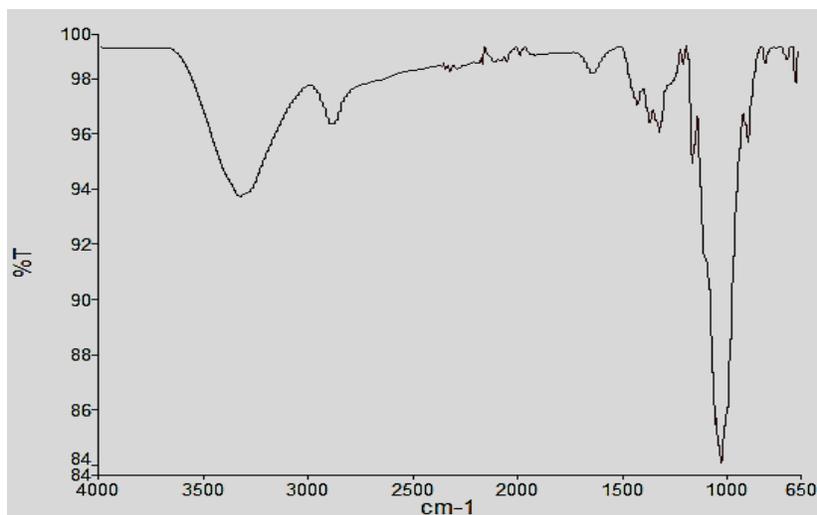


Figura 3. Espectro FTIR de la celulosa.

La Figura 4 muestra el espectro de FTIR de la película con 3% en peso de celulosa

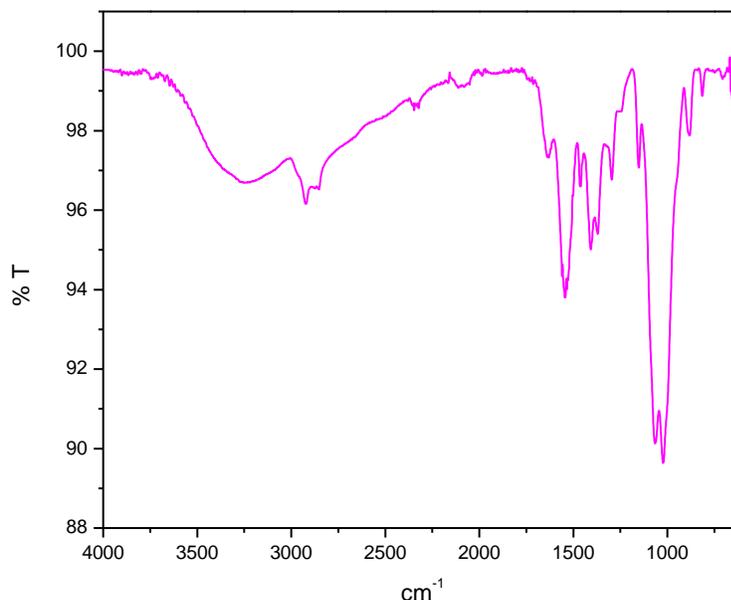


Figura 4. Espectro FTIR de una película con 3% en peso de celulosa.

La Figura 5 muestra las microscopías electrónicas de barrido de todas las películas formuladas a 1000x de aumento.

Se puede apreciar cómo cambia la morfología de las películas a medida que se incrementa la concentración de celulosa. Se puede observar que a partir del 3% de concentración la celulosa se encuentra dispersa homogéneamente sobre la matriz de quitosano.

La figura 6 muestra los resultados de esfuerzo a la tensión de las películas, se puede observar que la respuesta al esfuerzo de tensión disminuye a medida que se incrementa la concentración de celulosa hasta el 3% y que la película que contiene 5% de celulosa presenta una mejor repuesta, quedando solo por debajo de las películas con 0 % y 0.25% de celulosa.

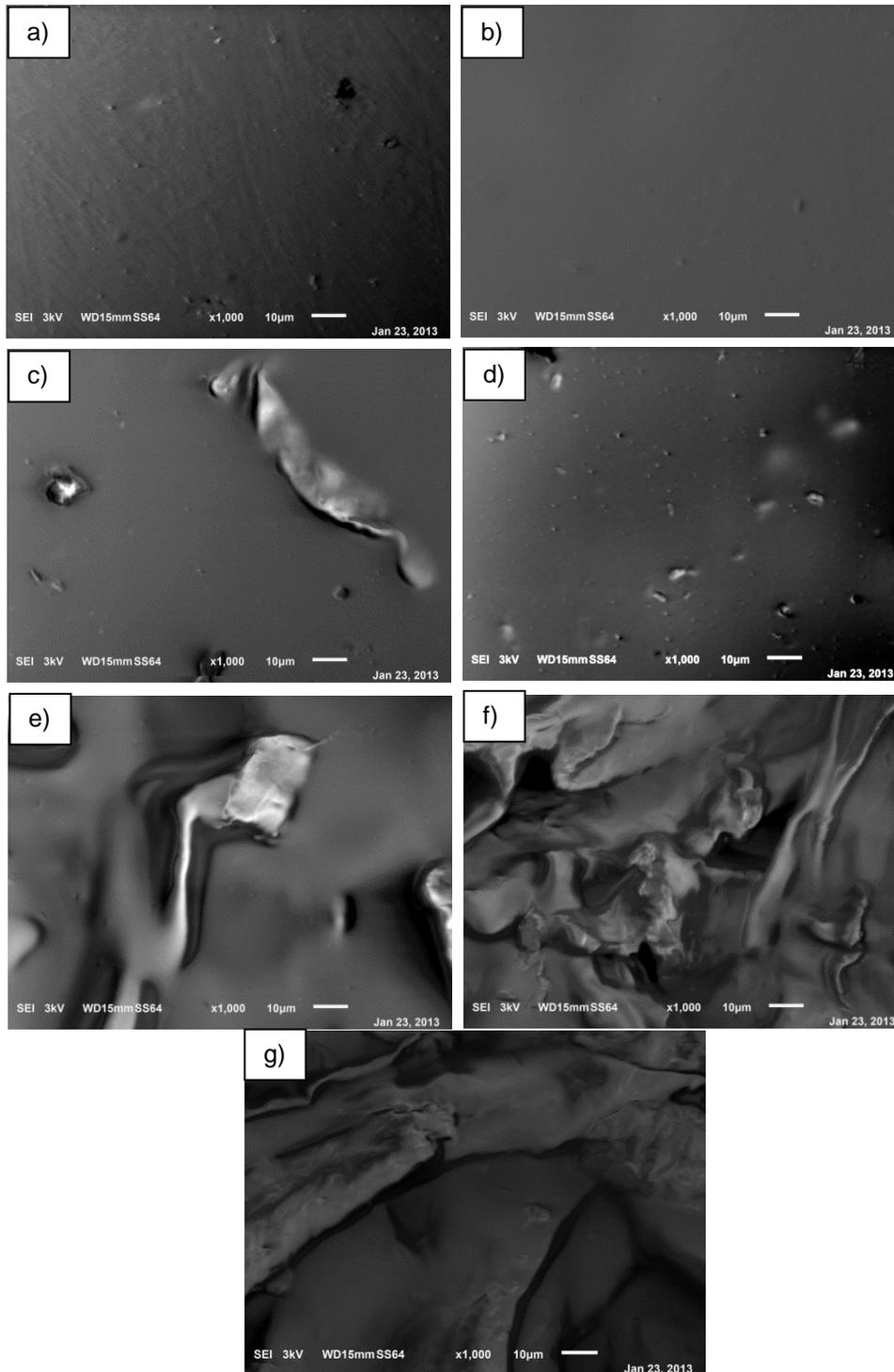


Figura 5. SEM de las películas con un contenido de celulosa de a) 0%, b) 0.25, c) 0.5%, d) 1%, e) 2%, f) 3% y g) 5% en peso.

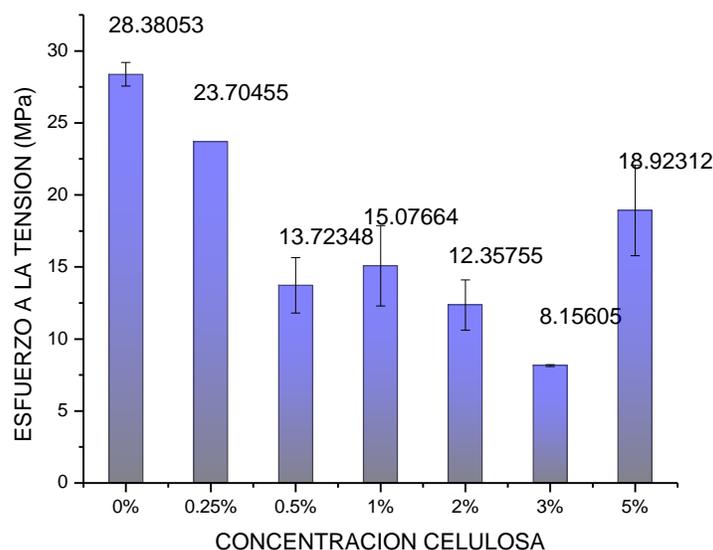


Figura 6. Esfuerzo a la tensión de las películas.

Conclusiones.

Se logró obtener películas a base de quitosano-celulosa por el método de casting, las cuales se caracterizaron por FTIR, ESEM y Esfuerzo a la tensión. La caracterización por espectroscopia FTIR muestra los picos característicos del quitosano bajo peso molecular, de la celulosa y en la película las interacciones entre los componentes de las películas. Los resultados de las propiedades mecánicas mostraron que la película con 0% de celulosa fue la que presentó un valor mayor de esfuerzo a la tensión con 28.38 MPa± 0.82 y este esfuerzo fue disminuyendo conforme se aumentó la concentración de celulosa hasta 3%, sin embargo la concentración de 5% muestra una mejor respuesta, solo por debajo de las películas de celulosa al 0% y 0.25%. Los resultados de ESEM mostraron que a medida que la concentración de celulosa se va incrementando, esta se distribuye de manera más homogénea en toda la película.

Agradecimientos.

Se agradece a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica por la beca otorgada a la primera autor para sus estudios de Doctorado en Ciencias en Polímeros.

Referencias.

1. K. Arevalo Niño, M. E. Aleman Huerta, M. G. Rojas Verde y L. A. Morales Rodríguez, «Películas biodegradables a partir de residuos de cítricos: propuesta de empaques activos,» *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental Algal*, vol. 1, nº 2, pp. 124-134, 2010.
2. M. Benavides, «Aplicaciones Terapéuticas de la Quitina Quitosano,» *Primer Simposium Latinoamericano de Quitina y Quitosano. La Habana. Cuba.*, p. 456, 2000.
3. D. Knorr, «Recovery and Utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing waste Management.,» *Food Technology*, pp. 114-122, (1991).
4. M. Rodríguez, M. Centurión y E. Agullo, «Interacción Quitosano-Levadura en alimentos cocidos.,» *Primer Simposium Latinoamericano de Quitina y Quitosano.*, 2000.
5. N. Acosta, I. Aranaz y A. .. Heras, «Chitin and Chitosan in Wastewater Treatment.,» *Primer Simposium Latinoamericano de Quitina y Quitosano.*, p. 482, (2000).
6. M. Young, R. Bell y P. Carroad, «Kinetics of Chitinase Production II. RelationShip between Bacterial Growth, Chitin Hydrolysis and Enzyme Syntesis.,» *Biotechnology and Bioengineering*, vol. XXVII, pp. 776-780, 1985.
7. N. Vitela, «Camarón que se duerme, se aprovecha,» 2002. [En línea]. Available: <http://www.reforma.com/universitarios/Articulo/223017>.

OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE PE/PPy/CB/CNT Y SU CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA-MORFOLÓGICA

A. Olarte-Paredes¹, R. Salgado-Delgado¹, H. Zhao-Hu², Z. Vargas-Garlarza¹,
E. García-Hernández¹ y J. Campos-Alvarez².

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec/División de Estudios de Posgrado e Investigación/Departamento Ingeniería Química y Bioquímica. Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec Morelos, México C.P.62780- olarte.paredes@gmail.com, renesalgado@hotmail.com, zullyvag@hotmail.com, eddgarcia@hotmail.com, ² Instituto de Energía Renovables de la UNAM- hzh@cie.unam.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen- Existen trabajos reportados de al menos tres métodos para producir materiales compuestos eléctricos a partir de una matriz polimérica y cargas conductoras, como son: mezcla en estado líquido (fusión), disolución y en la síntesis de polimerización. La mezcla por fusión directa da un enfoque mucho más atractivo comercialmente a los dos últimos métodos, ya que tanto el procesamiento de disolvente y la polimerización *in-situ* es menos versátil y más polémico para el medio ambiente [1]. Se realizaron laminas por fusión directa y moldeo por compresión de PE/PPy/CB/CNT, para obtener redes eléctricas dentro del material compuesto, se estudiaron las propiedades eléctricas de los materiales compuestos Eléctricos (Efecto hall por el Método de Van der Pauw, Corriente-Temperatura) y un análisis morfológico (SEM), de lo anterior se obtuvieron resultados de resistividad que están en el rango de $1E-14$ a $1.07E-01 \Omega \cdot \text{cm}$ y el análisis morfológico arrojó el arreglo de las partículas en las cuales se puede observar como la matriz de polietileno (PE) envolvió a las cargas de Negro de humo (CB), Polipirrol (PPy) y nanotubos de carbono (CNT).

Introducción.

La creciente demanda de sistemas electrónicos más eficientes, lleva a una tendencia hacia dispositivos e instrumentos con menor volumen, menor consumo de energía y un mayor rendimiento. Los materiales compuestos de polímeros termoplásticos aislantes brindan una alternativa. La conductividad eléctrica de los polímeros se puede aumentar mediante la adición de rellenos conductores, incluyendo las formas del carbono (fibras de carbono, negro de humo, nanotubos de carbono) [2]. El Negro de humo (CB) es el más ampliamente utilizado de relleno conductor para polímeros. La estructura CB se compone de muchas nanopartículas primarias fusionadas en un agregado. A este respecto, de los compuestos de polímero con Nanotubos de carbono (CNT) se encuentran entre los más citados materiales candidatos para la nanoelectrónica, una posición dominante que deriva principalmente de sus propiedades intrínsecas, estructurales y electrónicas. El Polipirrol (PPy) es un polímero intrínsecamente conductor que puede mejorar las propiedades eléctricas del material compuesto y sus propiedades térmicas [4], encontraron que los compuestos de Polietileno de alta densidad (HDPE) con PPy tienen alta estabilidad térmica. El PPy puede aumentar las características mecánicas y eléctricas en una mezcla de Polietileno (PE) con PPy contenido en PPy menos de 20%. Se informó de que a mayor aumento de

PPy. Polietileno (PE) es uno de los polímeros más populares debido a su disponibilidad y costo competitivo. Además, es un termoplástico con notables propiedades mecánicas. pero su estabilidad térmica es pobre y también es un polímero aislante. El enfoque para la mejora de la estabilidad térmica basado en el uso de material compuesto de polímero se ha desarrollado en los últimos años [5,6]. Se realizó la mezcla por fusión directa ya que de esta forma se pueden romper agregados, así formar redes conductoras en forma de racimos de uva [7-9]. Y aprovechar estas redes y al agregar el polipirrol para formar más puentes conductores junto con el CB y los CNTs y obtener resistividades más bajas.

Experimental.

Materiales.

Los materiales utilizados son Polietileno de alta densidad (PE) Px20020-x, Temperatura de inyección de 160-190 °C en el dado 170-190 °C densidad 0.9205 g/cm³, índice de fluidez 2.0 g/10 min, de grupo SOLQUIM. Nanotubos de Carbono multipared (MWCNT de sigma-aldrich CAS: 308068-56-6) diámetro de 110-170nm, longitud de 5-9µm. Negro de Humo (CB de química MEYER) con un área superficial de 85m²/g, con 5% de humedad. Polipirrol (PPy) conductividad de 10-50 S/cm de Sigma-Aldrich. CAS 30604-81-0, Tinta de plata con micro punta cw2200mtp.

Preparación de las muestras.

La mezcla se llevo a cabo a 180 °C por 10 min a una velocidad de 45 rpm en una inyectora (laboratory mixing molder modelo LMM), y se moldeó en una prensa hidráulica aplicando 210 Kg/cm² a la misma temperatura el moldeo consistió en usar diferentes porcentajes en pesos de PPy y CB manteniendo el porcentaje de los nanotubos constantes y en algunas muestras se omitió el uso de estos. Una vez que se obtienen los laminados en el prensado las muestras se cortaron a un tamaño 5x5 mm y se colocaron electrodos de plata en cada esquina de la muestra.

Caracterización.

Las mediciones eléctricas para la obtención de la resistividad se llevo a cabo por el Método de Van der Pauw con el MMR Technologies modelo H-50 Hall and van der Pauw controller. En la medición de corriente-temperatura, se utilizo una fuente de voltaje y un multímetro Keithley 230 y 619 respectivamente. La temperatura se controla con un 331 Temperature Controller Lake Shore., en un enfriador por helio Janis Research Co. Inc. Wilmington MA 011887 Mod. CCS4001202N a vacío. La caracterización morfológica se realizó con un microscopio electrónico de barrido JEOL, modelo JSM-6010A.

Resultados y discusión.

Mediciones eléctricas

Se realizaron las mediciones de las muestras para la obtención de la resistividad lo cual arrojó los resultados se muestran en la tabla 1. En la tabla podemos observar las resistividades medidas. La Resistividad del PE es de $1\text{E}+14 \Omega\cdot\text{cm}$ y se puede observar que al agregar los CNT disminuyó cuatro órdenes de magnitud en la muestra M3. Al agregar PPy en la muestra M1 disminuye 12 órdenes de magnitud en comparación con la resistividad del PE y con el CB bajo un orden mas de magnitud de resistividad. Al realizar las mezclas como se muestran en la tabla 1 observamos que al combinar el PPy con los CNT se observa que se obtuvo menor resistividad con una concentración del 30 por ciento en peso (%wt) se obtuvo menor resistividad que a una concentración del 40 %wt esto puede ser por agregados que se formaron a mayor concentración de PPy, y en el caso del negro de humo al añadir los CNT disminuyo un orden de magnitud con un 30%wt de CB esto puede deberse a una buena distribución de las cargas de CB y CNT dentro de la matriz. Al realizar las mediciones en la mezcla cuaternaria se observa una disminución en comparación a la matriz de hasta 15 órdenes de magnitud. En las muestras M1 a la M7 se puede observar que los nanotubos de carbono y las partículas formaron puentes conductores en los aglomerados de PPy, esto debido al efecto sinérgico de las cargas conductoras (PPy, CB y CNT).

Tabla 1. resistividades medidas por la técnica de Van Der Paw

Muestra	PE (%wt)	PPy (%wt)	CB (%wt)	CNT (%wt)	$\Omega\cdot\text{cm}$
M1	60	40	0	0	1.08E+02
M2	70	0	30	0	4.48E+01
M3	90	0	0	10	1.43E+10
M4	60	30	0	10	4.59E+00
M5	50	40	0	10	5.82E+01
M6	70	0	20	10	4.17E+01
M7	60	0	30	10	6.46E-01
M8	40	30	20	10	5.67E-01
M9	30	40	20	10	5.10E-01
M10	30	30	30	10	4.02E-01
M11	20	40	30	10	1.07E-01

Se realizó la medición de corriente contra temperatura para la muestras M9, M10 y M11 (ver figura 1), lo anterior, para observar la energía de activación a través de un grafico del $\ln(I)$ (logaritmo natural de la corriente) en función de $1000/T$ (gráfico de Arrhenius) [10]. En la figura 1 se observa el comportamiento de la corriente respecto a la temperatura, en las muestras M11 (fig. 1a), M10 (fig. 1b) y M9 (fig. 1c) se observa una disminución de la energía de activación y esto se puede deber a la disminución de concentración de PPy y a la formación de agregados del mismo, aunque en la máxima concentración se formaron agregados y estos ayudaron a la conducción de electricidad en los materiales compuestos.

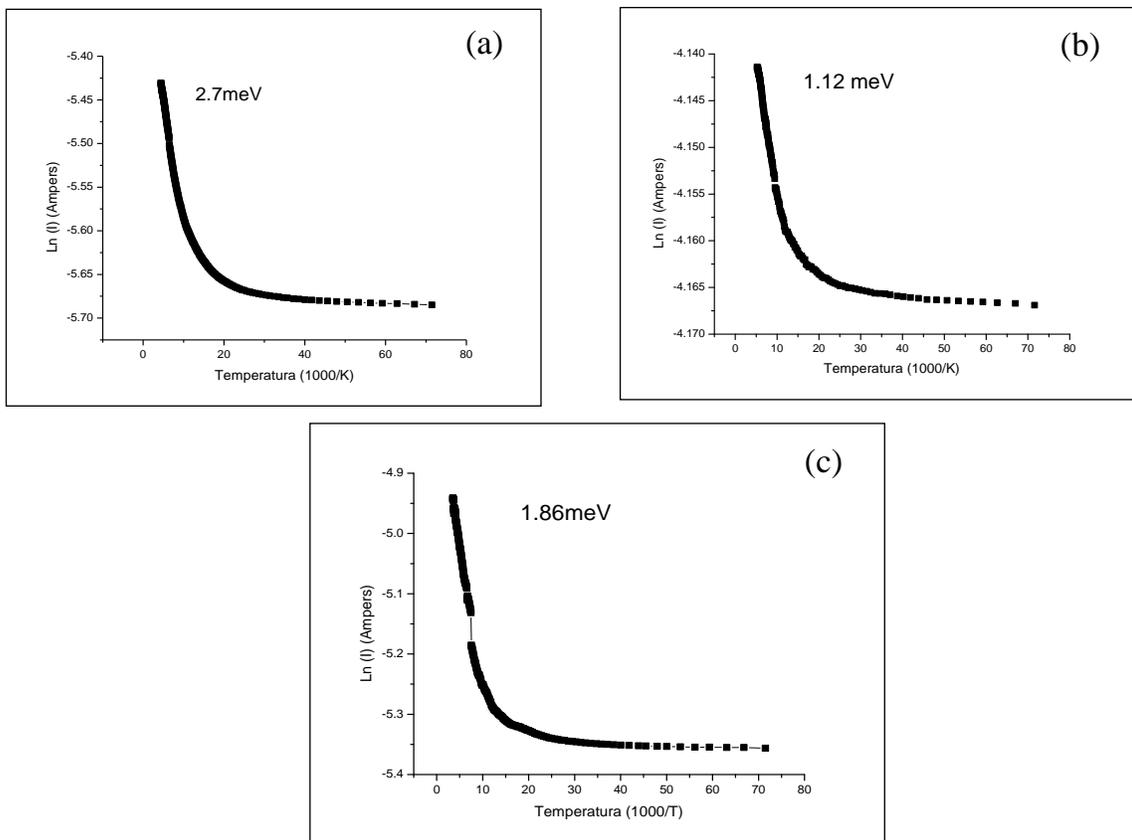


Fig. 1 Muestras M11 (a), M10 (b) y M9 (c) se muestra el cambio de la energía de activación

Microscopia electrónica de barrido (SEM).

En la figura 2 se muestra la micrografía de la muestra M11 observándose la presencia de CB, PPy, CNT y PE.

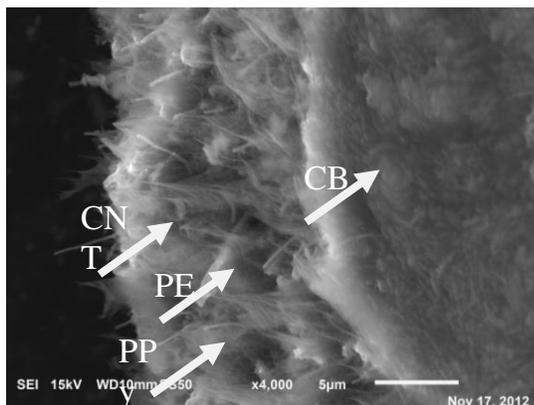


Fig. 2 SEM de la muestra M11

Por lo que se puede observar en la superficie de la muestra M11 (ver figura 2) los CNT formaron puentes conductores [9] entre los agregados de CB y PPy.

En la figura 3 se puede observar la muestra M10 en la cual se evidencia la formación agregados de las partículas conductoras y los nanotubos aunque en menor grado en comparación a la muestra M11. Esto apoya la idea de las redes conductoras. Aunque los puentes disminuyen en comparación de la muestra M11.

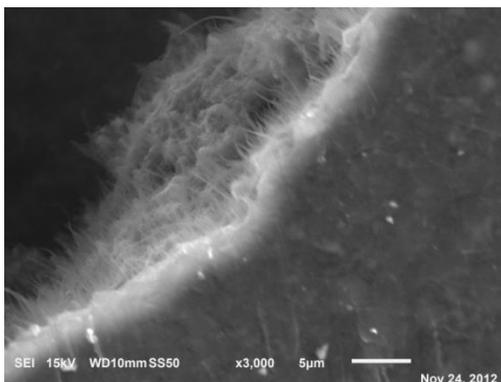


Fig. 3 SEM de la muestra M10

En la figura 4 se pueden observar los agregados de las cargas conductoras de la muestra M9 y muy pocas interacciones directas entre ellas o puentes conductores lo que explica la mayor resistividad en comparación con la muestra M11.

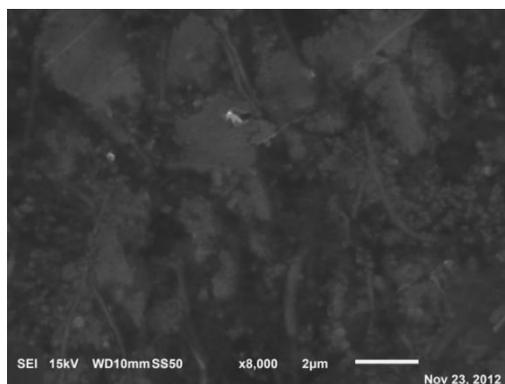


Fig. 4 SEM de la muestra M9

Conclusiones

La energía de activación es afectada en mayor parte por el PPy al disminuir de un 40 %wt a 30 %wt bajando 2.7 meV a 1.12 meV (de M11 y M10 respectivamente) comparándolo con M9 que contiene 40 %wt de PPy que se obtuvo 1.86 meV. En cuanto a las resistividades, las imágenes SEM revelaron las redes conductoras en forma de racimos de uva entre el CB y los CNT que se forman confirmando lo que otros autores reportan [7-9] El adicionar PPy ayuda a una mejor conducción ya que en comparación de M7 y M11 la resistividad bajo de $6.46E-1$ a $1.07E-1$.

Agradecimientos

A DGEST por el apoyo de beca otorgado en el programa de Doctorado en Ciencias en Polímeros.

Referencias

1. W. Tang, M. 2003 *Elsevier* 10.1016
2. AliFarshidfar, COMPOSITES 2006 Convention and Trade Show American Composites Manufacturers Association, 2006.
3. Yongjun Liu, *J. of Macromolecular Sce*, 2009, 48:146–156.
4. Elyashevich GK, *Eur.J. Polym.* 2003. 39: 647-654.
5. Lomakin SM, 2007, *J. Mater. Sci.* 43(4):1340-1353.
6. Adamec V, 1981, *J. Phys.* 14: 1487-94.
7. Wen M, 2012, *Polymer.* 10.1016
8. S. M. Zhang, *Polymer Letters*. Vol.6, No.2 (2012) 159–168.
9. L. Shen, *Polymer Testing*. 30 (2011) 442–448
10. F. Mesa, *Rev.Col.Fís.* Vol. 43, (2011) No. 1

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE PHEMA/QUITOSANO/ NANOHIROXIAPATITA POR FTIR Y SEM

A. M. Salgado-Delgado¹, Z. Vargas-Galarza¹, R. Salgado-Delgado¹, E. García-Hernández¹, W. N. Hernandez-Diaz¹, E. Rosas-Rubio², R. Salgado-Rodriguez³

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, División de Estudios de Posgrado e Investigación/Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos – amsd_2303@hotmail.com, zullyvag@hotmail.com, renesalgado@hotmail.com, eddgarcia@hotmail.com, wendyntz@hotmail.com; ²Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, Centro Universitario de Vinculación – efrainrubio@yahoo.com.

³Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación Química – rodsalrod@yahoo.com

Área de participación: *Bioprocesos y desarrollo Sustentable*

Resumen – Cada año, millones de personas sufren de defectos óseos derivados de traumatismos, tumores o enfermedades relacionadas con el hueso. Por ello, las investigaciones en biomateriales para la regeneración de hueso, se ha incrementado hoy en día, ya que el hueso es un tejido del organismo capaz de regenerarse. Existen reportes de diversos biomateriales compuestos con quitosano, pHEMA, colágeno, gelatina, PMMA, polivinilalcohol, entre otros polímeros; todos ellos combinados con hidroxapatita para el campo de la ingeniería tisular. Por ello en el presente trabajo, se reporta la obtención de un nuevo material compuesto súper poroso con biopolímeros sintéticos y semisintéticos como lo son pHEMA y Quitosano, utilizando la nanohidroxapatita con orientación aleatoria para una posible aplicación en la calcificación durante la regeneración del hueso dañado. Este material compuesto se sintetizó utilizando HEMA, Quitosano y nanohidroxapatita como única variable de la matriz de trabajo; y como agente espumante NaHCO₃ para la generación de la porosidad. La caracterización de estos materiales se llevó a cabo por medio de análisis de FTIR, donde se encontró que los grupos funcionales de los componentes están presentes y no ocurre una modificación en estos durante el proceso de obtención del material compuesto. Por otro lado, en las imágenes obtenidas mediante SEM, se puede observar la generación de poros en el material compuesto. La metodología y caracterización del material compuesto es discutido.

Introducción

El hueso exhibe una estructura jerárquica compleja que abarca desde los nanómetros a milímetros. A un nivel nanoestructural, el hueso está compuesto de Hidroxapatita (HA) y colágeno [1]. Cada año, millones de personas sufren de defectos óseos derivados de traumatismos, tumores o enfermedades relacionadas con el hueso, y esto presenta un problema debido a la insuficiencia de tejido óseo ideal [2]. Por ello las investigaciones en biomateriales para implantes para la regeneración de hueso se ha expandido considerablemente en las últimas cuatro décadas. Se han utilizado gran variedad de materiales para la sustitución y reparación de tejido óseo dañado o traumatizado como lo son los metales, cerámicas y polímeros. En este último grupo, los andamios para la ingeniería tisular pueden ser fabricados con polímeros biocompatibles, los cuales no tienen el potencial para provocar una reacción inmunológica o reacción fuera del cuerpo. La

idea de considerar un polímero, debe estar relacionada con el aprovechamiento de su proceso de degradación a una velocidad controlada en conjunto con la regeneración del tejido. La degradación de los productos debe ser no tóxica y debe ser fácilmente excretado por vías metabólicas [1].

El poli metacrilato de 2-hidroxietilo (pHEMA) ha sido utilizado en numerosas aplicaciones biomédicas, como lentes de contacto, implantes artificiales, liberador de fármacos, así como andamios de tejidos; todo ello por su biocompatibilidad, su carácter hidrófobo, flexibilidad, alto contenido de agua y permeabilidad [3]. Un hidrogel de pHEMA es inerte a procesos biológicos normales, es permeable a metabolitos, no es absorbido por el cuerpo y se pueden preparar en una variedad de formas y figuras [4]. Se ha sintetizado pHEMA poroso por diversas técnicas de polimerización, así como la polimerización de este en presencia de una matriz de partículas porógenas, tales como son los cristales de sacarosa, dextrina o sal. Recientemente se han sintetizado hidrogeles súper porosos con pHEMA, los cuales tienen poros interconectados con diámetros de alrededor de unos micrómetros, utilizando la técnica de gas espumante [5].

El quitosano es producto de la desacetilación de la quitina y es uno de los biomateriales más preferidos para desarrollar apósitos para heridas, andamios de ingeniería tisular y vehículos de liberación de fármacos debido a las propiedades antimicrobianas, biodegradabilidad, bioactividad y biocompatibilidad [6].

En el campo biomédico, la síntesis de materiales compuestos de HA / polímero (figura 1), ha sido de gran interés para el desarrollo de biomateriales para la reparación del sistema óseo. La HA es un fosfato de calcio y tiene una composición química y estructura similares a la fase mineral del hueso humano. Por lo tanto, la HA puede promover la regeneración del tejido óseo, ya que posee propiedades de biocompatibilidad, bioactividad, osteoconductividad, no toxicidad y su comportamiento no inflamatorio [7, 8].

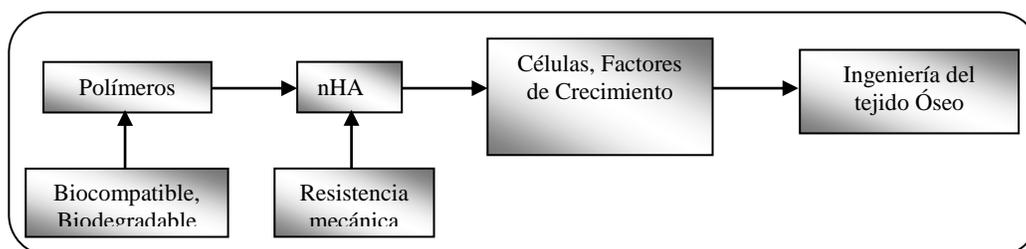


Figura 1. La ingeniería del tejido óseo involucra la utilización de polímeros, nanopartículas de hidroxapatita [9].

La combinación de polímeros naturales, semisintéticos y/o sintéticos conduce a obtener nuevos materiales, que enlazan propiedades de los mismos (estabilidad estructural, resistencia, biocompatibilidad, forma deseada) las cuales permanecen inalteradas. Estudios reportados han demostrado la sinergia de las propiedades obtenidas [10]. El uso de nanopartículas en una matriz polimérica tiene el objetivo de aumentar los puntos activos para la regeneración de hueso, así como de

incorporar características nanotopográficas que imitan la nanoestructura de hueso natural [11].

El presente trabajo tiene como objetivo obtener un material compuesto pHEMA-Quitosano-nanohidroxiapatita súper poroso combinando las propiedades de dos polímeros biocompatibles y una cerámica para la regeneración del hueso, lo anterior se logra utilizando dos métodos uno con agente espumante (NaHCO_3) y otro sin agente espumante, con su posible aplicación en el campo de la ingeniería tisular. La síntesis de pHEMA se llevó a cabo mediante polimerización radicalica en presencia del Quitosano y la adición de nanohidroxiapatita (<200 nm). Así mismo, se sintetizó el material compuesto de pHEMA-Quitosano con Hidroxiapatita. Los materiales compuestos se analizaron por FTIR, para observar si ocurrió cambio en la estructura molecular de los componentes. La superficie y generación de poros fueron examinados mediante análisis SEM.

Sección Experimental

Materiales y Métodos

La metodología a realizar para la síntesis del pHEMA, está basada de acuerdo a la metodología reportada por Damla Cetin en el 2011 [12].

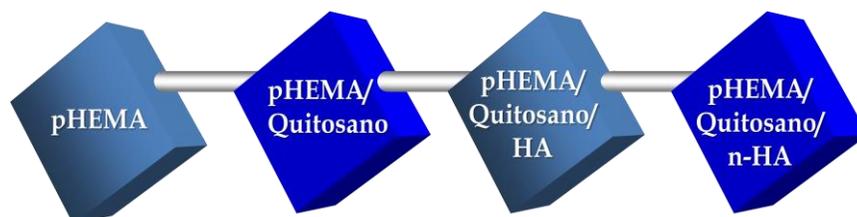


Figura 2. Materiales Compuestos.

- **Materiales**

Para este proyecto se utilizaron Metacrilato de 2-Hidroxietilo (HEMA, CAS No. 868-77-9), N,N'-metilenbisacrilamida (Bis, CAS No. 110-26-9), Pluronic® F127 (PF127, CAS No. 9003-11-6), Hidroxiapatita (HA, CAS No. 12167-74-7), nanoHidroxiapatita (nHA, CAS No.12167-74-7), Quitosano (CAS No. 9012-76-4), de Sigma Aldrich. La hidroxiapatita que se utilizó es de grado reactivo en polvo y la nano Hidroxiapatita tiene un tamaño de partícula <200nm.

- **Métodos**

Síntesis de los materiales compuestos: pHEMA, pHEMA/Quitosano, pHEMA/Quitosano/HA y pHEMA/Quitosano/nHA:

Síntesis de pHEMA (P3)

La síntesis del pHEMA se realizó, mezclando 750 μL HEMA, Bis al 2.5% como agente entrecruzante, Pluronic®F127 al 10 % como estabilizador espumante secuencialmente en un matraz bola con agitación. Esta mezcla se calentó en un baño a 63°C, continuando con agitación. Agregando Persulfato de Amonio al 20% (APS) como iniciador y N,N,N',N'-tetrametilendiamina (TEMED) como catalizador

al medio de reacción. Después de 80 s a 63°C, se agregó NaHCO₃ a la mezcla permitiendo que se distribuya el NaHCO₃ uniformemente, dejando 5 minutos la reacción. Los hidrogeles sintetizados se retiraron del matraz y se dejaron hinchar con agua desionizada.

Síntesis pHEMA-Quitosano, pHEMA-Quitosano-HA y pHEMA-Quitosano-nHA (P3)
 Para la síntesis del material compuesto con Hidroxiapatita y nanohidroxiapatita, se siguió la metodología ya descrita en la síntesis de pHEMA, agregando la carga correspondiente de la cerámica (ver Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de la cerámica en el material compuesto con agente espumante.

		Hidroxiapatita (mg)			Nano-Hidroxiapatita (mg)		
HEMA	750 µL						
Quitosano	500 µL	170	250	500	170	250	500
NaHCO ₃	80 mg						

Metodología sin agente espumante:

Síntesis pHEMA-Quitosano-HA y pHEMA-Quitosano-nHA (P4)

Para la síntesis del material compuesto con Hidroxiapatita y nanohidroxiapatita sin agente espumante se siguió la metodología ya descrita en la síntesis de pHEMA-Quitosano, pero sin agregar el NaHCO₃, continuando con nuestra variante que es la cerámica (ver Tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones de la cerámica en el material compuesto sin agente espumante

		Hidroxiapatita (mg)			Nano-Hidroxiapatita (mg)						
HEMA	750 µL										
Quitosano	500 µL	170	250	500	50	100	150	170	250	500	
NaHCO ₃	80 mg										

Caracterización

Espectroscopia Infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR)

La estructura química de los materiales compuestos pHEMA/Quitosano/HA y pHEMA/Quitosano/nHA se analizaron utilizando Espectroscopia infrarroja por Transformada de Fourier (FT – IR marca PerkinElmer modelo Spectrum Two con punta de diamante), los intervalos de medición: 4000 cm⁻¹ a 400 cm⁻¹ en el modo de transmitancia con 16 barridos en una resolución 4 cm⁻¹.

Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)

La morfología y estructuras porosas de los materiales compuestos se examinaron por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), utilizando un microscopio electrónico de barrido marca JEOL, modelo JSM – 6010LA (Analytical Scanning Electron Microscope).

Resultados y Discusión

En este trabajo se prepararon hidrogeles basados en pHEMA, por polimerización radicalica utilizando APS y TEMED; la porosidad en los compuestos se generó por la descomposición de NaHCO_3 en la formación de burbujas de gas de CO_2 .

Las materiales compuestos obtenidos fueron analizadas por FTIR y SEM

Espectroscopia Infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR)

En los análisis de los espectros obtenidos por FTIR, se pueden observar las señales del estiramiento de las vibraciones correspondientes a O–H presentes en el pHEMA y quitosano las cuales se dan de $3500\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$, así como las vibraciones de estiramiento del grupo funcional C=O, que pertenecen al pHEMA y quitosano a 1700 cm^{-1} (señal característica de ambos compuestos). El pico correspondiente a las vibraciones de estiramiento de C–O–C se presenta a 1100 cm^{-1} , estos enlaces están presentes en el pHEMA y quitosano. En la región de $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ se observa los estiramientos de la cadena alifática presente tanto en el pHEMA como quitosano.

Las señales de flexión del grupo --NH_2 se presentan a 1625 cm^{-1} , típicas del quitosano. El espectro FTIR muestra también, los picos de absorción característicos de la hidroxiapatita, además de la presencia de sustitución por carbonato (ver figura 3). Las bandas a 1050 y 950 cm^{-1} han sido asignadas a las vibraciones de los iones PO_4^{3-} . La banda observada a 1120 cm^{-1} puede asignarse al anión HPO_4^{2-} de la fase mineral. La presencia de bandas en el intervalo de $1500\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$, conjuntamente con la banda a 870 cm^{-1} , indica la presencia de iones carbonato en la hidroxiapatita.

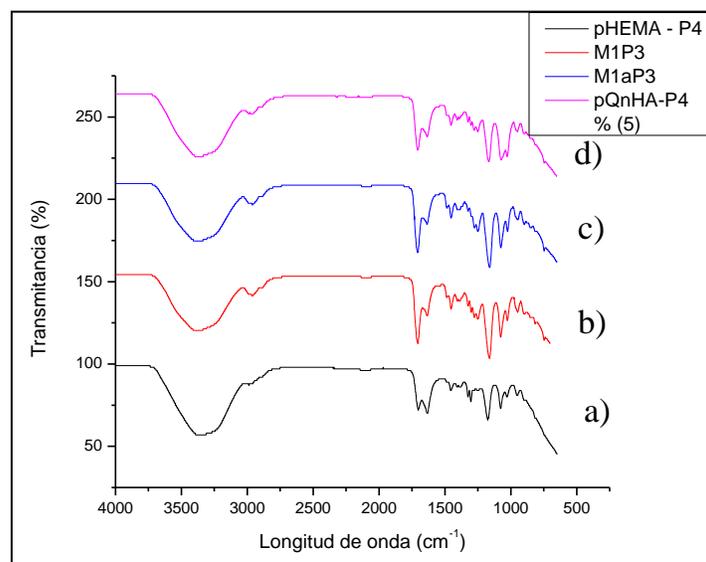


Figura 3. FTIR de materiales a) pHEMA sin agente espumante, b) pHEMA-Quitosano-HA con agente espumante, c) pHEMA-Quitosano-nHA con agente espumante y d) pHEMA-Quitosano-HA sin agente espumante.

Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)

La síntesis de los materiales compuestos, pHEMA-Quitosano y pHEMA-Quitosano-HA y nHA, a diferentes cantidades de hidroxiapatita y nanohidroxiapatita respectivamente, se analizaron con microscopia electrónica de barrido.

En la figura 4 se observa la formación de cavidades en la muestra con agente espumante (pHEMA-Quitosano). Dando a lugar a una red interpenetrada entre el pHEMA y el Quitosano, como lo menciona Damla Cetin en el 2011.

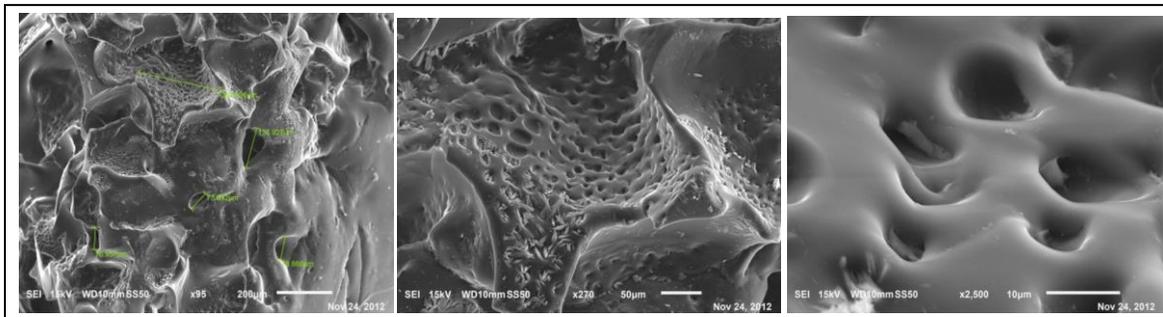


Figura 4. SEM de muestras de pHEMA-Quitosano superporoso (agente espumante)

La figura 5 muestra los materiales compuestos de pHEMA-Quitosano-HA con agente espumante y sin agente espumante, en el cual podemos observar la integración de la Hidroxiapatita y la generación de cavidades en ambos casos.

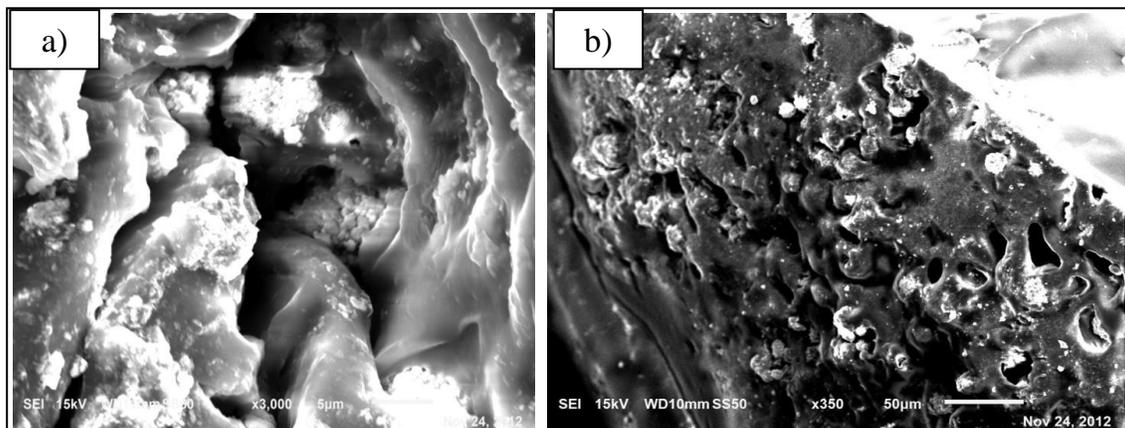


Figura 5. SEM de pHEMA-Quitosano-HA a) con agente espumante y b) sin agente espumante, con 170 mg de HA

La figura 6 muestra el material compuesto pHEMA-Quitosano-nHA con agente espumante y sin agente espumante respectivamente, a dos diferentes concentraciones de nanohidroxiapatita (170 y 250 mg), en el cual podemos observar la integración de la nanohidroxiapatita y la saturación de esta se da conforme se aumenta la concentración. En la muestra de 250 mg (figura 6 d), se puede observar la generación de poros en el hidrogel claramente.

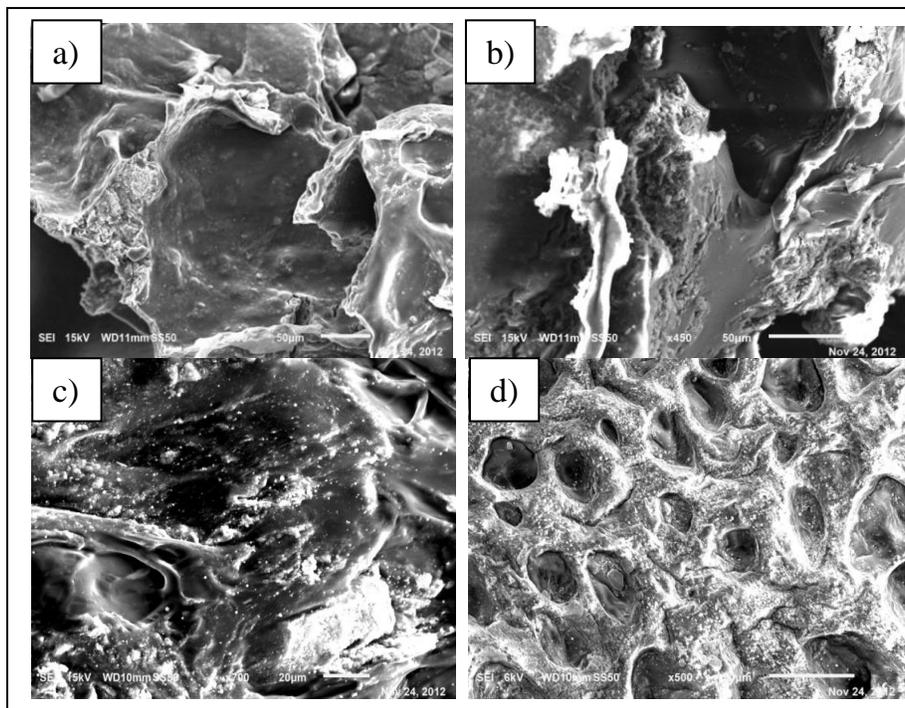


Figura 6. SEM de pHEMA-Quitosano-nHA a) 170 mg y b) 250 mg de nHA con agente espumante, c) 170 mg y d) 250 mg de nHA sin agente espumante

La figura 7 muestra el material compuesto pHEMA-Quitosano-nHA sin agente espumante a una concentración de 500 mg de nanohidroxiapatita, en el cual se observa una sobre saturación de la carga en la matriz polimérica.

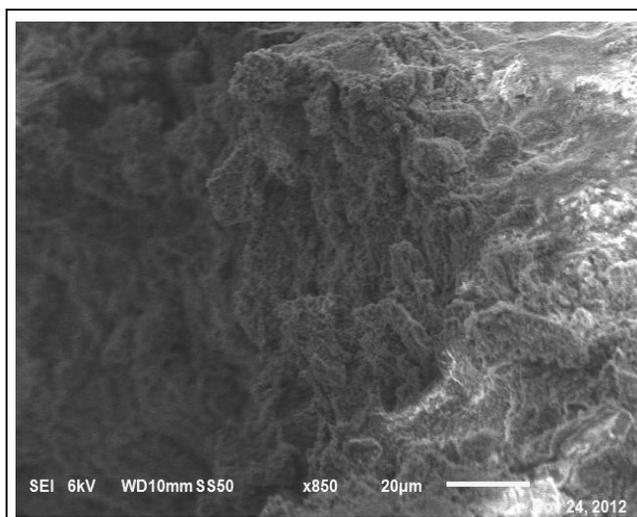


Figura 7. SEM de material compuesto pHEMA-Quitosano-nHA sin agente espumante a 500 mg

La figura 8 muestra el material compuesto pHEMA-Quitosano-nHA sin agente espumante a una concentración de 250 mg de nanohidroxiapatita, en el cual se observa una distribución de la nanohidroxiapatita en la matriz polimérica, así como la generación de poros.

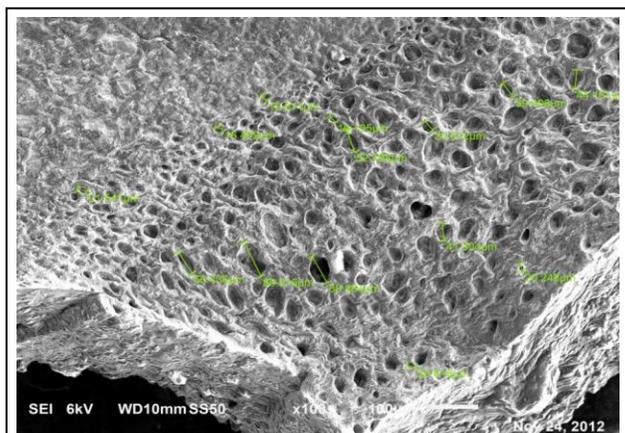


Figura 8. SEM de material compuesto pHEMA-Quitosano-nHA sin agente espumante, 250 mg de nHA.

Conclusiones

Se logró obtener un material compuesto a partir de pHEMA-Quitosano-nanohidroxiapatita. Se verificó la formación de poros en el material compuesto con los métodos establecidos (con agente espumante y sin agente espumante), esto se analizó con análisis de SEM, lo cual mostró que el método sin el gas espumante generó poros mejor distribuidos. El análisis FTIR demostró que los grupos funcionales de los componentes del material compuesto permanecen inalterados estructuralmente al ser integrados la red interpenetrada aumentando las señales correspondientes a los grupos OH y NH₂, así como la integración de las señales correspondientes a los carbonatos y fosfatos de la hidroxiapatita.

Los parámetros utilizados en la experimentación como la concentración de hidroxiapatita y nanohidroxiapatita fue la variable principal en esta fase del proyecto, tomando las condiciones del proceso como constantes.

Los cambios en la matriz de trabajo son de acuerdo a la concentración de la hidroxiapatita y nanohidroxiapatita. Los nuevos análisis a realizar a los materiales compuestos obtenidos una vez ajustada su superporosidad y la integración adecuada de la apatita serán Rayos X y la bioactividad del material en soluciones SBF.

Agradecimientos

Al programa de becas de Capacitación Estudiantil de los Programas Habilitados por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica 2012, "Movilidad Nacional".

Referencias

1. K. Pielichowska, *Journal of Applied Polymer Science*, 2012, 123, 2234–2243.
2. M. Swetha, K. Sahithi, A. Moorthi, N. Srinivasan, K. Ramasamy, N. Selvamurugan, *International Journal of Biological Macromolecules*, 2010, 47, 1–4.
3. Cretu, R. Gattin, L. Brachais and D. Barbier-Baudry, *Polymer Degradation and Stability*, 2004, 83, 399.
4. S. L. Tomic, E. H. Suljovrujic and J. M. Filipovic, *Polymer Bulletin*, 2006, 57, 691.
5. J. Chen, H. Park and K. Park, *Journal of Biomedical Materials Research A*. 1999, 44, 53.
6. Z. Cui, L.S. Nair, U.S. Patent 18747647, 2010; *Recent Patents on Biomedical Engineering*, 2010, 3, 129-137.
7. K. R. Mohamed and A. A. Mostafa, *Materials Science and Engineering C*, 2008, 28, 1087.
8. L. Cerroni, R. Filocamo, M. Fabbri, C. Piconi, S. Caropreso and S. G. Condo, *Biomolecular Engineering*, 2002, 19, 119.
9. J. Venkatesan, S. Kim. *Marine Drugs*, 2010, 8, 2252-2266.
10. Ávila, K. Bierbrauer, G. Pucci, M. López-G., M. Strumia. *Journal of Food Engineering*, 2012, 109, 752–761.
11. X. Cai, H. Tong, X. Shen, W. Chen, J. Yan, J. Hu. *Acta Biomaterialia*. 2009, 5, 2693–2703.
12. D. Çetin, A. Sera Kahraman, M. Gümüsderelioglu. *Journal of Biomaterials Science*. 2011, 22, 1157-1178.

PRODUCCIÓN DE CELULASAS POR TRAMETES VERSICOLOR UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA COMO SUSTRATO POR FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO

D. Cajero-Sotelo¹, L. Cajero-Sotelo¹, Y. E. Hernández-Flores¹, M. E. Ocampo-Millán¹, G. Valdivieso-Padilla¹, J. Folch-Mallo² y M. J. Granados-Baeza¹.

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Colonia Centro, Zacatepec, Morelos, México- dianacajero@hotmail.com, lili.cs@hotmail.com, imiey_mimi@hotmail.com, fresatuchismillan@hotmail.com, summerlad_@hotmail.com, cuernamid@hotmail.com, ²Centro de Investigación en Biotecnología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable.*

Resumen- Debido al agotamiento de los combustibles derivados del petróleo y la contaminación que éstos causan, se ha estado trabajando para generar fuentes de energía alternas, tal como la obtención de bioetanol por fermentación en estado sólido. Para poder alcanzar dicho objetivo se necesitan llevar a cabo en dos etapas: la sacarificación del polisacárido y la fermentación de los monosacáridos. Hasta el momento no se ha optimizado este proceso ya que los microorganismos que se encargan de cada una de las etapas son diferentes y actúan adecuadamente a diferentes temperaturas, por lo que el proceso resulta tener un alto costo. Para poder reducir los gastos de la primera etapa se pueden utilizar celulasas, las cuales se pueden originar a partir de levaduras utilizando sustratos de bajo costo. En el presente trabajo se produjeron y analizaron las producciones de celulasas por *Trametes versicolor*, utilizando bagazo de caña como sustrato, el cual es un residuo de la industria azucarera. Los resultados muestran que el hongo pueden ser utilizado como productor de celulasas.

Introducción.

La industria de las enzimas tal cual la conocemos actualmente es el resultado de un rápido desarrollo observado a lo largo de las cuatro décadas pasadas gracias a la evolución de la biotecnología moderna. Una de las enzimas comúnmente utilizadas es la celulasa, obtenida mediante diferentes microorganismos, los cuales han sido estudiados en diferentes tipos de sustratos.

La fermentación en estado sólido tiene amplias aplicaciones industriales; actualmente, las enzimas son empleadas principalmente para la obtención de lácteos, edulcorantes, fármacos, licores y detergentes.

El desarrollo de los procesos de fermentación durante la última parte del siglo pasado, apunta específicamente a la producción de enzimas mediante el uso de cultivos seleccionados, haciendo posible la manufactura a gran escala de enzimas purificadas y preparaciones bien caracterizadas.

El interés por la celulasas y polisacáridos relacionados comenzó en los años cincuenta, debido al enorme potencial para convertir la celulosa, la fuente de energía renovable más abundante del planeta, a glucosa y azúcares solubles. La investigación extensiva básica y aplicada durante los setenta y ochenta demostró que la bioconversión inducida de la lignocelulosa a azúcares solubles era bastante difícil y cara¹.

Sin embargo, continuas investigaciones sobre celulasas, hemicelulasas y pectinasas han relevado su potencial biotecnológico en varias industrias, incluyendo la alimenticia, cervecera y de vinos, alimento animal, textil y detergentes, pulpa y papel, agricultura en investigación y desarrollo².

Es por eso que en este trabajo se propuso la producción de celulasas por *Trametes versicolor* utilizando bagazo de caña como sustrato de bajo costo, por fermentación en estado sólido.

Sección Experimental.

Preparación del sustrato

Lavado y secado del bagazo de caña

El bagazo utilizado como sustrato fue lavado con agua potable de garrafón para eliminar lodos o alguna otra sustancia contaminante física. Después de ello se seco en hornos a 45°C por 48 horas.

Molienda del bagazo de caña

Para la reducción de tamaño del bagazo se utilizó un molino de martillos.

Tamizado del bagazo de caña

Para tener un tamaño homogéneo del sustrato éste se tamizo y se eligió el tamaño mayor de 1mm y menor de 1.4mm.

Pretratamiento de bagazo de caña con NaOH al 5%

El tratamiento húmedo al bagazo de caña se realizó con el fin de aumentar su digestibilidad; para tal efecto se utilizó una solución de NaOH al 5%; con una proporción de sólido:líquido de 1:10, y se incubó a 60°C durante 1 hora a 95 rpm. Posteriormente el bagazo fue lavado hasta llegar a la neutralización y secado en horno a 45°C por 48 horas.

Esterilización del sustrato

Se pesaron 10 gr del bagazo de caña ya pretratado y se colocaron en matraz de 250 mL, posteriormente se esterilizaron a 121°C y 1.05 Kg/cm² de presión durante 15 minutos.

Preparación del precultivo

Todos los experimentos presentados se hicieron por triplicado.

Resiembra de la cepa

Se utilizó una cepa de *Trametes versicolor* como el microorganismo productor de celulasas, la cual fue donada por el Instituto de Biotecnología (IBT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se resembró la cepa en caja Petri con medio Papa Dextrosa Agar (PDA), se incubó a 30°C por 7 días.

Inoculación para precultivo

Se preparo 50 mL de medio basal (3% de extracto de malta, 1% de extracto de levadura y 1% de dextrosa anhidra) en donde se depositaron 5 cuadros de 1 cm² de medio, cuidando solo recoger el hongo sin llevar restos del medio PDA; dicha solución se licuó por pulsos para homogeneizar el medio con el hongo, posteriormente se tomaron 10 ml del medio y se inocularon a 100ml de medio basal, se incubaron por 4 días a 30°C con 95 rpm.

Inoculación del sustrato

El medio con el hongo crecido en forma de pelets, fue centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos y posteriormente lavado dos veces con solución Czapek Dox (para 500 mL de agua: NaNO₃ 1.5g, KH₂PO₄ 0.5g, MgSO₄ 0.25 g, KCl 0.25g, FeSO₄ 0.005g y 2 gotas de Tween 80) a 3000 rpm por 10 minutos, para después agregar 10 mL de este inóculo y 12 mL de solución Czapek Dox a un matraz con bagazo ya estéril. Se incubó a 30 °C durante 6 días.

Recuperación del extracto enzimático crudo

Al finalizar el tiempo de fermentación (6 días), se mezcló el contenido de cada matraz con 50 mL de Buffer de citratos 0.05 M pH 4.8. Se dejaron los matraces en reposo a 4°C durante 30 minutos. Posteriormente se filtraron y centrifugaron a 3000 rpm durante 30 minutos para obtener el extracto enzimático (el suspendido de la solución).

Cuantificación de la proteína en el extracto enzimático crudo

Con el fin de verificar la presencia de enzima, fue necesaria la determinación de la concentración de proteína en el extracto enzimático crudo reportado por Lowry et al. (1951). Los resultados se expresaron en µg/ml. Una curva de albúmina sérica bovina (ASB) fue realizada y utilizada como estándar.

La técnica consiste en la preparación de las siguientes soluciones:

Reactivo A: Na₂CO₃ al 2% en NaOH 0.1 N.

Reactivo B: Tartrato de Na y K al 1% en H₂O.

Reactivo C: CuSO₄.5H₂O.

Reactivo D: 98% de A, 1% de B, 1% de C.

Reactivo E: Reactivo Folin Ciocalter, 1 parte del reactivo: 2 partes de H₂O.

Los reactivos A, B y C pueden almacenarse por mucho tiempo sin perder estabilidad. Las soluciones D y E se preparan hasta el momento de inicial la técnica. La curva estándar de ASB se preparó en un rango de 100-1000 µg/ml.

La metodología de Lowry se describe a continuación: a 1 ml de muestra a ensayar se le adicionó 5 mL de solución D y se mezcló vigorosamente. Se incubó durante 10 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se adicionó 1 mL de solución E y se mezcló vigorosamente, se incubó a temperatura ambiente por 30 minutos. Al final de este periodo se determinó la absorbancia de cada muestra a 590 nm usando como blanco una muestra que consistió en 1 mL de agua destilada, tratado según el procedimiento anterior.

Cuantificación de la concentración enzimática

Al extracto enzimático se le determinaron los azúcares reductores según lo escrito por Mandels (Mandels et al, 1976; Ghose, 1987) con el ensayo en papel filtro (FPU assay).

La técnica consistió en preparar tres tipos de tubos: 1) Muestra, 2) Control de sustrato y 3) Blanco. Al tubo de muestra se le adicionó una tira de papel filtro Whatman #1 de 1 x 6 cm, 1 mL de buffer de citratos 0.05 M pH 4.8 y 0.5 mL de muestra a ensayar. Para el caso de los tubos control de sustrato se adicionó la tira de papel y 1.5 mL de buffer de citratos. Al tubo blanco se le adicionó únicamente 1.5 mL de buffer de citratos.

Los tubos se incubaron a 50°C durante 10 minutos, posteriormente se les adicionó a todos los tubos 3 mL de reactivo DNS para detener la reacción y fueron llevados a ebullición durante 5 minutos. Al cumplirse este tiempo los tubos fueron transferidos a un baño de agua fría. Se leyó su absorbancia a 540 nm.

Se realizaron la curva estándar de Concentración de glucosa vs. Absorbancia, y la de Concentración de glucosa liberada vs. Concentración enzimática, utilizando una celulosa comercial Celluclast® 1.5 L de Novo Nordisk (Sigma Cellulase, from *Trichoderma reesie* ATTC 26”).

Resultados y Discusión.

Cuantificación del contenido de proteínas.

Utilizando la ecuación resultante de la figura 1, se cuantifico la concentración de proteínas de la muestra resultante. Para ello, se promedió la absorbancia de tres réplicas por cada muestra, tomándose muestra de 3 medios. Los resultados se pueden observar en la tabla 1.

Con la técnica de Lowry se confirmó la presencia de proteínas en la muestra extraída del medio de fermentación, para verificar que estas proteínas fueran celulasas se procedió a hacer la técnica de unidades de papel filtro.

Estudio de la actividad enzimática.

Se realizaron dos curvas estándar para poder determinar la concentración enzimática en la muestra. La primera es la curva de “Concentración de glucosa liberada (mg/0.5 ml) vs. Absorbancia”, y la segunda es la curva de “Concentración de glucosa liberada (mg/0.5 ml) vs. Concentración enzimática (µl/ml)”. Enseguida se muestran las ecuaciones obtenidas:

- I. Ecuación para “Liberación de glucosa vs. Absorbancia:

$$y = 0.20281x + 0.03782, r^2 = 0.99117$$

- II. Ecuación para la “Liberación de glucosa vs. Concentración enzimática (µl/ml)”:

$$y = 1.38648x + 1.08445, r^2 = 0.99234$$

Después de realizar la técnica de Unidades de Papel Filtro (UPF) con tres réplicas de 3 diferentes muestras, se leyó la absorbancia, la cual con la ayuda de la primera ecuación se obtuvo el valor de la glucosa liberada que, ocupando la

ecuación número dos, resultado en el valor de la concentración enzimática. Los datos se muestran en la tabla 2.

Tabla 1. Cuantificación de concentración de proteínas.

Muestra	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia 3	Promedio	Concentración de proteína (µg/ml)	Concentración promedio (µg/ml)
1	0.754	0.768	0.766	0.76267	1105.933333	1053.266667
2	0.736	0.641	0.754	0.71033	1001.266667	
3	0.71	0.724	0.774	0.736	1052.6	

Tabla 2. Cuantificación de la concentración enzimática

Muestra	Absorbancia promedio	Concentración de glucosa liberada (mg/0.5 ml)	Concentración enzimática (µl/ml)
1	0.204166667	0.820209391	2.221653917
2	0.221666667	0.90649705	2.34129003
3	0.213	0.863764114	2.282041669

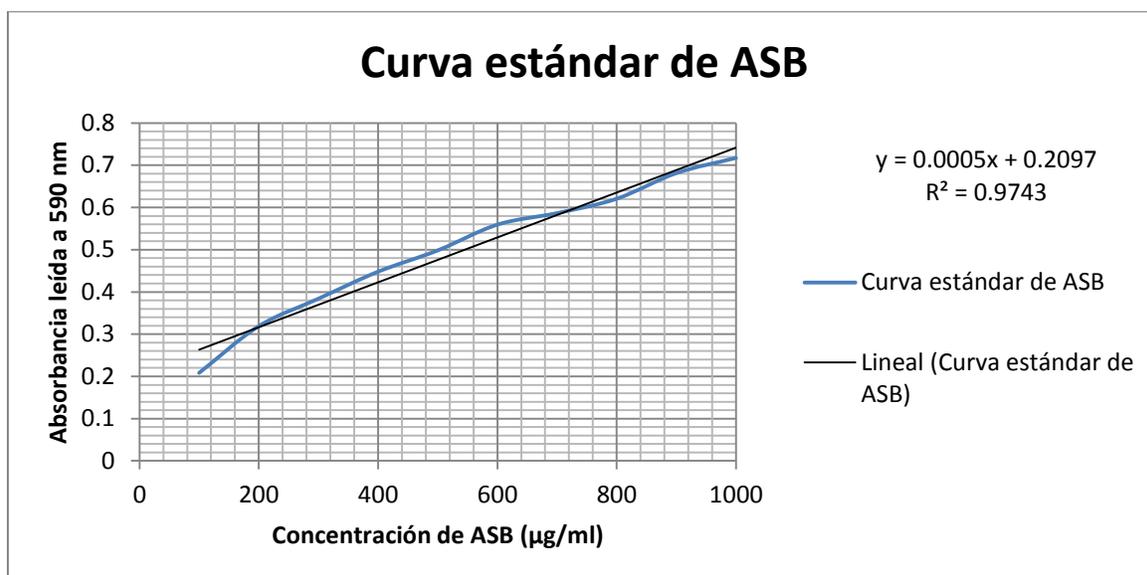


Figura 1. Curva estándar de “Concentración de ASB (µg/ml) vs. Absorbancia”.

Conclusiones.

A través del trabajo realizado se produjeron celulasas por *Trametes versicolor* utilizando bagazo de caña como sustrato por fermentación en estado sólido (FES), lo que trae consigo una alternativa viable de producción de dicha enzima, sin embargo es necesario hacer más investigaciones variando condiciones del medio así como el tamaño de inóculo para optimizar la producción.

Referencias

1. Y. Maldonado, Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Zacatepec, 2008.
2. Hiden et. al., 2010.

PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE POTENCIAL USO COMO ADITIVOS ALIMENTARIOS, MEDIANTE EL CULTIVO DE *Streptococcus* sp. AISLADO DEL POZOL, USANDO MEDIOS COMPLEJOS CON MELAZAS.

J. Pineda-González¹, W. Y. Sánchez-Reyes¹, G. Díaz-Ruiz², A. I. Rodríguez-Hernández¹ y N. Chavarría-Hernández¹

¹ *Cuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria. Centro de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. CP 43600. México- norberto@uaeh.edu.mx; ²Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.*

Área de participación: *Bioprocesos y desarrollo sustentable*

Resumen – Se evaluó el uso potencial de melaza como ingrediente importante (4 % p/v) de medios alternos para la producción de compuestos antimicrobianos por parte de la bacteria ácido láctica, *Streptococcus* sp. aislada de *pozol*, mediante fermentaciones por lote en biorreactor de tres litros. La actividad antimicrobiana (AaM) fue evaluada mediante la prueba de pozos utilizando *Listeria monocytogenes* como microorganismo indicador, alcanzando una máxima AaM a partir de la sexta hora de fermentación [120 (Unidades arbitrarias, UA)/mL]. La máxima actividad antimicrobiana específica (127 ± 2.38 UA/mg_{biomasa}) se obtuvo a las tres horas.

Introducción

Actualmente los consumidores exigen productos frescos, nutritivos, de costo accesible, pero sobre todo, inocuos y naturales. Esta demanda ha estimulado la búsqueda de alternativas en el campo de la bioconservación, donde uno de los propósitos es emplear la microbiota natural de alimentos o bien los productos metabólicos de ésta, con el fin de inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables y extender la vida de anaquel (Hequet, Laffitte et al. 2007). Por otra parte, las bacterias ácido lácticas (BAL) consideradas por la FDA (Food and Drug Administration, USA) como bacterias GRAS (Generally Recognised As Safe) han sido utilizadas desde tiempos remotos en la elaboración de alimentos fermentados, con el objetivo de proporcionar sabor, color y aroma característicos durante las fermentaciones. Aunado a esto, las BAL tienen capacidad de producir compuestos que pueden inhibir el crecimiento de microorganismos, como ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas, entre otros, lo que hace atractivo el uso de estas bacterias en la industria de los alimentos en el marco de la bioconservación (Botina-A, Zimmermann et al. 2008).

Específicamente, la producción de bacteriocinas a partir de BAL es un proceso exigente debido a la necesidad de contar con medios de crecimiento ricos en nutrientes (i.e., carbohidratos, ácidos nucleicos, minerales, vitaminas y proteínas o aminoácidos; (Arauz, Jozala et al. 2011) en procesos sustentables. En estudios a nivel laboratorio, frecuentemente las BAL son cultivadas en medios

comerciales estándares (V. gr., MRS y M17), pero el uso de estos medios es caro en sistemas de producción a gran escala. Por tal motivo, es de interés para la industria desarrollar medios alternativos que mejoren o igualen las características y rendimientos de los ya existentes y que además, sean de bajo costo (Trinetta, Rollini et al. 2008). Una alternativa es el uso de melazas (subproducto de la industria azucarera) que son una fuente rica en nutrientes, principalmente carbohidratos, y que actualmente se han aprovechado muy poco en la producción de bacteriocinas o sustancias relacionadas (Metsoviti, Paramithiotis et al. 2011). En contraste las melazas han sido ampliamente utilizadas en fermentaciones para la producción de etanol y ácido láctico (Wee, Kim et al. 2004; Dumbrepatil, Adsul et al. 2007).

En el presente trabajo se utilizó melaza como medio alterno para para soportar el crecimiento de la bacteria ácido-láctica, *Streptococcus* sp., aislada de pozol (alimento fermentado), con el fin de obtener compuestos antimicrobianos capaces de inhibir el crecimiento de *Listeria monocytogenes*.

Sección Experimental

1. *Material Biológico*: La cepa productora de actividad antimicrobiana es *Streptococcus* sp., aislada del pozol (Tavera-Mena 2010). Como microorganismo indicador se empleó *Listeria monocytogenes* (colección FQ-UNAM). Ambos microbios fueron preservados en viales de conservación (25 % v/v glicerol) a -80 °C.

2. *Medios de cultivos*. MRS (Difco). BHI (Bioxon). *Medio de producción* (MMP): 4% p/v melaza, 2% p/v caldo soya tripticasa (Bioxon), 0.5% p/v extracto de levadura (Bioxon), 0.3% p/v Tween 80 (Merck Millipore), 1.4×10^{-3} % p/v $MnCl_2$ (J.T. Baker).

3. *Fermentación en biorreactor*: Un vial de conservación de *Streptococcus* sp. se descongeló, tomando 200 μ L para inocular 20 mL de MRS. Se incubó por 24 h a 30 °C sin agitación. Luego, este cultivo se inoculó en 2.4 L de medio MMP previamente esterilizado in situ en fermentador (Applikon Z61103CT04) ($V_T=3$ L; $D_T=129$ mm; 2 turbinas Rushton, $D=45$ mm). La fermentación se llevó a cabo a 30 °C, 150 rpm y aireación de 1 vvm, tomando muestras de 100 mL (15 mL de purga) a las 0, 3, 6, 9, 12 y 15 h, para evaluar concentración de biomasa (X , g/L) y actividad antimicrobiana (AaM, UA/mL). El pH, oxígeno disuelto (OD) y T fueron monitoreados de forma continua mediante la Bioconsola ADI 1030.

4. *Concentración de biomasa (X)*: Muestras de 80 mL fueron centrifugadas a 6000 rpm, 4 °C durante 40 min (Hermle Z323K), al pellet de biomasa obtenido se le hicieron dos lavados con solución isotónica 0.9% p/v NaCl y se centrifugaron a 5500 rpm, 4 °C durante 30 min. Posteriormente se llevó a peso seco (100 °C, 24 h), el sobrenadante se conservó para 5.

5. Actividad antimicrobiana.

5.1 Concentración de actividad antimicrobiana. Al sobrenadante del caldo de fermentación obtenido en 4, se le ajusto el pH a 6.6 ± 0.1 con NaOH 5 M y fue concentrado en un rotavapor (Büchi R-215; 60°C a 35 rpm; 72 mbar) hasta obtener 31 mL. Finalmente el concentrado es seguido de un tratamiento térmico (110°C , 10 min) y se conserva a -80°C .

5.2. Evaluación de actividad antimicrobiana. La activación de *L. monocytogenes* se hizo de forma similar a 3, pero inoculando 50 μL en 5 mL de BHI, e incubando a 35°C por 24h; posteriormente, se toman 50 μL de este caldo para inocular 5 mL de BHI fresco e incubar por 6 h a 35°C (esto resulta en un cultivo de Lm en fase log, 10^9 UFC/mL). De este caldo, se mezclan 47 μL con 8.2 mL de agar BHI a $40-45^\circ\text{C}$ y se vierte sobre placa con agar BHI solidificado con cilindros de plástico estériles de manera que se forman 9 pozos de $D=13.6$ mm y $H=1.38$ mm; una vez solidificado se retiran los cilindros y se realiza la prueba de difusión en agar colocando el antimicrobiano en pozos e incubando a 35°C durante 24h, después; se midieron los halos de inhibición (Vernier, Fowler). La AaM se expresó en UA/mL, método descrito por (Nuñez, Tomillo et al. 1996).

Resultados y Discusión

Se determinó la concentración de biomasa X (g/L) a las 0, 3, 6, 9, 12 y 15 h (Fig. 1-a), observándose una máxima concentración a partir de la 6 h, la cual se mantuvo sin variaciones significativas (ANOVA, $p \leq 0.05$) hasta el término de la fermentación (15 h). Con respecto a pH, éste mostró una caída significativa de 6.2 a 4.4 a las 6 h, llegando hasta 4 a las 15 h (Fig. 1-b) atribuyéndose a la concentración liberada de ácidos orgánicos (Nel, Bauer et al. 2001).

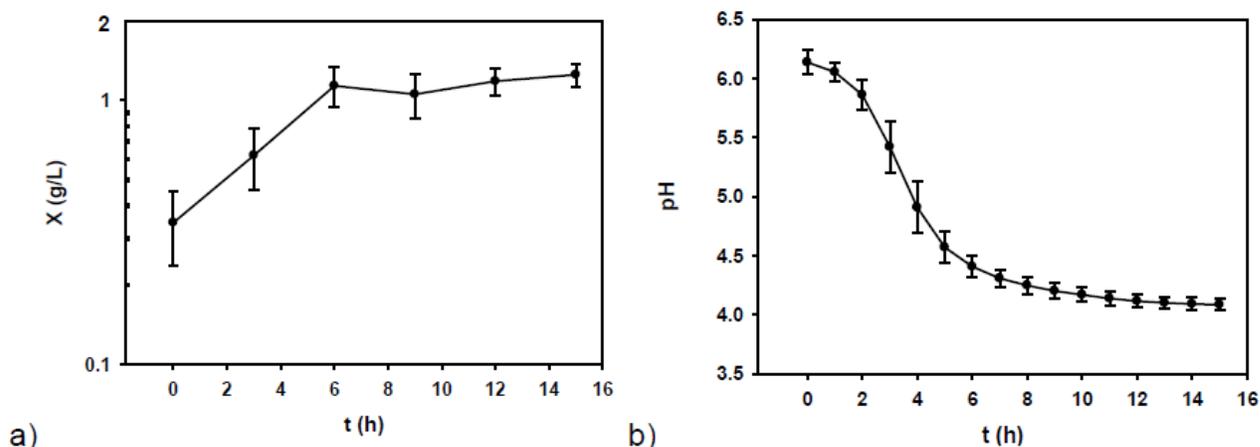


Figura 1 – Producción de *Streptococcus* sp., aislado de pozol, en fermentador por lote con agitación mecánica, usando medio con melaza. a) Evolución de la concentración biomasa, X; b) Comportamiento del pH a lo largo de la fermentación.

Los datos obtenidos para OD reflejaron una máxima demanda alrededor de 6 h, tiempo al cual inició la fase estacionaria de concentración de biomasa, registrando

una disminución importante del pH (presumiblemente por la formación de ácido láctico), así como un AaM importante (Fig. 2). Posteriormente, los requerimientos de O₂ disminuyeron aumentando nuevamente de manera importante a la 9 h. Anastasiadou, Papagianni et al. (2008) describen a las bacteriocinas y al ácido láctico como productos del metabolismo primario por lo cual la velocidad de formación de estos depende de la velocidad de crecimiento; en otras palabras, al tener un aumento de biomasa las concentraciones de bacteriocinas y ácido láctico serán proporcionales a ésta. El aumento de la demanda de O₂ nuevamente a la 9 h podría explicarse debido a la generación de un metabolito secundario, ya que habitualmente las BAL del género *Streptococcus* representan microorganismos anaerobio facultativos, generalmente homofermentativos (Mora and García 2007); sin embargo, al estar expuestos a condiciones aerobias (1 vvm), pueden modificar su metabolismo a heterofermentativo generando nuevos metabolitos (Lan, Oddone et al. 2006). Algunos autores sugieren que el oxígeno disuelto en el medio puede redirigir el flujo del carbono ocasionando la oxidación del piruvato para dar lugar a Acetyl-CoA, que es convertida a acetato el cual se libera al caldo de cultivo (Barnes, Seeley et al. 1961; Neijssel, Snoep et al. 1997).

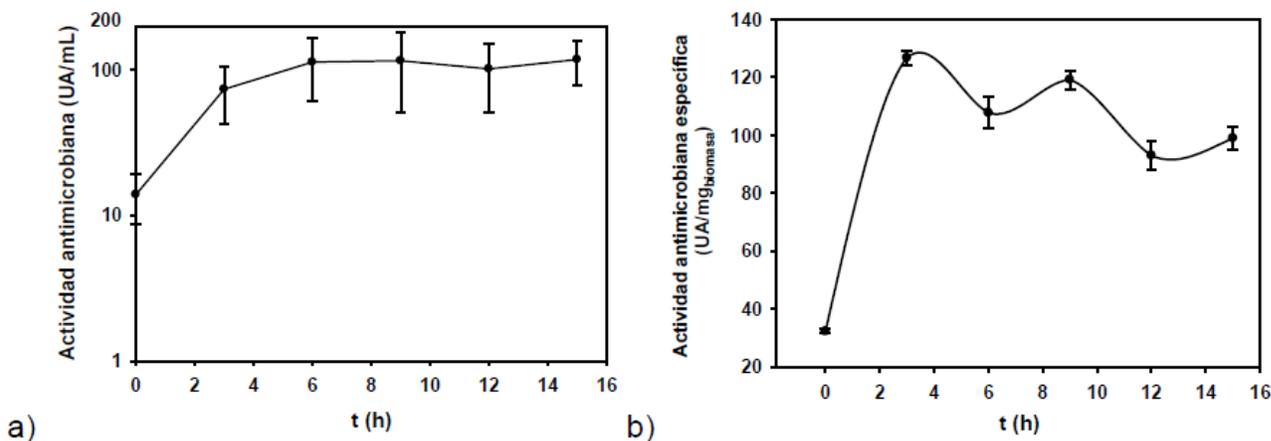


Figura 2 – Producción de *Streptococcus* sp., aislado de pozol, en fermentador por lote con agitación mecánica, usando medio con melaza. a) Actividad antimicrobiana UA/mL (indicador, *Listeria monocytogenes*); b) Máxima actividad específica antimicrobiana (UA/mg_{biomasa}).

En la prueba de pozos se realizaron diluciones base 2 (Fig. 3), con el fin de determinar la AaM en UA/mL, pudiéndose apreciar una zona clara de inhibición de *L. monocytogenes* hasta la dilución 2⁵. En la Figura 2-a puede apreciarse una AaM importante a partir de 6 h (116 UA/mL, aproximadamente). Referente a la actividad antimicrobiana específica, el valor máximo se presentó a las 3 h (127±2.38 UA/mg_{biomasa}), observándose que aún a bajas concentraciones de biomasa se pueden obtener importantes actividades antimicrobianas.

Anastasiadou, Papagianni et al. (2008) reportaron la producción de *Pediococcus pentosaceus* SM-1, aislado de un producto griego, usando medio MRS en fermentador (Bioreactor agitado mecánicamente, 150 rpm, pH libre, T= 30 °C y

DOT 60%), encontrando una AaM máxima de 70 UA/mL. Por su parte Metsoviti, Paramithiotis et al. (2011) estudiaron un sistema de producción de *Leuconostoc mesenteroides* E131 en medio MRS suplementado con melaza (20-30 g/L), 100 rpm, 37°C, 24 h, encontrando un rango de actividad de 160 a 640 UA/mL. (Tadorov, Van Reenen et al. 2004) reportaron actividades antimicrobianas arriba de 200 UA/mL con *Lactobacillus plantarum* ST13BR en medios similares a los estudiados en el presente trabajo. En contraste Todorov and Dicks (2005) encontraron que *Enterococcus faecium* ST311LD no presentó actividad antimicrobiana en medios basados en melaza. De acuerdo a la anteriormente expuesto, es evidente la existencia de disparidad entre los resultados obtenidos entre distintas investigaciones, ya que son diversos factores los que influyen en la producción de sustancias con actividad antimicrobiana (V. gr. pH, T, cepa productora, fuente de nutrientes, OD, etc.) lo que dificulta establecer comparaciones convenientes.

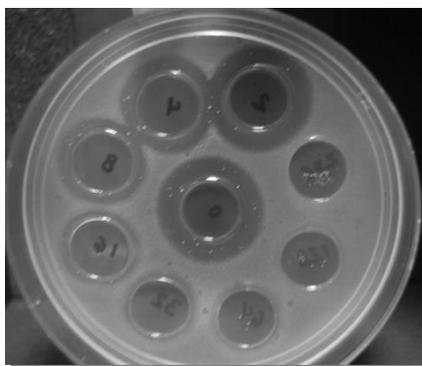


Figura 3 – Producción de actividad antimicrobiana por *Streptococcus* sp., aislado de pozol, en medios con melaza. Prueba de pozos: diluciones base 2 en agar BHI inoculado con 10^9 UFC/mL *Listeria monocytogenes*.

Conclusiones

El medio probado en el presente estudio constituido principalmente de melazas (4 %), demostró ser una alternativa conveniente para la producción de sustancias con potencial antimicrobiano por parte de *Streptococcus* sp., capaces de inhibir el crecimiento de *L. monocytogenes*, obteniendo valores de AaM hasta 120 UA/mL. Aunque este estudio presenta resultados satisfactorios, también plantea diversas áreas de oportunidad para el mejoramiento de estas tecnologías de fermentación.

Agradecimientos

W. Y. Sánchez-Reyes agradece la beca CONACyT para realización de estudios de posgrado (No. Becaria 273766). Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "Diseño y caracterización de películas alimentarias a base de biopolímeros y antimicrobianos naturales" que se realiza en el marco de la red "Biotecnologías basadas en biomoléculas funcionales para el sector

agroalimentario" financiado por el programa de Mejoramiento del Profesorado, SEP, 2012.

Referencias

1. Anastasiadou, S., M. Papagianni, et al. (2008). "Growth and metabolism of a meat isolated strain of *Pediococcus pentosaceus* in submerged fermentation." Enzyme and Microbial Technology **43**(6): 448-454.
2. Arauz, L. J., A. F. Jozala, et al. (2011). "Culture medium of diluted skimmed milk for the production of nisin in batch cultivations." Annals of Microbiology **62**(1): 419-426.
3. Barnes, I. J., H. W. Seeley, et al. (1961). "Nutrition of *Streptococcus bovis* in relation to dextran formation." Journal of Bacteriology **82**(1): 82-93.
4. Botina-A, B., B. H. Zimmermann, et al. (2008). "Caracterización preliminar de compuestos antilisteriales producidos por bacterias ácido lácticas nativas." Revista MVZ Córdoba **13**(3): 1476-1485.
5. Dumbrepatil, A., M. Adsul, et al. (2007). "Utilization of Molasses Sugar for Lactic Acid Production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* Mutant Uc-3 in Batch Fermentation." Applied and environmental microbiology **74**(1): 333-335.
6. Hequet, A., V. Laffitte, et al. (2007). "Characterization of new bacteriocinogenic lactic acid bacteria isolated using a medium designed to simulate inhibition of *Listeria* by *Lactobacillus sakei* 2512 on meat." International Journal of Food Microbiology **113**(1): 67-74.
7. Lan, C. Q., G. Oddone, et al. (2006). "Kinetics of *Lactococcus lactis* growth and metabolite formation under aerobic and anaerobic conditions in the presence or absence of hemin." Biotechnology and Bioengineering **95**(6): 1070-1080.
8. Metsoviti, M., S. Paramithiotis, et al. (2011). "Biotechnological valorization of low-cost sugar-based media for bacteriocin production by *Leuconostoc mesenteroides* E131." New Biotechnology **28**(6): 600-609.
9. Mora, N. and A. García (2007). "Susceptibilidad de bacterias ácido lácticas (BAL) frente a diversos antibióticos." Tesis de licenciatura.(UAEH).
10. Neijssel, O. M., J. L. Snoep, et al. (1997). "Regulation of energy source metabolism in streptococci." Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement **83**(1): 12S-19S.
11. Nel, H. A., R. Bauer, et al. (2001). "Growth optimization of *Pediococcus damnosus* NCFB 1832 and the influence of pH and nutrients on the production of pediocin PD-1." Journal of Applied Microbiology **91**(6): 1131-1138.

12. Nuñez, M., J. Tomillo, et al. (1996). "Bacteriocin quantification by the critical dilution method: a comparison of arbitrary units with diameter and area of the zone of growth inhibition." Milchwissenschaft **5**(1): 7-10.
13. Tadorov, S. D., C. A. Van Reenen, et al. (2004). "Optimization of bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* ST13BR, a strain isolated from barley beer." J. Gen. Appl. Microbiology. **50**: 149-157.
14. Todorov, S. D. and L. M. T. Dicks (2005). "Production of Bacteriocin ST33LD, Produced by *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, as Recorded in the Presence of Different Medium Components." World Journal of Microbiology and Biotechnology **21**(8-9): 1585-1590.
15. Trinetta, V., M. Rollini, et al. (2008). "Development of a low cost culture medium for sakacin A production by *L. sakei*." Process Biochemistry **43**(11): 1275-1280.
16. Wee, Y.-J., J.-N. Kim, et al. (2004). "Utilization of sugar molasses for economical l(+)-lactic acid production by batch fermentation of *Enterococcus faecalis*." Enzyme and Microbial Technology **35**(6-7): 568-573.

PRODUCCIÓN DE UNA PROTEASA RECOMBINANTE DE *Jacaratia mexicana* EN *Pichia pastoris*.

M. Quiroz-Cardoso¹, C. Oliver-Salvador¹, J. Aranda-Barradas¹, A. Badillo-Corona¹ y
N. Durán-Figueroa¹.

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional
(UPIBI-IPN)-muaries_25@hotmail.com, -oliveripn@hotmail.com, -jaranda@ipn.mx, -
jbadilloc@ipn.mx, -nduranfigueroa@gmail.com

Área de participación: Bioprocesos y Desarrollo sustentable

Resumen – Las proteasas cisteínicas (CPs) son importantes debido a que participan en procesos fisiológicos celulares fundamentales de todos los organismos y patológicos de los mamíferos. Las CPs de origen vegetal son utilizadas en las industrias cervecera, alimentaria y farmacéutica por ser enzimas GRAS y tener actividad en un amplio intervalo de temperaturas y pHs. El aumento significativo a nivel mundial en la demanda de enzimas proteolíticas de origen vegetal hace necesaria la búsqueda de nuevas proteasas con características funcionales que puedan competir o sustituir a las ya conocidas de origen microbiano. *Jacaratia mexicana* es una planta silvestre endémica de regiones subtropicales de nuestro país nombrada comúnmente “bonete” o “cuaguayote”. El látex de sus frutos contiene proteasas cisteínicas que son miembros de la familia de la papaína Cl, mostrando mayor actividad enzimática que la papaína. Sin embargo, debido a factores como la domesticación de la planta, largos periodos de crecimiento y maduración de frutos, la disponibilidad para su potencial uso en la industria alimentaria es limitada. Nuestro grupo ha investigado otras alternativas de producción de estas proteasa, como la expresión de dos genes que codifican para dos isoformas de CPs de *J. mexicana* (*JmCP4* y *JmCP5*) en *Escherichia coli* y uno (*JmCP4*) en *Pichia pastoris*, con la finalidad de contar con un sistema de producción que permitan obtenerlas en forma constante y en menor tiempo.

En este trabajo se propone un protocolo de investigación para mejorar los rendimientos de biomasa de *P. pastoris* GS115 transformada con el vector pPIC9-*JmCP4* y estudiar las condiciones de cultivo para mejorar la producción de esta proteasa recombinante, usando diseños estadísticos para la construcción de un modelo matemático que permita estimar los rendimientos de biomasa.

Introducción

Las peptidasas, proteinasas o proteasas son enzimas que hidrolizan las uniones peptídicas de las proteínas, éstas ocupan una posición relevante en comparación con otras enzimas comerciales, ya que su campo de aplicación es muy amplio (Bakir y col., 2001).

La importancia de las proteasas cisteínicas se debe a su participación en procesos fisiológicos celulares fundamentales de todos los organismos así como en procesos patológicos de los mamíferos (Mello y col., 2008). Además, las proteasas cisteínicas de origen vegetal son utilizadas en las industrias cervecera, alimentaria y farmacéutica (Dixon y Gonzáles, 2004) y en años recientes ha prestado atención a éstas enzimas no solamente por ser reconocidas generalmente como seguras

(GRAS) sino también porque son activas en un amplio intervalo de temperaturas y pHs (Pengycol., 2008).

Jacaratia mexicana es una planta silvestre perteneciente a la familia *Caricaceae*, es una planta nativa de las zonas centro y sur de nuestro país y conocida comúnmente como “bonete” o “cuaguayote”. Los frutos de ésta planta endémica producen látex en mayor cantidad cuando se encuentran inmaduros (Díaz y Lomeli, 1997). Del este látex se logró aislar la denominada “mexicana”, proteasa cisteínica de gran estabilidad que presenta mejores características que la papaína de *C. papaya*, en las que destacan estabilidad a altas temperaturas, actividad proteolítica sobre caseína en un intervalo de pH de 3 a 10 con un máximo entre 8.5 y 9 (Romero y col., 1976; Briones y col., 1994) además de mostrar características estructurales similares con la papaína y otra CPs de esta familia (Oliver-Salvador, 1999, Oliver-Salvador y col., 2012).

Briones y col., (1994) demostraron que preparaciones refinadas de “mexicana” podrían competir favorablemente con la papaína en ciertos procesos de tipo industrial (estabilización coloidal de la cerveza, ablandamiento de carnes, hidrólisis de proteínas de pescado y de origen vegetal, así como la modificación de las propiedades funcionales de proteínas) donde ésta es empleada (Briones, 1996). Sin embargo, debido a la existencia de diversos factores como la domesticación de la planta, su distribución geográfica, los largos periodos de crecimiento-maduración de la planta y el requerimiento de grandes cantidades de látex para su obtención, la disponibilidad de esta proteasa es limitada.

En la actualidad se han incrementado el número de trabajos sobre CPs de origen vegetal, relacionados en la búsqueda de nuevas proteasas, la producción de enzimas recombinante así como la modificación de estas por medio de ingeniería de proteínas, pronosticando que en un futuro cercano se tendrá la posibilidad de que las proteasas de plantas tengan mejores propiedades y mayor presencia en la industria (Barret y Rawlings, 2005).

Pichia pastoris es una levadura metilotrófica atractiva para la producción industrial de proteínas recombinantes a partir de la manipulación de los promotores que controlan la expresión; tiene una ruta metabólica común que hace posible el uso de metanol como única fuente de carbono y se puede alcanzar un alto crecimiento celular (hasta 130 g L⁻¹). El nivel de expresión puede ser regulado por una simple manipulación en el medio de cultivo. También expresan altos rendimientos de proteínas heterólogas (excretables) asociadas al crecimiento, presentan modificaciones postraduccionales similares a la de los mamíferos, bajos niveles de proteínas endógenas y plegamiento adecuado de proteínas recombinantes (Cereghino y Creeg, 2000; Lin-Cereghino y col., 2002; Kim y col., 2005). Otras ventajas de *Pichia* como organismo hospedero se encuentran: (i) mayor producción de proteína; (ii) evitan la hiperglicosilación; (iii) puede crecer a concentraciones de metanol que podrían matar a otros microorganismos, (iv) es un sistema barato y de fácil mantenimiento, y (v) integra múltiples copias del ADN

foráneo en el ADN cromosómico dando como resultado células transformadas estables (Gellison y col., 1992; Creggy col., 2000).

Entre las proteasas cisteínicas tipo papaína producidas en *P. pastoris* se encuentran la propapaína (Dufour y col., 1998) y algunas otras CPs de mamíferos y parásitos.

En el presente trabajo se emplearán diseños estadísticos para la construcción de un modelo matemático que permita estimar los rendimientos de producción de biomasa, además de mejorar las condiciones de cultivo (pH, tamaño de inóculo y porcentaje de metanol) para la producción de la enzima recombinante de *J. mexicana* en *P. pastoris* GS115 transformada con el vector pPIC9-JmCP4 a nivel matraz, como una alternativa para la producción de esta enzima.

Sección Experimental

Activación de la cepa: la activación de la cepa transformada se realizó empleando el protocolo User Manual Pichia Expression Kit (Invitrogen, EU). Se inoculó una colonia de la levadura *P. pastoris* transformada en placas con medio YPD, posteriormente se inoculó una colonia en cinco mL de medio YPD líquido estéril y el cultivo se incubó durante 16 h a 250 rpm y 30 °C. Posteriormente con 1 mL del medio crecido se inocularon 50 mL de medio YPD estéril en un matraz de 250 mL con deflectores y se dejó crecer hasta una DO_{600} de 10. Las células fueron centrifugadas a 1500 x g por cinco min a cuatro °C. La pastilla formada se resuspendió en 50 mL de agua desionizada fría estéril y nuevamente se centrifugaron a 1500 x g. La pastilla nuevamente se resuspendió en 25 mL de agua desionizada fría estéril para ser centrifugadas bajo las mismas condiciones. La pastilla recuperada fue resuspendida en dos mL de sorbitol 1M frío. Se procedió a centrifugar las células bajo las mismas condiciones por última ocasión y la pastilla obtenida nuevamente fue resuspendida en un mL de sorbitol 1 M frío. Con estas células se prepararán alícuotas de 80 μ L dentro en tubos de polipropileno de 1.5 mL estériles y se conservaron a -70 °C.

Confirmación de la cepa: la confirmación del gen JmCP4 integrado en el genoma de *P. pastoris* GS115 se realizó por medio de reacción de la polimerasa en cadena (PCR) empleando el protocolo TB341 para KOD Hot Start (Novagen, US) y la secuenciación del producto de PCR.

Cinética de crecimiento:

El proceso de sobreexpresión de la proteasa recombinante consta de dos etapas:

1) Crecimiento de la cepa *P. pastoris* transformada para incremento de biomasa: las pastillas libres del medio de cultivo YPD obtenidas de la etapa de activación se resuspenden en dos mL de los medios preparados para la producción de biomasa a evaluar en este trabajo, los cuales son: Medio Mínimo de Glicerol (MMG), Medio Mínimo de Glicerol y extracto de levadura (MMGY) y Medio Mínimo de glucosa (MMg). Posteriormente las células resuspendidas se inoculan en 50 mL de cada uno de los medios de cultivo mencionados anteriormente durante 48 h

a 30 °C y 250 rpm. Al finalizar la cinética se recupera la biomasa del medio de cultivo con mayor rendimiento de producción para ser empleada en la etapa de la inducción de la sobreexpresión, ya que el metabolito deseado está asociado al crecimiento. Con el análisis espectrofotométrico (DO_{600}) de las muestras tomadas del medio de cultivo se construirán las cinéticas de aumento de biomasa.

2) Inducción de la sobreexpresión de la proteasa recombinante empleando metanol como única fuente de carbono: las células de *P. pastoris* crecidas en el medio de cultivo con mayor rendimiento de biomasa se centrifugan a 3000 x g durante cinco minutos, se decantará el sobrenadante y la pastilla se resuspende en 50 mL de medios de cultivo para la sobreexpresión de la proteasa recombinante. Los medios a evaluar son: Medio Mínimo con Metanol (MMM), Medio Mínimo con Metanol y extracto de levadura (MMMY), Medio Mínimo con Metanol y Sorbitol (MMMS) y Medio Mínimo con Metanol y Alanina (MMMA). Las cinéticas del cultivo para la sobreexpresión del gen en *P. pastoris* transformada se desarrollarán a 30 °C, 250 rpm durante 144 h, la adición de 0.5% del volumen de trabajo en metanol estéril al 99.8% se realizará cada 24. Se tomarán muestras de los medios de inducción cada 24 h, se centrifugarán a 3000 x g durante cinco minutos para recuperar el sobrenadante libre de células para la cuantificación de la concentración de proteasa recombinante y actividad proteolítica.

Evaluación de medios de cultivo para la producción de biomasa del cultivo de *P. Pastoris* transformada: se emplea un diseño estadístico de bloques completamente al azar para evaluar el efecto de la composición de tres medios mínimos de cultivo sobre la producción de biomasa de células transformadas (MMG, MMGY y MMg). Para la construcción del modelo matemático y superficie de respuesta se empleará la prueba de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA) (Montgomery, 2009).

Evaluación de medios de cultivo para la producción de la proteasa recombinante: se emplea nuevamente un diseño estadístico de bloques completamente al azar para evaluar el efecto de la composición de medios mínimos de cultivo al 1% (MMM, MMY, MMMA y MMMS) sobre la expresión de la proteasa recombinante durante la fase de inducción. Para la construcción del modelo matemático y superficie de respuesta se empleará la prueba de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA)(Montgomery, 2009).

Evaluación del efecto de condiciones de cultivo sobre la producción de la proteasa: se usa un diseño de experimentos 2^3 con tres repeticiones en el punto central para evaluar el efecto del pH (5.0 y 7.0) del medio de cultivo que haya presentado mejores rendimientos de producción de biomasa de acuerdo al ANOVA construido, el tamaño del inóculo (15 y 60 a DO_{600}) y el porcentaje de metanol adicionado al medio de cultivo cada 24 h (0.5 y 0.75% del volumen de trabajo) para determinar el (los) factor (es) o combinación de factores que afectan de manera significativa la expresión de proteína recombinante a nivel matraz. Posteriormente, con el ANOVA se construirá la superficie de respuesta empleando una función de segundo orden para la optimización de las condiciones estudiadas (Montgomery, 2009).

Recuperación de la enzima del medio de cultivo de *P. pastoris*: la proteína producida es recuperada por centrifugación a 6000 rpm durante 20 minutos y el sobrenadante se concentra y dializa en una celda ultrafiltración con una membrana 3 de kDa de corte molecular (Millipore, EU).

Determinación de concentración de proteínas: la determinación de la concentración de la proteína ultrafiltrada se realiza por el método de Bradford (1976).

SDS-PAGE: el análisis de la proteína recombinante producida en los medios de cultivo se realiza por SDS-PAGE según el protocolo descrito por Laemmli y col., (1970).

Actividad proteolítica sobre sustrato sintético: para los estudios de actividad enzimática de las proteasas recombinantes y se utiliza el sustrato sintético N- α -Benzoil-DL-arginina 4-p-nitroanilida (BAPNA) con el método modificado de Dubois y col., 1989.

Resultados

Diseño de bloques completamente al azar: se construyeron los diseños de bloques completamente al azar para la “evaluación de medios de cultivo para la producción de biomasa” (Cuadro 1) y “evaluación de medio de cultivo para la producción de la enzima recombinante” (Cuadro 2), se realizó primero la aleatorización de los tratamientos para conocer el orden de experimentación y posteriormente la aleatorización de los bloques a analizar para cada uno de los tratamientos, esto se realizó utilizando un algoritmo de programación en Mathematica® 8 (UK) (Figura 1). Donde “n” indica la cantidad de números aleatorios a generar y 7 un valor por arriba del número de bloques a emplear para el diseño.

```

Wolfram Mathematica 8.0 - [Algoritmo generación de números aleatorios.nb]
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help

Algoritmo generación de números aleatorios.nb

n = 20;
var = RandomReal[7, n]

{6.7617, 3.00787, 6.11238, 2.56647, 2.6838, 1.79339,
4.64544, 2.82114, 5.35155, 0.93684, 0.738872, 0.24957, 0.924247,
3.35515, 2.18813, 1.68715, 1.83899, 5.0267, 1.43856, 2.10822}

{3.7696459051003326`, 0.3289828936977177`, 4.267032879370537`, 5.073978446977971`,
2.9122590962100885`, 2.018053439256785`, 2.5242179790293484`, 6.107670265607311`,
4.190732411063849`, 6.425762769437515`, 5.79488710830217`, 5.82260721208648`,
3.5803019584641165`, 5.331766377414079`, 0.39186681674848733`, 5.591180279844477`,
6.612728177925417`, 6.621598200343253`, 1.5445389046994713`, 0.17818886443581938`}
    
```

Figura 1. Algoritmo para la generación de números aleatorios. Los números marcados en rojo corresponden al orden de realización de los bloques de cada uno de los tratamientos a realizar.

Cuadro 1. Diseño de bloques completamente al azar para la evaluación de medios de cultivo sobre la “producción de biomasa” en la cepa transformada de *P. pastoris* con el gen JmCP4.

Orden de realización	TRATAMIENTO (medio de cultivo)	BLOQUES					
		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6
3	MMG	5	4	6	1	3	2
1	MMGY	6	1	2	3	5	4
2	MMg	4	2	3	5	6	1

Cuadro 2. Diseño de bloques completamente al azar para la evaluación de medios de cultivo sobre la “producción de la enzima recombinante” con la cepa transformada de *P. pastoris* con el gen JmCP4.

Orden de realización	TRATAMIENTO (medio de cultivo)	BLOQUES					
		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6
1	MMM	5	4	6	1	3	2
4	MMMY	6	1	2	3	5	4
2	MMMS	4	2	3	5	6	1
3	MMMA	1	6	5	2	4	3

Optimización de condiciones de cultivo para la producción de enzima: se construyó un diseño factorial 2^3 con tres repeticiones en el punto central empleando el programa Design-Expert® Release V8 (EU) para evaluar el efecto de las condiciones de cultivo sobre la expresión de la proteasa recombinante empleando el medio de cultivo donde se haya presentado la mayor producción de proteasa recombinante. El diseño dio como resultado un total del 27 corridas experimentales aleatorizadas para su orden de realización, donde las variables respuesta a optimizar para este proceso son la concentración de proteína y actividad proteolítica de la enzima recombinante sobre caseína y sustrato sintético BAPNA (Cuadro 3).

Cinéticas de crecimiento de la cepa transformada: se realizó la cinética de aumento de biomasa durante la activación de la cepa transformada empleando medio YPD. La fase lag de la levadura fue muy prolongada (aproximadamente 36 h), este comportamiento probablemente se debió al estrés al que estaba sometida la cepa durante su conservación en congelación. Las curvas de crecimiento para la cepa GS115 (nativa) y GS115 pPIC9-JmCP4 mostraron que la cepa transformada tuvo un crecimiento menor comparado con la cepa nativa (Figura 2),

esto posiblemente se deba a la carga genética que representa el inserto de JmCP4 que codifica para una isoforma de proteasa cisteínica de *J. mexicana* dentro de su genoma.

Cuadro 3. Diseño de bloques completamente al azar para la evaluación de medios de cultivo sobre la sobreexpresión de la enzima recombinante en la cepa transformada de *P. pastoris* con el gen JmCP4.

Orden aleatorio	Corrida	Factor A: DO	Factor B: pH	Factor C: % metanol alimentado	R1: [Proteína]	R2: Act. Proteolítica
11	1	15	7	0,5		
3	2	60	5	0,5		
14	3	60	5	0,75		
20	4	60	7	0,75		
1	5	60	5	0,5		
21	6	60	7	0,75		
4	7	15	5	0,5		
12	8	15	7	0,5		
6	9	15	5	0,5		
7	10	60	7	0,5		
13	11	60	5	0,75		
24	12	15	7	0,75		
19	13	60	7	0,75		
25	14	37.5	6	0,625		
10	15	15	7	0,5		
9	16	60	7	0,5		
2	17	60	5	0,5		
17	18	15	5	0,75		
22	19	15	7	0,75		
15	20	60	5	0,75		
5	21	15	5	0,5		
23	22	15	7	0,75		
27	23	37.5	6	0,625		
26	24	37.5	6	0,625		
18	25	15	5	0,75		
8	26	60	7	0,5		
16	27	15	5	0,75		

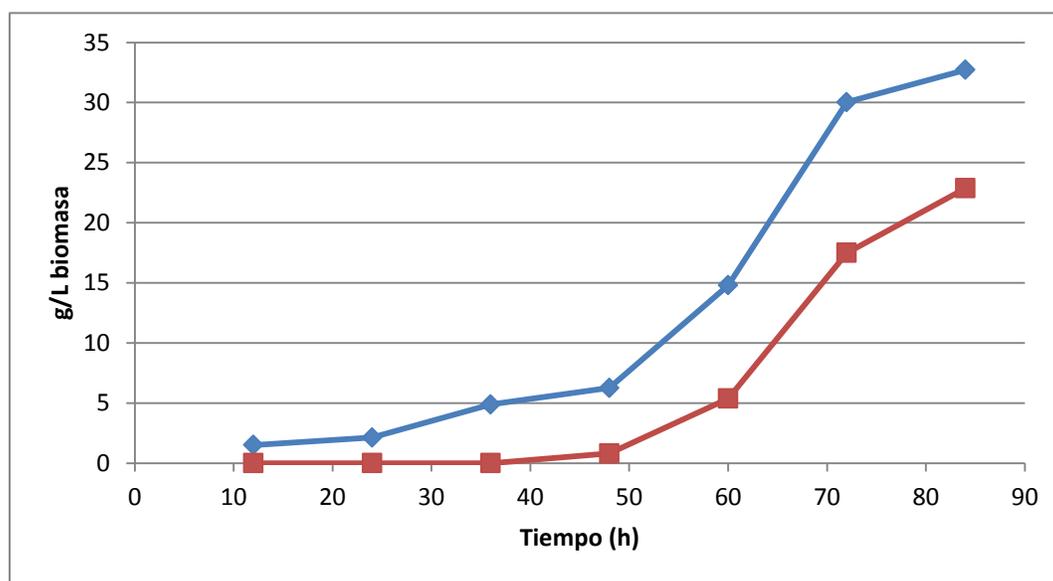


Figura 2. Cinética de crecimiento durante la activación de las cepas nativa y transformada empleando medio YPD, a 250 rpm y 30 °C. —◆— cepa de GS115 (nativa) y —■— cepa transformada GS115 pPIC9-JmCP4.

Con el empleo de programas estadísticos se generaron diseños de bloques al azar con lo que se reduce el número de experimentos a ensayar, con los cuales esperamos encontrar las condiciones de cultivo que permitan incrementar la producción de biomasa y la producción de la enzima recombinante con la cepa de *P. pastoris* transformada, a nivel matraz.

Conclusiones

Por el momento, no se reporta ninguna conclusión ya que esta investigación se encuentra en desarrollo.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional (PIFI-IPN) (Clave SIP 20131819) por el apoyo financiero otorgado para la realización de este proyecto y a la M. en C. Alejandra Cecilia Herrera Ramírez por el apoyo técnico brindado.

Referencias

1. A. BarretyN. Rawlings. *Biol. Chem.* 2005.382, 727-733.
2. A. Herrera-Ramírez. *Tesis de Maestría*. 2012. UPIBI-IPN, México.
3. C. Díaz y J. Lomeli. *Flora de México*. 1997.1, 1-21.
4. C. Oliver- Salvador. Tesis doctoral. 1999. ENCB-IPN. México.
5. C. Oliver-Salvador; E. Ramos-Martínez; A. Herrera-Ramírez; J. Badillo-Corona; C. Garibay-Orijel; N. González-Rábade. 2012. *Gene*. 502, 60-68.
6. C. Romero; C. Oliver; M. Cruz; A. Castañeda; L. Del Castillo. *Revista Latinoamericana. Química*.1976.1, 137-141.
7. D. Montgomery; R. Hymers; C. Anderson-Cook. *Response surface methodology*. Wiley, 3a Edición. 2009.
8. E. Dufour; W. Tam; D. Nägler; A. Storer; R. Ménard. *FEBS Lett.*1998. 433, 78-81.
9. G. Gellison, Z.Janowicz, U.Weydemann, K. Melber, A. Strasser, C. Hollenberg. *Biotech Adv.* 1992. 10,179–189.
10. G. Lin-Cereghino; J. LinCereghino; C. Ilgen, J. Cregg. *Current opinion in biotechnology*. 2002. 13, 329-332.
11. J. Cereghino y J. Cregg. *FEMS Microbiol Rev.* 2000. 24, 4566.
12. M. Bradford. *Ann. Biochem.*1976. 72, 248-254.
13. M. Briones. *Tesis de maestría*.1996.ENCB-IPN. México.
14. M. Briones; M. Cruz y Victoria; V. Cortés; M. Oliver. *Información Tecnológica (Chile)*. 1994. 1, 57-62.
15. R. Dixon y A. Gonzáles. *Plant Cell Culture*. 1994. 230.
16. S. Peng; J. Zhu; H. Li; W. Tian. *Bioscience*.200833, 681-90.
17. T. Dubois; A. Jacquet; A. Scheneck; Y. Looze. *Biol. Chem. Hoppe Seyler*. 1988. 369, 733-740.

18. T.Kim, Rd. Zhang; W. KanFeng; J. Cai; W. Pierce; Z, Song Z. H. (2005).
Protein Express Purif. 40, 60–70.
19. U. Bakir; S. Yavasvaoglu; F. Guvenc;A. Ersayin.*Enzyme and Microbial Technology*. 2001. 29, 328 – 334.
20. U. Laemmli. *Nature*. 1970. 277, 680-685.
21. V. Mello; M. Gomes; F. Lemos; J. Delfino; S. Andrade; M. Lopes; C. Salas.
Phytomed. 2008. 15, 237-244.

RESISTENCIA A LA CORROSION DEL COMPUESTO INTERMETALICO Ni₃Al EN SALMUERA-DIESEL SATURADA CON CO₂

**D. López-Domínguez^{1,3}, C.D. Arrieta-González¹, M. Casales-Díaz³, J. Porcayo-Calderón^{2,3},
L. Martínez-Gómez³**

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec – lloyd-banks_23@hotmail.com, cdaglez@gmail.com ;

²CIICAp-UAEM – jporcayoc@gmail.com; ³Instituto de Ciencias Físicas-UNAM –
mcasales@icf.unam.mx, lmg@icf.unam.mx

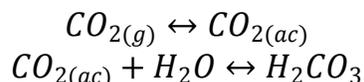
Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – Se evaluó la resistencia a la corrosión, del compuesto intermetálico Ni₃Al y acero al carbón 1018, en una solución 3%NaCl más diésel saturada con CO₂ de 30 a 80°C. La evaluación fue realizada mediante polarización potenciodinámica, y los resultados muestran que el compuesto intermetálico tiene un comportamiento más noble que el acero de referencia, donde el paso limitante de la reacción de corrosión es la pasividad del material, contrario a lo observado en el caso del acero de referencia donde el paso limitante es la transferencia de masa.

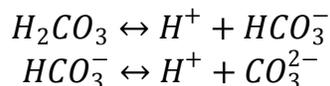
Introducción

Los materiales metálicos que se emplean en la industria del petróleo y petroquímica, están continuamente sometidos a condiciones cada vez más severas de trabajo. Estos materiales son sometidos a condiciones cada vez más exigentes como desempeño satisfactorio durante tiempos largos, a temperaturas cada vez más elevadas, diversas condiciones de flujo y medios cada vez más agresivos. La parte sensible de los materiales metálicos en estas industrias es su superficie en donde se origina y desarrolla el proceso corrosivo. La corrosión puede ser definida como una reacción química o electroquímica entre un metal y el medio ambiente en el cual se produce su deterioro y como consecuencia la pérdida de sus propiedades físicas [1].

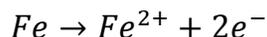
El agua es la impureza más común en el gas y el petróleo, y generalmente contiene CO₂. El CO₂ se hidrata en el agua y cambia a ácido carbónico, el cual causa el proceso conocido como corrosión interna en la industria del gas y petróleo. Esta clase de corrosión es define como corrosión dulce o corrosión por CO₂. Cuando el CO₂ se disuelve en agua, se forma ácido carbónico el cual es más corrosivo para los aceros al carbón que un ácido completamente dissociado (como HCl) al mismo pH. Varios mecanismos se han propuesto para la disolución de acero al carbón en soluciones acuosas saturadas con CO₂ [2]. Dos tipos de reacciones son las responsables de este tipo de corrosión, las reacciones químicas y las reacciones electroquímicas. Las reacciones químicas son [3]:



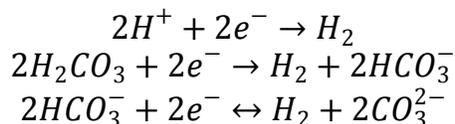
Donde el ácido carbónico es disociado de acuerdo a [4]:



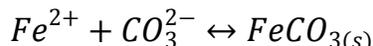
Las reacciones electroquímicas las cuales ocurren sobre la superficie del acero, son una reacción anódica y tres reacciones catódicas [5, 6]. La reacción anódica es:



Las reacciones catódicas son:



A $pH < 4$, la reacción catódica predominante es la reducción del ion hidrógeno, y en $4 < pH < 6$ es la reducción de ácido carbónico, y a $pH > 6$ es la reducción del ion bicarbonato. El producto de corrosión insoluble, el cual puede ser una capa protectora, es el carbonato de hierro ($FeCO_3$) [7]:



Donde la formación de la capa protectora de carbonato de hierro depende de su velocidad de precipitación. Desde el punto de vista económico, alrededor del 55% de los daños causados por el CO_2 en la industria del gas y petróleo es debido a la corrosión de aceros al carbón y de baja aleación [8, 9]. El uso de este tipo de aceros es por cuestiones económicas, sin embargo cuando los procesos de degradación provocan grandes pérdidas económicas y riesgos a la seguridad, es justificable el empleo de materiales y aleaciones más estables como los aceros inoxidables e inconeles.

Un tipo de materiales de alta estabilidad química y económico son los definidos como compuestos intermetálicos y en particular los aluminuros de níquel, han sido considerados como buenos candidatos para aplicaciones a alta temperatura debido a su resistencia a la oxidación, sulfidación, relativa alta resistencia mecánica y costos más bajos que muchos materiales estructurales para alta temperatura. No obstante que éstos compuestos intermetálicos se han desarrollado principalmente para aplicaciones estructurales a temperatura elevada debido a su habilidad para desarrollar una capa protectora de Al_2O_3 que les proporciona resistencia a la corrosión [10], su excelente comportamiento en estas condiciones ha motivado su estudio en otras condiciones de trabajo como son las soluciones acuosas. Por estos motivos es de interés conocer sus propiedades de resistencia a la corrosión en medios acuosos tanto ácidos, básicos, ricos en cloruros, compuestos de azufre, etc. [11].

Por estos motivos en este trabajo, se evaluó el efecto de la temperatura sobre la resistencia a la corrosión del compuesto intermetálico Ni_3Al en un medio simulado de salmuera-diésel saturado con CO_2 . Su desempeño fue comparado frente al acero al carbón 1018 usado para la construcción de tubería para el transporte de hidrocarburos.

Procedimiento Experimental

El compuesto intermetálico se obtuvo mediante la fusión de elementos de alta pureza (>99.99%) los cuales fueron pesados en las relaciones estequiométricas correspondientes para obtener el Ni₃Al. La fusión de los elementos fue realizada en un horno de inducción bajo atmósfera inerte y posteriormente fue colado en moldes para formar barras cuadradas de 1 pulgada de lado. Para propósitos de comparación, al mismo tiempo fue evaluado el desempeño del acero al carbón 1018 con composición química de 0.190 C, 0.670 Mn, 0.0003 P, 0.001 S, y balance Fe. La composición química de la aleación intermetálica fue determinada por espectroscopia de absorción atómica obteniéndose 11.81% (en peso) de aluminio y 88.19% de níquel.

De cada material se obtuvieron probetas, con dimensiones aproximadas de 5*5*3 mm, a las cuales se les soldó un alambre conductor de cobre mediante la técnica de spot-welding. En estas condiciones las probetas fueron encapsuladas en resina epóxica y posteriormente preparadas metalográficamente con papel abrasivo desde grado 120 hasta 600. Posteriormente las muestras fueron colocadas en un baño ultrasónico con etanol por 10 minutos para eliminar cualquier residuo.

Como medio corrosivo se empleó una solución 3% NaCl más diésel (relación 90:10) saturada con CO₂. Previo a cada ensayo la solución se dejaba saturar con CO₂ durante dos horas y durante el ensayo se permitía el burbujeo de CO₂. Los ensayos fueron realizados de 30 a 80°C a intervalos de 10°C.

Los ensayos electroquímicos fueron realizados usando un equipo ACM Instrument controlado por una computadora personal. Se empleó un arreglo típico de tres electrodos, donde el electrodo de referencia fue uno de calomel saturado y el auxiliar uno de platino. En todos los casos la cantidad de solución empleada fue de 600 ml.

A fin de determinar la resistencia a la corrosión de los materiales (*I*_{corr}), éstos fueron sometidos a pruebas de polarización potenciodinámica desde -400 mV hasta 1500 mV respecto al potencial de circuito abierto (*E*_{corr}) de acuerdo al estándar ASTM G5-94 (reaprobada 2004) [12] y ASTM G-3-89 (reaprobada 2004) [13]. Estos ensayos permiten determinar el potencial y la intensidad de corrosión, mediante extrapolación de las pendientes Tafel a partir de las curvas obtenidas. Para todos los materiales, las pruebas de polarización potenciodinámica fueron realizadas a una velocidad de barrido de 1 mV/s. Antes de iniciar el ensayo las muestras se dejaban estabilizar durante 10 minutos.

Los valores de densidad de corriente de corrosión (*I*_{corr}), así como pendiente anódica, catódica y potencial de corrosión (*E*_{corr}), fueron calculados usando el método de extrapolación Tafel tomando una zona de extrapolación de ± 250 mV alrededor del valor del potencial de corrosión (*E*_{corr}).

Resultados y Discusión

En la figura siguiente se muestran las curvas de polarización potenciodinámica para el acero al carbón 1018 en solución salmuera-diésel saturada con CO₂ a diferentes temperaturas.

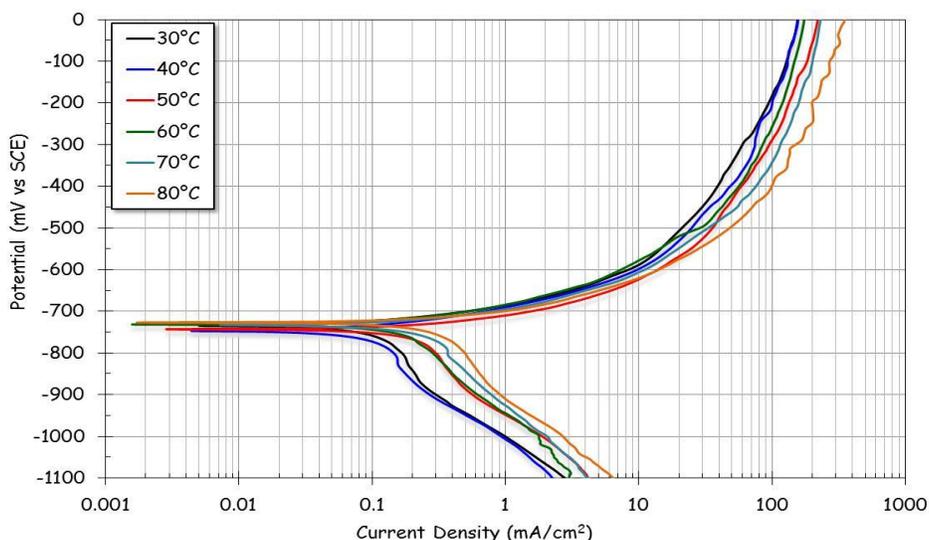
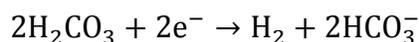
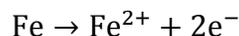


Figura 1. Curvas de polarización para el acero al carbón 1018 en salmuera-diésel saturada con CO₂ a diferentes temperaturas.

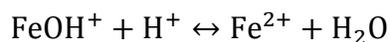
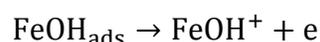
De acuerdo a la figura se puede observar que la rama catódica muestra la misma forma y tendencia a todas las temperaturas evaluadas. Esto indica que la reacción de reducción es la misma, y esta es activada térmicamente ya que la pendiente muestra una tendencia a incrementar además de que se observa un desplazamiento de la rama catódica a densidades de corriente mayores al incrementar la temperatura. De acuerdo a las condiciones experimentales la reacción catódica es la reducción del ácido carbónico [5, 6]:



La forma de la curva catódica sigue una tendencia definida como pendiente no-Tafel característica de procesos controlados por transferencia de masa [14, 15]. La rama anódica muestra un proceso de disolución continuo del acero al carbón 1018 en todo el rango de potencial evaluado. Se observa un constante incremento en la densidad de corriente con el incremento del potencial aplicado. En este caso es conocido que la reacción anódica es [5, 6]:



No obstante que se ha propuesto que la disolución de Fe es resultado de un mecanismo consecutivo que implica la presencia de productos intermedios [2, 16].



En todos los caso se observa que el potencial de corrosión, E_{corr} , se ubica alrededor de los -730 a -760 mV, con un desplazamiento evidente a potenciales más positivos con el incremento de la temperatura. El incremento en la velocidad de corrosión con la temperatura es debido a la aceleración del proceso de transferencia del ion reactivo [2].

En la tabla I se muestran los parámetros electroquímicos obtenidos de las curvas de polarización. Se reportan dos valores de I_{corr} , uno correspondiente al calculado de la rama anódica y el otro de la rama catódica. Se reporta que en caso particular de este tipo de sistemas corrosivos (saturados con CO_2) las reacciones de corrosión están limitadas por la transferencia de masa (ácido carbónico) y por ello la I_{corr} se calcula a partir de la rama catódica [14, 15].

Tabla I. Parámetros electroquímicos del acero al carbón 1018 evaluado en solución (3% NaCl-Diésel) saturada con CO_2 a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Material	E_{corr} (mV)	B_a (mV/Dec)	B_c (mV/Dec)	I_{corr} anódica (mA/cm ²)	I_{corr} catódica (mA/cm ²)
30	1018	-727	73	208	0.218801	0.04257
40	1018	-745	76	199	0.2534065	0.0595
50	1018	-743	81	219	0.37761	0.11785
60	1018	-731	101	269	0.435357	0.151344
70	1018	-733	81	265	0.46018	0.189672
80	1018	-727	76	240	0.573437	0.21859

Estudios realizados por Zhang et. al [2] para el acero API X65 en solución de 5% NaCl saturada con CO_2 de 25 a 75°C, muestran resultados parecidos a los reportados en la tabla I. Las diferencias en sus resultados con los aquí reportados puede deberse fundamentalmente a la presencia de la fase oleosa que de acuerdo a otros estudios la fracción soluble en agua afecta los procesos de transferencia de masa y/o proporciona protección al acero al carbón incrementando su resistencia a la corrosión [17].

Los valores de I_{corr} calculados a partir de la rama anódica son mucho más grandes que los obtenidos a partir de la rama catódica. En curvas con pendientes Tafel los valores de I_{corr} calculados de ambas ramas deben ser los mismos, sin embargo cuando existen limitantes de transferencia de masa se observan corrientes límite en la rama catódica y esto indica que la reacción limitante del proceso de corrosión es el transporte de especies hacia la superficie del electrodo.

La energía de activación de las reacciones catódicas y anódicas se puede calcular de acuerdo a [2]:

$$I_{corr} = k \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right)$$

Rearreglando la expresión:

$$R \ln(I_{corr}) = R \ln k - \frac{1}{T} \Delta E$$

Donde ΔE es la energía de activación la cual se puede obtener de la pendiente de la relación $R \ln(I_{corr})$ vs $1/T$. Donde k es una constante y R es la constante de los gases (8.314472 J/K-mol). En la figura 2 se muestra la relación $R \ln(I_{corr}) - 1/T$, y de la pendiente de las líneas se obtiene que la energía de activación de la reacción anódica y catódica son 17.25 y 30.54 kJ mol⁻¹, respectivamente. Esto indica que la reacción de oxidación (reacción anódica) del acero al carbón es más rápida que la reacción de reducción (reacción catódica) del ácido carbónico, y por tanto el paso limitante del proceso de corrosión global es esta última.

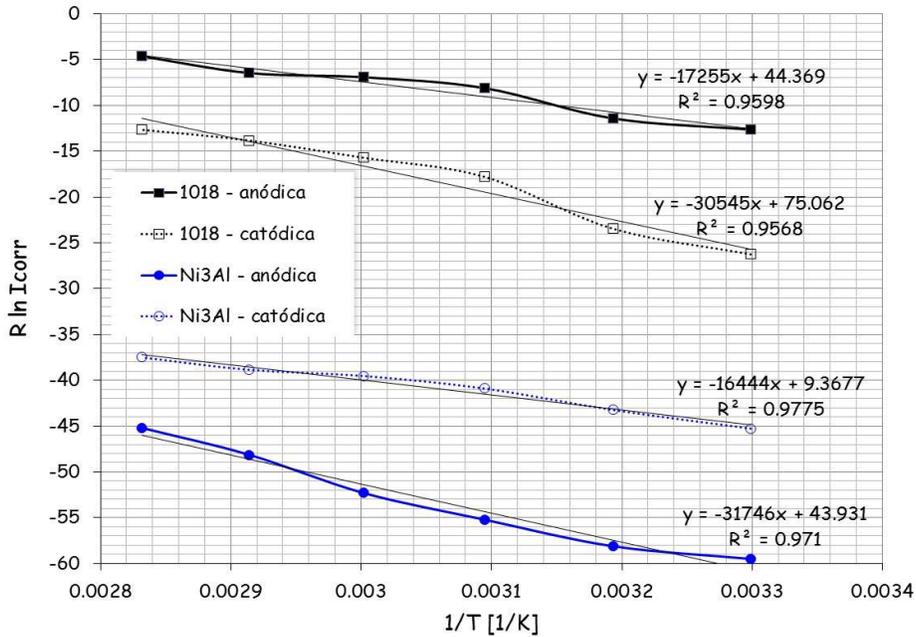


Figura 2. Relación entre $R \ln(I_{corr})$ y $1/T$ para el acero al carbón 1018 y Ni₃Al en salmuera-diesel saturada con CO₂.

Zhang et. al [2] reportan energías de activación de 14.39 kJ mol⁻¹ para el acero API X65 en solución de 5%NaCl saturada con CO₂, este valor es bastante bajo respecto a los 30.54 kJ mol⁻¹ aquí reportados, la diferencia fundamental en las condiciones experimentales es la ausencia de diésel. Esto indica que la presencia de diésel y en particular la fracción soluble contribuye a este incremento en la energía de activación lo cual indica un incremento en la resistencia a la corrosión del acero al carbón 1018.

En la figura 3 se muestran las curvas de polarización potenciodinámica para el Ni₃Al en solución (3%NaCl-Diésel) saturada con CO₂ a diferentes temperaturas. De la figura se puede observar que la rama catódica muestra la misma forma y tendencia a todas las temperaturas evaluadas. Esto debido a que la reacción de reducción es la misma, y es activada térmicamente, la pendiente muestra una tendencia a incrementar además se observa un desplazamiento a densidades de corriente mayores con el incremento de la temperatura. Los potenciales de corrosión, E_{corr} , varían de -420 a -440 con un desplazamiento a potenciales más positivos con el incremento de la temperatura. Este desplazamiento es menor que el observado en el acero al carbón 1018. Los valores de E_{corr} son más positivos

que los obtenidos con el acero al carbón 1018, esto indica que el compuesto intermetálico Ni₃Al tiene un comportamiento más noble que el acero al carbón. Por otro lado, la rama anódica muestra un proceso de disolución menos activo que el observado con el acero al carbón (menor incremento en la densidad de corriente al incrementar el potencial, o mayor pendiente en la línea que describe la rama anódica). A 30 y 40°C se observa una zona pasiva entre -200 y -50 mV y a potenciales mayores a 100 mV se observa el intento de desarrollar otra zona pasiva. A temperaturas mayores se observa un proceso de disolución más activo arriba de E_{corr} y a potenciales alrededor de -100 mV se observa un intento por desarrollar una zona pasiva.

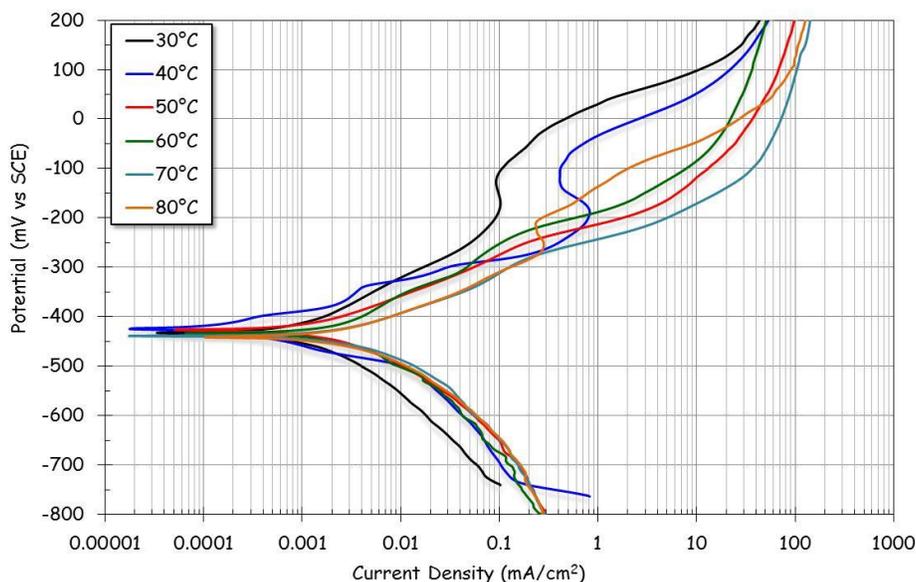
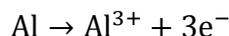
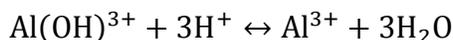
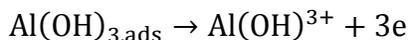


Figura 3. Curvas de polarización para el Ni₃Al en salmuera-diesel saturada con CO₂ a diferentes temperaturas.

Es conocido que el óxido protector en los intermetálicos Ni-Al es el Al₂O₃, por lo que es posible que la reacción anódica sea:



Donde esta reacción sea el resultado de un mecanismo consecutivo de reacciones con productos intermedios de acuerdo a:



En la tabla II se muestran los parámetros electroquímicos obtenidos de las curvas de polarización. De igual forma se reportan dos valores de I_{corr}, uno correspondiente al calculado de la rama anódica y el otro de la rama catódica.

Tabla II. Parámetros electroquímicos del Ni₃Al evaluado en solución (3% NaCl-Diesel) saturada con CO₂ a diferentes temperaturas.

Temperature (°C)	Material	Ecorr (mV)	Ba (mV/Dec)	Bc (mV/Dec)	Icorr anódica (mA/cm ²)	Icorr catódica (mA/cm ²)
30	Ni ₃ Al	-432	99	180	0.00078	0.004321
40	Ni ₃ Al	-433	55	202	0.00092137	0.00551
50	Ni ₃ Al	-434	80	215	0.001307	0.00731
60	Ni ₃ Al	-436	101	238	0.0018552	0.0086197
70	Ni ₃ Al	-438	82	205	0.0030616	0.009346
80	Ni ₃ Al	-440	88	206	0.00436	0.011

De la tabla se observa que los valores de Icorr calculados a partir de la rama anódica son menores que los obtenidos a partir de la rama catódica, esto indica que el paso limitante del proceso de corrosión no es el transporte de especies hacia la superficie del electrodo sino la resistencia a la corrosión del compuesto intermetálico.

La figura 4 muestra los valores de Icorr obtenidos a partir de la extrapolación de las ramas anódica y catódica en función de la temperatura de para ambos materiales. De la figura se puede observar que el compuesto intermetálico tiene una mayor resistencia a la corrosión que el acero al carbón 1018 a todas las temperaturas, y que estas diferencias son hasta de dos órdenes de magnitud lo cual pone de manifiesto la alta resistencia a la corrosión del compuesto intermetálico.

De igual forma, de la figura 2 se observa que la energía de activación de la reacción anódica y catódica son 31.74 y 16.44 kJ mol⁻¹, respectivamente. Esto indica que la reacción de reducción (reacción catódica) del ácido carbónico es más rápida que la reacción de oxidación (reacción anódica) del Ni₃Al, y por tanto el paso limitante del proceso de corrosión global es la pasividad del material.

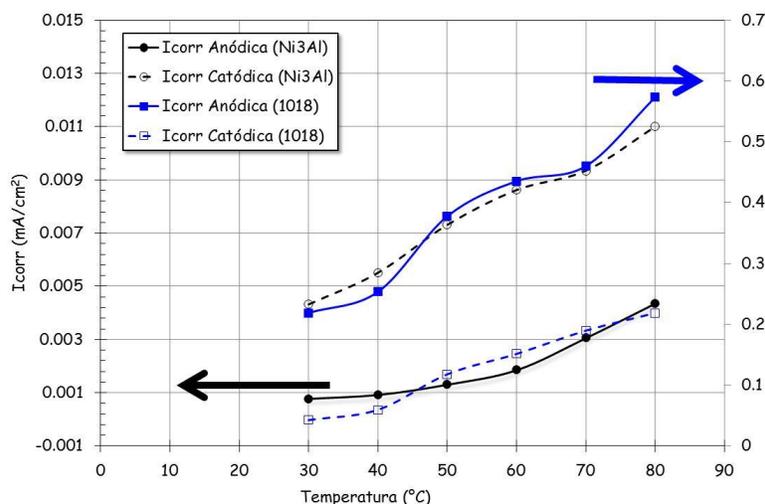


Figura 4. Valores de Icorr obtenidos a partir de las ramas anódicas y catódicas para el acero al carbón 1018 y el compuesto intermetálico Ni₃Al.

Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que el compuesto intermetálico Ni₃Al tiene una alta resistencia a la corrosión en solución (3%NaCl + diésel) saturado con CO₂ desde 30 a 80°C. Donde el paso limitante de la reacción de corrosión es la reacción de oxidación debido a la pasividad del material, contrario a lo observado con el acero inoxidable 1018 donde el paso limitante es la transferencia de masa para llevar a cabo la reacción de reducción del ácido carbónico en la superficie del acero.

Agradecimientos

D. López-Domínguez agradece al Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM, las facilidades y apoyo otorgado para realizar su estancia de Residencia Profesional.

Referencias

1. M.H. Nazari; S.R. Allahkaram; M.B. Kermani *Materials and Design*, 31, 2010, 3559.
2. G. Zhang; Ch. Chen; M. Lu; Ch. Chai; Y. Wu *Materials Chemistry and Physics* 105, 2007, 331.
3. K.S. George; S. Nešić *Corrosion*, 63, 2007, 178.
4. M. Nordsveen; S. Nešić; R. Nyborg; A. Gtangeland *Corrosion*, 59, 2003, 443.
5. D.A. López; T. Pérez, S.N. Simison *Mater Des*, 24, 2003, 561.
6. H.M. Ezuber *Mater Des*, 30, 2009, 3420.
7. S. Nešić; K-L.J. Lee *Corrosion*, 59, 2003, 616.
8. M.B. Kermani *Corrosion 2000*, Paper # 156. Houston (TX): NACE International; 2000.
9. M.B. Kermani; A. Morshed *Corrosion*, 59, 2003, 659.
10. P.F. Tortorelli; K. Natesan *Mater. Sci. and Eng. A* 258, 1998, 115.
11. M.C. Garcia-Alonso; M.F. Lopez; M.L. Escudero; J.L. Gonzalez-Carrasco; D.G. Morris *Intermetallics*, 7, 1999, 185.
12. ASTM G 5-94 (Reapproved 2004). Standard Reference Test Method for making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements. West Conshohocken, PA: ASTM International.
13. ASTM G-3-89 (2004). Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing. West Conshohocken, PA: ASTM International.
14. X. Liu; P.C. Okafor; Y.G. Zheng *Corrosion Science*, 51, 2009, 744.
15. L.M. Rivera-Grau; M. Casales; I. Regla; D.M. Ortega-Toledo; J.A. Ascencio-Gutierrez; J. Porcayo-Calderon; L. Martinez-Gomez *International Journal of Electrochemical Science*, 2013, 2013, 2491.
16. J.O'M. Bockris; D. Drazic *Electrochim. Acta*, 7, 1962, 293.
17. J. Porcayo-Calderon; M. Casales; L.M. Rivera-Grau; I. Regla; J.A. Ascencio-Gutierrez; L. Martinez-Gomez *International Journal of Electrochemical Science*, 2013, en revisión.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE REDES POLIMERICAS POLI(2-HIDROXIMETIL METACRILATO-(BIS[3- (TRIMETOXISILIL)PROPIL]AMINA) CON DIFERENTES CONTENIDOS DE SILICE.

L. A. Bustos Figueroa¹, R. Salgado Delgado^{1*}, E. García-Hernández¹, Z. Vargas Galarza¹,
E. Rubio Rosas² y R. Salgado Rodríguez³.

¹ Instituto Tecnológico de Zacatepec, División de Estudios de Posgrado e Investigación y Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec – luigy_bustos@gmail.com; renesalgadodelgado@hotmail.com; eddgarcia@hotmail.com; zullyvag@hotmail.com. ² Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Centro Universitario de Vinculación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – efrainrubio@yahoo.com.mx. ³ Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Tijuana-rodolfoosalrod@yahoo.com.mx.

Área de participación: *Bioprocesos y desarrollo sustentable.*

Resumen – En este trabajo, nuestro objetivo es mejorar el entendimiento del control estructural de materiales híbridos sintetizados mediante la reacción catalizada por ácido sol-gel de bis-[trimetoxisililpropil] amina (BisSi) y de 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) a través de radicales libres en un disolvente común. La composición de las redes poliméricas se determinaron por espectroscopia FTIR y ¹H-NRM. Las propiedades térmicas de los híbridos P(HEMA-BiSi) con diferentes contenidos de sílice (por ejemplo, 10, 15 y 25% en peso) se determinó por análisis termogravimétrico (TGA), calorimetría diferencial de barrido (DSC). La temperatura de transición vítrea (Tg) de las redes de P(HEMA-BisSi) también se comparó con homopolímero de PHEMA. La transición vítrea del homopolímero de PHEMA como fue 103,74 ° C. El mecanismo de degradación reacción térmica de estas redes se incrementó con el contenido de BisSi. En microscopía electrónica de barrido (SEM) se observó que al aumentar contenido de ácido existe una disminución en el tamaño y el volumen de poros, así como en el área de la superficie del xerogel.

Introducción.

En los últimos años, las redes orgánico-inorgánicos han llamado mucho la atención académica e industrial en el campo de la ciencia de los materiales, debido a las condiciones suaves de reacción, baja contaminación y excelentes propiedades que incluyen las propiedades mecánicas, propiedades térmicas y aún más las ópticas, eléctricas, magnéticas y propiedades catalíticas, etc [1-3]. El área interfacial resultante en estos materiales constituye una importante razón para la búsqueda de nuevos métodos que mejoran el control nanoestructural basados en la modificación de las interacciones entre los componentes. Hay dos tipos de enlaces entre redes orgánico-inorgánicos: física y / o los químicos. Las propiedades de los materiales pueden variar considerablemente de un caso a otro. En estas redes de poliméricas orgánico-inorgánico, la formación de una red inorgánica se produce a través de procesos sol-gel y la fase orgánica a través de polimerización de radicales libres de monómeros de vinilo en un disolvente común. El método sol-gel es ampliamente utilizado para preparar materiales híbridos, ya

que tiene la ventaja de ser un proceso que se lleva a cabo a baja temperatura y que puede dar materiales altamente homogéneas [4, 5].

Particularmente el polímero poli (2-hidroxietil metacrilato) (PHEMA) [6-10] es una opción interesante porque sus grupos hidroxilo, además de formar enlaces de hidrógeno, eventualmente puede formar enlaces Si-O-C por condensación con grupos silanol, aunque los enlaces Si-O-C puede ser, en teoría. Por lo tanto, hemos elaborado un material híbrido, el cual "las redes" están hechas de partes inorgánicas Si-O-Si y partes orgánicas Si-O-Si.

En este trabajo, presentamos materiales híbridos orgánico-inorgánicos de carácter de red interpenetrada.

Sección Experimental

En general, Bis-alcoxisilano (Bis[3-(trimetoxisilil)propil]amina) (BisSi), HEMA, HCl y THF, se colocaron en un matraz de tres bocas equipado con un condensador, una barra magnética y una entrada-salida de gas nitrógeno (línea Schlenk). Un procedimiento típico para la preparación de 25 wt% del material híbrido PHBisSi, 0.8537 g (0.25 mol) de Bis-Silano y 0.450 g (0.346 mol) de HEMA se disolvieron en 0.366 g (0.50 mol) de THF a temperatura ambiente. Posteriormente, se adicionó 0.125 g de 0.5 M HCl a la solución inicial. Inicialmente, la mezcla fue translúcida y bajo agitación alrededor de 15 min, comenzó transparente a temperatura ambiente. La solución se colocó a reflujo a 70 °C por 2.5 h. Después la solución se enfrió a temperatura ambiente, se adicionaron 0.0042 g (0.017 10⁻³ mol) de peróxido de benzoilo (BPO). El disolvente (i.e. THF) y subproductos del proceso sol-gel (i.e. metanol y agua) fueron removidos por destilación a vacío a temperatura ambiente. El resultado fue una solución transparente y se colocó en una caja Petri en un horno a 80 °C por 12 h.

Resultados y Discusión

Reactividad del HEMA y el bis-aminosilano a distintas concentraciones en peso.

Se hizo reaccionar distintas concentraciones en peso del bis-aminosilano (10, 15 y 25 mol) con el HEMA (0.346 mol) en THF como disolvente. La solución inicial transparente adquirió turbidez tras agitación constante y con el paso del tiempo se observó una solución transparente nuevamente. Posteriormente, se secó y trituró para los análisis de caracterización correspondientes.

Se llevaron a cabo FTIR y ¹H RMN para la caracterización de los materiales híbridos tal y como se describen a continuación.

Los espectros de FTIR para el macromonómero de PHEMA se presentan en la Figura 1 (a). El pico de absorción que aparece aproximadamente en 1721 cm⁻¹ es asignado al grupo carbonilo pendiente del PHEMA. Las bandas a 3394 cm⁻¹ y 1149 cm⁻¹ pueden ser atribuidas a las vibraciones de estiramiento de los grupos O-H y

C-O respectivamente [1]. Por otra parte, el infrarrojo del PBisSi puro y los geles obtenidos mediante la hidrolisis y condensaciones del precursor en medio ácido al 0.5, 1.5 y 2.5 M de HCl se muestran en la Figura 1 (b), (c) y (d), respectivamente. Para este caso, se observa que aparentemente los espectros son similares entre ellos y no existe cambio alguno. Esto se debe a que únicamente se modificó la concentración de molar del ácido sobre la materia prima (BisSi). La señal a 1631 cm^{-1} corresponde a H_2O adsorbida [2]. Se observan picos a 1103 y 1003 cm^{-1} que son atribuidos a los estiramientos asimétricos del grupo Si-O-Si. Sin embargo, el pico correspondiente a las señales del grupo amino (NH, ca. 1622 cm^{-1}) en el bisaminosilano no es observable para este caso en las redes poliméricas como lo es reportado en la literatura.

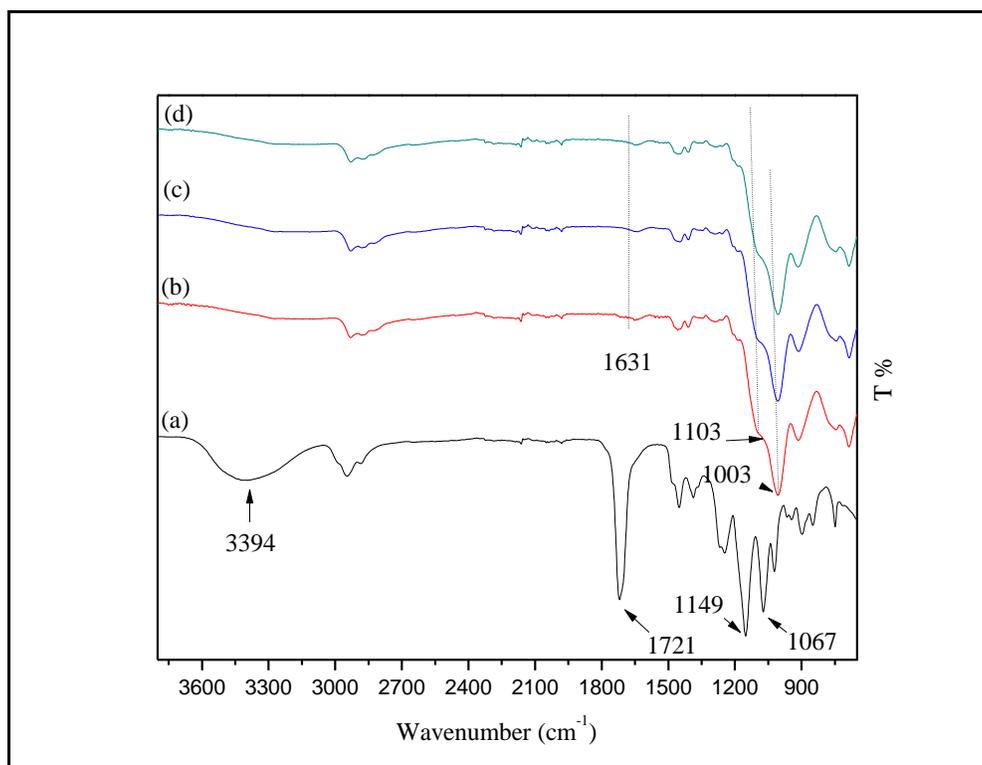


Figura 1 Espectro FTIR de (a) PHEMA, (b) PBisSi0.5, (c) PBisSi1.5 and (d) PBisSi2.5.

Ahora bien, los espectros de las redes poliméricas se muestra en Figura 2. En dicho espectro, se hace una comparación con los macromonómeros PHEMA y PBisSi y las redes poliméricas generadas, es decir, P(HEMA-BisSi)10%1.5, P(HEMA-BisSi)15%1.5 y P(HEMA-BisSi)25%1.5. La Figura 2 (c), (d) y (e) el pico de absorción aparece aproximadamente a 1715 cm^{-1} correspondiente a los grupos carbonilos presentes en PHEMA: Las bandas de absorción a 3349 (f, br) y 1632 (d) cm^{-1} pueden ser atribuidas a las vibraciones de los grupos $-\text{OH}$ y agua adsorbida en el material, respectivamente. Realizando una comparación entre el FTIR de PHEMA y los nuevos redes generadas se observa que el pico de absorción a 1721 cm^{-1} es transferido a 1715 cm^{-1} en el P(HEMA-BisSi) (e.g. Figura

2 (c)). Dando con esto una diferente localización del grupo carbonilo en el polímero, atribuida a la interacción entre las dos redes interpenetradas. Otros grupos funcionales presentes en las redes poliméricas pueden ser asignados, tal y como se observa en la Figura 1 (a), estas se presentan en la región de los 1315-963 cm^{-1} , sin embargo, la gran amplitud de las señales por parte de la región del gel sílice (1241-955 cm^{-1} , Figura 2) obscurece la huella dactilar de dicha región. Este traslape de señales hace imposible detectar las diferencias espectrales entre todos los materiales híbridos, en cuyos espectros son esencialmente idénticas.

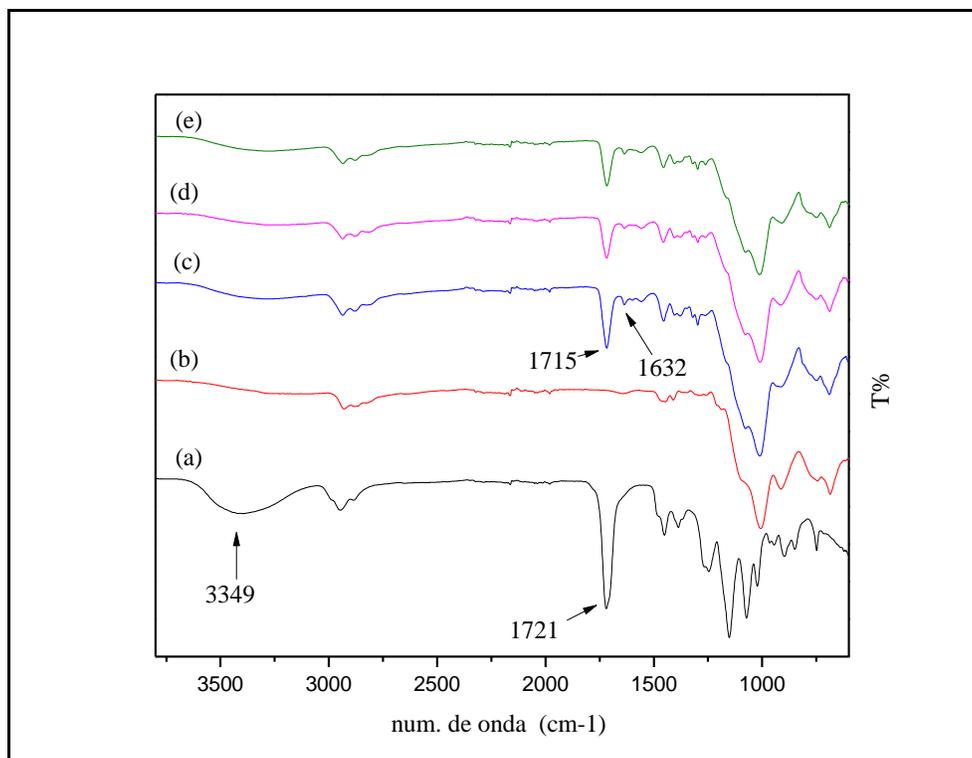


Figura 2 FTIR de la redes poliméricas poli(HEMA-BisSi): (a) PHEMA (b) PBisSi1.5, (c) P(HEMA-BisSi)10%1.5, (d) P(HEMA-BisSi)15%1.5 y (e) P(HEMA-BisSi)25%1.5.

En la actualidad no se han encontrado reportes en la literatura sobre análisis RMN ^1H , ^{13}C y/o ^{29}Si del polímero PBisSi. Sin embargo, existen reportes de RMN del monómero BiSi . El espectro de RMN del macromonómero PBisSi (Grabado en DMSO-d6) es presentado en la Figura 3 (a).

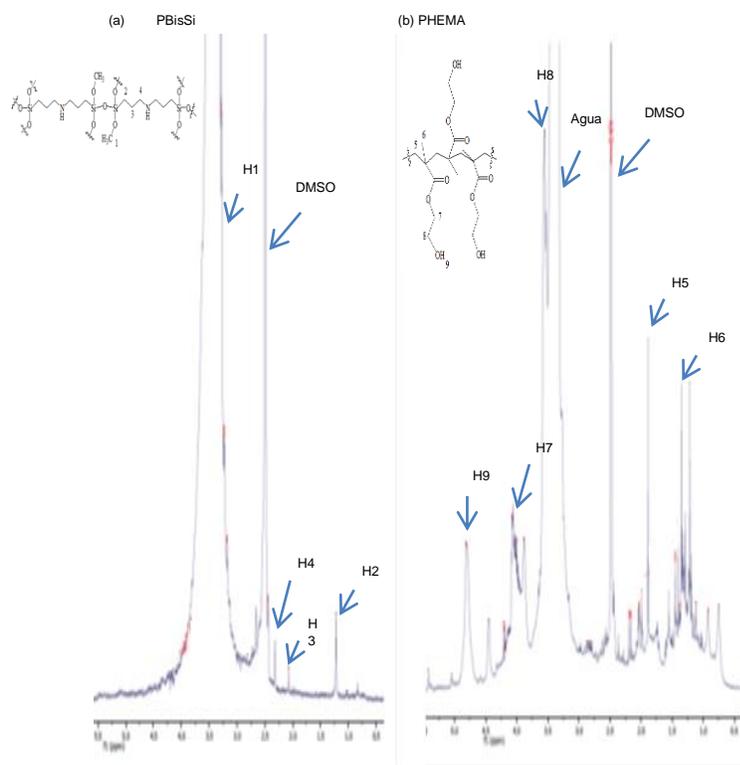


Figura 3 Espectros de RMN 1H de (a)PBisSi y (b) PHEMA.

Ahora bien, en la Figura 3 (b) se presenta el espectro de RMN de ^1H del macromonómero poli(2-hidroximetil metacrilato) (Grabado en DMSO- d_6). En este espectro se confirma la estructura del macromonómero, consistiendo únicamente de un poli(2-hidroxietil metacrilato). La desaparición de las señales 6.11 y 5.58 ppm indican que la mayoría de los dobles enlaces se han convertido a enlaces simples carbono-carbono [3, 4, 5] durante la polimerización vinílica. Se observa la resonancia de líneas para los grupos metilo alrededor de $1.2 < \delta < 1.35$ ppm que puede ser asignado para mm, mr y rr triadas del HEMA. Ahora bien, de la relación de intensidades se hace evidente que el PHEMA es altamente sindiotáctico como era de esperarse cuando se llevan polimerización radicalica de los metacrilatos [6].

La Figura 4 se muestra el espectro de RMN de ^1H del producto de reacción de HEMA y BisSi. En dicho espectro, se confirma la estructura del polímero P(HEMA-PBisSi), consistiendo de una red interpenetrada de los polímeros poli(2-hidroxietil metacrilato) y poli(bis-[trimetoxisililpropil]amina). A continuación se enuncian los desplazamientos químicos de la red interpenetrada denominada Poli(2 hidroxietil metacrilato- bis-[trimetoxisililpropil]amina) [P(HEMA-BisSi)]:

- a) Señal a δ 1.225 (d) para H2 (-CH₂-, PBisSi)
- b) Singulete a δ 1.874 (m) para H6 (-CH₃, PHEMA)
- c) Señal a δ 1.896 (d) para H3 (-CH₂-, PBisSi)
- d) Señal a δ 2.316 (d) para H4 (-CH₂-, PBisSi)

- e) Singlete a ca. δ 3.4 (f) para H1 (-CH₃, PBisSi)
- f) Triplete a ca. δ 3.6 (m) para H8 (-CH₂-, PHEMA)
- g) Triplete a δ 4.089 (m) para H7 (-CH₂-, PHEMA)
- h) Señal a δ 4.815 (m) para H9 (-OH, PBisSi)

Debido a la baja solubilidad de los materiales híbridos y al tiempo de relajación muy largo del grupo carbonilo, se es imposible llevar a cabo RMN de ¹³C y ²⁹Si, esto con el fin de poder identificar posible contribución de la unión del carbonilo entre la parte hidrofílica e hidrofóbica de la red interpenetrada.

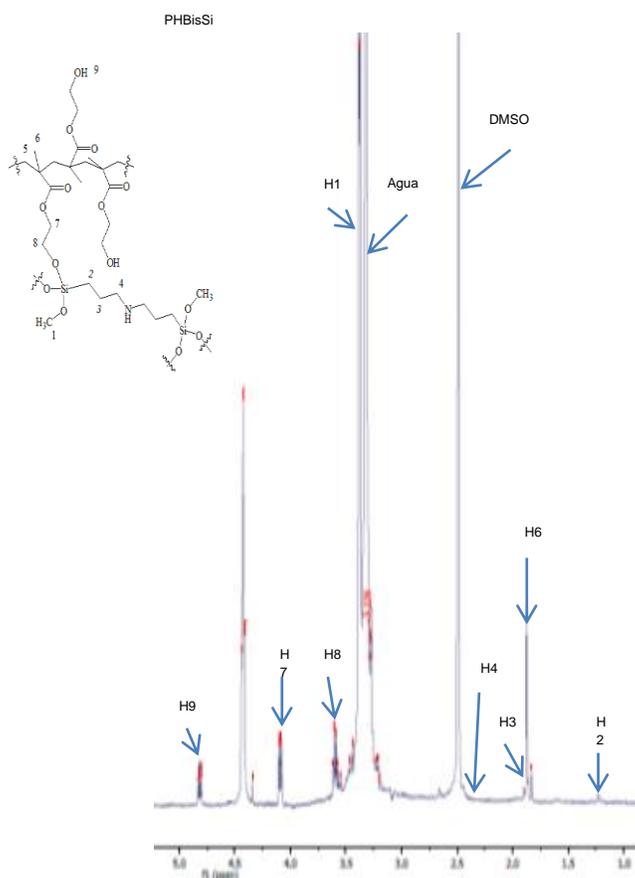
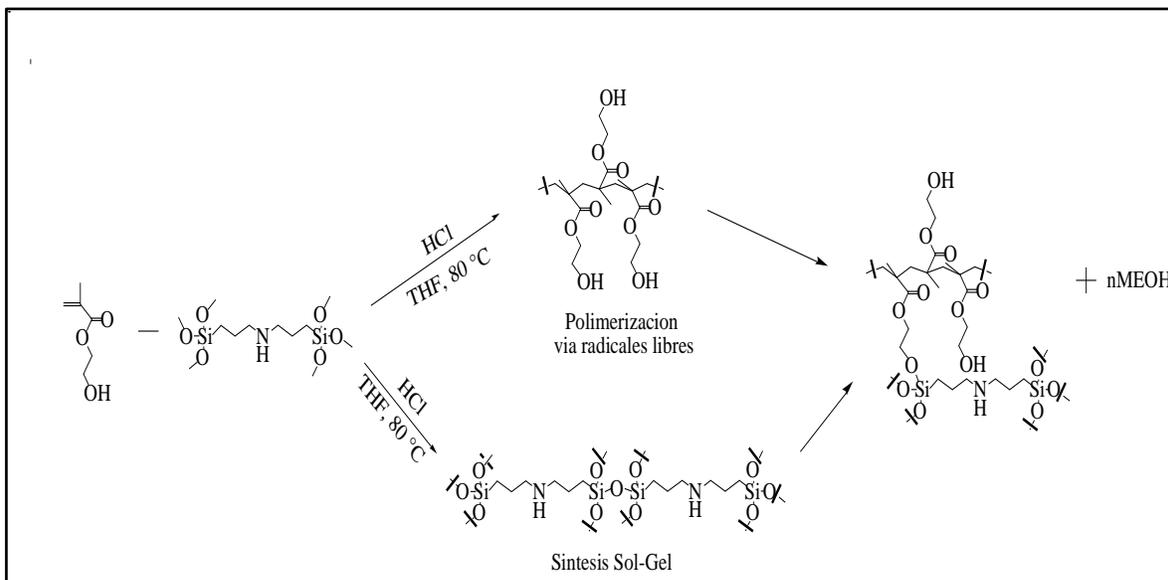


Figura 4 Resultados del análisis de RMN de ¹H para el polímero P(HEMA-BisSi)15%.

De los datos anteriores, podemos concluir que la reacción con de los precursores bis[3-(trimetoxisilil)-propil]amina y 2-hidroxietyl metacrilato en nuestras condiciones de reacción procede hacia la formación de un solo producto según la siguiente ecuación (Esquema 1):



Estabilidad térmica de las redes poliméricas

En todos los casos de análisis TGA, la pérdida de peso ocurre en dos pasos. El primer paso, es debido a la evaporación de agua no enlazada y de algunos compuestos volátiles a temperatura ambiente, esto sucede aproximadamente a temperaturas menores de 200°C [2]. El segundo paso en la pérdida de peso de las redes poliméricas ocurre debido a la degradación y a la pérdida de la formación de las redes percoladas poli(HEMA-BisSi). Los termogramas de la derivada termogravimétrica (DTG) exhiben la temperatura máxima de pérdida de peso tal y como se observa en la Figura 6. En dicho termograma, se muestra que la pérdida de masa para el PBisSi inicia a 496.92°C alcanzando una temperatura máxima de 517.23°C. Sin embargo, la temperatura inicial de degradación para de los materiales híbridos poli(HEMA-BisSi) se incrementó ligeramente en todas las muestras si se compara con el macromonomero PHEMA, este aumento es debido al incremento de la contenido BisSi. Como podemos notar en la Figura 5, las redes poli(HEMA-BisSi) se degradan en dos paso y esto mismo se puede evidenciar en los resultados de DTG ya que aparecen distintos picos en los termogramas. El termograma del homopolímero PHEMA aparentemente indica solo un estado de reacción o dicho de otro modo un solo paso dentro de su estabilidad térmica (ver Figura 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el cual se ve reflejado como solo un pico pronunciado en los termogramas DTG.

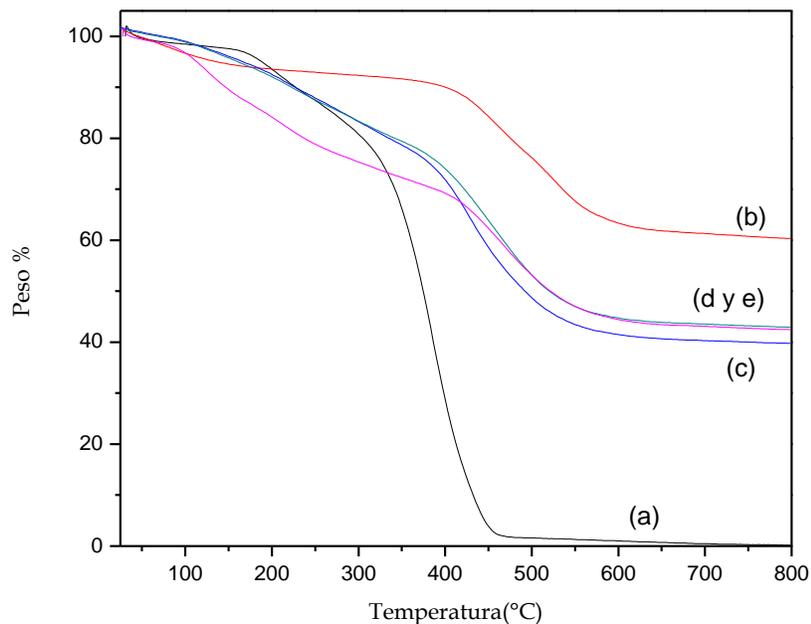


Figura 5 Curvas TGA de los polímeros híbridos y de los homopolímeros: (a) PHEMA; (b) PBisSi; (c) P(HEMA-BisSi)10%0.5; (d) P(HEMA-BisSi)15%0.5 y (e) P(HEMA-BisSi)25%0.5.

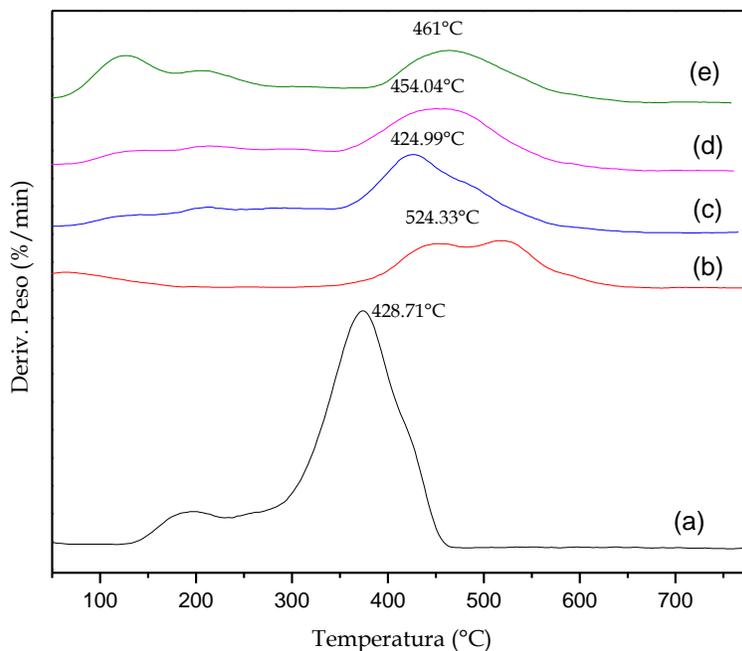


Figura 6 Termogramas DTG de las redes poliméricas y de los homopolímeros: (a) PHEMA; (b) PBisSi; (c) Poly(HEMA-BisSi)10%1.5, (d) Poly(HEMA-BisSi)15%1.5 y (e) Poly(HEMA-BisSi)25%1.5.

Efectos de la Temperatura de Transición vítrea.

Los defectos de sensibilidad en el análisis de calorimetría diferencia de barrido (DSC) son los pequeños cambios de la capacidad calorífica y esta es debida a la temperatura de transición vitra (T_g) para este caso en específico de PHEMA y para los materiales híbridos como se observa en la Figura 7; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En las mediciones de DSC que se desarrollaron en los polímeros híbridos revelan que no tienen una significativa temperatura de transición vítrea (T_g). Sin embargo, el polímero base, PHEMA, se encuentra su T_g alrededor de los 103.74°C. La carencia observable de dicha transición en las muestras de materiales híbridos P(HEMA-BisSi), es probablemente atribuida a la influencia de los entrecruzamientos que ocurren en la reacción vía polimerización entrecruzada de las cadenas en crecimiento de los macromonómeros PBisSi con los grupos pendants de HEMA, al momento de la formación de la estructura silice motivada por la condensación de PHEMA con la siclice. Costa R. [2] y Li S. [7] Reportaron efectos sobre el comportamiento de los materiales híbridos en DSC similares a estos resultados.

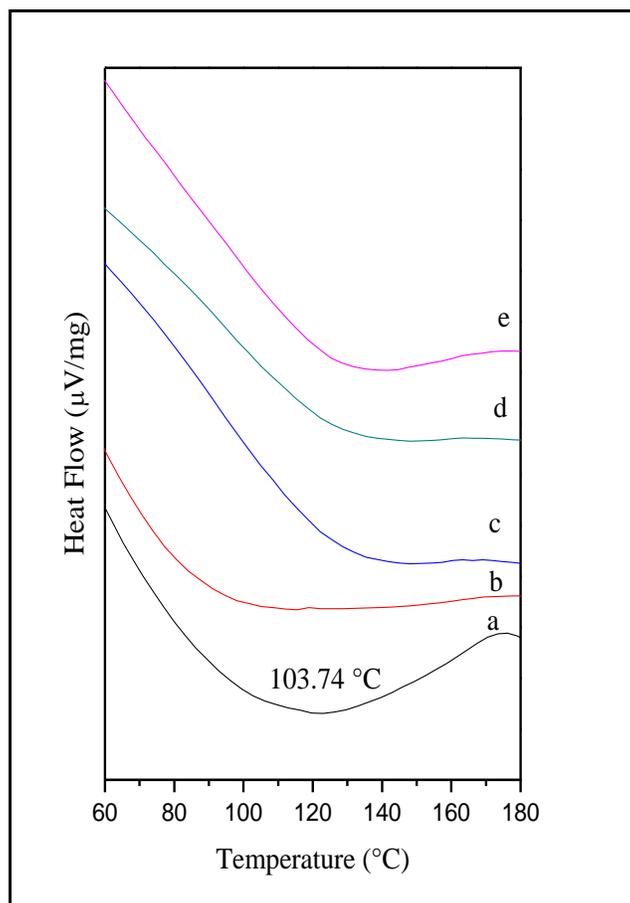


Figura 7 Termogramas DSC de las redes polimericas poli(HEMA-BisSi) y los homopolimeros: (a)PHEMA, (b)PBisSi, (c) P(HEMA-BisSi)10%1.5, (d) P(HEMA-BisSi)15%1.5 y (e) P(HEMA-BisSi)25%1.5.

Morfología superficial de la muestras PBisSi y P(HEMA-BisSi)

Para investigar la morfología superficial de los materiales híbridos, se llevó a cabo la microscopía electrónica de barrido. En las Figura 8 y Figura 9, se muestra la morfología superficial de los polímeros PBisSi y P(HEMA-BisSi) preparados a diferentes concentraciones molares de ácido clorhídrico (0.5, 1.5 y 2.5 M de HCl). Los poros en la red que se prepararon a concentraciones pequeñas de HCl (e.g. 0.5 M) fueron grandes, mientras el tamaño de poro en las muestras híbridas de P(HEMA-BisSi) fueron mucho más pequeñas y tenues, tal y como se observa en la Figura 8 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Como se puede notar en ambas figuras, la estructura del poro en los materiales híbridos puede modificarse de acuerdo con la concentración del ácido y/o de la concentración de PBisSi. Dicho lo anterior, se puede decir, que si la concentración de PBisSi va en aumento, la estructura del material se compacta, mostrando menores porosidades en el material. Así como, si la concentración de los entrecruzamientos aumenta, la disminución de los poros en los materiales híbridos, es debido a la estructura compacta en los materiales con el incremento de la densidad de entrecruzamiento. Por lo tanto, el cambio en la morfología de los materiales híbridos preparados con diferentes concentraciones de ácido y los entrecruzamientos del monómero tiene una estrecha relación con el tamaño del poro.

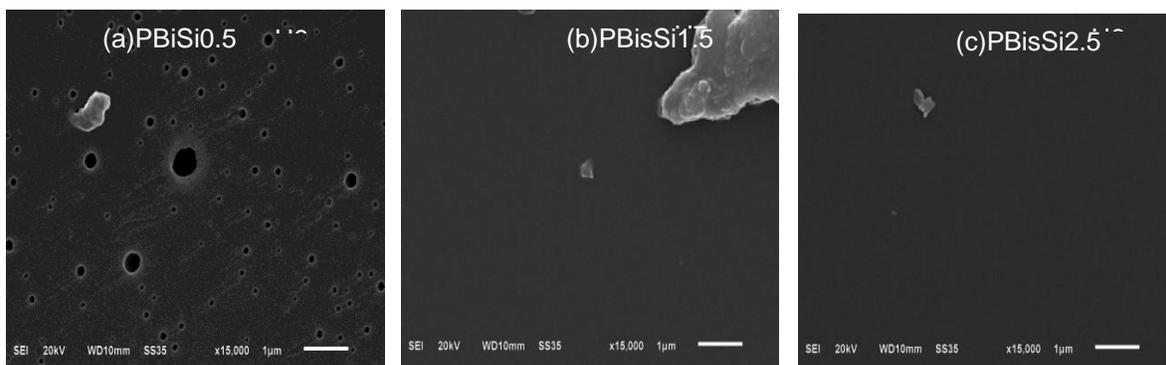


Figura 8 Morfología superficial de PBisSi preparadas a diferentes concentraciones de ácido.

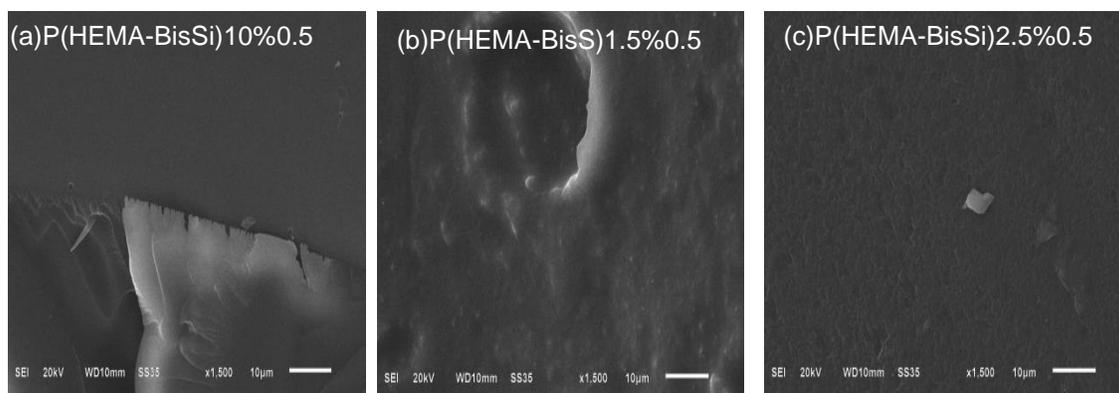


Figura 9 Morfología superficial de P(HEMA-BisSi) preparadas a 0.5M de HCl.

Conclusiones

Los resultados claramente demuestran que este enfoque permite la síntesis de materiales orgánico -inorgánico por "casting" convencional.

Se propone un modelo de estabilidad de redes poliméricas basándose en los resultados de TGA y DTG de poli(HEMA-BisSi). Los grupos OH débilmente ácidos en los productos silanol y los grupos OH en el PHEMA, forman puentes de hidrogeno con la amina secundaria (NH) en el PBisSi confiriéndole estabilidad a la red polimérica.

Por otro lado, la T_g de las redes poli(HEMA-BisSi) no puede ser determinada con precisión. Sin embargo esta reportado en la literatura que este comportamiento es debido a la influencia de la red interpenetrada generada.

La morfología superficial de la muestra revelan que a concentraciones 0.5 M de HCl favorece la formación de poros y que al aumentar la concentración de ácido existen precipitación que no favorecen la formación de los mismos.

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Centro Universitario de Vinculación de Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por el apoyo brindado.

Referencias

1. X. Ma, H. Wang, S. Jin, Y. Wu y X.-J. Liang, *International Journal of Nanomedicine*, 2012, 7, 1313.
2. R. O. R. Costa y W. L. Vasconcelos, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2002, 304, 84.
3. A. Cretu, R. Gattin, L. Brachais y D. Barbier-Baudry, *Polymer Degradation and Stability*, 2004, 83, 399-404.
4. C. Wan, M. Li, X. Bai y Y. Zhang, *J. Phys. Chem*, 2009, 113, 16238.
5. A. M. Douvas, K. Yannakopoulou y P. Argitis, *Chem Mater*, 2010, 22, 2730.
6. B. Reining, H. Keul y H. Hocker, *Polymer*, 2002, 43, 3139.
7. S. Li, A. Shah, A. J. Hsieh, R. Haghghat, S. S. Praveen, I. Mukherjee, E. Wei, Z. Zhang y Y. Wei, *Polymer*, 2007, 48, 3982.
8. T. Metroke, Y. Wang, W. J. van Ooij y D. W. Schaefer, *J. Sol. Sci. Technol*, 2009, 51, 23.
9. D. Zhu y W. j. van Ooij, *Progress in Organic Coating*, 2004, 49, 42.
10. Z. Sassi, J. C. Bureau y A. Bakkali, *Vibrational Spectroscopy*, 2002, 28, 299.

SUSCEPTIBILIDAD A CORROSION POR PICADURAS DE TITANIO Y ACERO INOXIDABLE 316-L EN FLUIDOS FISIOLÓGICOS SIMULADOS

C.D. Arrieta-González¹, J. Porcayo-Calderón^{2,3}, L. Martínez-Gómez³

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec – cdaglez@gmail.com; ²CIICAp-UAEM – jporcayoc@gmail.com; ³Instituto de Ciencias Físicas-UNAM – lmartinez@icf.unam

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – Se caracterizó el comportamiento a la corrosión por picaduras para el titanio y acero inoxidable 316-L, materiales comúnmente empleados como implantes en aplicaciones ortopédicas, en solución de Hank a pH de 7.4 y 37°C. Fue empleada una celda electroquímica de tres electrodos a una velocidad de barrido de 0.166 mV/s. Se presentan aspectos superficiales, mediante microscopía electrónica de barrido de las superficies corroídas y su correlación con la composición de la aleación.

Introducción.

Los biomateriales son materiales usados en la fabricación de dispositivos que pueden interactuar con sistemas biológicos coexistiendo por un largo tiempo de servicio con un mínimo de falla. Los biomateriales son ampliamente usados en la reparación, reemplazo o aumento de partes enfermas o dañadas del sistema músculo-esquelético tales como huesos, articulaciones y dientes [1].

El criterio fundamental para determinar un material de implante metálico es que éste debe poseer biocompatibilidad. Los metales y las aleaciones han sido ampliamente usados en varias formas como implantes los cuales proporcionan la resistencia mecánica requerida y la resistencia razonable a la corrosión. Los implantes metálicos son usualmente hechos de uno de estos tres tipos de materiales: acero inoxidable austenítico, aleaciones cromo-cobalto así como de titanio y sus aleaciones [2].

En particular el acero inoxidable 316-L se emplea como material de implante por una combinación favorable de propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión, biocompatibilidad satisfactoria y relativo bajo costo comparado con otros biomateriales como el titanio. Los fluidos del cuerpo humano se consideran como un ambiente corrosivo debido a su alta concentración de Cl⁻ y rango de temperaturas de 36.7-37.2°C lo cual lo hace un medio favorable para el fenómeno de corrosión por picaduras sobre el acero 316-L con una consiguiente liberación de iones metálicos de Fe, Cr y especialmente Ni que puede causar toxicidad y deteriorar la biocompatibilidad del acero [3].

Las picaduras se manifiestan como un rompimiento de la película pasiva en áreas locales que dan lugar a la formación de celdas microgalvánicas donde el ánodo es la picadura y el cátodo es la gran superficie pasiva que la rodea. Generalmente la evaluación o comparación de la resistencia a picaduras de los aceros inoxidables

a través de métodos de prueba acelerados involucra la determinación del potencial de picado característico. El potencial de nucleación de picadura, E_{np} , se define como el potencial más bajo a partir del cual las picaduras nuclean y desarrollan sobre una superficie pasiva. El potencial de protección de picadura, E_{pp} , es el potencial abajo del cual las picaduras, una vez que crecieron, no pueden propagarse y se repasivan. Para potenciales entre E_{np} y E_{pp} las picaduras pueden crecer pero no pueden nuclear nuevas picaduras [4].

La idea de este trabajo es evaluar la resistencia a la corrosión por picaduras en un fluido fisiológico artificial del acero inoxidable 316L y Titanio los cuales son materiales de uso común en aplicaciones biomédicas [2].

Procedimiento Experimental.

De cada material se obtuvieron probetas, con dimensiones aproximadas de 5*5*3 mm, a las cuales se les soldó un alambre conductor de cobre mediante la técnica de spot-welding. En estas condiciones las probetas fueron encapsuladas en resina epóxica y posteriormente preparadas metalográficamente a un acabado superficial con papel abrasivo de carburo de silicio grado 600. Posteriormente las muestras fueron colocadas en un baño ultrasónico con etanol por 10 minutos para eliminar residuos.

A fin de determinar la resistencia a la corrosión por picaduras de los materiales, éstos fueron sometidos a pruebas de polarización potenciodinámica de acuerdo a lo descrito en la norma ASTM F2129-01 [5]. Los ensayos electroquímicos fueron realizados usando un equipo ACM Instrument controlado por una computadora personal. Se empleó un arreglo típico de tres electrodos, donde el electrodo de referencia fue uno de calomel saturado y el auxiliar de platino (alambre de platino de 0.5 mm de diámetro). En todos los casos la cantidad de solución empleada fue de 100 ml, siguiendo la recomendación V/A especificado en ASTM G31-90 [6].

Los materiales fueron evaluados en condiciones simuladas empleando una solución fisiológica sintética (solución de Hanks, tabla 1) a pH de 7.4 y temperatura de 37°C la cual es equivalente a la del cuerpo humano, además el sistema fue deaireado con nitrógeno para reducir las fluctuaciones en la concentración de oxígeno del electrolito [7].

De acuerdo a ASTM F 2129-01, la deaireación de la solución con nitrógeno gas antes y después de las pruebas disminuirá la concentración de oxígeno en la solución y lo mantendrá constante. Esta condición es similar a las condiciones in vivo y es una aproximación segura para evaluar la resistencia a la corrosión de biomateriales ya que la cantidad de oxígeno disuelto en la solución afectará su resistencia a la corrosión en términos del potencial de corrosión y su repasivación. La repasivación de la superficie metálica es más difícil en condiciones de niveles bajos de oxígeno disuelto lo cual es la condición aproximada que prevalece en los fluidos fisiológicos.

Muchos estudios de investigación usan esta solución como electrolito, sin embargo, se reporta que el pH de la solución no es estable durante las pruebas y

que el calcio y magnesio pueden precipitan sobre el recipiente y espécimen [8]. Es este trabajo para evitar las fluctuaciones de pH y la posible precipitación de sales, durante el desarrollo de las pruebas se estuvo monitoreando el pH y volumen de la solución y se ajustaron mediante la adición de agua desionizada y solución 0.1M de NaOH.

Tabla 1. Composición de la solución de Hank

Componente	Concentración [g/l]
NaCl	8.0
CaCl ₂	0.14
KCl	0.40
NaHCO ₃	0.35
Glucosa	1.00
NaH ₂ PO ₄	0.10
MgCl ₂ .6H ₂ O	0.10
Na ₂ HPO ₄ .2H ₂ O	0.06
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.06

En síntesis en esta prueba se permite que el electrodo de trabajo se establezca a su potencial de corrosión libre alrededor de una hora, y posteriormente es barrido lentamente (0.166 mV/s) en la dirección anódica hasta que el potencial alcanza un valor prefijado (esto implica que previamente se deben realizar curvas de polarización potenciodinámica para conocer aproximadamente los potenciales de picadura de cada material). En este punto la dirección de barrido se invierte hasta que el ciclo de histéresis se cierra. El potencial al cual la corriente incrementa abruptamente es el potencial de nucleación de picadura, E_{np} , mientras que el potencial al cual la corriente es prácticamente cero durante el barrido inverso es el de protección, E_{pp} .

Los análisis y observaciones superficiales se realizaron en un microscopio electrónico de barrido Karl Zeiss DSM-960 con el sistema de análisis dispersivo de energía de rayos X.

Resultados y Discusión.

A efecto de poder discutir los resultados de esta sección, en la figura siguiente se muestran las diferentes curvas de polarización características esperadas para materiales susceptibles de corrosión por picaduras y/o hendiduras [4]. De acuerdo a esta figura podemos ver que;

- ✓ La curva (a) representa la respuesta típica de corrosión por picaduras. En esta situación se presenta un incremento abrupto en la densidad de corriente durante la polarización hacia delante e indica la formación de picaduras. Esto ocurre en algún punto del comportamiento pasivo del material. Al invertir el potencial se presenta una disminución gradual de la densidad de corriente hasta que cruza la región pasiva del material.
- ✓ La curva (b) es una curva observable en situaciones donde predomina la corrosión por hendiduras. En esta situación se observa un incremento

gradual de la densidad de corriente durante la polarización hacia delante, generalmente distinto al marcado incremento de corriente debido a picaduras, en el caso de las hendiduras esto ocurre a potenciales mucho más bajos. Después de invertir el potencial, la corriente anódica permanece alta o continua ligeramente incrementando dependiendo de la extensión en que ha ocurrido la propagación de las hendiduras. La curva inversa se cierra a potenciales más bajos que en el caso de la curva (a), debido a que las hendiduras son más difíciles de pasivar que las picaduras.

- ✓ En la curva (c) la curva de polarización muestra un marcado incremento de la corriente debido a picaduras heterogéneas incipientes a potenciales más bajos pero no fácilmente distinguibles de la picadura normal. Esto es debido a la generación de hendiduras finas como resultado de la nucleación preferencial de picaduras en la interfase espécimen-material de montaje (referidas como picaduras heterogéneas). Cuando estas formas de picaduras crecen, se forma una ranura como una grieta. Como las picaduras heterogéneas rápidamente se transforman en hendiduras, la curva del barrido inverso se cierra en la misma región de potencial que en el caso (b) por su similitud con la repasivación por hendiduras. En estos casos el E_{np} debería ser interpretado como el potencial de picaduras heterogéneas y el E_{pp} sería la tendencia de repasivación de hendiduras (ranuras).
- ✓ La curva (d) representa el caso de hendiduras grandes y durante el barrido inverso no se obtiene la repasivación de las picaduras o hendiduras.

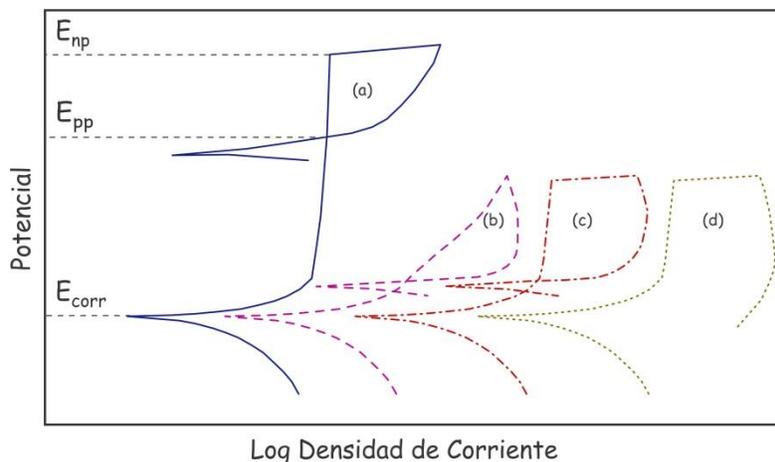


Figura 1. Representación esquemática de las respuestas de polarización anódica en electrolitos que contienen iones haluro: (a) picadura normal (homogénea) sin perturbación por hendidura, (b) solamente hendidura, (c) repasivación de picaduras heterogéneas + hendidura, (d) picaduras heterogéneas sin repasivación de hendidura [4].

Estudios recientes indican [9] que existen cuatro mecanismos principales para explicar los procesos que originan el rompimiento de las películas pasivas que favorecen el ataque por picaduras. Se asume que generalmente las películas pasivas están compuestas por una capa interna de óxido (capa barrera contra la

transferencia de cationes), y una capa de hidróxido externa (capa de intercambio con el electrolito).

Mecanismo de penetración. La disolución del metal se espera que ocurra una vez que los iones agresivos han alcanzado su superficie después de su migración a través de la película pasiva sin destruirla, con la resistencia de un campo electroestático.

Mecanismo de rompimiento de película. Se propone que la disolución del metal ocurre una vez que la película pasiva ha sido mecánicamente fracturada con la aparición de fallas y grietas en su estructura debido al esfuerzo electroestático ejercido y la reducción combinada de la tensión superficial (tensión de la superficie) en la interfase película pasiva-solución.

- ✓ Mecanismo de adsorción. Se asume que la disolución del metal ocurre una vez que la superficie desnuda ha sido descubierta por el continuo adelgazamiento de la película pasiva debido a la formación de complejos solubles o sales de los cationes metálicos en la interfase película pasiva-solución.
- ✓ Modelo de defecto puntual (defecto de punto). Se supone que los aniones permanecen adsorbidos en vacancias de oxígeno en la interfase película pasiva-solución, entonces generando vacancias catiónicas que migran a la interfase metal-película pasiva. Cuando alcanzan la superficie metálica, puede ocurrir el colapso de la película si la velocidad de acumulación de vacancias catiónicas no es contrabalaceada por la velocidad de la reacción de oxidación liberando cationes metálicos hacia la película.

No obstante que se han tenido avances en el entendimiento de la formación de las picaduras, se reconoce que no se ha entendido completamente el proceso completo del rompimiento de las películas pasivas [9]. Además, dependiendo de las condiciones experimentales y las variables ambientales, cada uno de estos mecanismos puede ser el predominante y algunas veces la diferenciación entre ellos también es bastante ambigua.

Independientemente de lo anteriormente explicado, es obvio que una variable fundamental es el electrolito donde se encuentre inmerso el biomaterial, y en este sentido se puede decir que los iones se pueden categorizar en dos clases de acuerdo a las propiedades de su escudo de hidratación que lo rodea [9].

- ✓ Especies iónicas conocidas como iones con estructura como el agua (water-structure-making ions) o iones cosmótopos (cosmotrope ions) (SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , F^- , HCO_2^- , $CH_3SO_2^-$). Estos muestran una alta densidad de carga superficial que genera grandes campos eléctricos a corta distancia tal que se unen a las moléculas de agua con enlaces más fuertes que el agua misma.
- ✓ Especies iónicas con efecto opuesto conocidos como iones rompedores de la estructura del agua (water-structure-breaking ions) o iones caótopos

(chaotrope ions) (Cl^- , Br^- , I^- , ClO_4^- , NO_3^- , SCN^-). Estos son generalmente grandes y generan campos eléctricos débiles alrededor de ellos y poseen un escudo de hidratación débil que fácilmente puede ser removido.

Todos los aniones caótropos son capaces de iniciar picaduras, pero en el caso de los aniones cosmótropos no se presenta el rompimiento de la pasividad, excepto a altos voltajes aplicados. Esto refleja que existe una correlación entre la agresividad de los aniones y su capacidad para deshidratarse aún si otros factores pueden contribuir al rompimiento de la pasividad de los metales.

Las muestras fueron inmersas en el electrolito y se midió el potencial en función del tiempo y hasta que el potencial alcanzó un valor estable (aproximadamente 60 minutos) se inició la prueba de polarización anódica. La figura 2 muestra las curvas de polarización anódica para los materiales evaluados.

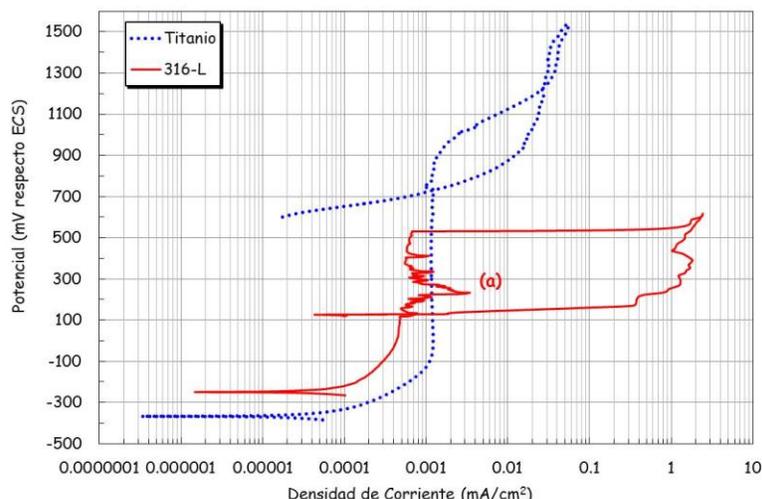


Figura 2. Curvas de polarización anódica para Ti y 316-L en solución de Hank a 37°C a pH 7.4 a una velocidad de barrido 0.166 mV/s.

Respecto al Ti se observa que este material mostró una zona pasiva más amplia que el mostrado por el 316-L con densidades de corriente del mismo orden de magnitud. Se observa que su potencial de picado (E_{np}) es el más anódico de alrededor de 880 mV respecto a su potencial de corrosión (E_{corr}) y que su potencial de protección (E_{pp}) es de alrededor de 725 mV. Entre los 580 y 880 mV se observan ligeras perturbaciones en su comportamiento debido al rompimiento y regeneración de la capa pasiva formada probablemente de TiO_2 como se reporta en otros estudios [10-12]. Este comportamiento electroquímico de gran estabilidad de este material es que lo hace el más adecuado como biomaterial desde el punto de vista de corrosión, si se considera que la zona de trabajo de un implante es de 0-500 mV [13].

El rango de estabilidad de la zona pasiva obtenida de las pruebas de polarización cíclica, puede ser dependiente de la velocidad de barrido empleada en las

determinaciones, por ejemplo en otros estudios realizados en condiciones similares a las de esta tesis, se reporta que la zona pasiva del Ti es alrededor de 2000 mV [14] o alrededor o mayor a 3000 mV [13, 15] respecto a su potencial de corrosión. La diferencia significativa de esos trabajos es el empleo de una velocidad de barrido de 6, 5 y 4 mV/min, respectivamente, a diferencia de los 10 mV/min, empleada en este trabajo. Sin embargo, también se menciona que la dispersión de los datos que se pueden observar en diferentes fuentes, puede deberse además al tamaño del electrodo de trabajo empleado, por ejemplo, en muestras muy pequeñas es posible observar el rompimiento de la zona pasiva a potenciales más bajos debido a que en estos casos existe mayor probabilidad de que se presente corrosión por hendiduras en la interfase aleación-resina [16].

En la figura siguiente se muestra el aspecto superficial del Ti después de la prueba de polarización cíclica.

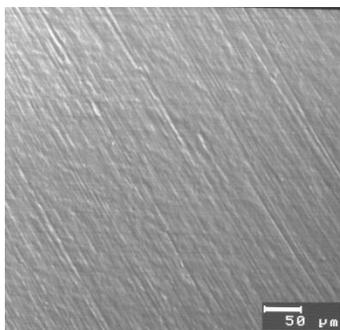


Figura 3. Aspecto superficial del Ti después de la prueba de polarización cíclica.

No se observa la presencia de picaduras visibles y el comportamiento mostrado corresponde al rompimiento y regeneración de su óxido protector. Gran parte de la excelencia del titanio como biomaterial se debe a la capa de pasivación que se forma en su superficie, la cual lo protege del ataque electroquímico en el cuerpo humano. Dicha capa está compuesta por óxidos amorfos de titanio, desde Ti_2O hasta TiO_2 , con un espesor variable entre 0.5 y 10 nm según el tratamiento [17, 18], el acabado superficial, el medio, etc. [19-21]. Se reporta que la capa de pasivación se forma de forma natural tras pocos milisegundos de contacto del titanio con un medio con oxígeno presente, aunque también se puede producir y hacer más gruesa mediante tratamientos químicos y electroquímicos [22].

Lamentablemente, la capa natural de pasivación de óxido de titanio posee pobres propiedades mecánicas, que la hacen muy susceptible a la fractura por pequeñas abrasiones superficiales [23]. Esto dificulta el uso del titanio y sus aleaciones en aplicaciones en presencia de fricción o micromovimientos. Para solventar este problema, se han estudiado métodos de estabilización mecánica de la capa de óxido de titanio, generalmente mediante un crecimiento controlado de ésta por anodización [22].

Respecto al acero 316-L se observa que muestra densidades de corriente bajas antes de que inicie el proceso de picaduras donde ésta incrementa bruscamente a partir de su potencial de picado (E_{np}) alrededor de los 530 mV. Al realizar el barrido inverso se observa que su potencial de pasivación (E_{pp}) es de 134 mV. En

un intervalo de aproximadamente 400 mV muestra un comportamiento de picaduras metaestables con un constante incremento y disminución de su densidad de corriente.

En otros estudios [24] se obtuvieron resultados muy similares a los aquí reportados bajo las mismas condiciones experimentales, excepto que en ese trabajo se reporta que el potencial de picado es de 233 mV (punto a del gráfico). Esto puede deberse a que estos autores emplearon en su estudio un acero 316-L fabricado por ellos y en este trabajo se empleó una aleación comercial. Es importante señalar que el potencial de picado reportado por estos autores corresponde exactamente a la zona donde inicia el comportamiento de picado metaestable indicado arriba.

Otros estudios [25-27] realizados bajo las mismas condiciones que este trabajo, también reportan resultados similares a los de Huajuan Yang et.al. [24], otras posibles causas que justifican las diferencias pueden ser el nivel de impurezas de los materiales y el tamaño del área expuesta ya que se ha reportado este tipo de inconsistencias cuando el área del electrodo de trabajo es pequeña [16, 28]. Estudios similares pero en condiciones ácidas (pH = 4) señalan que el potencial de picado es de 100 mV [29], por otro lado, Leitao [30] reporta un potencial de picado de 850 mV y un E_{corr} de -170 mV en pruebas realizadas a 18°C.

Las observaciones superficiales realizadas por SEM mostraron la presencia de picaduras muy pequeñas, como se puede observar en la figura siguiente.

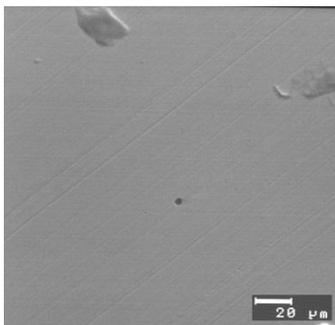


Figura 4. Aspecto superficial del 316-L después de la prueba de polarización cíclica.

Conclusiones.

De acuerdo a las diferentes curvas de polarización características esperadas para materiales susceptibles de corrosión por picaduras y/o hendiduras, el comportamiento observado por el Ti y 316-L corresponden a la respuesta típica de materiales susceptibles de corrosión por picaduras.

Referencias

1. L.L. Hench, Inorganic biomaterials. In *Advances in chemistry series 245: Materials chemistry – an emerging discipline* (eds) L V Interranate, L A Caspar, A B Ellis (Washington DC: American Chemical Society) p. 523, 1985.
2. J. Lemons, and H. Freese, "Metallic Biomaterials For Surgical Implant Devices". Published in *BONEZone™*, Fall 2002 Issue. Copyright 2002 Knowledge Enterprises, Inc.
3. H. Yang; K. Yang; B. Zhang *Materials Letters* 2007, 61, 1154.
4. S. Frangini ; N. De Cristofaro *Corrosion Science* 2003, 45, 2769.
5. ASTM F 2129-01. Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements to Determine the Corrosion Susceptibility of Small Implant Devices. ASTM International.
6. 6. ASTM G31-90. Standard practice for laboratory immersion corrosion testing metals. ASTM International.
7. C. Kuphasuk; Y. Oshida; C.J. Andres; S.T. Hovijitra; M.T. Barco; D.T. Brown *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2001, 85, 195.
8. S.N. Rosenbloom; R.A. Corbett *Corrosion 2007 Conference & Expo*, Paper No. 07674.
9. J.-L.Trompette; L. Massot; S. Fontorbes *Corrosion Science*, 2011, 53, 1262.
10. X. Cheng ; S.G. Roscoe *Biomaterials*, 2005, 26, 7350.
11. S. Tamilselvi; V. Raman; N. Rajendran *Electrochimica Acta*, 2006, 52, 839.
12. S. Luiz de Assis; S. Wolynec ; I. Costa *Electrochimica Acta*, 2006, 51, 815.
13. D. Rodríguez-Rius, PhD Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 1999.
14. K.M. Speck; A.C. Fraker *J. Dent. Res.*, 1980, 59, 1590.
15. H.R. Asgari; M. Pouranvari *MJoM*, 2011, 17, 13.
16. N. Figueira; T.M. Silva; M.J. Carmezim; J.C.S Fernandes *Electrochimica Acta*, 2009, 54, 921.
17. Z.M. Isa; J.A. Hobkirk *Annals of Dentistry*, 2000, 7, 27.
18. R.W.Y. Poon; J.P.Y. Ho; X. Liu; C.Y. Chung; P.K. Chu; K.W.K. Yeung; W.W. Lu; K.M.C. Cheung *Materials Science and Engineering A*, 2005, 390, 444.
19. R.J. Solar, ASTM STP 684, Syrett, B.C., Acharya, A., Eds., American Society for Testing and Materials, 1979.
20. C. Fonseca; A. Traverse; A. Tadjeddine; M. Cunha-Belo *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 1995, 388, 115.
21. J. Pan; D. Thierry; C. Leygraf *Electrochimica Acta*, 1996, 41, 1143.
22. F.J. Gil; M.P. Ginebra; A. Padrós; J.A. Planell *Revista Española Odontostomatológica de Implantes*, 1993, 2, 113.
23. F.J. Gil; D. Rodríguez; E. Sánchez; J.M. Manero; J.A. Planell *Proceedings of the 5th World Biomaterials Congress, Canadian Biomaterials Society*, 1996.
24. H. Yang; K. Yang; B. Zhang *Materials Letters*, 2007, 61, 1154.
25. D.J. Wever; A.G. Veldhuizen; J. De Vries; H.J. Busscher; D.R.A. Uges; J.R. van Horn *Biomaterials*, 1998, 19, 761.
26. R. Venugopalan, C. Trépanier *Min Invas Ther & Allied Technol.*, 2000, 9, 67.
27. T.M. Sridhar; U. Kamachi-Mudali; M. Subbaiyan *Corrosion Science*, 2003, 45, 237.
28. I. Gurappa *Materials Characterization*, 2002, 49, 73.
29. A. Cakir; S. Tuncell; A. Aydin *Corrosion Science*, 1999, 41, 1175.
30. E. Leitao, PhD Thesis, Universidad de Oporto, 1996.

SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE TRIGO POR HARINAS DE AMARANTO Y AVENA EN LA FORMULACIÓN DEL CACAHUATE JAPONÉS

W. N. Hernández Díaz¹, F. J. Hernández Campos¹, I. Parra Chavero², Z. Vargas-Galarza²

¹Depto. de Ingeniería Química y Bioquímica, ²Depto. de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada. Tecnológico No. 27 Col. Centro, C.P. 62780, Zacatepec, Morelos, México- wendynetz@yahoo.com.m, javfco@yahoo.com, parrach@hotmail.com, zullyvag@hotmail.com

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable.*

Resumen – En el presente trabajo se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta para encontrar la proporción óptima de harinas de amaranto y avena que sustituyan al trigo en la formulación de la cobertura del cacahuete japonés, minimizando la fuerza de ruptura y manteniendo un índice de color medio (14-16). Esto con el objetivo de proporcionar una nueva opción de consumo para personas intolerantes al gluten.

Introducción.

La enfermedad de celiaca afecta a personas en todo el mundo. Tan solo en los Estados Unidos más de 2 millones de personas padecen esta enfermedad del sistema inmunológico que puede estar asociada a otras enfermedades como la diabetes, epilepsia, síndrome Down, esquizofrenia, etc [1]. La celiaca se caracteriza por la inflamación crónica del yeyuno debido a la presencia de gliadina en los alimentos [2]. La gliadina es una glucoproteína que junto con la gluteína conforman el gluten presente en los cereales, principalmente en el trigo [3]. El único tratamiento es eliminar el gluten de la dieta de por vida, evitando consumir: pan, pastas, galletas, chocolates, cerveza, etc. La falta de productos en el mercado adecuados para celíacos les impide complementar y variar su dieta. Las estadísticas muestran que el mercado para alimentos libres de glúten ha crecido un 27% desde el 2001 y se proyecta que se incremente aun más en el 2010 [4]. En el siguiente trabajo se propone sustituir la harina de trigo por harinas de amaranto y avena en la formulación de la cobertura del cacahuete japonés.

Sección Experimental.

Materia Prima

Se utilizaron harinas de amaranto y avena, cacahuates Runner de alto contenido en ácido oleico, sacarosa, salsa de soya, etc. Los cuales fueron proporcionados por Agroindustrias Xomor S.A. de C.V. Se usaron bombos de 25 kg para incorporar las harinas y jarabes al cacahuete. Se utilizó un horno de charolas con

84 kg de capacidad marca Zucchelli-Firni a 180°C para el horneado de las muestras.

Diseño Experimental.

Para poder obtener la proporción adecuada de harinas de amaranto y avena, así como la concentración de azúcares, se realizó un diseño factoria, el cual es mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño Experimental.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
°Baume	28	32	35	28	32	35	28	32	35
Harina de Avena	80	80	80	70	70	70	50	50	50

Mediciones Experimentales.

Fuerza de ruptura. Se utilizó un penetrómetro marca PCE-FM200 para medir la fuerza necesaria para romper la cobertura del cacahuate japonés obtenidos de los diferentes tratamientos. Las muestras individuales fueron colocadas en una plataforma donde la muestra es soportada en dos puntos y se utilizó un aplicador plano para realizar las pruebas. Se realizaron 3 mediciones por cada tratamiento.

Índice de Color. Se determinó el índice de color de la superficie de los cacahuates japoneses utilizando un espectrofotómetro marca X-rite (mod.SP64). Se tomaron 3 mediciones de cada cáchuate en diferentes partes del mismo y se realizaron mediciones a 3 diferentes cacahuates para cada tratamiento. El índice de color se calculó utilizando la siguiente fórmula: I.C.=1000a*/L*b*.

Optimización y análisis estadístico. Se ajustó la siguiente ec. polinomial a los datos experimentales para cada variable dependiente:

$$Y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i x_i + \sum_{i=1}^k \alpha_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \alpha_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Donde Y_1 = índice de color, Y_2 = fuerza de ruptura (N) y x_1 = proporción de avena en las harinas, x_2 = concentración del jarabe de sacarosa (° Baume). El objetivo de la optimización fue determinar las proporciones de harinas y la concentración de jarabe de azúcar que minimicen la fuerza de ruptura y resulte en un índice de color medio. Los coeficientes del modelo fueron determinados utilizando la herramienta de regresión múltiple del programa Microsoft Office Excel.

Resultados y Discusión.

La Tabla 2 muestra los coeficientes de las superficies de respuesta y los resultados del ANOVA. Para la variable de respuesta 1 y 2, índice de color y fuerza de ruptura respectivamente. Únicamente los términos de concentración de sacarosa fueron significantes con una $p < 0.05$ mostrando efecto de curvatura. La concentración de los jarabes es directamente proporcional al índice de color y a la

fuerza de ruptura, esto debido a que al aumentar la cantidad de azúcares se promueven la reacciones de caramelización y formación de compuestos coloridos, aumento de la viscosidad y pérdida de flexibilidad de la cobertura al enfriarse el cacahuate después del horneado. El intervalo de color óptimo es de 14-16 el cual se encuentra bajas concentraciones de azúcar (28°Baume) y de avena (50%) como puede observarse en las figuras 1 y 2.

Tabla 2. Coeficientes del modelo de regresión y ANOVA para Y_1 y Y_2 .

Variables		α_0	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	X_1X_2
Y_1	Coeficientes	-265.67	5.4155	17.7902	4.5721	-0.2819	-0.4000
	P	0.0002	0.9232*	0.002	0.9065*	0.0001	0.5737*
	R^2	0.7987					
Y_2	Coeficientes	-812.86	-280.69	59.93	364.99	-0.84	-7.17
	P	0.0429	0.1683*	0.0318	0.0530*	0.03881	0.0836*
	R^2	0.935					

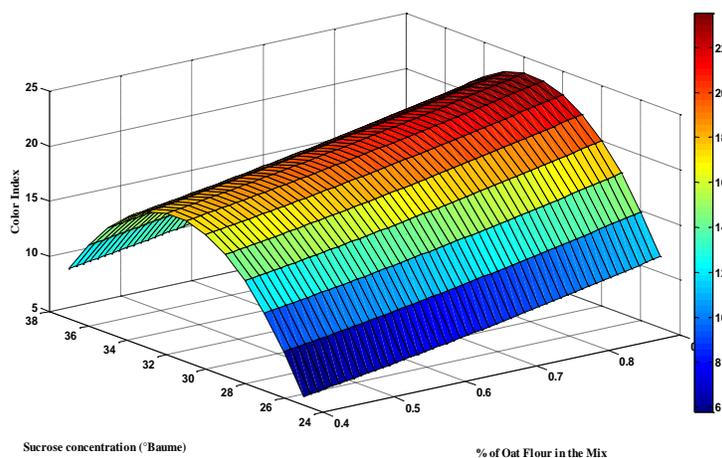


Figura 1.- Superficie de respuesta del índice de color del cacahuate japonés.

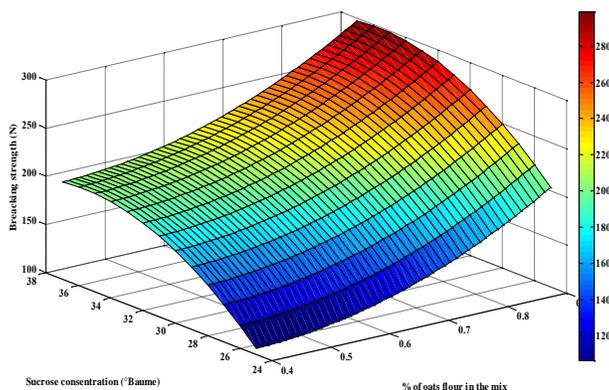


Figura 2.- Superficie de respuesta de Fuerza de ruptura del cacahuate japonés.

Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que para minimizar la fuerza de ruptura del cacahuete japonés y que el producto presente un índice de color medio es necesario utilizar una formulación de 28° Baume de concentración de azúcares y de 50% de harina de avena y amaranto.

Agradecimientos.

Los autores desean a gradecer a la DGEST por proporcionar el financiamiento para la realización de este proyecto.

Referencias.

1. Van Heel D., West J., *International Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2006, 55, (7), 1037-1946.
2. Eaton W., Mortensen P., Agerbo E., Byrne M., Mors O., Ewald H., *British Medical Journal*, 2004, 328, 438-439.
3. Badui S., Dergal, Salvador, *Química de Alimentos*, Ed. Pearson. 2006, 1, p. 324-345.
4. Han J.J., Janz J.A.M, Gerlat M., Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions, *Food Research International*. 2010, 43, 627-633.

EFECTO DE LA MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN DE ARROZ EN LA ENCAPSULACIÓN DE VITAMINA C

H. M. Palma-Rodríguez¹, E. Agama-Acevedo² y R. A. González-Soto²

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo, Estado de Hidalgo, C.P. 43600, México -

hengis_cocos@hotmail.com; ²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos – IPN – eagama@ipn.mx; rsoto@ipn.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – Almidón nativo (ANA) y modificado (AMA) de arroz fueron utilizados para encapsular vitamina C (VC). Las características morfológicas de las microcápsulas, la eficiencia de encapsulación (% VC en superficie y % de retención) y la estabilidad de la vitamina C durante el almacenamiento fueron estudiadas. Las microcápsulas obtenidas con ANA formaron agregados similares a "palomitas de maíz", mientras que las de AMA presentaron morfología irregular. El % de retención (57%) y % VC en la superficie (29 %) fue menor en las microcápsulas de ANA en comparación con AMA el cual fue de 93 y 42%, respectivamente. La degradación de VC durante el almacenamiento en las microcápsulas obtenidas con ANA fue del 41%, mientras que en las microcápsulas de AMA el porcentaje de degradación fue mayor (82%) concluyendo que la estabilidad de la VC está estrechamente asociada al% de VC en la superficie de la microcápsula.

Introducción.

La microencapsulación es el proceso de recubrimiento de sustancias activas con materiales de distinta naturaleza, para formar pequeñas cápsulas, con el propósito de proteger ingredientes activos y/o sustancias sensibles al ambiente, (Gharsallaoui, 2007, Augustin y Hemar, 2009). La microencapsulación se ha aplicado a diferentes ingredientes activos como: saborizantes, aromas, enzimas, probióticos, vitaminas (Dziezak, 1988, Shahidi y Han, 1993, Gibss, 1999). La producción de microcápsulas puede lograrse por diferentes técnicas, siendo el secado por aspersión el método de encapsulación comúnmente empleado (Gharsallaoui, 2007). La elección del material pared es importante para la eficiencia de la encapsulación y la estabilidad de la microcápsula. Los criterios de selección de un material pared se basan principalmente en las propiedades fisicoquímicas como solubilidad, peso molecular; transición vítrea, cristalinidad, formación de película y las propiedades emulsionantes (Young *et al.*, 1993). Los materiales de pared empleados en el secado por aspersión incluye gomas naturales como la arábica, proteínas de la leche, ceras y sus mezclas, así como maltodextrinas y almidón (Gharsallaoui *et al.* 2007).

El almidón está compuesto por dos macromoléculas con diferente estructura: la amilosa (componente lineal), y la amilopectina (componente ramificado). La funcionalidad del almidón se debe principalmente a estos dos componentes de alto peso molecular, así como a su organización física dentro de la estructura del gránulo (Biliaderis, 1991). Sin embargo, la estructura del almidón nativo puede ser

poco eficiente como material pared, debido a que algunas de sus propiedades como la solubilidad y la viscosidad, limitan su aplicación. Por lo cual, se busca cambiar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales mediante la modificación física, química o enzimática de su estructura. La selección del tipo de modificación está influenciada por el método de encapsulación, el ingrediente a encapsular y la aplicación final de las microcápsulas (Lee *et al.*, 2009). Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento ácido del almidón en la encapsulación de vitamina C mediante secado por aspersión.

Sección Experimental.

Para la obtención del almidón de arroz se utilizó la variedad A-98, la cual fue adquirida en la Arrocería Buenavista de Cuautla, Morelos El almidón de arroz se aisló de acuerdo a la metodología empleada por Patindol *et al.* (2007). El tratamiento ácido se realizó de acuerdo al método propuesto por Loksuwan (2007) La morfología de las microcápsulas se determinó mediante microscopía electrónica de barrido (MEB). La técnica utilizada para la cuantificación de vitamina C fue a través de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), mientras que el método de Dürüst *et al.* (1997) se utilizó para analizar el contenido de vitamina C en la superficie de las microcápsulas.

Resultados y Discusión.

Morfología de las microcápsulas

Como se puede observar en la Figura 1a, las microcápsulas preparadas con (ANA) presentan aglomeración de los gránulos, formando agregados esféricos parecidos a “palomitas de maíz”. Zhao y Whistler (1994a), observaron la capacidad de formar agregados esféricos porosos con potencial para encapsulación de los gránulos de tamaño pequeño del almidón de amaranto. Así mismo, la formación de los agregados obtenidos en este estudio puede ser debido al contenido de proteína residual presente en el almidón de arroz (6.6%), como fue reportado por Zhao y Whistler (1994b), los cuales obtuvieron agregados esféricos de almidón de amaranto, debido al contenido de proteína residual presente en el almidón (2.6%). Las microcápsulas obtenidas con los almidones modificados (Figura 1b) presentaron formas variadas, esféricas e irregulares. En la mayoría de los casos se muestran microcápsulas colapsadas o encogidas, con superficie predominantemente rugosa la cual presenta irregularidades. Este tipo de morfología también fue observado por Finotelli y Rocha-Leão (2005) al utilizar Capsul (almidón de maíz modificado) para encapsular ácido ascórbico. Imágenes similares fueron observadas en microcápsulas obtenidas mediante secado por aspersión de almidón modificado de tapioca como material pared para proteger β -caroteno (Loksuwan, 2007). La presencia de irregularidades en la superficie, se ha atribuido a efectos de la composición del material encapsulante, la atomización y a los parámetros de secado (Sheu y Rosenberg, 1998).

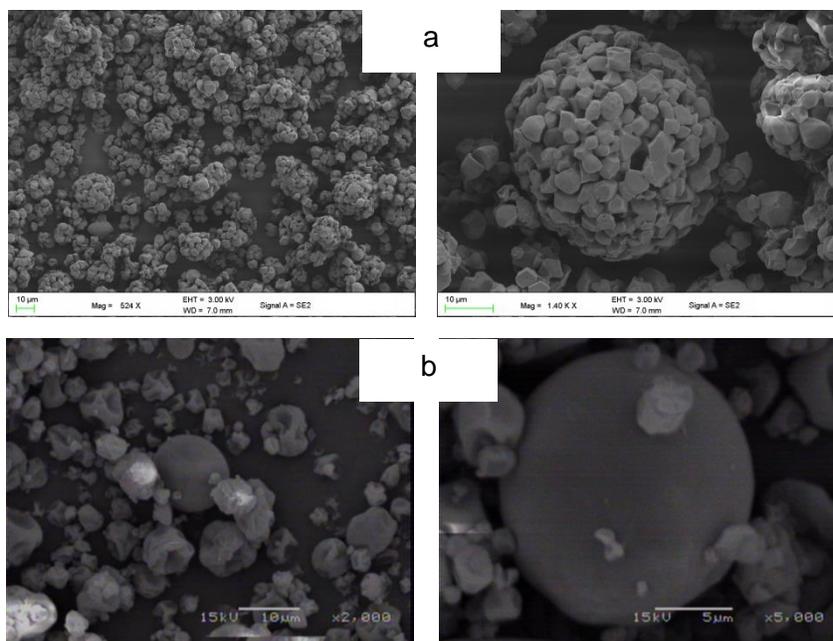


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido de las microcápsulas de ácido ascórbico obtenidas con diferentes materiales pared. Almidón nativo de arroz (a) y almidón modificado de arroz (b)

Eficiencia de encapsulación.

Los resultados al evaluar la eficiencia de encapsulación se describen en el cuadro 1. Las microcápsulas preparadas con el ANA presentaron una menor eficiencia de encapsulación de ácido ascórbico (57.7 %), en comparación con las obtenidas con el almidón modificado (93.3 %). Así mismo, los resultados obtenidos fueron menores a los reportados por Trindade y Grosso (2000), quienes reportaron la recuperación del 99.7 y 97.6 % de ácido ascórbico después de la microencapsulación mediante secado por aspersión con almidón de arroz. Por otra parte, las microcápsulas de almidón nativo de arroz mostraron el menor contenido de vitamina C en la superficie (cuadro 1). Este resultado se debe probablemente a la morfología de las microcápsulas, que tienden a retener la vitamina C de manera más eficiente dentro de los agregados, en comparación con las partículas individuales que caracterizan a las microcápsulas obtenidas con los el almidón modificado. Las microcápsulas obtenidas con AMA presentaron un contenido de vitamina C del 42.03 %. Esto puede ser debido a los cambios estructurales que se llevan a cabo en el almidón modificado después del calentamiento, previo al proceso de microencapsulación. Las cadenas lineales de la amilopectina que se forman como resultado de la hidrólisis forman una red o malla unida por enlaces de hidrógeno, dando como resultado una película que atrapa a la vitamina C en dicha red (Loksuwan, 2007; Spada *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Retención de vitamina C en las microcápsulas de almidón nativo (ANA) y modificado de arroz (AMA).

Almidón	Retención de vitamina C (%)	
	Total	Superficie
ANA	57.7 ± 0.29 ^a	29.32 ± 0.005 ^a
AMA	93.3 ± 0.26 ^c	42.03 ± 0.001 ^c

Promedio de tres repeticiones ± error estándar.

Valores en la columna y con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Estabilidad de la vitamina C.

En la Figura 2, se muestra el contenido de vitamina C en las microcápsulas durante el tiempo de almacenamiento (52.86 % HR y 55 °C). Como se mencionó, las microcápsulas preparadas con ANA presentaron una menor retención de vitamina C en comparación con su contraparte modificada (93.3 %); sin embargo, durante el almacenamiento se observó que en las microcápsulas de almidón nativo la degradación fue menor, ya que el contenido de vitamina disminuyó en un 41 %, mientras en las microcápsulas de almidón modificado fue del 82 %. La degradación de la vitamina C durante el almacenamiento, podría estar asociada con la vitamina C presente en la superficie de la microcápsula. En términos generales, cuanto mayor es la vitamina C en la superficie de la microcápsulas, mayor es la degradación de vitamina C durante el tiempo de almacenamiento.

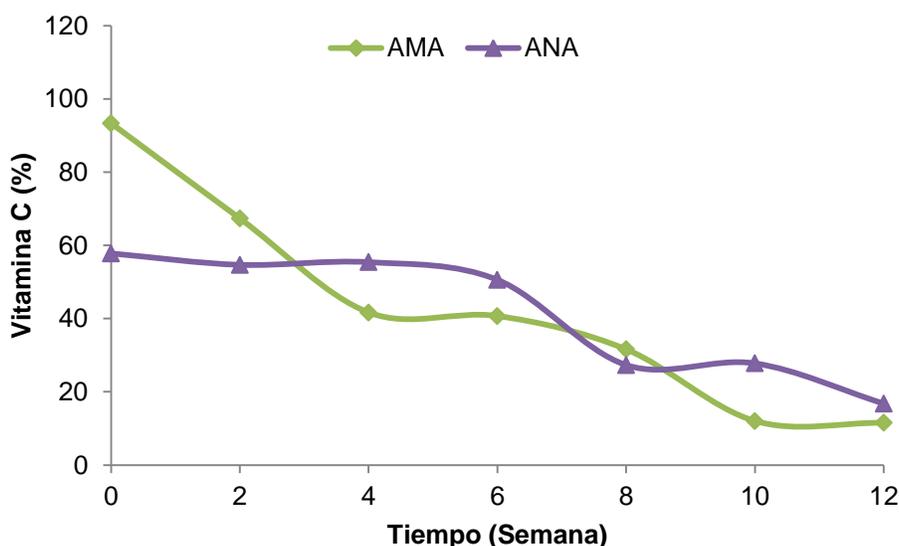


Figura 2. Contenido de vitamina C en las microcápsulas de almidón nativo (ANA) y modificado (AMA) por hidrólisis ácida a diferentes tiempos de almacenamiento (52.86 % HR y 55 °C).

Conclusiones.

La modificación del almidón influyó en la morfología de las microcápsulas. Las microcápsulas de almidón modificado de arroz presentaron una mayor retención de vitamina C, mientras que la estabilidad de la vitamina C durante el tiempo de almacenamiento fue mayor en las microcápsulas obtenidas con almidón nativo, lo cual está relacionado con las diferencias estructurales entre el almidón nativo y modificado.

Agradecimientos.

Agradecemos a SIP- IPN, COFFA-IPN Y EDI- IPN, por el apoyo financiero recibido para la realización de este trabajo

Referencias

1. M. A. Augustin, Y. Hemar *Chem. Soc. rev.* 2009, 38, 902.
2. C. G. Biliaderis. *J. Physiol. Pharmacol.* 1991, 69, 60.
3. N. Dürüst, D. Sümengen, Y. Dürüst *J. Agr. Food Chem.* 1997, 45, 2085.
4. J. D. Dziezak *Food Technology*, 1988, 42, 136.
5. P. V Finotelli, Rocha-Leão, M. H. M. In 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering, 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering 2005, (pp. 1-11)
6. A. Gharsallaoui, G. Roudaut, O. Chambin, A. Voilley, R. Saurel *Food Research International* 2007, 40, 1107.
7. B. F. Gibbs, S. Kermasha, I. Alli, N. Mulligan *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1999, 50, 213.
8. S. W. Lee, S. Y. Kang, S. H. Han, C. Rhee *European Food Research and Technology* 2009, 228, 449.
9. J. Lokuwan *Food Hydrocolloid* 2007, 21, 928.
10. J. A. Patindol, B. C. Gonzalez, Y. J. Wang, A. M. McClung *J. Cereal Sci.* 2007, 45, 209.
11. T. Y Sheu, M. Rosenberg *J. Food Sci.* 1998, 63, 491.
12. J. C. Spada, L. D. F. Marczak, I. C. Tessaro, C. P. Z. Noreña *Int. J. Food Sci. Tech.* 2012, 47, 186.
13. M. A. Trindade, C. R. F. Grosso *J. Microencapsul.* 2000, 17, 169.
14. J. Zhao, R. L. Whistler *Food Technol.* 1994b 48, 104.
15. J. Zhao, R. L. Whistler. *Cereal Chem.* 1994a, 71, 392.

ESTUDIOS DE ESTRUCTURA SUPERFICIAL DE MICROCELULOSA NATIVA Y MODIFICADA POR MEDIO DE AFM Y ESEM.

M. A. Lorenzo-Santiago¹, J. R. Rendón-Villalobos¹, E. García-Hernández²,
R. Salgado Delgado², y Y. Torres-Ramírez¹

¹Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, Calle Ceprobi # 8, Col. San Isidro. CP 62731, Yautepec, Morelos, México - migue_89angel@hotmail.com, rrendon@ipn.mx; shecid_147@hotmail.com; ²División de Estudios de Postgrado e Investigación y Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Morelos, México - eddgarcia@hotmail.com; renesalgado@hotmail.com

Área de participación: Bioprocesos y Desarrollo Sustentable.

Resumen- El análisis microscópico de celulosa obtenida a partir de bagazo de caña de azúcar fue por Microscopía de Fuerza Atómica, Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental y Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier.

Los resultados obtenidos por Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier, indicaron la remoción de la lignina, esencialmente por la ausencia del pico en la región 1419 cm⁻¹ y la presencia de un pico intenso en 2919 cm⁻¹ en el espectro de Infrarrojo. Estas señales indican una mayor disponibilidad de celulosa en el medio, indicando la eliminación parcial de la lignina.

Con ayuda de la Microscopía Electrónica de Barrido se determinó el promedio del diámetro de las fibras. La eliminación de las paredes lignocelulósicas es evidente mostrando fibras de celulosa separadas con un tamaño que oscila entre 3 y 16 µm. Las fibras obtenidas presentaron un diámetro promedio de 8.9 µm.

El análisis Microscópico de Fuerza Atómica, presentó características muy peculiares en el análisis micromolecular de las fibras de bagazo de caña, presentando cavidades rugosas y poros en su superficie. En las fibras modificadas presentó fibrillas separadas de tamaños homogéneos y superficie rugosa.

Introducción.

La falta de conciencia en el mundo, ha generado problemas importantes en los ecosistemas, uno de ellos ha sido la contaminación por plásticos; se considera que el inconveniente radica debido a la falta de educación en el reciclaje y su producción desmedida.

Por las características que este tipo de material ofrece en sus etapas de fabricación, es susceptible de ser moldeado en diferentes formas a través de la aplicación de calor y presión [Buekens, 2006].

En México se generan al día once mil toneladas de desechos sólidos, de las cuales los plásticos representan cerca del 20% del volumen total, y aproximadamente el 12% en peso [Salgado-Delgado, 2010]. Esta estadística demuestra que los mexicanos somos consumidores potenciales de productos que necesitan de un envasado, recubrimiento y/o embalaje elaborado principalmente por derivados de petróleo.

En la actualidad algunos centros comerciales y tiendas de autoservicio pretenden mostrar una imagen ambientalmente responsable ofreciendo empaques con el lema “oxi-biodegradables”. Sus componentes principales son polietileno, metales como cobalto, manganeso y plomo.

De acuerdo con la FUNAM (2010), este tipo de empaques no beneficia al ambiente sino a las empresas que fabrican los aditivos y a los comercios, además que interrumpen el compostaje de residuos orgánicos y favorecen un mayor uso de bolsas plásticas en lugar de reducirlo.

Conscientes de los impactos ambientales que producen los polímeros sintéticos, se ha dirigido la atención para investigar diferentes biopolímeros que gradualmente reemplacen a los polímeros sintéticos por materiales biodegradables, tanto a nivel agrícola e industrial como biotecnológico [Moya, 2001], entre ellos se pueden mencionar celulosas, almidones, pectinas, quitosano, entre otros.

La celulosa es el polímero natural más abundante de la tierra, que gracias a su inherente rigidez, ha emergido como una importante fuente hacia la obtención de partículas que puedan ser empleadas en el reforzamiento de materiales termoplásticos [Cataño, 2009].

Sin embargo, y a pesar del amplio potencial de la celulosa, ésta no es aprovechada en su totalidad; por lo general los productos de desecho que se obtienen, se reutilizan como combustibles para calderas o para la fabricación de productos artesanales [Goodger, 1975].

Debido al impacto ambiental que genera este desecho se considera una materia prima muy factible para desarrollar nuevos materiales con este polímero natural.

Sección Experimental.

Materiales.

La materia prima que se utilizó en este trabajo fue el biopolímero celulosa, proveniente del bagazo de caña. Los reactivos usados para la extracción de la microcelulosa fueron: Éter etílico (CAS: 60-29-7); Hidróxido de sodio (CAS: 1310-73-2); Alcohol etílico (CAS: 64-17-5); Agua destilada (CAS: 7732-18-5); Alcohol metílico (CAS: 67-56-1); Ácido sulfúrico (CAS: 7664-93-9); Hipoclorito de sodio (CAS: 7681-52-9); Ácido acético glacial (CAS: 64-19-7).

Modificación química y blanqueamiento del bagazo de caña.

La celulosa se obtuvo de acuerdo con la metodología de Salgado-Delgado y col. [2010], para lo cual se realizó una hidrólisis ácida a una temperatura de 45 °C durante 30 min, utilizando una solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 30 % (p/p). Se realizaron lavados a la muestra con etanol y agua para después ser secadas a una temperatura de 60 °C durante 24 h [Morán y Álvarez, 2008].

El blanqueamiento de las fibras se obtuvo suspendiéndolas en agua destilada a la cual se adicionó una solución de hipoclorito de sodio/ácido acético glacial (4:2 v/v); se mantuvo en agitación durante 4 horas a 70 °C. Se colocó la muestra en un baño refrigerado hasta alcanzar 10 °C para después lavar con etanol/agua (50:50) y llevarlas a secado por 18 h con una temperatura de 60 °C.

Obtención de microfibras de celulosa por Ultrasonificación térmica.

Para obtener las microfibras de celulosa, la muestra se preparó en una solución ácida (100 mL de HCl 12.1 N, 300 mL de H₂SO₄ 36 N y 600 mL de agua desionizada). La ultrasonificación ocurrió a 60 °C durante 4 h con ciclos de descanso de 3 s. Las fibras se secaron a 60 °C durante 12 h.

Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental (ESEM).

Para los análisis de Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental se empleó un equipo Phillips XL30, de 3.0 nm en el modo de alto vacío y 4.0 nm en el modo de bajo vacío. El modo de bajo vacío permite la observación y análisis de muestras no conductivas, húmedas o no compatibles con el alto vacío. La utilización del ESEM posee dos ventajas fundamentales con respecto a la muestra: no se recubre y se puede trabajar con presiones altas.

La muestra se esparció sobre una cinta conductora de carbono de doble adhesión, la cual se fijó previamente en un portaobjeto de aluminio y colocada en un ionizador de metales, las muestras fueron observadas a un voltaje de hasta 15 kV, en los modos de electrones secundarios y retrodispersados [Rendón-Villalobos, 2011].

Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental (ESEM).

Para los análisis de microscopía electrónica de barrido ambiental se empleó un equipo Phillips XL30, de 3.0 nm en el modo de alto vacío y 4.0 nm en el modo de bajo vacío. El modo de bajo vacío permite la observación y análisis de muestras no conductivas, húmedas o no compatibles con el alto vacío. La utilización del ESEM posee dos ventajas fundamentales con respecto a la muestra: no se recubre y se puede trabajar con presiones altas.

La muestra se esparció sobre una cinta conductora de carbono de doble adhesión, la cual se fijó previamente en un portaobjeto de aluminio y colocada en un

ionizador de metales, las muestras fueron observadas a un voltaje de hasta 15 kV, en los modos de electrones secundarios y retrodispersados [Rendón-Villalobos, 2011].

Espectroscopia de Infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR).

Los estudios de FTIR para la celulosa y nanofibras fueron llevados a cabo usando un espectrómetro de infrarrojo Perkin-Elmer (Spectrum 100/100N FT-IR). Para cada espectro se utilizó una resolución de 16 cm^{-1} y 15 barridos, en un intervalo de 4000 a 400 cm^{-1} en el modo de transmitancia.

Resultados y Discusión.

Materia prima.

El Bagazo de caña de azúcar que se empleó para la experimentación presentó fibras grandes en diámetro y longitud que fueron posteriormente cortadas hasta longitudes entre 1 y 2 cm.

Hidrólisis ácida.

Durante la hidrólisis el tamaño de las partículas de la fibra disminuyeron considerablemente, además de que el proceso ayudó a eliminar impurezas que no se habían eliminado en la mercerización. Aunque en este proceso aún se pudo observar una coloración café en la fibra.

Blanqueamiento.

Al momento de agregar la solución de hipoclorito de sodio y ácido acético glacial, la fibra se precipita, generando así que durante el proceso de agitación y calentamiento la decoloración fuera más evidente. Después de que transcurren las cuatro horas en agitación se somete a un choque térmico en un baño con hielo hasta que alcanza la temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el interior.

Al alcanzar esa temperatura se somete a filtración y secado durante 18 h a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, dejando así la fibra más vulnerable para posteriormente realizar la modificación mecánica y obtener micropartículas de celulosa.

Ultrasonicación Térmica.

Después del blanqueamiento, las muestras pasan por un proceso de homogeneización ultrasónica. La finalidad es que las fibrillas sean de tamaño uniforme y sean distribuidas con suavidad.

Se observan fibras muy pequeñas y sin coloración; se puede decir que toda la lignina fue eliminada durante el blanqueamiento. Después de la ultrasonicación, el producto final es una pasta homogénea y blanquecina.

Espectroscopia de Infrarrojo por transformada de Fourier.

En la Figura 1, llama la atención un pico alrededor de 2919 cm^{-1} , según lo reportado por (Espitia, 2010), esta señal está asociada a la tensión C-H de los grupos alquil-alifático (H-C-H). La presencia de los grupos metoxilo ($\text{CH}_3\text{-O-}\phi$) se muestra en el pico de 1419 cm^{-1} . Basándose en lo reportado por (Reddy *et al.*, 2005), estas señales desaparecen cuando la muestras son sometidas a tratamiento químico y la lignina ha sido parcialmente eliminada.

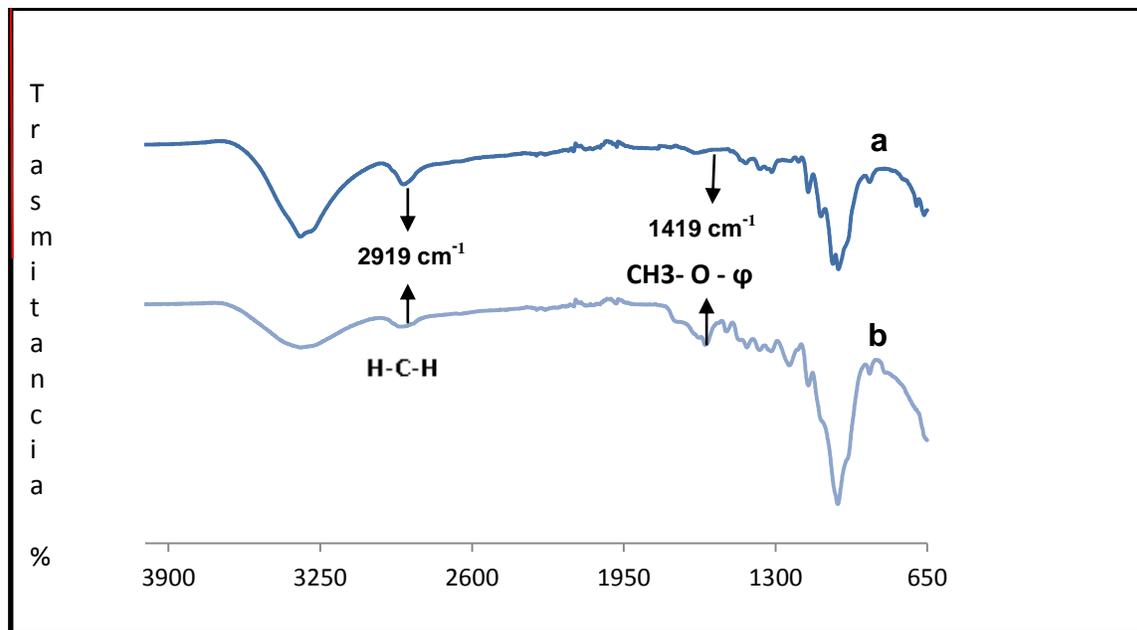


Figura 1. Espectros IR del Bagazo de caña de azúcar con tratamiento químico (a) y Bagazo de caña de azúcar sin tratamiento (b).

Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental.

Se realizó tanto en la materia prima como en los productos obtenidos después de los procedimientos de modificación química y tratamiento alcalino del bagazo de caña. De la serie de micrografías se pudo observar que en promedio el diámetro del bagazo de caña, fue de $330\ \mu\text{m}$ (Figura 2a).

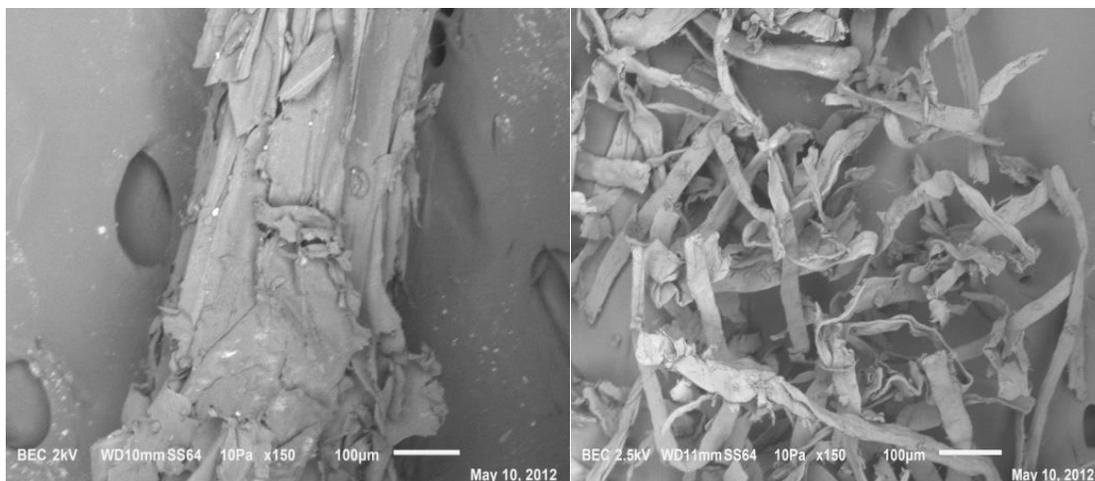


Figura 2. Fotomicrografías (ESEM) del bagazo de caña sin tratamiento químico y celulosa tratada químicamente

Después del blanqueamiento aparecen fibras individuales que se han separado del seno de los filamentos celulósicos, en este procedimiento es más evidente la disminución en el grosor y tamaño de las microfibrillas. Las microfibrillas presentan tamaños homogéneos con diámetros que oscilan entre 3 y 16 μm , con un promedio de 8.9 μm , tal como se puede apreciar en la Figura 2b.

Microscopia de Fuerza Atómica.

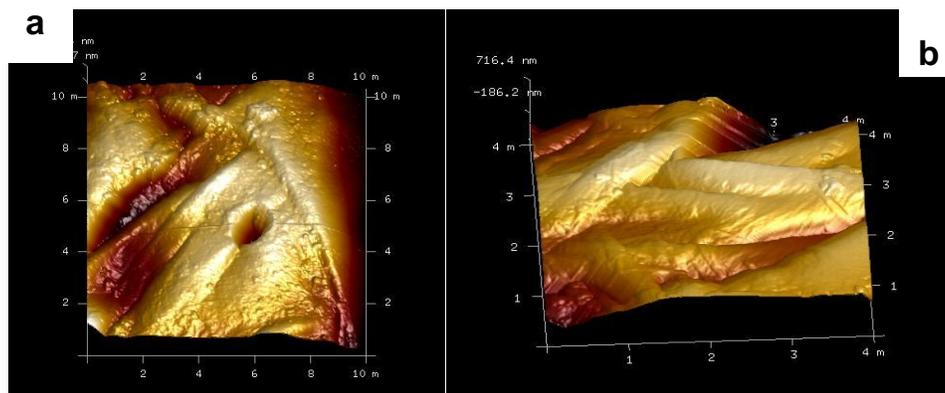


Figura 3. Imágenes AFM de bagazo de caña nativo (a) y AFM de microcelulosa con tratamiento químico (b)

La figura 3a muestran una superficie granular y aparentemente rugosa. Se observa un poro con un diámetro de 664.84 nm, su presencia podría ser por el proceso de molienda o por el tiempo de almacenamiento.

En la figura 3b se puede observar que la altura de las grietas es aproximadamente de 716.4 nm en un área $4 \times 4 \mu\text{m}^2$. Se presenta en las fibrillas un cambio de coloración, dejando un esquema más claro de la morfología de la celulosa disponible con modificación química.

Conclusiones.

Con base en los objetivos planteados se aislaron satisfactoriamente microfibras de celulosa a partir de residuos agroindustriales de caña de azúcar, mediante tratamiento ácido-alcalino, seguido de un tratamiento ultrasónico.

El tratamiento químico empleado separa eficientemente las fibras de celulosa, esto se puede apreciar a partir del análisis de espectroscopia infrarroja.

La ESEM y AFM fueron técnicas apropiadas en el proceso de aislamiento de las microfibras de celulosa, ya que a través de las micrografías se observa la separación de las microfibrillas de celulosa cuando los tejidos vegetales son sometidos a los tratamientos químicos para remoción de lignina, además de presentar la morfología de la superficie de las fibras modificadas.

Agradecimientos.

Deseamos agradecer el apoyo financiero del Proyecto SIP20120985 de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN) y a la Comisión de Operación y Fomento de las Actividades Académicas del IPN (COFAA-IPN).

Referencias.

1. Buekens, A. Introduction to Feedstock Recycling of Plastics. p 4 of Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics. *Ed. John Scheirs and Walter Kaminsky Wiley. 2006.*
2. Salgado-Delgado, R.; Coria-Cortés, L.; García-Hernández, E.; Vargas-Galarza, Z.; Rubio-Rosas, E. y Crispín-Espino, I. (2010). Elaboración de materiales reforzados con carácter biodegradable a partir de polietileno de baja densidad y bagazo de caña modificado. *Revista Iberoamericana de Polímeros. (11)* 520-531.
3. Fundación para la defensa del Ambiente. FUNAM. **2010.** www.funam.org.ar.

4. Moya, M. Producción y aprovechamiento de desechos agroindustriales en América Latina. *Development of Environmentally Compatible Polymers from Biowaste*. **2001**. Pp. 76-79, 82-85.
5. Cataño, E. H. Obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de desechos agroindustriales. Tesis de Licenciatura. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. **2009**.
6. Goodger, E.M. Hydrocarbon fuels, production, properties and performance of liquids and gases. *Macmillan (Eds)*, USA, **1975**. Pp. 270.
7. Rendón-Villalobos, R. (2011). Estudio y caracterización química, térmica y morfológica de acetatos de almidón de plátano macho con diferentes grados de sustitución. Tesis de Doctorado. Instituto Tecnológico de Zacatepec. México.
8. Espitia, H. M. Aislamiento de Nanofibras de Celulosa a partir de Residuos Agroindustriales de Fique y Caña de Azúcar, con potencial aplicación en Reforzamiento de Polímeros Termoplásticos. Tesis de Maestría. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. **2010**.
9. Reddy N. and Yang Y. Structure and properties of high quality natural cellulose fiber from cornstalks. En: *Polymers*. **2005**. (46): p. 5494–5500.

ESTUDIOS TÉRMICOS Y ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN DE JÍCAMA (*Pachyrhizus erosus*) PARA SU POSIBLE APLICACIÓN EN NUEVOS PRODUCTOS

Y. Torres-Ramírez¹, J. R. Rendón-Villalobos¹, E. García-Hernández², Zully Vargas Galarza² y M. A. Lorenzo-Santiago¹.

¹Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, Calle Ceprobi # 8, Col. San Isidro. CP 62731, Yauatepec, Morelos, México – shecid_147@hotmail.com, rrendon@ipn.mx; migue_89angel@hotmail.com; ²División de Estudios de Postgrado e Investigación y Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Zacatepec – eddgarcia@hotmail.com; zullyvag@hotmail.com

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – En el presente trabajo se utilizó el fruto de la jícama cultivada en el estado de Morelos para la obtención del biopolímero, al cual se le realizó una modificación química con anhídrido acético para mejorar sus propiedades y ampliar así sus aplicaciones en diversas industrias. En la modificación química el biopolímero de la jícama, reaccionó durante 60 minutos a una temperatura de 123 °C ± 3 °C con 277.77 mL de anhídrido acético, utilizando un nivel de 0.05 de NaOH al 50% como catalizador. Se obtuvo un grado de sustitución (GS) máximo de 0.92 y un valor mínimo de 0.32.

El biopolímero en su forma nativa fue caracterizado morfológicamente por medio de microscopía electrónica de barrido ambiental, la cual mostró microfotografías de los gránulos con forma redonda y poligonal con un diámetro en promedio de ~8.2 µm. Los almidones modificados obtenidos a los distintos tiempos de reacción, se les realizó una caracterización térmica y estructural con el fin de determinar su posible aplicación comercial.

Los resultados del DSC mostraron una disminución en la temperatura de inicio, temperatura de pico y la temperatura final para los almidones acetilados en comparación con el almidón nativo. En el FTIR el almidón nativo presentó una señal de 1370 cm⁻¹, específico del CH₃ de los grupos acetilos, confirmando que se realizó la modificación química.

Introducción.

Los polímeros naturales (biopolímeros) son parte de los seres vivos, algunos de ellos como el ADN y el ARN son fundamentales en los procesos de vida de los organismos. Los biopolímeros pueden ser de origen animal como la seda y la lana; y vegetal como el algodón, el caucho, la celulosa y el almidón [Zhao y Whistler, 1994]. El uso de un polímero natural tal como es el almidón, puede llegar a satisfacer las necesidades de algunas industrias ya que tiene un amplio campo de aplicación que va desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel y adhesivos.

El almidón puede ser extraído de cereales, frutos o bien de tubérculos, se encuentra formado por dos polímeros de glucosa; amilosa y amilopectina, con estructuras, propiedades y funciones diferentes. Las proporciones entre estos

componentes, pueden resultar en gránulos de almidón con propiedades fisicoquímicas diferentes.

La estructura nativa del almidón puede resultar poco eficiente, ya que tiene limitaciones en su uso como su sensibilidad a la temperatura, al pH, a la presión, a los esfuerzos de corte extremo y su poca solubilidad. Estas limitaciones se pueden corregir modificando su estructura nativa por métodos físicos, químicos y enzimáticos, los cuales permiten obtener diferentes tipos de almidones modificados, extendiendo así sus aplicaciones en la industria [Fleche, 1985]. La acetilación es la modificación química que se puede realizar con relativa facilidad para mejorar significativamente la estructura química del almidón nativo [Prieto-Méndez *et al.*, 2010]

Al realizar la modificación química del almidón con anhídrido acético se obtienen productos con distintos grados de sustitución, el cual se define por el número promedio de grupos hidroxilos sustituidos por cada unidad de anhídrido glucosa. Cuando se tienen bajos grados de sustitución (0.001 a 0.1), los almidones modificados se utilizan como espesantes para mejorar la estabilidad y claridad de las pastas a bajas temperaturas y como aditivos en la industria alimentaria, mientras que en altos grados de sustitución (0.5 a 2.5) de los almidones modificados se pueden emplear en recubrimientos, adhesivos y producción de películas.

Sección Experimental.

Materiales.

La materia prima que se utilizó para el desarrollo de este estudio fue el tubérculo de la jícama, con el cual se obtuvo el biopolímero de almidón.

Extracción y purificación del biopolímero.

El aislamiento del almidón se realizó siguiendo la metodología de Galván (2002), la cual se describe brevemente. Los tubérculos de las jícamas fueron lavados, pelados y cortados en cubos de 2 a 3 cm. En una licuadora (BLACK & DECKER Modelo 250) se molieron lotes de 250 g de jícama con 500 mL de agua destilada. La mezcla obtenida fue pasada por un tamiz de malla 50 (0.300 mm) con la finalidad de separar el almidón del bagazo.

El almidón se secó en un horno de convección a 60 °C durante cinco horas, se molió con un mortero y se pasó por un tamiz de malla 200 (0.075 mm). Las muestras fueron almacenadas en frascos herméticos a temperatura ambiente hasta su uso.

Acetilación del almidón.

Para realizar la modificación química del almidón de jícama se siguió la metodología propuesta por Rendón-Villalobos *et al.* (2010).

Se pesaron 100 g de almidón nativo (base seca), se agregó anhídrido acético en proporción 1:3 (en base al peso) y se mezcló durante 10 min dentro de una

campana de extracción y a temperatura ambiente. La temperatura de reacción fue de $123^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, la cual se mantuvo durante los 60 min de la reacción. La mezcla (almidón – anhídrido acético), fue transferida a un matraz de tres bocas con capacidad de 500 mL y se mantuvo en agitación a 300 rpm con un mezclador mecánico, finalmente se agregó NaOH al 50% utilizando un nivel de 0.05 (g/g del almidón).

Se tomaron alícuotas de ≈ 40 mL a los diferentes tiempos de reacción como fueron: 15, 30, 45 y 60 min, respectivamente. La muestra se lavó con suficiente agua destilada hasta eliminar el anhídrido. El almidón acetilado fue secado en una estufa de convección a una temperatura de 60°C durante 6 h, una vez seco se molió en un mortero, se realizó un tamizado en malla de 200 (0.075 mm) y fue almacenado en frascos.

Determinación de los grupos acetilo.

Se determinaron los grupos acetilo de acuerdo al método utilizado por Rivas-González (2009).

Se pesó 1 g de almidón y se transfirió en un matraz erlenmeyer de 200 mL, se le agregó 50 mL de etanol al 75% y se colocó en un baño de agua a 50°C durante 30 min con una agitación constante de 300 rpm. Transcurrido el tiempo la muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente y se le agregó 40 mL de KOH al 0.5 N y 50 μL de fenolftaleína al 1%. El matraz fue tapado y se dejó en agitación (300 rpm) a temperatura ambiente durante 72 h. Se hicieron preparaciones por duplicado tanto del almidón nativo como del acetilado. Después de este tiempo las muestras fueron tituladas con HCl 1 N. El porcentaje de grupos acetilo del almidón de jícama se calculó mediante la ecuación 1;

$$\% \text{ Acetilos} = \frac{(\text{mL de blanco} - \text{mL de muestra}) \times N \text{ del HCl} \times 0.043 \times 100}{\text{g de muestra (base seca)}} \quad \text{Ec. 1}$$

En donde: N HCl es la normalidad del ácido clorhídrico y 0.043 son los miliequivalentes del grupo acetilo.

Determinación del grado de sustitución (GS).

El GS fue calculado con la ecuación 2, en donde se sustituye el porcentaje de grupos acetilos obtenidos.

$$\text{GS} = 162 \times \frac{\% \text{ Acetilos}}{4300} - (42 \times \% \text{ Acetilos}) \quad \text{Ec. 2}$$

En donde: 162 es el peso molecular de la unidad anhidro glucosa (UAG, 4300 es el resultado del peso molecular del grupo acetilo y 42 es el peso molecular del grupo acetilo menos 1.

Microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM).

Para el análisis morfológico del almidón nativo de jícama se utilizó un microscopio electrónico de barrido ambiental marca Phillips XL30 de 3.0 mm. La muestra de almidón nativo se esparció sobre una cinta conductora de carbono de doble adhesión, la cual fue fijada previamente en un portaobjeto de aluminio y posteriormente fue colocada en un ionizador de metales.

Calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Para obtener una caracterización térmica del biopolímero, se utilizó un calorímetro diferencial de barrido marca TA modelo 2010 (TA Instruments, New Castle, DE). Los parámetros térmicos que se evaluaron en el almidón nativo y modificado con distintos grados de sustitución fueron: la temperatura de inicio (T_i), la temperatura pico (T_p) y la temperatura final (T_f).

Espectroscopia de infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR).

Para la caracterización estructural se utilizó un Espectrofotómetro de Infrarrojo, integrado a transformada de Fourier, marca Perkin Elmer UATR Two (FT-IR Spectrometer). El intervalo de medición fue de 4000 a 600 cm^{-1} en modo transmitancia y se indicó una fuerza de barrido de 50, los resultados fueron determinados por el software Perkin spectrom versión 10.0302.

Resultados y Discusión.

Extracción y purificación de almidón de jícama

Se realizaron tres extracciones de almidón utilizando distintas cantidades en kilogramos de jícama. La extracción total de los tres lotes fue de 487.8 g de almidón (Figura 1) con un 10.4% de humedad lo que representa un 1.89% de rendimiento con relación a la jícama fresca. Este resultado es cercano a los obtenidos por Galván (2002) en donde reporta rendimientos de almidón de jícama (*Pachyrhizus erosus*) de 2.0%.



Figura 1. Almidón extraído por el método modificado de Galván, 2002.

Microscopía electrónica de barrido ambiental.

En la figura 2 se observan las fotomicrografías del almidón nativo de jícama a una resolución de 2000 x (a) y 800 x (b).

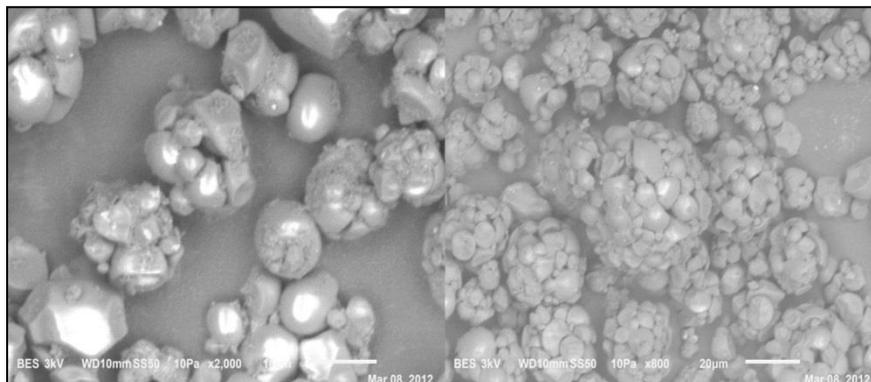


Figura 2. Micrografías del almidón nativo de jícama a una resolución de: a) 2000x y b) 800x.

Los gránulos del almidón nativo de jícama se muestran de forma redonda y poligonal, mostraron una superficie lisa, sin fisuras o poros. Esta forma y textura de los gránulos coinciden con lo reportado por Flores (2004), para una muestra similar. La mayoría de los gránulos se encuentran agrupados, como se observa en la figura 14b y, presentan un tamaño promedio de 8.27 μm de diámetro.

Porcentaje de grupos acetilo y grados de sustitución de los almidones acetilados.

El valor máximo obtenido fue a los 60 minutos de reacción con un porcentaje de 19.78. Los valores del porcentaje de acetilo obtenidos a los 30 y 45 minutos, son muy cercanos a los reportados por Guerra-DellaValle *et al.* (2008) y Rivas-González *et al.* (2009), de 17.20 y 22.58%, respectivamente, para muestras de almidones de plátano.

El resultado del contenido de grupos acetilo fue utilizado para determinar el grado de sustitución (GS). El GS fue aumentado gradualmente conforme el tiempo de reacción incrementaba, (Figura 3), obteniéndose un valor mínimo de 0.32 y un valor máximo de 0.92 a los 15 y 60 minutos de reacción, respectivamente. El valor de GS de 0.32 es igual al reportado por Rendón-Villalobos *et al.* (2010) y muy cercano al reportado por Prieto-Méndez *et al.* (2010), para dos fuentes diferentes de almidón y en donde la modificación química se llevó a cabo en condiciones similares a las realizadas en esta investigación.

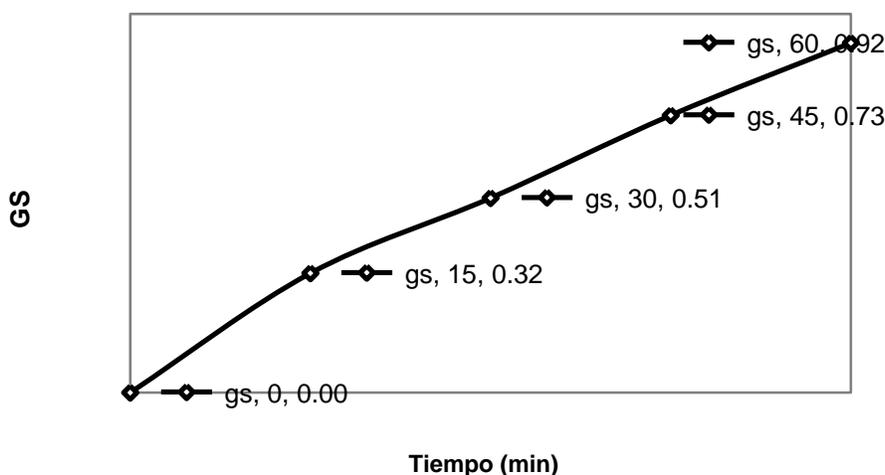


Figura 3. Grados de sustitución del almidón de jícama modificado.

De los resultados obtenidos se tiene entonces que los almidones modificados presentaron GS que son clasificados como de mediano y alto grado de sustitución, los que los ubica con potencial uso en aplicaciones tales como adhesivos, recubrimientos, filtros de cigarrillos, tabletas y plásticos biodegradables.

Análisis térmico del almidón nativo y acetilados de jícama.

Los almidones acetilados mostraron una disminución significativa en las temperaturas de inicio (T_i), en la Temperatura de pico (T_p), y temperatura final (T_f) en comparación con el almidón nativo, lo cual puede ser debido a la presencia de los grupos acetilo en los almidones modificados (Tabla 1).

Tabla 1. Temperatura y entalpia de la gelatinización de almidón nativo y almidones acetilados

Muestra y tiempo de reacción	T_i (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)	ΔH (J/g)
ANJ	57.88	69.25	89.23	13.27
MJ (15 min)	59.94	68.63	80.27	8.15
AMJ 30 min)	59.66	68.36	80.25	7.51
AMJ (45 min)	58.24	67.38	79.99	6.07
AMJ (60 min)	57.66	66.51	79.42	5.75

En la muestra ANJ se obtuvo un valor de entalpia (ΔH) mayor que en los almidones acetilados a los diferentes tiempos de reacción. La entalpia fue disminuyendo conforme al tiempo de reacción incrementó; de acuerdo a lo

reportado por Rivas-González *et al.* (2009)³⁶ en almidón de plátano y por Prieto-Méndez *et al.* (2010)⁵ en almidón de cebada, se ha demostrado que la desorganización de los componentes y la ruptura de los gránulos de almidón durante la acetilación son responsables de este comportamiento.

Analisis estructural del almidón nativo y modificado de jícama.

En la figura 4 se observa una señal a $\sim 1226\text{ cm}^{-1}$ que corresponde específicamente al estiramiento del enlace C-O de los grupos acetilo, y la cual confirma que la acetilación se ha llevado a cabo en el biopolímero.

Otras señales de importancia también se presentaron a ~ 1370 y 1740 cm^{-1} , que corresponde al CH_3 específico del grupo acetilo y al grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$) presente en almidón acetilado respectivamente.

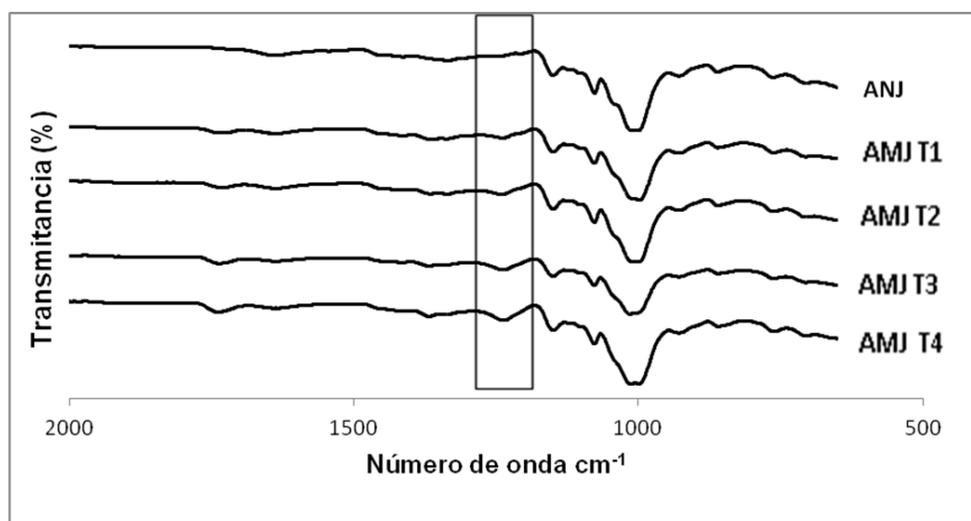


Figura 4. Acercamiento de la espectroscopia de infrarrojo del almidón nativo y modificado.

Conclusiones.

Se logró realizar una modificación química con anhídrido acético al biopolímero del almidón de jícama, con el fin de ampliar sus aplicaciones en la industria, así como de obtener un material potencialmente biodegradable.

Durante la acetilación del almidón, mientras mayor fue el tiempo de reacción, mayor fue el grado de sustitución (GS), se obtuvieron valores desde 0.32 hasta 0.92, lográndose obtener almidones con mediano y alto grado de sustitución, los cuales pueden ser utilizados como materia prima en la industria textil y papelera. Además de que también pueden ser usados en la industria química como aditivo o polímero base, gracias al carácter hidrofóbico que adquirió debido a la acetilación. La modificación química en los almidones fue comprobada por el análisis de espectroscopia de infrarrojo, el cual nos indicó señales a 1370 cm^{-1} que corresponden al grupo CH_3 de los acetilos y la señal a 1740 cm^{-1} que es específica para grupos $\text{C}=\text{O}$ del almidón acetilado.

La acetilación disminuyó la temperatura de pico y la entalpía de gelatinización, siendo el efecto del tiempo de reacción más evidente en el valor de la entalpía.

Agradecimientos.

Se agradece el apoyo otorgado por la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional, mediante el proyecto 20120985, "Caracterización de materiales nanocompuestos basados en biopolímeros para aplicación multisectorial".

Referencias.

1. J. Zhao and R. L. Whistler. *Cereal Chemistry*. 1994, 71, 392-993.
2. G. Fleche. *Starch Conversion Technology*, USA. 1985.
3. M. Prieto; C. Trejo; F. Prieto; M. Méndez, y A. Román. *Revista latinoamericana de recursos naturales*. 2010, 6, 32-43.
4. M. R. Galván. Tesis, Universidad Autónoma de Querétaro, 2002.
5. J. R. Rendón-Villalobos; E. García-Hernández; M. Güizad-Rodríguez; R. Salgado-Delgado y N. A. Rangel-Vázquez. *Afinidad LXVII*. 2010, 67, 294-300.
6. M. Rivas-González; P. B. Zamudio-Flores y L. Bello-Pérez. *Revista Mexicana de ingeniería química*. 2009, 8, 291-297.
7. S. Flores. Tesis, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-Instituto Politécnico Nacional Yautepec, Morelos, 2004.
8. D. Guerra-Dellavalle; R. A. Gonzales-soto; J. Solorza-Feria y G. Arámbula-Villa. *Revista mexicana de ingeniería química*. 2008, 7, 283-291.

LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL, DESDE LA RELACIÓN ENTRE LO EDUCATIVO, LO SOCIAL Y LO BIOFÍSICO

M. A. Coca Fonseca

Semillero de investigación Awagkuna, Facultad de Educación, Universidad Antonio Nariño, Bogotá-Colombia- macao316@hotmail.com

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen – La presente ponencia tiene como objetivo abordar la problemática ambiental desde la integración de los ejes educativo, social y biofísico; para lo cual se estudia de manera particular el contexto ambiental de la Cuenca Media del río Tunjuelito, en la localidad de Usme, al sur de Bogotá, Colombia. Para tal, se inicia haciendo una revisión de las concepciones de ambiente, identificando: a) visión ecologista-conservacionista, b) visión de explotación sustentable, y c) visión compleja. En el desarrollo del estudio, se hace una revisión documental, así como una exploración de campo, para desde ello poder fundamentar la problemática ambiental de la Cuenca del río, a partir de los elementos educativos, sociales y biofísico. Las conclusiones muestran que para un contexto como el enunciado es necesario hacer una lectura compleja, que logre articular varias dimensiones, para así poder proyectar acciones complejas para su transformación.

Introducción.

La problemática ambiental es vista como una “moda” para algunos “ambientalistas”, sin darle la dimensión necesaria a temas culturales y socio-políticos que superen la idea de la conservación de recursos y el activismo; así mismo, parece ser que la problemática ambiental pasa desapercibida para alguna gente del común, por lo que sólo es tenida en cuenta en su real dimensión por una parte de la población. Por ello es necesario estudiar el problema ambiental desde cada uno de los ejes que giran en torno a este, es decir que es pertinente examinar una problemática ambiental desde cada una de sus concepciones.

El caso específico de problemática ambiental que se estudia en el presente documento, se sitúa en el pueblo de Usme, ubicado en localidad quinta de Usme, en Bogotá DC-Colombia. Dicho contexto ambiental se conforma por el resultado de un largo proceso de evolución de elementos naturales o biofísicos, geomorfológicos, climáticos, edáficos, florísticos y faunísticos, y de una permanente dinámica de ocupación y transformación del territorio por parte del hombre; además cuenta con ecosistema de subpáramo entre 3.000 y 3.400 *m.s.n.m.*; así mismo presenta especies que habitan en ecosistemas como los de páramo y altoandino, siendo al sub-páramo de Usme una estación transitoria para diversas especies propias de estos ecosistemas.

Además, Usme presenta explotación en la agricultura y la ganadería, con cultivos de papa y arveja, así como ganado bovino y ovino; surgiendo así una de las

principales actividades comerciales en la tradición en frigoríficos. También se da la urbanización a gran escala con conjuntos residenciales que emergen por la demanda de vivienda de interés social y los cuales se sitúan en donde antes se encontraban los cultivos de los campesinos; lo que contrasta con el crecimiento y marginalidad de una gran porción de la población. Además, la zona cuenta con fuentes hídricas, una de las cuales es la Cuenca Media del Río Tunjuelito y afluentes, que está bastante cerca del pueblo y alrededor de la cual hay escuelas rurales y urbanas con una variada caracterización en la población educativa.

Por otra parte muy cercana a la población y en el trayecto de la cuenca, está el Relleno Sanitario Doña Juana, que según datos de Localidad de Usme (2009) *“el único método utilizado para la disposición final de los residuos sólidos [en la ciudad de Bogotá] es el relleno sanitario, el cual es un espacio destinado para la disposición y la degradación de los residuos; proceso en el que se generan varios tipos de emisiones contaminantes, como lo son las emisiones gaseosas (CH₄, CO₂, H₂S, entre otros) y las emisiones líquidas, (lixiviados generados por la descomposición de la materia orgánica”*

Todo representa a un contexto complejo el cual exige una lectura compleja que supere la tradición ecologista y conservacionista, por lo que el documento se propone hacer una aproximación a la integración de los ejes social-educativo-biofísico y con ello quedan abiertas nuevas puertas para la investigación, para la educación, para el cambio cultural y posibles acciones de las comunidades desde una lectura compleja.

Fundamento Teórico.

Algunos conceptos o tendencias sobre la forma de entender la problemática ambiental se orientan hacia la postura de explotación sustentable, otros hacia la visión ecologista-conservacionista y otras hacia una mirada sistémica o compleja; es relevante su revisión, porque todos ellos suponen una forma de interpretar y actuar en el contexto ambiental:

1. Visión ecologista-conservacionista:

Esta concepción está relacionada con la ética ambiental, los valores infundados y el amor por nuestro planeta; suponiendo que si se tiene una ética ambiental, es posible mitigar las dificultades que presenta el medio ambiente.

Se puede afirmar que parte de las problemáticas ambientales están relacionados con la falta de ética y la conciencia ambiental, por eso el enfoque educativo de esta visión es que los sujetos comprendan la crisis ecológica y la responsabilidad humana en ella. Como efecto surge un gran número de acciones que buscan la solución de las crisis, tales como campañas masivas de reciclaje, campañas informativas, campañas de siembra de árboles, manifestaciones ciudadanas, etc.

Sin embargo, además de sensibilizaciones se debe lograr un cambio evidente en el ambiente. Se puede afirmar que la sensibilización logra impactar a una gran parte de la población, pero no debe ser la única forma de tratar una problemática; es pertinente lograr una interacción entre los sistemas de educación, la sociedad y el contexto biofísico, trabajando todas en pro de cambios reales y en todas; ya no basta con solo formar en los valores, sino también poder transformar a cada una de las características misma de la vida de los seres humanos y su sistema para existir. Respecto a la necesidad de pensar más allá de la conciencia y el activismo momentáneo, Morant (2008) refiere que *“la rapidez con la que el hombre destruye el medio ambiente es cada vez mayor y la velocidad con la que se consumen los recursos naturales supera la velocidad con la que se regenera, causando así su deterioro.”*

2. Visión de explotación sustentable:

La noción de sustentabilidad surge tras el desplazamiento del eco-desarrollo, siendo ésta la nueva idea de conservación ambiental, donde se debe tomar del medio ambiente lo que se necesita, pero cuidando y respetando en pro de las futuras generaciones. La sustentabilidad surge por el temor a la escasez de los recursos naturales; ejemplo de esto fue el aumento registrado del precio del petróleo en 1973 y años posteriores. Así, se busca dar uso efectivo de los recursos e identificar nuevas fuentes renovables; claridad de ello la muestra Pierri (2009):

“retomar el crecimiento -cambiar la calidad del desarrollo-, atender las necesidades esenciales de empleo, alimentación, energía, agua y Saneamiento-mantener un nivel poblacional sustentable -conservar y mejorar la base de recursos-reorientar la tecnología y administrar el riesgo-, incluir el medio ambiente y la economía en el proceso de toma de decisiones”

Una introducción del concepto de sustentabilidad, como opción de desarrollo de los estados en la actualidad, es realizada por Leff (2004):

“Los países del tercer mundo y de América Latina en particular, se vieron atrapados en la crisis de la deuda, la inflación y la recesión económica. La recuperación del crecimiento apareció entonces como una prioridad y razón de fuerza mayor de las políticas gubernamentales. En este proceso se configuraron los programas neoliberales de diferentes países, al tiempo que avanzaban y se complejizaban los problemas ambientales del orbe. En ese momento empieza a caer en desuso el discurso del ecodesarrollo y a ser suplantado por la retórica del desarrollo sostenible.”

Para la sustentabilidad un problema ambiental es visto como el deterioro de los recursos biofísicos como impacto la economía. Cuando se presenta el impacto ambiente, ya sea en lo biofísico o en los social, es cuando entra a funcionar el concepto de sustentabilidad de los recursos, en donde la nación procura lograr la

calidad de vida de los ciudadanos y el desarrollo económico, pero asegurando que los recursos se mantengan disponibles para las generaciones futuras. En la declaración Rio De Janeiro ONU (1992) se establece que *“los estados deberán cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sustentable”*; lo que se traduce en que el ambiente (como recursos biofísicos) servirá de insumo para la economía sustentable de una nación.

Es de suponer que un problema ambiental es aquel que afecte de manera directa el patrimonio de una nación y se deberá dar una solución adecuada en pro de lograr una nación sustentable, por lo que en la declaración de Rio De Janeiro se manifiesta *“Los estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sustentable de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de degradación ambiental”*, en donde es claro que el concepto de sustentabilidad es guiado hacia la explotación de los recursos naturales en la búsqueda de una economía que garantice una “calidad” de vida para una nación. Además los pueblos deberán abandonar algunas de sus costumbres para lograr ser una nación sustentable: *“para alcanzar el desarrollo sustentable y una mejor calidad de vida para todas las personas, los estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insustentables y fomentar políticas demográficas”* ONU (1992).

c) Visión compleja:

La visión compleja o sistémica de una problemática ambiental concibe al hombre como parte del ecosistema; entendiéndose que la afectación que sufre el medio no solo debe ser reconocida como un problema en torno al hombre, si no que ésta incide en cada nivel del ambiente. En la visión sistémica se abarca al ambiente como una sola unidad dentro de la cual hay niveles y todos los componentes (bióticos y abióticos) se relacionan entre sí para conformar dicho todo. En cuanto al hombre, no es el eje central, pero si quien debe realizar una lectura articulada de los componentes y niveles para determinar cómo los cambios (tal vez afectaciones por cambio dramático y negativo en los sistemas) emergen de las relaciones entre los componentes del ambiente (Morín, 1996).

Asimismo se deben establecer relaciones entre cada eje articulador del ambiente y entender que no hay una separación; ejemplo de esto es “el problema ambiental en la cuenca media del río Tunjuelito”, en donde desde el eje social sufre una afectación (problemas de salud y otros), pero así mismo es causante de la afectación (por sobre población, mal uso de los suelos, mal gestión de los residuos, etc.), y así mismo el eje educativo influye en la afectación (porque no transforma la situación de desinterés de la comunidad por la contaminación del río). Es de entender que es necesario articular todas las partes en la búsqueda de una comprensión y acción sistémica sobre el ambiente (Tovar, 2012).

Esta visión además busca una apropiación del mundo como un todo donde el hombre debe regresar a hacer parte de este y no ver lo natural como algo aislado de sus intereses, concepciones, acciones, costumbres, sistemas educativos,

económicos y políticos, si no como parte del todo. Esta visión va encamina a una educación ambiental integradora, auto-eco-organizada, que busca personas críticas, las cuales entiendan un problema ambiental desde varias de sus partes (conceptuales, procedimentales, valorativas y emotivas de del sujeto) y propongan soluciones complejas para estas.

Sección Experimental.

El enfoque del estudio es cualitativo, descriptivo e interpretativo. Las fuentes son documentales, los diarios de campo de las observaciones directas del contexto, así como algunas entrevistas de personas de la zona de Usme.

La conceptualización compleja del ambiente conlleva al equipo de trabajo a abordar diferentes aspectos relacionados con el contexto de la cuenca: Sociales, económicos, educativos, salud pública, aspectos biológicos y químicos, acción política (organización y participación ciudadana) y el desplazamiento de comunidades (forzado por violencia o por desempleo, principalmente); para el caso del presente reporte, se presenta los resultados de lo estudiado en los ejes social y educativo en relación con lo biofísico

La recolección y análisis de la información se lleva a acabó en tres etapas:

1. Etapa Uno. Revisión de antecedentes en fuentes documentales:

Durante la primera etapa del proyecto se realiza una extensa revisión documental referida a los ejes que pueden constituir la problemática ambiental de la Cuenca media del río Tunjuelito. Las fuentes identificadas fueron artículos de académicos o investigadores, documentos oficiales del gobierno de Bogotá o Local de Usme, informes de organizaciones no gubernamentales y comunitarias y noticias de diarios nacionales.

2. Etapa Dos. Aproximación a la comunidad:

Durante esta fase del estudio se construyen las herramientas de recolección de información; tales fueron entrevistas no estructuradas y diarios de campo para registrar aspectos culturales y socio-económicos observados. De manera particular se presenta que las personas no gustan de conceder entrevistas o hablar temas del contexto ambiental como territorio y urbanismo, debido a las fuertes tensiones presentadas entre comunidad y el sector oficial y las constructoras, así como las tensiones por aumento de la población desplazada por la violencia que se asienta en Usme en muchos casos en situaciones precarias.

3. Etapa tres. Relaciones entre las fuentes de información y entre los ejes:

Luego que se obtiene tienen los resultados de las diferentes fuentes (documental y comunidad), se procede a hacer una articulación o integración de dicha

información, ya sea que la información se complementara o se contradijera o mostrara aspectos alternativos a la revisión por separado, para desde allí aproximar una lectura compleja del contexto ambiental de la Cuenca Media del río Tunjuelito.

Resultados y Discusión.

1. Etapa uno. Revisión de antecedentes en fuentes documentales sobre lo social, lo educativo y lo biofísico:

Durante esta etapa se logra recolectar una gran cantidad de fuentes que permiten identificar y caracterizar cada eje y su relación. A continuación se hace una presentación de aspectos educativos y sociales que poco a poco van evidenciando posibles formas de relación o de actuar frente a lo biofísico; de esta manera, no es posible reducir la problemática a simple “falta de conciencia”, sino que por lo contrario, el análisis del contexto nos mostrará la complejidad de la problemática y la necesidad de hacer lecturas amplias y en diversas dimensiones.

Respecto a lo educativo, la primera fuente que se encuentra es un informe en el que la Secretaria de Educación Distrital -SED- (2011) reporta actividades en colegios de la ciudad de Bogotá, dirigidas a las comunidades educativas de la zona rural, más específicamente las comunidades de la localidad de Usme. Dichas actividades consistieron en la realización de muestras culturales, artísticas, además de presentación de los avances que como comunidad educativas están realizando en el cuidado ambiental; demostrando un fuerte arraigo cultural y una fuerte iniciativa de conservar sus costumbres, pues en estas comunidades las tradiciones son un motivo de orgullo colectivo. En dicha muestra los grupos educativos manifiestan que buscan igualdad con cada una de las demás comunidades educativas de la ciudad de Bogotá, pero sin dejar sus costumbres; igualmente dan a conocer las problemáticas ambientales que están afrontando en sus localidades y proponen soluciones desde los aspectos educativos.

En cuanto a avances en atención a las comunidades, el Centro Virtual de Noticias de la SED (2011) reporta el aumento del presupuesto, la construcción de mega colegios, la cobertura de alimentos y subsidios para que los estudiantes se motiven a estudiar, todo con el fin de disminuir la deserción escolar y promover una educación de calidad; sin embargo, cabe notar que las problemáticas sociales que afrontan estos estudiantes son más grandes que estas posibles ayudas que brinda el gobierno.

En términos generales se puede decir que la población educativa de la localidad de Usme se encuentra dividida en dos gran poblaciones:

La primera, es la población educativa rural con sus problemáticas ambientales como la contaminación del cuenca media del río Tunjuelito, el manejo de residuos, la sobre explotación de los suelos y otras; teniendo a favor que los estudiantes

demuestran un interés por cuidado del ambiente y la conservación de costumbres y valores, igualmente exigen inversión en sus escuelas para tener una igualdad en las oportunidades con los estudiantes de las demás localidades de (SED, 2011).

La segunda, es la población educativa de la zona urbana de esta localidad, las cuales cuentan con problemáticas más extensas; ejemplo de estas son la pobreza, (familias donde la madre es cabeza de hogar), embarazos a temprana edad, inseguridad por pandillas; en cuanto a las problemáticas ambientales están la contaminación del río, la ineficiencia en manejo de residuos y basuras, entre otras. Por otra parte en esta comunidad se reflejan las oportunidades que el gobierno está dando para intentar mitigar la deserción escolar; unas de estas son la construcción de mega colegios con todas las herramientas pedagógicas, y didácticas, con una infraestructura suficiente, con comedores escolares, subsidios educativos, rutas escolares y otros (Profamilia, 2011).

En otra dirección, pero sin pretender fraccionar las dimensiones que hacen parte del contexto ambiental de la cuenca media del río Tunjuelito, se hizo revisión de fuentes que se enfocan más al análisis del eje social. Las fuentes consultadas tales como Pérez (2009), Ministerio de Ambiente (2009), Alcaldía Mayor de Bogotá (2010) y Localidad de Usme (2009 y 2011), reflejan una visión de la historia de la localidad, el tipo de población y características de la misma, las generalidades sobre la contaminación del río como causas, extensión y posibles causas del deterioro ambiental de la localidad. Ejemplo de lo mencionado es la reseña del cambio que tuvo el pueblo de USME (inicialmente rural) al unirse al Distrito Especial (Bogotá, actualmente Distrito Capital), lo que trajo más presupuesto, pero que también trajo consigo a los proyectos de urbanización; sumado a ello, las problemáticas como la invasión de suelos para la construcción de barrios legales e ilegales, el aumento de población desplazada; así como todo los cambios que constituyen la actual problemática ambiental del río Tunjuelito y las actitudes de las comunidades frente a ello.

En cuanto a la participación de la comunidad en la solución de las problemáticas del río Tunjuelo, Herrón (2009) aborda los procesos realizados conjuntamente entre la alcaldía de la localidad y las comunidades a través encuentros, los cuales buscan llegar a una conciliación entre las partes, ya que los pobladores denuncian un desinterés gubernamental sobre los conflictos; asimismo se tratan problemas internos de la población, tales como el desplazamiento y la inseguridad. También se presentan soluciones a las problemáticas, surgidas del dialogo que entre las partes y así se han ido gestionando algunas campañas. Sin embargo, los pobladores afirman que las problemáticas no son atendidas y que el gobierno los tiene abandonados. Para la investigación es pertinente el texto consultado, porque muestra que en gran parte la comunidad ha reflejado las problemáticas socio-ambientales y que piden mayor atención del gobierno para la solución de dichos conflictos.

En el mismo sentido, Gómez (2009) refleja las problemáticas ambientales de la zona de Usme (explotación de suelos, contaminación de fuentes hídricas,

pobreza, desempleo, y déficit cuantitativo y cualitativo de servicios públicos y sociales); además muestra la falta de apoyo de gobierno con la protección de las áreas rurales, la falta de cuidado del río y sus índices de contaminación, las posibles causas de dicha contaminación (explotación excesiva de suelos, contaminación afluentes, manejo inadecuado de los residuos sólidos de la ciudad y un aparente interés económico sobre los recursos mineros) y también denuncia la sobreexplotación de los recursos naturales.

El conflicto identificado anteriormente entre las comunidades y entre las comunidades y el estado, muestran que aunque los problemas se dan en función de los procesos de apropiación y uso del territorio en torno al río Tunjuelito, la comprensión y atención a dichos problemas está condicionada por la interpretación diferenciada de valores, derechos o deberes sociales o particulares. Así los procesos de recuperación de un territorio o transformación de su realidad ambiental, se deben basar en principios de participación democrática, abierta y pluralista; en donde participen las comunidades afectadas, en donde la participación se soportada por garantías ofrecidas por las instituciones, en donde halla igualdad de condiciones, en donde la comunidad tenga real injerencia en las decisiones a tomar sobre el territorio.

Otros factores sociales para estudiar son la llegada de población desplazada por la violencia o por el desempleo, y con ello la invasión de las áreas de protección ambientales con fines de vivienda; así mismo los proyectos que se estaban planeando para la localidad, como el caso del eco-parque financiado por multinacionales (Gómez, 2009), que desde las percepciones de la comunidad solo traerán más pobreza a la localidad. En la misma condición están otros proyectos como la construcción de zonas residenciales, significando la explotación de las áreas rurales de la localidad, con la justificación de que estos terrenos son superficies con características adecuadas para la construcción de obras apoyadas por el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bogotá (Ministerio de Ambiente, 2009).

Quizás la explotación indiscriminada de las fuentes naturales pueda dar una descripción de cuales han sido los factores ambientales más vulnerados y que han sido modificados por este usufructo de recursos. Asimismo cuestiona lo relacionado con los parámetros de delimitación del río y su uso, pues al parecer, la explotación urbanística a gran escala está afectando a todo el contexto.

Por lo anterior se podría afirmar que la localidad de Usme es una localidad de contrastes, en donde los cambios económicos, sociales y biofísicos que esta población ha sufrido en el transcurso de su historia, han desencadenado problemáticas mayores, que no han tenido una solución efectiva. Factores más globales como la expansión de la ciudad de Bogotá, el desplazamiento de comunidades en todo el país, la fundación de nuevos barrios y el mal manejo de residuos en toda la ciudad, la insostenibilidad del Relleno Sanitario y la explotación minera, han generado problemas ambientales como la contaminación de fuentes hídricas, el deterioro de la salud pública, la escasez de servicios y el riesgo por

habitación en sectores de alto riesgo, afectando seriamente a la calidad de vida de esta población.

2. Etapa Dos. Aproximación a la comunidad:

2.1. Observación directa del contexto:

En varias fechas durante 2012 se hace visitas a la región. Lo observado es registrado en diarios de campo o como reportes hechos por los observadores. Al analizar la información recolectada, es posible determinar dos aspectos relevantes que dan cuenta de aspectos sociales:

a). Qué personas aún utilizan una vestimenta rural (ruana, sombrero, botas de caucho): desde una visión personal del observador (no cuantificada), al recorrer el pueblo se podría afirmar que de cada 10 personas, dos visten con prendas campesinas. Es de resaltar que las personas con aspecto rural son personas de una edad mayor probablemente de unos 50 años. Así mismo, las personas tienden a segregarse en zonas: las personas con más aspecto urbano en la zona de los nuevos conjuntos residenciales, y las personas más rurales en la zona de las construcciones más tradicionales.

b). Qué características se pueden observar de las casas del pueblo: casas de dos niveles con una buena presentación una vía principal con bastante comercio, calles pavimentadas, cada cuadra se pueden ver casas antiguas de ladrillo o bareque, una plaza central con la iglesia, la alcaldía y el comando de policía. En la parte inferior del pueblo (que tiene pendiente hacia el río) se identifican una gran cantidad de casas de interés social (que el gobierno facilita a comunidades vulnerables) y algunos cultivos dentro del pueblo, así mismo se encuentra el cementerio en donde se puede observar respeto por el lugar.

2.2. Entrevista a docente del colegio Francisco José Sea (Sector público):

- P: Cuenta el colegio con un Proyecto Ambiental Escolar (**PRAE**)
- R: Sí, el colegio cuenta con este proyecto
- P: Cuál es el tema que trabaja el **PRAE**:
- R: Los cultivos rurales y el cuidado del medio ambiente
- P: Quienes interviene en este proyecto y con qué frecuencia:
- R: El encargado del proyecto son los docentes del área ciencias, se realizan tres jornadas de cuidado del medio ambiente al año (reciclaje, cuidado de las zonas verdes del colegio y charlas del cuidado medioambiental) en donde participan todos los integrantes de la comunidad educativa (docentes, estudiantes, directivos, empleados de la planta) y dentro del área de ciencias se trabaja el proyecto de agricultura y lombricultura en donde han tenido una participación internacional por lo novedoso del proyecto.
- P: Es tomada en cuenta la contaminación del río Tunjuelo en el **PRAE**

- R: No, ya que trabajamos con otros proyectos.
- P: Pueden realizar una caracterización de la población educativa:
- R:

Tabla 1. Caracterización de la población estudiantil. Elaborado con la información provista por el entrevistado

Estudiantes	%	Descripción
Campesinos	40 %.	Viven fuera del pueblo en veredas cercanas con costumbres notorias campesinas.
Rurales	30 %.	Viven en el pueblo y laboran en el campo con costumbres no tan notorias pero presentes.
Urbano	20 %	vienen de localidades urbanas de Bogotá
Desplazado	10 %	vienen de diferentes partes del país (desplazamiento forzado por grupos armados o desempleo)

- P: Conoce las fuentes hídricas cercanas al colegio y cuáles son sus problemáticas:
- R: Las quebradas el Piojo, la Requilina y la Resondera, se encuentran contaminadas por basuras, y el rio Tunjuelito que está muy contaminado.
- P: La interacción de tan diferentes clases de estudiantes ha causado algún cambio
- R: Se observa un cambio en las costumbres de los estudiantes rurales y campesinos motivados por los estudiantes de afuera del pueblo muy pocos conservan con orgullo su origen campesino.
- P: Qué cambios ha notado en los estudiantes
- R: En la forma de vestir y la música que escuchan además se han presentado problemas con el consumo de sustancias prohibidas y problemas de robo y pequeñas pandillas de jóvenes que antes no se presentaban.

2.3. Entrevista a las fuerzas públicas (Policía):

- P: Qué aspectos caracterizan al pueblo:
- R: Es un pueblo calmado, con pocas intervenciones [de la fuerza pública] por parte de estos en comparación con las localidades o barrios de Bogotá.

Se presentan pequeños brotes de delincuencia y venta de droga por parte de personas nuevas que han llegado a la comunidad.

Sobre la gente del pueblo que son respetuosas y muestran un orgullo por sus orígenes campesinos y que muy frecuente mente se realizan demostraciones culturales en la plaza del pueblo.

2.4. Entrevista a un poblador del lugar (campesino de 75 años, nativo del pueblo):

Se pregunta al señor si ha identificado cambios en el pueblo al transcurso de los años

El señor hace referencia a la inseguridad por parte de las personas que llegan nuevas al pueblo y puntualiza en las personas que viven en las nuevas urbanizaciones que se han construido especialmente una con población reinsertada (programa del gobierno nacional para reinserta en la vida social a personas que se desmovilizan de los grupos armados al margen de la ley).

Finalmente y sin mucho detalle comenta que se ha visto la explotación de los suelos y la venta de todas la fincas a personas que no pertenecían a la comunidad.

3. Etapa tres. Relaciones entre las fuentes de información y entre los ejes:

Esta etapa del análisis de la información recolectada tiene como objetivo concretar los hallazgos, contrastar las fuentes (documentales y comunidad), además de esbozar las posibles relaciones existentes entre los ejes social-educativo-biofísico como un intento de síntesis sobre la problemática ambiental del contexto de la cuenca media del río Tunjuelito.

3.1. Articulación de lo hallado en las fuentes documentales:

Esta sección tiene como objetivo encontrar puntos en común entre los diferentes ejes caracterizados a través de la revisión documental. Así, el cuadro comparativo que se muestra a continuación puntualiza en los principales aspectos que componen la problemática desde cada eje y que de manera integrada componen la problemática del contexto ambiental de la cuenca media del río Tunjuelito.

Tabla 2. Síntesis de lo hallado en las fuentes documentales:

	Eje Social	Eje Educativo	Eje Biofísico
Factores problema	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento forzado • Desempleo • Pobreza • Sobrepoblación • Delincuencia • Desintegración del núcleo familiar • Pandillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desigualdad en oportunidades • Cambio cultural • Deserción escolar 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de fuente hídricas • Relleno sanitario • Explotación de suelos • Invasión de la ronda del río

3.2. Articulación de lo hallado durante la aproximación a la comunidad:

Tabla 3. Síntesis de lo hallado en la comunidad

Instrumento	Eje Social	Eje Educativo	Eje Biofísico
Entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento • Desempleo • Pobreza 	<ul style="list-style-type: none"> • Desigualdad • Perdida de costumbres 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de fuente hídricas
Encuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre Población 	<ul style="list-style-type: none"> • Inserción de población desplazada 	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de suelos
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Delincuencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto agricultura 	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno sanitario

3.3. Contrastación de las fuentes:

Tabla 4. Contrastación entre las fuentes de información

Eje	contrastación
Social	Se pudo identificar una relación directa de las problemáticas que se relacionan en texto y se pudieron verificar con la aproximación a la comunidad, dentro de estas se refleja dificultades propias de otros ejes ejemplos: sobre explotación de suelos, pérdida de costumbres, desplazamiento forzado de comunidades por violencia y desempleo.
Educativo	Se encuentra una relación entre la observación y las fuentes consultadas, pero de la observación se logra recolectar información específica de la comunidad educativa que se reporta en las fuentes ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> - Se logró identificar el desplazamiento escolar por porcentajes. - Se identificó las características culturales de los jóvenes - Cuáles son los proyectos educativos ambientales que se implementan. - Las problemáticas ambientales que se tienen en cuenta.
Biofísico	Se encuentra una relación directa entre las fuentes y la observación, pero es de destacar la contradicción de los reportes oficiales en cuanto a las mejoras que el estado ha realizado y que no son verificables en este entorno consultado.

3.4. Problemática ambiental de la cuenca media del río Tunjuelito:

Luego de la investigación podría afirmarse que una problemática ambiental en el contexto es “LA AFECTACIÓN” que abarca todos y cada uno de los ejes articulados que conforman el sistema ambiental, la cual puede identificarse desde cada uno de los posibles aspectos, dimensiones, ejes o componentes del ambiente. Desde la lectura compleja, una problemática ambiental es más que una afectación del medio natural, la cual perjudica la estabilidad del hombre; desde esta lectura compleja sería mejor decir que es una afectación del sistema ambiental del cual hacemos parte y no somos el eje central. Lograr entender que dicha afectación altera a cada eje y darle una pertinente solución desde cada uno

y su integración, sería lograr dar una significación compleja de la problemática ambiental.

Por consiguiente, la lectura compleja de una problemática ambiental será significativa en el momento en que los ejes sean articulados por quienes toman decisiones o por toda la ciudadanía en general; ejemplo de esto se daría en la relación del los ejes social y biofísico, en donde es evidente que el hombre es parte del ambiente y todas y cada una de las afectaciones del entorno biofísico repercuten en su estilo de vida; otro ejemplo más específico es el que se ha venido mostrando en esta investigación, en el que la explotación de los suelos y el uso de los mismos para la construcción excesiva de viviendas en el pueblo de Usme ha desencadenado afectaciones en la parte social, como lo son la alta demanda de servicios, la falta de trabajo para los pobladores que se dedicaban a la agricultura y la ganadería, la inseguridad por las personas que llegan de otras partes, el aumento de los residuos vertidos al río Tunjuelito y una pérdida de costumbres por parte de los jóvenes que eran nativos de esta región.

Asimismo se pueden identificar relaciones conflictivas entre el eje educativo y el eje social; por ejemplo la pérdida de costumbres y tradiciones campesinas por parte de los jóvenes lugareños, quienes al encontrar dentro del aula de clase una gran diversidad de costumbres traídas por los estudiantes de otras partes de Bogotá y de Colombia, replantean la forma innata de vivir que tenían; ello significa otras formas de asumir su territorio, otras formas de relacionarse con su zona y otra identidad con el contexto del que hacen parte. Con esto no se quiere decir que esté mal que ingresen nuevos estudiantes a estos planteles o que se niegue el valor de la diversidad y del multiculturalismo, pero sí es necesario que desde la formación pedagógica se apoye más a los jóvenes para que continúen con sus procesos de construcción de identidad sin perder sus costumbres y tradiciones campesinas, como en el caso específico de los testimonios recogidos en colegio Francisco José Sea del pueblo de Usme.

Para puntualizar una lectura compleja de la problemática ambiental de la cuenca media del río Tunjuelo, se podría identificar de la siguiente manera:

- a. Relación cuenca media-eje social: la sobrepoblación a la que fue expuesta el pueblo de Usme y la excesiva invasión de suelos para barrios ilegales que no contaban con un sistema de recolección de basuras perjudicó directamente al río, ya que muchos de estos residuos van a parar al mismo; así mismo se pierde territorio propio del cauce del río y se pone en el límite la capacidad de carga que tiene el ecosistema. Así mismo, el río contaminado afecta a la salud pública de la población y cambia las condiciones paisajísticas de la zona.
- b. Relación cuenca media-eje educativo: el cambio de valores y de costumbres por parte de los jóvenes seguramente han significado que estos no den una importancia al cuidado de las fuentes hídricas; además la educación ambiental en las instituciones de educación básica y media se

está manejando de una forma indiferente respecto al contexto ambiental, ya que se están centrando en proyectos educativos ambientales que no pasan de ser un taller de reciclaje o una charla sobre el cuidado del “ Ambiente”, y no se están centrando en que las comunidades se integren en hacer lecturas y acciones complejas sobre el ambiente.

Conclusiones.

Lograr hacer una lectura compleja de una problemática ambiental requiere de un análisis de todos y cada uno de los factores que componen las relaciones entre el hombre y la sociedad con su contexto biofísico; una aproximación a dicho tipo de lectura es el que se logra con la investigación reportada, en donde los ejes social-educativo-biofísico son caracterizados y se intenta encontrar las posibles relaciones que develan la problemática de la cuenca media del río Tunjuelo.

Las visiones ecologistas-conservacionistas no son suficientes, pues sólo dimensionan la parte ecológica-biológica del contexto ambiental, centrándose en actividades puntuales que tal vez no alcanzan a lograr la transformación necesaria; es así como las acciones específicas de reciclaje y cultivo de plantas medicinales en la huerta del colegio, no tienen el impacto necesario sobre lo que sucede en la cuenca del río. Así mismo, las visiones relacionadas con la explotación sustentable de los recursos, sigue siendo una alternativa que desconoce valores y perspectivas locales; como es el caso del desarrollo urbanístico en Usme que transforma dramáticamente las costumbres e identidad campesinos, así como el paisaje y modo económico rural que antes predominaba. En contra parte, la visión compleja nos permite dimensionar que el problema de la cuenca media del río Tunjuelito no sólo es un problema de “falta de conciencia” de la comunidad, sino un asunto que involucra: la pobreza y la marginalidad, la falta de ausencia del estado, alternativas para la participación ciudadana, la contextualización de los procesos de educación ambiental, entre muchos otros.

Finalmente, retomando la postura de Morin (1996) sobre la ecologización del pensamiento y sobre los sistemas auto-eco-organizados, se puede decir que el estudio se aproximó en cierta medida a la integración o tejido de sucesos y relaciones entre los ejes social y educativo respecto a lo biofísico en la cuenca media del río Tunjuelito. Quedan perspectivas en cuanto a cómo lograr procesos educativos más contextualizados, en los que participe toda la comunidad y los que sean apoyados por el estado.

Agradecimientos

Agradezco al docente Julio Tovar, por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo; además de sus consejos y conocimientos que aportaron en la investigación.

Agradezco a todas aquellas personas que aportaron con sus vivencias, durante el proceso de observación directa del contexto.

Referencias.

1. Alcaldía Mayor de Bogotá. *Localidad Usme diagnóstico local de salud con participación social 2009-2010*. 2010. En: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20IIH/DX%20USME.pdf>
2. CVNE. *Administración Distrital entregó nuevo colegio reforzado a la localidad de Usme*. 2011. En: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-266358.html>
3. H. Gómez Serrano. Canteras del río Tunjuelo. "La pirámide invertida". *Desde abajo*. 2009, Edición 142. En: <http://www.desdeabajo.info/ediciones/periodico/item/3708-canteras-del-río-tunjuelo-“la-pirámide-invertida”>.html
4. A. Herrón. *Un sueño hecho realidad*. Asamblea SUR. 2009. En: http://www.cuencatunjuelo.8m.com/nt_001_asambleasur_jaime_h.html
5. E. Leff. *Saber ambiental*. Editorial Siglo XXI DF, México, 2004.
6. Localidad de Usme. *Alas para la gestión: Usme positiva y sana*. 2009. En: <http://www.eseusme.gov.co/phocadownload/GestionTecnologica/915Plan%20de%20Desarrollo%20H%20Usme%202009-2012.pdf>
7. Localidad de Usme. *Bienvenidos a Usme*. 2011. En: <http://unusme.tripod.com/Principal.html>
8. Ministerio de Ambiente. *Taller ajustes ambientales al plan de ordenamiento territorial*. 2009. En: http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=eae4224f-9a8e-4005-853f-c61b7904eb5b&groupId=55886
9. C. Morant. *Sensibilización medioambiental. Situación actual, problemática y búsqueda de soluciones*. 2008. En: http://www.ideaspropiaseditorial.com/documentos_web/documentos/978-84-9839-105-3.pdf
10. E. Morin. (2006). El pensamiento ecologizado. *Gazeta de antropología*, 12. En: http://www.ugr.es/~pwlac/G12_01Edgar_Morin.html
11. ONU. *Declaración de Río sobre El Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro, 1992. En: http://www.bioculturaldiversity.net/Downloads/Papers/Rio_declaration_Spanish.pdf
12. L. A. Pérez. *Una verdad incomoda en Usme*. 2009. En: <http://luislero.wordpress.com/2009/03/13/una-verdad-incomoda-en-usme/>
13. N. Pierri. *Historia del concepto de desarrollo sustentable*. Ministerio de ambiente Argentina, 2009. En: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/pierri01.pdf>
14. Profamilia. *Encuesta Distrital de Demografía y Salud*. 2011. En: <http://www.demografiaysaludbogota.co/admin/acrobat/resumendeprensa.pdf>
15. SED. *Bogotá: caracterización de la población escolar 2011*. 2011. En: http://www.sedbogota.edu.co/archivos/SECTOR_EDUCATIVO/ESTADISTICA_S_EDUCATIVAS/2011/PERFIL%20EDUCATIVO%20BOGOTA%202011.pdf
16. SED. *El sector rural de la ciudad demostró su compromiso e identidad en el foro feria distrital*. 2011. En: <http://www.sedbogota.edu.co/index.php/noticias->

[destacadas/1268-el-sector-rural-de-la-ciudad-demostr%C3%B3-su-compromiso-e-identidad-en-el-foro-feria-distrital.html](#)

17. J. C. Tovar-Gálvez. Universidad y ambiente: reflexiones sobre la fundamentación de un currículo para la educación ambiental. *Memorias del II Congreso Internacional de Psicología y Educación*, pp. 265-282. Psychology Investigation, Corp., Panamá, 2012, CD.

VALIDACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS DEL SISTEMA HACCP DE LA EMPRESA EMPACADORA DE AGUACATES SAN LORENZO S.A. DE C.V.

M. D. Gutiérrez-Botello¹, F. J. Hernández Campos¹, M. I. Legorreta-Saavedra²

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) – marlladubravka@gmail.com; javfco@yahoo.com;

²Empacadora de Aguacates San Lorenzo S.A. de C.V. - mlegorreta@aguacate.com.mx

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen- Durante el desarrollo del proyecto en el laboratorio de Microbiología del área de proceso de pulpa de la Empresa Empacadora de Aguacates San Lorenzo, se hizo énfasis en los Puntos críticos de control (PCCs) para hacer la validación de los mismos, realizando pruebas en base a información científica obtenida de fuentes establecidas.

Con base en esto, se pudo determinar que para el caso del PCC1 no se presentaron valores positivos al obtener los resultados de las pruebas realizadas.

Para el PCC2 se realizaron soluciones de agua con cloro a menor concentración con respecto a los parámetros establecidos por la empresa para así optimizar el proceso de desinfección de fruta madura.

En el PCC3 se trabajó con muestras contaminadas intencionalmente con el fin de determinar que los parámetros establecidos en el proceso de alta presión son eficientes para eliminar la carga microbiana del producto.

Para el PCC4 se hicieron pruebas de sensibilidad por medio del detector de metales utilizando esferas de metal de diferentes diámetros para verificar que el equipo opera en las condiciones requeridas.

Finalmente se lograron validar los Puntos críticos de control después de haberse llevado a cabo las pruebas respectivas.

Introducción.

La validación es el acto de evaluar si el plan HACCP para un producto y proceso determinado identifica y elimina todos los peligros significativos o los reduce a un nivel aceptable.¹

Una validación debe contemplar: ¹

- La revisión del análisis del peligro
- La determinación de los PCC
- La justificación de los límites críticos
- La determinación de si las actividades de vigilancia, las medidas correctivas, los registros y las actividades de comprobación son las apropiadas.

En la Empresa Empacadora de Aguacates San Lorenzo (EASL), área de pulpa, no estaban validados los Puntos críticos de control, únicamente se tenían establecidos los límites críticos dentro de cada PCC y las medidas correctivas.

En el presente proyecto se validaron los Puntos Críticos de Control en los cuales se realizaron diferentes pruebas dependiendo de cada Punto. Los puntos validados fueron:

- PCC1: Lámparas UV
- PCC2: Desinfección de fruta madura
- PCC3: Ciclo de presurización
- PCC4: Detector de metales

Para los 3 primeros puntos se realizaron pruebas microbiológicas, mientras que para el cuarto punto solo fueron pruebas de sensibilidad utilizando el Detector de metales ubicado dentro del área de empaque final de EASL.

Metodología.

La metodología aplicada en este proyecto fue diferente para cada PCC, al igual que los análisis microbiológicos.

PCC1 LÁMPARAS UV (B)

Para llevar a cabo los análisis microbiológicos al agua de ingredientes, la metodología se basó en aplicar el método del Número más probable **NMP** para el cual se prepararon los medios necesarios para realizarlo: caldo lactosado concentración simple y caldo lactosado concentración doble.

Preparación de las muestras.

Para tomar las muestras de agua, se utilizaron los siguientes materiales:

1. Alcohol al 70%
2. Guantes
3. Bolsa estéril
4. Dermogel alcohólico

Se identificaron 3 bolsas de plástico anotando el número de prueba y la fecha.

Se desinfectaron las manos con dermogel alcohólico.

Se roció alcohol a la llave del agua y se abrió para dejar correr el agua por 30 segundos y así desalojar el agua estacionada en las tuberías.

Se tomaron 3 muestras de agua utilizada para ingredientes la cual pasa previamente por las lámparas UV.

Al tener las muestras listas se llevaron al laboratorio para posteriormente sembrarlas utilizando los tubos preparados.

Se utilizaron 5 tubos con caldo lactosado doble para 10 ml de muestra, 5 tubos con caldo lactosado simple para 1 ml de muestra y 5 tubos con caldo lactosado simple para 0.1 ml de muestra.

Se enumeraron los tubos dependiendo de las diferentes diluciones, en este caso fueron: 10 ml, 1 ml y 0.1 ml

NOTA: El procedimiento fue el mismo para cada prueba.

Inoculación

Con una pipeta estéril, se transfirieron 10 ml de la muestra para agregarlos a cada uno de los tubos con caldo lactosado doble.

A los 5 tubos con caldo lactosado simple se les adicionó 1 ml de muestra empleando una pipeta estéril y a los otros 5 tubos se les adicionó 0.1 ml utilizando un gotero estéril.

Incubación

Se incubaron los tubos a 35°C durante 48 hrs, inspeccionando a las 24 horas para verificar si existe formación de gas o turbiedad en el medio.

PCC2 DESINFECCIÓN DE FRUTA MADURA (B)

EASL área de proceso de pulpa, utiliza un sanitizante líquido (Sani-cip C) a base de cloro para la desinfección de fruta verde y madura. La solución es preparada en base a la experiencia laboral, siendo las condiciones las siguientes:

200 – 250 ppm de cloro

pH 7.00 - 8.50

Tiempo de inmersión ≥ 15 minutos

Debido a la necesidad de validación de PCC's, en base a la Guía para minimizar daños microbiológicos para frutas frescas y vegetales², se decidió cambiar las condiciones de la siguiente manera:

100 – 150 ppm de cloro

pH 6.00 – 7.50

Tiempo de inmersión ≥ 10 minutos

Se prepararon diferentes soluciones de agua con la solución Sani-cip C para calcular la cantidad necesaria a utilizar, para ello se tomó como base la relación Cloro disponible - Solución de Sani-cip C contenida en la hoja técnica.

De acuerdo a la relación utilizada, se prepararon algunas soluciones para las diferentes pruebas realizadas pero los valores de pH y ppm fueron muy altos por lo que, se utilizó la ecuación dada por el proveedor del producto Sani-cip C:

$$\text{Cloro} = (\text{ppm requeridas} \times \text{litros de agua}) \div (10 \times 11)$$

Donde:

10 = constante

11 = concentración de cloro (%)

Entonces para 120 ppm requeridas y 15 litros de agua,

$$\text{Cloro} = (120 \text{ ppm} \times 15 \text{ L}) \div (10 \times 11)$$

$$\text{Cloro} = 16.36 \text{ ml}$$

De acuerdo a la ecuación anterior, se prepararon las soluciones 1 y 2 para comparar los resultados y a partir de ahí se realizaron las otras soluciones para comenzar con las pruebas de desinfección.

Volumen de agua: 15 litros

ppm requeridas: 100 – 150

pH requerido: 6 – 7.5

Para cada solución se midió el pH, para calcular las ppm se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ concentración de producto} = A * 7.1 \text{ ppm de cloro}$$

Donde: A = número de gotas adicionadas para titular

Se llevaron a cabo 15 pruebas, en las cuales primeramente se contaminó la fruta madura para después desinfectarla en las soluciones preparadas considerando un tiempo de desinfección de 10 minutos.

Los límites considerados para el análisis microbiológico son:

Coliformes: <10 UFC/cm²

E. coli y *Listeria spp*: Negativo

Para todas las pruebas realizadas se limpió un poco la fruta para quitar el exceso de suciedad en la cáscara. Se analizó la superficie de la fruta antes y después de la desinfección.

Para el análisis microbiológico de *E. coli* y coliformes, se inoculó en cajas petri con agar EMB por medio del método del hisopo. Para el análisis microbiológico de *Listeria spp* se utilizó el método Reveal.

PCC3 CICLO DE PRESURIZACIÓN (B)

Para la validación de este Punto Crítico de control, se tomaron las condiciones de operación del presurizador dentro del área de Presurizado de la EASL, las cuales son:

Presión: ≥86.5 KSI = 596.4175 MPa

Tiempo de retención: 180 segundos

Se prepararon diferentes muestras utilizando fruta madura, contaminándola previamente.

Se realizaron 10 pruebas en las cuales se presurizaron muestras contaminadas, a diferentes tiempos y diferentes presiones.

El ciclo de presurización consistió en aplicar presiones altas al producto después de que éste estuvo refrigerado. Cuando el ciclo alcanzó el tiempo y la presión deseados, se sometió el producto a bajas temperaturas para después conservarlo en refrigeración.

Para realizar los análisis microbiológicos se realizaron siembras de las muestras, se consideró una siembra por prueba.

PCC4 DETECTOR DE METALES (F)

Dentro del área de empaque final de la EASL se encuentra ubicado el PCC4: Detector de metales. Para esta validación se realizaron 10 pruebas empleando las diferentes presentaciones de producto elaborado, tanto fresco como congelado.

Se consideraron 10 diferentes presentaciones de producto, de las cuales 7 fueron congeladas y 3 frescas.

Se utilizaron 4 esferas de diferentes diámetros y materiales para colocar cada una dentro de las diferentes bolsas con producto y así fueran detectadas al momento de pasar por el detector.

Para realizar las pruebas se insertaron cada una de las tarjetas en las diferentes presentaciones de producto, ya listas se hicieron las pruebas de sensibilidad utilizando el detector de metales.

Resultados y Discusión.

PCC1

Los tubos analizados con las muestras de agua de ingredientes no presentaron coliformes fecales ni *E. coli* ya que no hubo formación de gas en las campanas Durham ni turbiedad en el agua. Para representar los resultados se tomó como base la tabla 1 donde se pueden observar el índice del NMP y los límites de confianza dependiendo la combinación de los positivos obtenidos. En este caso todas las pruebas presentaron el mismo resultado.

Tabla 1. Índice del NMP y límites de confianza de 95% para las combinaciones de resultados positivos obtenidos en las pruebas realizadas para la validación. (Diluciones 10, 1,0 y 0,1 ml).

PRUEBA	HORA DE MUESTREO	COMBINACION DE POSITIVOS	INDICE DE NMP POR ml	95% LÍMITES DE CONFIANZA	
				BAJO	ALTO
1	1 pm	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
2	1 pm	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
3	1 pm	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
4	8:45 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
5	8:45 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
6	8:45 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
7	10 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
8	10 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
9	10 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
10	10:43 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
11	10:43 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
12	11:40 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
13	11:40 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
14	8:10 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
15	8:10 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07
16	8:10 am	0-0-0	<0,02	<0,005	<0,07

PCC2

En la tabla 2 se puede observar lo obtenido en las pruebas realizadas antes de someter la fruta madura a la desinfección.

Se tomaron las muestras frotando la fruta con las esponjas para analizar *Listeria spp* y por medio de los hisopos para analizar *E. coli* y coliformes.

En las pruebas 4, 5, 6, 7 y 8 hubo ausencia de *Listeria spp* debido a que la fruta se contaminó con agua proveniente de la tolva y en ella no hubo presencia de éste

patógeno. En las pruebas 9, 10 y 11 la contaminación fue usando desechos de proceso pero la fruta estaba lavada y desinfectada por lo que ésta no se vio afectada por la fuente de contaminación utilizada. Se etiquetaron utilizando una E para *E. coli* y coliformes y una L para *Listeria spp*, a las pruebas con fruta madura contaminada se les identificó con números.

Tabla 2. Registros de fruta madura contaminada

PRUEBA	TIEMPO	Coliformes totales (UFC)	E. coli	Listeria spp	Etiqueta
1	5 min	39	Positivo	Presencia	E2, L2
2	5 min	52	Positivo	Presencia	E2.1, L2.1
3	5 min	MNPC	Positivo	Presencia	E3, L3
4	1 hr 30 min	MNPC	Positivo	Ausencia	E4, L4
5		52	Positivo	Ausencia	E5, L5
6		2	Negativo	Ausencia	E6, L6
7	1 hr 10 min	MNPC	Positivo	Ausencia	E7, L7
8		MNPC	Positivo	Ausencia	E8, L8
9	5 min	MNPC	Positivo	Ausencia	E9, L9
10		MNPC	Positivo	Ausencia	E10, L10
11		MNPC	Positivo	Ausencia	E11, L11
12	1 hr 10 min	MNPC	Positivo	Presencia	E12, L12
13		MNPC	Positivo	Presencia	E13, L13
14	2 hrs 30 min	MNPC	Positivo	Presencia	E14, L14
15		MNPC	Positivo	Presencia	E15, L15

MNPC: Muy numeroso para contar

TIEMPO: Fue al que estuvieron sometidos los aguacates a la contaminación

PCC3

Tomando en cuenta los límites críticos para los resultados microbiológicos del formato de la empresa y considerando que las muestras se presurizaron, el producto que se tomó como referencia fue:

Fresh avocado pulp, el cual considera los siguientes límites:

Cuenta total	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria m</i>
≤3000 UFC	<10 UFC	<50 UFC	≤10 UFC	≤10 UFC	<10 UFC	Negativo	Negativo

Al calcular las medias de todas las muestras sin presurizar se obtuvo lo siguiente:

Cuenta total	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria m</i>
MNPC	16 UFC	225 UFC	417 UFC	231 UFC	<10 UFC	Negativo	Positivo

Para las muestras presurizadas se obtuvo el siguiente promedio:

Cuenta total	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria m</i>
880 UFC	<10 UFC	<10 UFC	<10 UFC	<10 UFC	<10 UFC	Negativo	Negativo

Todas las pruebas en el análisis de mesófilos aerobios presentaron una gran cantidad de UFC (figura 1) por lo que se graficaron con 4000 UFC, se consideró un estimado debido a que todas las muestras estuvieron fuera del límite.

Para las muestras presurizadas (color amarillo) se observó una disminución considerable en el recuento de aerobios ya que ninguna estuvo cerca ni fuera del límite.

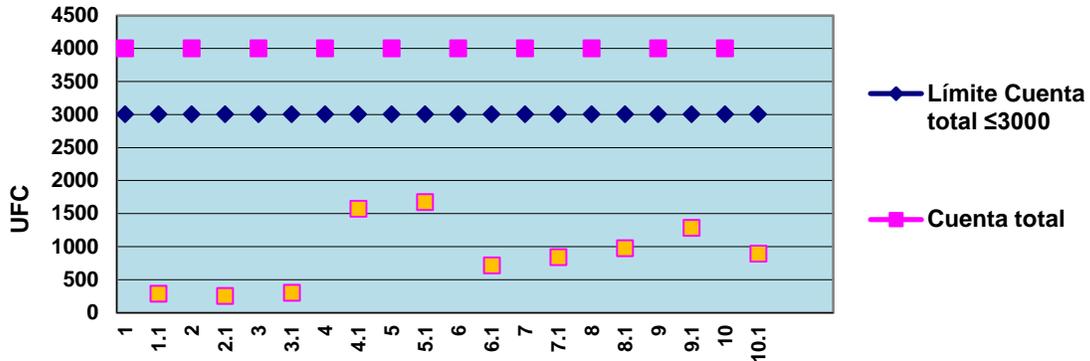


Fig. 1 Resultados microbiológicos para Recuento de aerobios (Cuenta total) en todas las pruebas

Para el análisis de *E. coli* (figura 2), se observó que las pruebas 4, 5 y 6 presentaron un recuento mayor que el límite establecido, mientras que las otras pruebas estuvieron dentro del límite a excepción de la 2 y la 8 que tuvieron 10 UFC cada una.

En la figura se puede observar que todas las pruebas presurizadas (color rojo) estuvieron dentro del límite.

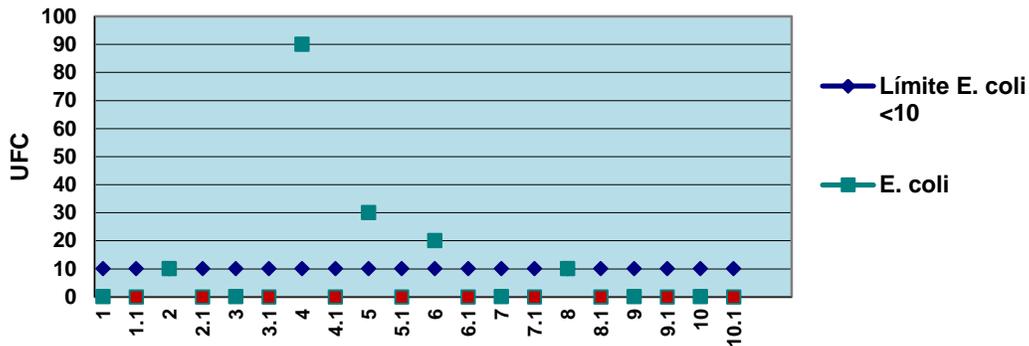


Fig. 2 Resultados microbiológicos para *E. coli* en todas las pruebas

Para el análisis de coliformes (figura 3) se pudo observar que la mayoría de las pruebas resultaron estar fuera del límite, solo las pruebas 1 y 9 presentaron menor cantidad de UFC, 60 y 40 UFC respectivamente.

Para las pruebas presurizadas (color morado) se obtuvo el resultado esperado ya que ninguna muestra presentó UFC.

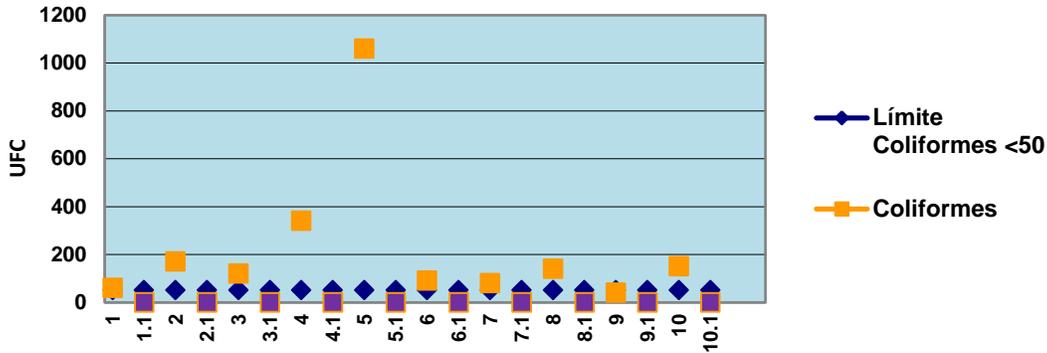


Fig. 3 Resultados microbiológicos para coliformes en todas las pruebas

Las pruebas 4 y 5 en el análisis microbiológico de Hongos (figura 4) presentaron una gran cantidad de UFC (MNPC) por lo que se graficaron con 50 UFC mientras que las demás pruebas también estuvieron fuera del límite a excepción de las pruebas 3 y 8 que solo presentaron 10 UFC. Las pruebas presurizadas (color rosa) resultaron exitosas ya que ninguna muestra estuvo fuera del límite.

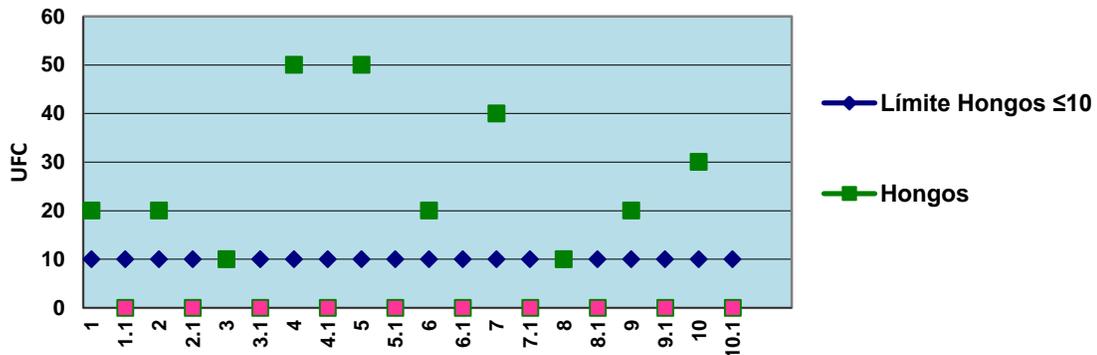


Fig. 4 Resultados microbiológicos para Hongos en todas las pruebas

En la figura 5 se puede observar que la prueba 1 en el análisis de levaduras presentó una numerosa cantidad de UFC (MNPC) por lo que se graficó con 2000 UFC para poder representar los resultados. En la prueba 4 no hubo presencia de UFC y en la prueba 8 solo se obtuvieron 10 UFC al sacar el promedio de las muestras analizadas.

En las pruebas presurizadas (color gris) no hubo presencia de UFC en ninguna de las muestras.

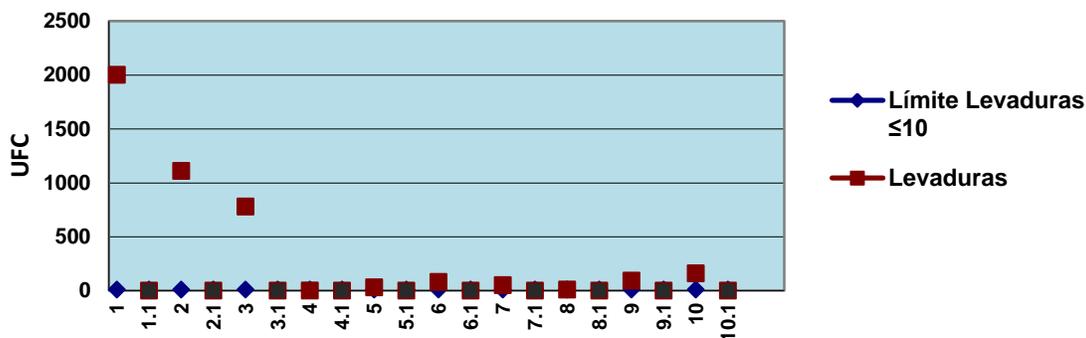


Fig. 5 Resultados microbiológicos para Levaduras en todas las pruebas

Para el análisis de *Staphylococcus aureus* tanto en las pruebas sin presurizar como en las pruebas presurizadas hubo ausencia de éste microorganismo debido a que éste no estuvo presente al momento de tomar la muestra para contaminar el puré, ya que esta bacteria se encuentra principalmente en la garganta y las fosas nasales de una persona infectada con éste microorganismo.³

Para el análisis de *Salmonella* no se presentó ninguna muestra contaminada tanto en las pruebas presurizadas y sin presurizar. Esto pudo ocurrir debido a que la bacteria no estuvo presente al momento de contaminar las muestras.

Para el análisis de *Listeria monocytógenes* en las pruebas sin presurizar se obtuvieron resultados exitosos en 6 pruebas, en las otras 4 los resultados fueron negativos.

Para las pruebas presurizadas se obtuvieron los resultados esperados a excepción de las pruebas de validación 7 y 9 (ver tabla 3) en las que se presentaron valores positivos en las muestras presurizadas lo cual no estaba previsto, debido a eso se metieron nuevamente al equipo Bax para analizarlas y el resultado obtenido fue Negativo.

Las muestras que salieron positivas fueron:

Tabla 3. Resultados positivos en las muestras presurizadas

PRUEBA	MUESTRA	PRESIÓN (KSI)	TIEMPO (segundos)
7	14.1	85	180
9	14	85	180

Una causa de lo obtenido puede ser porque existió una contaminación cruzada debido al material utilizado que no estaba completamente esterilizado.

PCC4

Los resultados obtenidos después las pruebas de detección se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Sensibilidad y Fase obtenidas en cada producto al pasar por el detector

Producto	No. de producto	Sensibilidad	Fase
FRESCO			
HPP Fresh Mild Guacamole 12 oz	10	136	5414
HPP Fresh Guacamole Pollo Loco 2 lb	10	138	5414
HPP Fresh Spicy Guacamole 4 lb	10	140	5414
CONGELADO			
HPP Frozen Avocado Verde 100 g	6	161	3473
HPP Frozen Avocado Drink 250 g	6	168	4535
HPP Frozen Avocado pulp 1 lb	6	156	3535
HPP Fresh Frozen Guacamole Pollo Loco 2 lb	2	147	5271
HPP Fresh Frozen Spicy Guacamole 4 lb	7	143	4401
Southwestern 6 lb	1	143	4388
Frozen Avocado Diced 18 lb	1	154	3401

En la tabla 4 se muestran la sensibilidad y la fase de las muestras después de haber pasado por el detector de metales. La sensibilidad dependió tanto del tipo de producto (fresco o congelado) como de la cantidad de éste ya que los productos congelados requirieron un poco mas de sensibilidad. En cuanto a la fase se puede observar que para los productos frescos fue la misma mientras que para los productos congelados cambió.

Durante las pruebas hubo algunos contratiempos para que entregaran las bolsas requeridas ya que estaban almacenadas en el congelador y fue difícil encontrar producto que estuviera caducado.

Se pidió producto caducado para evitar desperdiciar ya que solamente se tenían que meter las tarjetas durante la prueba para después ser desechado.

El producto que no estuvo caducado fue el de 18 libras debido a que recientemente habían elaborado cubos y mitades por lo que fue el único que se desperdició.

Se pudo observar que fue más rápida la detección de las esferas en el producto fresco, además de que no se requirió tiempo para refrigerarlas ya que la detección se hizo al momento de haber insertado las tarjetas con las esferas, para ello el producto ya había sido sacado de refrigeración.

En cambio, para el producto congelado, el tiempo de espera fue largo para algunas presentaciones de producto como las bolsas de 4 y 6 lb ya que tenían que estar completamente congeladas para que se pudieran hacer las pruebas de detección y el equipo Safeline no marcara la alarma.

Se observó también que dependiendo del producto era el cambio en la fase y la sensibilidad, esto fue porque si se ajustaban esos parámetros con cierto producto y este comenzaba a calentarse o descongelarse, el detector requería un cambio en la fase ya que el producto había cambiado de estado.

Conclusiones.

PCC1

De acuerdo a las pruebas realizadas, no fue necesario continuar con las pruebas confirmativas usando el caldo bilis verde brillante ya que ninguna prueba resultó positiva, por lo que se reportaron en base al cuadro del NMP. Además se pudo observar que aunque el muestreo fue a diferentes horas no repercutió en los resultados. Al obtener los resultados mostrados en la tabla 6 se pudo concluir que el uso de las lámparas UV estando encendidas fue satisfactorio para la desinfección del agua utilizada en ingredientes ya que no se presentó turbiedad en los tubos ni burbujas de gas dentro de las campanas Durham.

PCC2

Durante las pruebas de desinfección se pudo observar que al momento de hacer la contaminación de la fruta y analizarla microbiológicamente, ésta presentó una carga microbiana muy elevada, principalmente al contaminarla con desechos de proceso ya que cuando se utilizó agua de la rejilla, ubicada debajo de la tolva, ésta no tuvo tanta carga microbiana.

También se observó que al someter la fruta contaminada a la desinfección a 10 minutos, ésta alcanzó a desinfectarse ya que los análisis microbiológicos resultaron negativos.

Se puede concluir que los parámetros utilizados para la validación del PCC2 fueron los adecuados para eliminar la carga microbiana de la fruta madura contaminada.

PCC3

Al comparar los resultados de todas las pruebas realizadas se observó que la mayoría de las muestras presurizadas tuvieron el resultado esperado ya que se logró reducir la carga microbiana para el caso de cuenta total, debido a que todas las muestras no presurizadas presentaron una mayor cantidad de UFC las cuales se identificaron como MNPC en las placas petrifilm, mientras que las muestras presurizadas si se pudieron contar en las placas.

Se puede concluir que las pruebas resultaron exitosas ya que se logró reducir y eliminar la carga microbiana al aplicar la presurización utilizando presiones menores y diferentes tiempos de retención. Para las muestras presurizadas utilizando la presión de 87 KSI y 180 segundos, los cuales son los límites utilizados en el área de empaque final, se obtuvieron resultados negativos que fue lo que se esperaba.

Se puede decir que el rango que puede ser aplicado para el equipo HPP está entre 85 y 87 KSI de presión, sin considerar las 2 muestras presurizadas que salieron positivas en el análisis de *Listeria m.* ya que la segunda vez que se analizaron en el equipo BAX el resultado obtenido fue Negativo.

PCC4

Se detectaron con mayor rapidez las esferas de acero inoxidable con los diámetros de 2.4 mm y 3 mm en el equipo, tanto para el producto fresco como el congelado. Para las esferas de 1.6 mm (metal ferroso) y 1.8 mm (metal no ferroso) hubo menos sensibilidad al principio de cada prueba, pero se hicieron los ajustes necesarios para que fueran detectadas, sobretodo en el producto congelado. Las pruebas de detección resultaron exitosas tanto para el producto fresco como el congelado, empleando los 4 diámetros requeridos de las esferas insertadas en cada bolsa para cada prueba.

Agradecimientos.

A la empresa Empacadora de aguacates San Lorenzo por el apoyo brindado durante mi estancia para la realización de mi proyecto.

Referencias

1. <http://www.rlc.fao.org/es/inocuidad/codex/pdf/Cap3mod11.pps#288,24>
Establecimiento de procedimientos de comprobación CAPÍTULO 3 Mod. 11 El Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control. (5 de abril de 2010)
2. <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/ProduceandPlanProducts/UCM064458#ch5> (31 de marzo de 2010)
3. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2003/11/22/9514.php> (29 de julio de 2010)

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DEL TUBÉRCULO DE CHAYOTE (*SECHIAM EDULE SW.*), EN MEZCLA CON CELULOSA O NANOPARTÍCULAS DE CELULOSA

**S. Aila-Suárez¹, J. J. Islas-Hernández², J. P. Hernández-Uribe¹, G. Aguirre-Álvarez¹,
A. Vargas-Torres¹**

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km 1. Rancho Universitario, C.P. 43600. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. apolovt@hotmail.com, aila.selene@gmail.com, hdezspark@hotmail.com, aguirre2yahoo.com

²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN- jislash@ipn.mx Becario COFAA

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo Sustentable*

Resumen- Películas de almidón del tubérculo de chayote, también llamado chayotextle (ACH), en mezcla con celulosa (C) o nanopartículas de celulosa (NC) fueron caracterizadas mediante estudios térmicos, permeabilidad al vapor de agua y mecánicos. Se utilizaron películas de almidón de papa como blanco. Los estudios de microscopía electrónica de transmisión, mostraron una reducción del tamaño de la celulosa de 20 μm a un intervalo de 5 y 15 nm. En las propiedades mecánicas se observó que el esfuerzo máximo a la ruptura y el modulo de Young se incrementaron conforme aumentaba la concentración de C y NC en las películas. El porcentaje de elongación no mostro una diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$), entre las diferentes películas aquí estudiadas. Los estudios de calorimetría mostraron que la temperatura y entalpía de fusión se incrementan considerablemente con la adición de C y NC. Sin embargo, fue observada una reducción en la entalpía de las películas con el incremento de C y NC.

Introducción.

El uso de plásticos derivados del petróleo ha causado un gran impacto ambiental, por lo que es necesario el uso de polímeros naturales amigables con el medio ambiente. En este sentido los almidones han cobrado gran importancia debido a su alta disponibilidad durante el año y su bajo costo. Sin embargo, el uso de este polímero natural obtenido de fuentes no convencionales podría generar películas con propiedades interesantes para la industria alimentaria y no alimentaria. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de celulosa y nanopartículas de celulosa en películas biodegradables elaboradas con almidón obtenido del tubérculo del chayote [1].

Sección experimental.

Se aisló almidón de chayotextle, por la metodología propuesta por Hernández-Uribe y col. [1]. El almidón de papa, y la celulosa de algodón con un tamaño de partícula de 20 μm fueron adquiridos de Kartoffelmelcentralen, (Dinamarca) y Sigma-Aldrich (Irlanda); respectivamente. Se elaboraron las películas de almidón en mezcla con celulosa y nanocelulosa por el método de vaciado en placa. Las propiedades mecánicas se determinaron con el método estándar de la ASTM-D88-

95^a (ASTM [2]), la permeabilidad al vapor de agua de las películas (PVA), se determinó empleando el método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96-80 (ASTM, [3]), conocido como el “método de la copa” o “celda de prueba”. Las propiedades térmicas se realizaron mediante la técnica propuesta por Kaushik et al. [4].

Resultados y Discusión.

Caracterización morfológica de nanofibras de celulosa

En la Figura 1, se muestra las micrografías obtenidas por Microscopía Electrónica de Transmisión (MET), de una suspensión diluida de nanofibras de celulosa, obtenidas mediante hidrólisis ácida de celulosa comercial de un tamaño de partícula de 20 μm . Se observó que después de la hidrólisis ácida, el tamaño de las fibras de celulosa disminuyó, presentando en un intervalo de 9 a 15 nm de longitud. Estudios realizados por De Teixeira et al. [5], reportaron valores muy similares en tamaños de nanopartículas de celulosa de 2-11 nm. Hay reportes que mencionan que la reducción en tamaño de la celulosa a medidas nanométricas depende del porcentaje de las regiones amorfas en las fibras y del tratamiento ácido aplicado, por lo que durante este proceso se remueven las regiones amorfas presentes en las fibras, dejando intactas las regiones cristalinas [6].

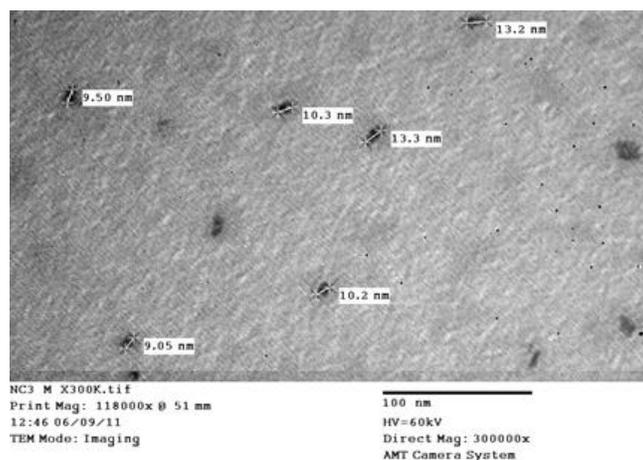


Figura 1. Micrografías de nanopartículas de celulosa obtenidas por Microscopía Electrónica de Transmisión (MET).

Propiedades mecánicas.

Las películas elaboradas con almidón de chayotextle (ACH) o de papa (AP) presentaron un aumento en el esfuerzo máximo a la ruptura con el incremento en la concentración de celulosa (C), presentando valores de 0.6 hasta 0.83 Mpas a concentraciones de 0.3 y 1.2 % de C, respectivamente. Cuando se adicionó las NC los valores observados fueron de 0.6 a 1.1 Mpas a concentraciones de 0.3 y 1.2 % (Fig. 1). Con respecto al módulo de Young, se observó el mismo patrón de comportamiento. Obteniendo valores para C de 1, 1.1 y 1.7 MPa a concentraciones de C de 0.5, 0.8 y 1.2 % y con la adición de NC los valores

obtenidos fueron 2.2, 2.3 y 2.6 MPa a la misma concentraciones (Fig. 2). Un comportamiento similar fue reportado por Müller y col. [7], quienes atribuyeron este comportamiento a la similitud entre la estructura química de las cadenas de almidón-nanofibras lo que facilita las interacciones químicas formando redes rígidas provocando películas más fuertes en comparación a las elaboradas sólo a base de almidón plastificado.

Los estudios del porcentaje de elongación no mostraron diferencia estadística significativa ($\alpha=0.005$) entre las películas elaboradas con C para ambos tipos de almidón, así como para las películas que contenían NC. Aunque fue observada una tendencia a la reducción de elongación conforme se incrementaba la concentración de C o NC en la matriz de la película.

Propiedades térmicas

Los valores de temperatura de fusión (T_m) y entalpía (ΔH) de las películas elaboradas con ACH y APP fueron 89.89°C y 28.33 J/g; 84.35 °C y 2.21 J/g, respectivamente. Los valores se incrementaron en un promedio de 40 °C al adicionar la NC y C en la mezcla. Este comportamiento es favorable ya que mejora la estabilidad térmica de las películas elaboradas. La ΔH para las películas elaboradas con ACH-NC, presentaron valores de 121.07, 112.54 y 97.70 J/g, para 0.3, 0.5, y 1.2 %, respectivamente, observándose una disminución al aumentar la concentración de NC o C en ambos tipos de películas. Kaushik et al. [4], reportan el mismo comportamiento en películas elaboradas con nanofibras y mencionan que esta disminución en ΔH es atribuida al bajo contenido de NC o C, lo que genera una buena dispersión en la matriz polimérica de almidón.

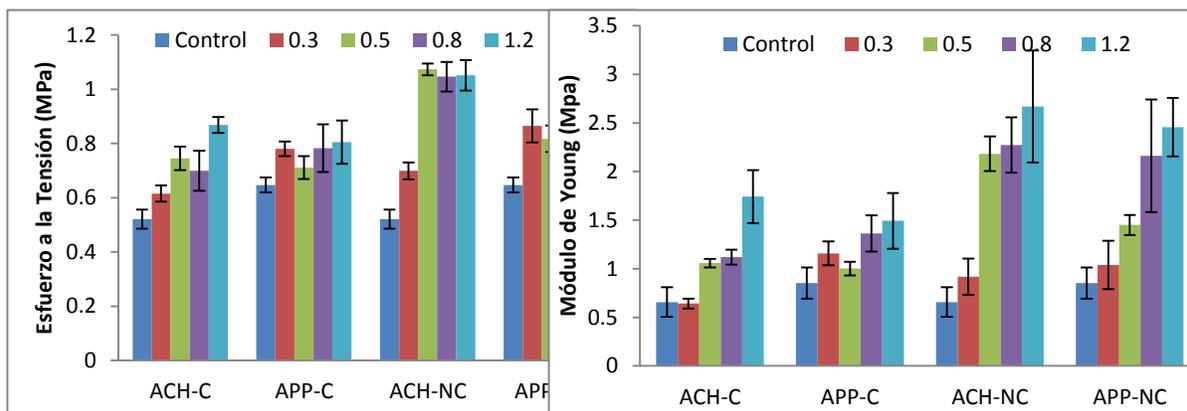


Figura 1 y 2. Efecto de la concentración de celulosa (C) y nanocelulosa (NC) sobre el módulo de Young y el % Elongación de películas de almidón de chayotextle y papa. Media de 10 repeticiones ± desviación estándar. Donde ACH= almidón de chayotextle, APP = almidón de papa, control = 0 % de C o NC.

Conclusiones.

Las propiedades mecánicas han sido mejoradas con el incremento en la concentración de fibra de celulosa o nanocelulosa, mostrando las mejores propiedades mecánicas (mayor esfuerzo máximo a la ruptura, módulo de Young y porcentaje de elongación) las películas reforzadas con nanofibras de celulosa, lo que se relacionan con el nano-tamaño, ofreciendo mayor superficie de contacto y por lo tanto una mayor capacidad para formar redes rígidas mediante puentes de hidrógeno haciendo películas más resistentes. Una mayor T_m , se relaciona a una mayor cristalinidad impartida por la C o NC y por la fuente de almidón. El incremento en la concentración de celulosa y nanocelulosa disminuye la ΔH , lo que se atribuyó a una menor concentración y por lo tanto mejor dispersión en la matriz polimérica. El uso de estas películas biodegradables elaboradas con una nueva fuente de almidón podría sustituir el uso de almidón de papa, y en este sentido el uso de nano celulosa mejora notablemente el uso que podría tener el uso de estas películas en la industria alimentaria y no alimentaria.

Agradecimientos.

Se agradece el soporte económico de SIP-IPN, COFAA-IPN, EDI-IPN, PROMEP y CONACYT 2012-2015.

Referencias.

1. J.P. Hernández-Uribe; E. Agama-Acevedo; R.A González-Soto; L.A., Bello-Pérez, A. Vargas-Torres *Starch/Stärke*, 2011, 63, 32–41
2. ASTM D-882-95a. Standard Test Methods for Tensile Properties of thin plastic sheeting, 1995.
3. ASTM E-96-80. Standard Methods of Test for water vapor transmission of materials in sheet form, 1989.
4. A. Kaushik; M. Singh; G.Verma. *Carbohydrate Polymer* 2010, 82, 337-345
5. De. Teixeira; M. E. Pasquini; D. Curvelo; A. S. A., Corradini; E. Belgacem; N. M. & Dufresne, A. *Carbohyd Polym*, 2009, 78, 422–431.
6. De Azeredo, H. M. C. 2009. *Food Research International*, 42, 1240–1253.
7. CMO. Müller; L.J. Borges; F.Yamashita; *Carbohyd Polym*, 2009, 77, 293–299

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA EN PELICULAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON ALMIDÓN DEL TUBÉRCULO DE CHAYOTE (*SECHIAM EDULE SW.*), ADICIONADAS CON CELULOSA O NANOPARTICULAS DE CELULOSA.

J. Terrazas- Hernández¹, A. Vargas¹, N. Chavarria¹, J.J. Berríos², S.H. Iman²

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av Universidad Km 1. Rancho Universitario, CP 43600. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. - apolovt@hoymail.com, jorge_terrzas86@hotmail.com, norberto@uaeh.edu.mx ² Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).- jose.berrios@ars.usda.gov, syed.imam@ars.usda.gov

Área de participación: *Bioprocesos y desarrollo sustentable*

Resumen – las películas fueron almacenadas a diferentes temperaturas y humedades relativas por 3 y 5 días, el análisis estadístico mostro que el tiempo de almacenamiento no influye en los para metros aquí estudiados. Los estudios mecánicos mostraron un incremento en el módulo de Young (MY) y esfuerzo máximo de ruptura (EM) tanto en las películas condicionadas a diferentes humedades relativas (HR) y temperaturas. Los estudios de difracción de rayos X, mostraron que las películas no sufren un cambio estructural por las diferentes condiciones de temperatura y HR. Pero si fue observado un incremento en la % de degradación por efecto de HR y temperatura.

Introducción.

El uso de plásticos derivados del petróleo ha causado serios problemas de contaminación a nivel mundial, debido a ello se han investigado distintos polímeros naturales así como nuevas fuentes de extracción para su empleo como recubrimientos o empaques. En este sentido los almidones han cobrado gran importancia, debido a las propiedades estructurales y de soporte que brinda en la conformación de la matriz estructural, es abundante en la naturaleza, de fácil biodegradación y bajo costo, el uso de este polímero natural obtenido de fuentes no convencionales como lo es el almidón del tubérculo de la planta del chayote (chayotextle), el cual presenta propiedades fisicoquímicas muy similares al almidón de papa [1]. Se ha reportado que la incorporación de otros polímeros naturales así como nanocompuestos, mejoran las propiedades mecánicas en películas de almidón, interactuando como agentes de relleno, mediante interacciones electrostáticas, fuerzas de Van der Waals, ya que aumenta el área interfacial de contacto entre cadenas poliméricas favoreciendo enlaces por puente de hidrógeno [2,3]. El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la adición de celulosa (C) o nanopartículas de celulosa (NC), en películas de almidón de tubérculo de chayote (ATC), bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa (HR).

Sección Experimental.

Elaboración de películas

Las películas se elaboraron por el método de vertido en placa, la cantidad de almidón empleado fue de 4 g, celulosa 0.8 g para el tratamiento 1 (T1) y 1.2 g de nanopartículas de celulosa para el tratamiento 2 (T2), y glicerol (2 g), las mezclas se disolvieron en 170 ml agua destilada. Se utilizó un agitador con control de torca (Lightnin Lab Master) y un dispersador marca POLITRON System. El almidón y glicerol se agitaron a 125 rpm a 30 °C. La solución de celulosa y/o nanopartículas celulosa se homogenizó a 11,000 rpm por 5 min, subsiguientemente se mezclaron ambas soluciones y se agitaron a 125 rpm con aumento de la temperatura de 30 a 90°C, alcanzada la temperatura de 90°C se mantuvo 10 min con agitación constante. Las suspensiones gelatinizadas se centrifugaron a 1000 rpm durante 3 min a 25 °C con la finalidad de eliminar el exceso de burbujas de aire formadas en la solución filmogénica, finalmente se vertieron sobre moldes de vidrio forrados con tela teflón (11 cm x 11 cm), procediendo a colocarlos en una estufa de convección para su secado a 45 °C por 24h (Marca RIOSSA HCF-620).

Acondicionamiento

Se evaluó el efecto de la HR a 33, 69 y 90%, la temperatura a -80, 4, 25 y 70°C y tiempo de almacenamiento a 3 y 5 días.

Pruebas mecánicas

Los estudios mecánicos se realizaron según lo establecido por la ASTM-D88-95a. Las pruebas mecánicas fueron sujetas a ensayos de tensión uniaxial para determinar los parámetros de esfuerzo máxima a la fractura (EM), elongación (E) y el módulo de Young (MY), se usó un texturómetro de la marca Stable MicroSystems TA-HDi, la velocidad de ensayo fue de 1 mm/s y se analizaron 15 réplicas por cada tratamiento.

Difracción de rayos "X"

Las muestras fueron molidas hasta obtener partículas finas y se colocaron en un soporte estándar para su análisis en un difractómetro de rayos "X" de la marca Philips X 'pert (MPD) operado a 60 kV, 30 mA usando radiación Cu K α con un monocromador de haz de grafito. Los datos fueron adquiridos en una escala 2 θ de 1.6 a 60 ° a una velocidad de barrido de 0.015°/s.

Biodegradación

Siguiendo la metodología propuesta por Syed y Sherald [4], las muestras se trituraron en un molino utilizando una red con tamaño de poro de 0.1 mm., posteriormente se mezclaron 0.2 g de cada muestra con 20 g de composta comercial (EarthGro topsoil), con humedad relativa del 60% en una cámara de reacción de 250 ml en un Micro-Oxymax Respirometer System. La prueba fue acondicionada a temperatura ambiente (24 \pm 2 °C) monitoreando el % de

degradación cada 5 días, las muestras se acompañaron de un testigo (Almidón pregelatinizado de trigo- MGP) y un control (composta control).

Resultados y Discusión.

El análisis estadístico no mostro una diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$), con respecto al efecto de los días de almacenamiento, por lo que en adelante solo fue realizado el estudio sobre el efecto de las diferentes temperaturas y humedades de almacenamiento. Los resultados obtenidos en las propiedades mecánicas mostraron un comportamiento de incremento en el módulo de Young (MPa) y de esfuerzo máximo a la ruptura (MPa). Datos mayores fueron presentados por las películas almacenadas a diferentes temperaturas y mezcladas con nanopartículas de celulosa (T2). Los estudios de elongación al rompimiento en T1 y T2, no mostraron diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$), para el efecto de la humedad y temperaturas de almacenamiento en donde fue observado un valor de 30 % de elongación (Figura no mostrada).

El comportamiento de incremento en las propiedades mecánicas que presentan las películas con NC podría estar relacionado con el aumento del área interfacial entre las cadenas poliméricas de NC y almidón. Estudios reportan que este tipo de fenómeno podría incrementar los enlaces por puente de hidrogeno, provocando una mayor rigidez en la películas que es notado en un incremento en el MY y EM [5]. Vargas *et al.*, [6] reportan un comportamiento de incremento del MY y EM conforme se incrementa la temperatura de almacenamiento, lo cual es atribuido al incremento de la velocidad de evaporación del plastificante, favoreciéndose las interacciones polímero-polímero.

Con respecto al efecto de la humedad relativa en las propiedades mecánicas fue observado que a humedades relativas de 70 y 90% tanto para el MY y EM no se observaron cambios estadísticos significativos ($\alpha=0.05$), en películas que contenían C y NC. Estudios realizados por Ma *et al.*, [7] y Amash *et al.*, [8], reportan que la celulosa en mezclas de películas de almidón funciona como una barrera física al vapor de agua debido a su carácter hidrófobo, provocando una reducción en la captura de agua dentro de la red formada por el ATC, lo que podría evitar el efecto plastificante.

Efecto de la temperatura de almacenamiento en las películas de ATC con N y NC

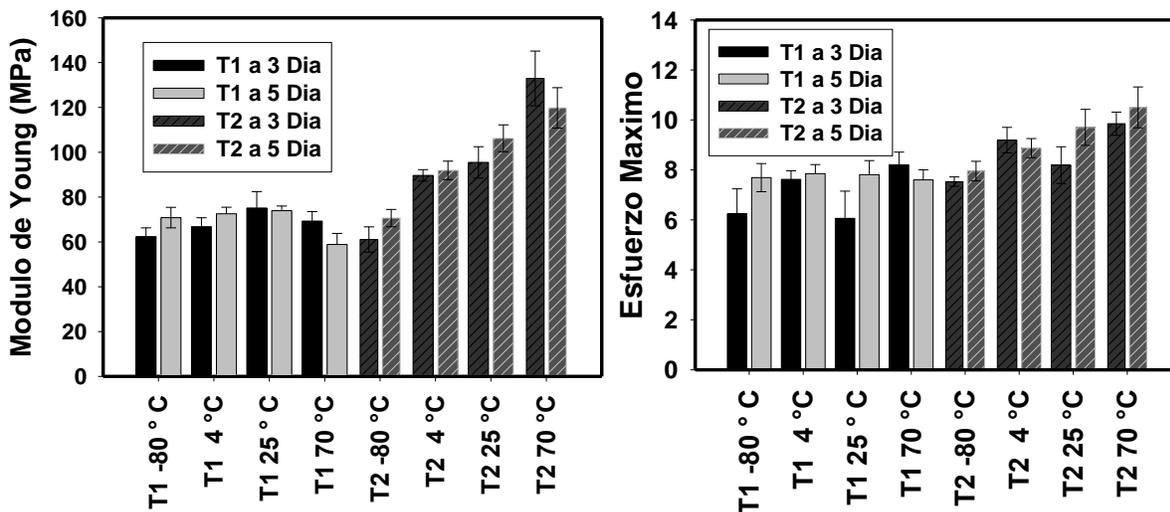


Figura 1.- Efecto de la temperatura y días de almacenamiento en películas elaboradas con ATC, Gli, C y/o NC en las propiedades mecánicas.

Efecto de la Humedad relativa de almacenamiento en las películas de ATC con N y NC

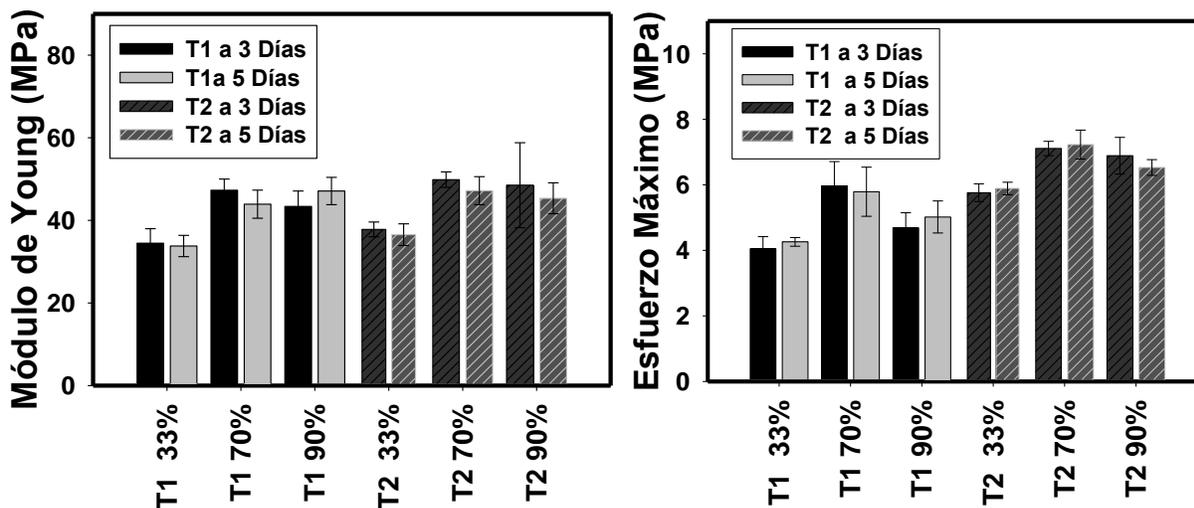


Figura 2.- Efecto de la Humedad relativa y días de almacenamiento en películas elaboradas con ATC, Gli, C y/o NC en las propiedades mecánicas.

Difracción de rayos “X”

Las pruebas de difracción de rayos “X” se realizaron en películas que contenían NC, también se analizó una muestra de ATC (Figura 3), el patrón que presenta el ATC es de tipo B [9], representativo de los tubérculos.

Ma *et al* [7] observaron que durante la elaboración de las películas, el almidón pierde su cristalinidad, pero con la adición de C o NC es observado un pico de incremento de la cristalinidad en un Angulo de 23°, siendo reportado como característico de la celulosa (Ma *et al.*, [7] y Amash *et al.*, [8], Teixtera *et al.*, [10], Klemm *et al.*, [11]). Este comportamiento también fue observado en este estudio con la adición de NC. Cuando fue analizado el efecto de las diferentes temperaturas y humedades relativas de las películas en el presente trabajo fue observado que no hay cambios en la cristalinidad, excepto el almacenamiento a 70°C, por lo tanto las películas no sufren cambios en su estructura cristalina por efecto de las diferentes humedades y en temperaturas por debajo de 70°C. En este mismo sentido, Ma *et al.*, [7], Amash y Zugenmainer [8] mencionan que la adición de C o NC en películas elaborada con almidón retardan el fenómeno de retrogradación, esto podría explicar el comportamiento también de las películas aquí estudiadas.

En las películas acondicionadas a 70 ° C, se observó una ligera reducción en la intensidad del pico (23°), lo cual esta ligado a una reducción en la velocidad de cristalización en la película. Muller *et al.*, [12] y Riandla *et al.*, [13] reportaron que este comportamiento es debido al bajo contenido de agua, ya que la velocidad de recristalización incrementa con altos contenidos de agua.

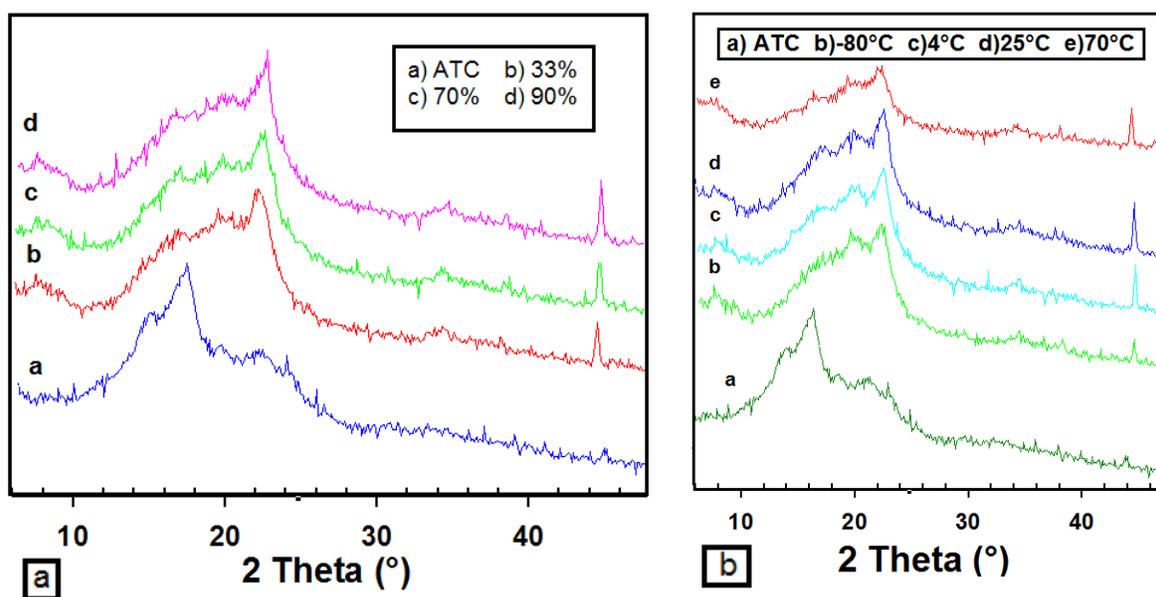


Figura 3.- Difractogramas de películas elaboradas con ATC, Gli, C y/o NC bajo distintas condiciones de humedad relativa (a) y temperatura (b).

Biodegradación

En las pruebas de degradación la tasa de descomposición de las películas de ATC con NC fue mayor que la presentada por el control (almidón pregelatinizado de trigo MGP1), esto puede ser debido a las diferentes condiciones de almacenamiento de humedades relativas y temperaturas. Vargas *et al.*, [6], Corti *et al.*, [14] y Azahari *et al.*, [16]), reportaron que un cambio en la temperatura y en contenido de humedad en películas favorece la tasa de biodegradación, ya que sus estudios por microscopia electrónica de barrido demostraron cambios estructurales en la superficie de la película.

En este estudio se puede observar que tanto las diferentes condiciones de temperatura y HR a la que la películas fueron expuestas provocaron un incremento en el % de degradación, ya que al comparar la muestras control al día 10 fue observado un 45 % de degradación y en las películas en estudio fue 62 %, lo que indica que las condiciones de temperatura y HR, están afectando la estructura de polimérica de las películas.

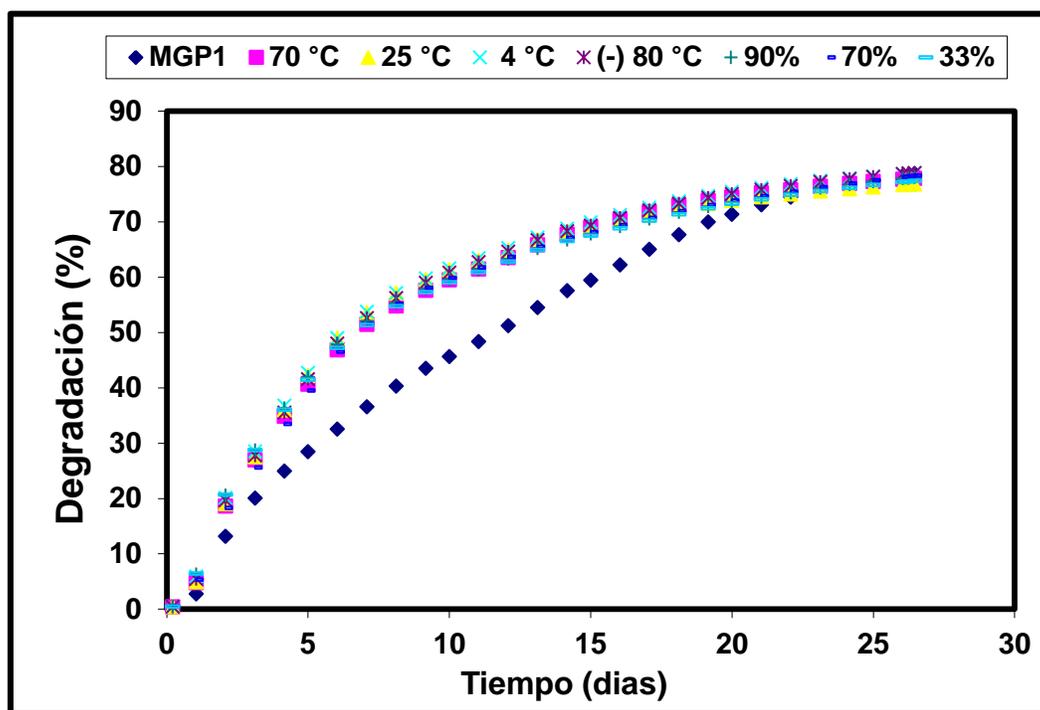


Figura 4. Porcentaje de degradación de películas elaboradas con ATC, Gli y NC bajo condiciones de almacenamiento a diferentes temperaturas y humedades relativas.

Conclusiones.

La incorporación de la NC en las películas de ATC aumento las propiedades mecánicas (MY y EM) bajo las distintas condiciones de almacenamiento, el efecto de reforzamiento no fue debilitado con el incremento de la humedad relativa, pero si con la temperatura.

En las pruebas de difracción de rayos "X", la cristalinidad se mantuvo constante bajo condiciones de almacenamiento a diferentes humedades y a temperaturas inferiores a 70°C.

Por otro lado, las películas presentaron un incremento en % degradación, bajo las condiciones de almacenamiento a diferentes HR y temperaturas.

La adición de NC en películas podría incrementar el uso de estas en la industria alimentaria ya que en este estudio se observó una notable mejoría en las propiedades mecánicas y % de degradación bajo distintas condiciones de almacenamiento.

Agradecimientos.

Se agradece el apoyo Al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el soporte económico otorgado por PROMEP, CONACyT.

Referencias.

1. J. Jiménez-Hernández; J.A. Salazar-Montoya; E.G. Ramos-Ramírez. *Carbohydr. Polym.*, 2007, 68, 679.
2. A.S. Suárez, Ing. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2012.
3. Q. Zang; Z. Yu; X. Xie; K. Naito; Y. Kagawa, *J. Polym. Sci.*, 2007, 48, 7193.
4. H.I. Syed; H.G. Sherald. *J. Polym. Environ.*, 2002, 10, 147.
5. Y. Nishiyama; P. Lagan; H. Chanzy, *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, 124, 9074.
6. A. Vagras; J.J. Berrios; B. Chiou; D. Wood; L.A. Bello; G.M. Glenn; S.H. Iman.
7. X. Ma; J. Yu; J.F. Kennedy. *Carbohydr. Polym.* 2005, 62, 19
8. A. Amash; P. Zugenmainer. *Polym. Sci.*, 2000, 41, 1589
9. S. Mali; M.V.E. Grossmann; M.A. Garcia; M.N. Martino; N.E. Zaritzky. *Carbohydr. Polym.* 2002, 50, 379.
10. E. Teixtera; D. Pasquini; A.A.S. Curvelo; E. Corradini; M.N. Belgacem; A. Dufresne, *Carbohydr. Polym.*, 2009, 78, 422.
11. D. Klemm; B. Heublein; H.P. Fink; A. Bohn; *Angew. Chem.*, 2005, 44, 335.
12. C.M.O. Muller; J.B. Laurindo; F. Yamashita, *Carbohydr. Polym.*, 2009, 77, 293.
13. Å. Rindlav; H.D. Hulleman; P. Gatenholm. *Carbohydr. Polym.* 1997, 34, 25.
14. A. Corti; S. Muniyasamy; M. Vitali; S.H. Imam; E. Chiellini; *Polym. Degrade. stab.*, 2010, 95, 1106.
15. W. Xiu-Li; Y. Ke-Ke; W. Yu-Zhong, 2003, *J. Macromol. Sci.*, 43:3, 385.
16. N.A. Azahari; N. Othman; H. Ismail, *J. Phys. Sci.*, 2011, 22, 15.

EFEECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE POLIVINIL ALCOHOL, CELULOSA Y NANOFIBRAS DE CELULOSA, SOBRE PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN DEL TUBÉRCULO DE CHAYOTEXTLE (SECHIUM EDULE SW.).

**M. B. Cotonieto Morales¹, F. Gutiérrez Meraz², H. M. Palma Rodríguez¹,
A. I. Hernández Rodríguez¹, A. Vargas Torres¹.**

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-(Instituto de Ciencias Agropecuarias Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo, Estado de Hidalgo, CP 43600, México) – harusita@gmail.com; apolovt@hotmail.com; hpalmar@ipn.mx; hdezpark@hotmail.com, ²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos – IPN - felipegm52@hotmail.com

Área de participación: *Bioprocesos y Desarrollo sustentable*

Resumen – Se elaboraron películas a partir de almidón del tubérculo del chayote “chayotextle” (ACH) en mezcla con PVOH y celulosa (C) o nanofibras de celulosa (NC). Se evaluaron las propiedades mecánicas de elongación, módulo de Young y esfuerzo máximo a la ruptura. Se observó un incremento en el módulo de Young y en el esfuerzo máximo a la ruptura con el aumento en la concentración de PVOH, C y NC. Un patrón similar fue observado en el porcentaje de elongación. Por otra parte, la permeabilidad al vapor de agua se disminuyó considerablemente con la adición de PVOH, C y NC comparado con las películas hechas simplemente de almidón y PVOH.

Introducción.

Con el paso del tiempo se ha incrementado el interés en la producción de envases mediante películas biodegradables que provengan de fuentes renovables entre las que principalmente se encuentra el almidón, esto con la finalidad de reducir el índice de contaminación generado por los envases provenientes de polímeros sintéticos. Sin embargo las películas hechas simplemente solamente de almidón presentan algunas desventajas comparadas con los envases provenientes de polímeros sintéticos; al utilizar almidón de chayotextle y adicionar otros compuestos como la celulosa (C) o nanofibras de celulosa (NC) y polivinil alcohol (PVOH) se pueden mejorar las propiedades de las películas; por lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de PVOH, celulosa o nanofibras de celulosa a las películas elaboradas a partir de almidón de chayotextle.

Sección Experimental.

Para la obtención del almidón de chayotextle se siguió la metodología propuesta por Hernández-Uribe y col. (2011). La celulosa (C) de algodón y el polivinil alcohol (PVOH) fueron adquiridos de Sigma-Aldrich, Irlanda. Las nanofibras de celulosa (NC) fueron obtenidas mediante una hidrólisis ácida de acuerdo al método propuesto por Morán y col. (2007). Para la elaboración de las películas se utilizó el almidón de chayotextle en mezcla con PVOH (0.5, 1 y 1.5 %), C o NC (0.8 y 1.2%

en ambos casos) mediante vertido en placa. La película control de almidón, no fue adicionada con PVOH, y la película control PVOH, no fue adicionado el almidón.

Las pruebas mecánicas consistieron en ensayos de para la determinación del esfuerzo máximo a la ruptura (MPa), el porcentaje de elongación (%) y el módulo de Young (MPa). Para determinar la resistencia de las películas a la tensión, las pruebas mecánicas se realizaron de acuerdo con el estándar ASTM-882-95a (2007). La permeabilidad al vapor de agua de las películas (PVA), se determinó empleando el método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96-80 (ASTM, 1989) conocido como el “método de la copa” o “celda de prueba”.

Resultados y Discusión.

Pruebas mecánicas

El módulo de Young (Figura 1a) incrementó conforme se aumentó el contenido de PVOH en la mezcla. En ese mismo sentido, las películas adicionadas con C, presentaron un incremento en el módulo de Young en comparación con las que las contenían NC. Por otro lado, la película utilizada como control-almidón (CA) presento bajos valores en este parámetro mecánico. De acuerdo con León (2010), este incremento en el modulo de Young puede ser debido a que el PVOH presenta una alta resistencia a la tensión y buena flexibilidad ya que contiene cadenas carbonadas lineales, con sustituyentes tipo hidrogeno e hidroxilo, que le permiten movilidad y flexibilidad molecular. Un comportamiento similar de incremento fue observado en el esfuerzo máximo la ruptura (Figura 1b). Mientras que para los valores de elongación (Figura 1c) fue observada una reducción.

El análisis estadístico realizado mostró que hay una diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$) por el incremento del PVOH en la mezcla que por la comparación entre C y NC a las mismas concentraciones. Arroyos (2008), reporto que las interacciones químicas entre las microfibras de celulosa y el almidón, originadas por grupos hidroxilo podrían estar formando enlaces de puente de hidrogeno provocando un efecto “red”, lo cual contribuye a una mayor resistencia de la película.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La películas hechas a partir de almidón de chayotextle adicionadas con 1.5% de PVOH en mezcla con 0.8% y 1.2% C o NC (Figura 2); mostraron una disminución en los valores de PVA comparados con los datos obtenidos para para la película control-almidón, el cual fu de $4.67 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ y para control- PVOH fue de $2.76 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$. En las películas que contenían C a 0.8% y 1.2 %, se obtuvieron valores de 2.81×10^{-10} y $1.75 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$, respectivamente mientras que las películas con NC los datos obtenidos fueron de 1.63×10^{-10} y $1.78 \times 10^{-10} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$, respectivamente. Chen-Yun y col. (20), reportaron que películas en mezcla con NC tienen mayor contacto superficial tanto con cadenas

del almidón como con el PVOH, reduciendo la movilidad de las cadenas debido al incremento de la cristalinidad, incrementando así el carácter hidrofóbico de la película, disminuyendo la permeabilidad al vapor de agua.

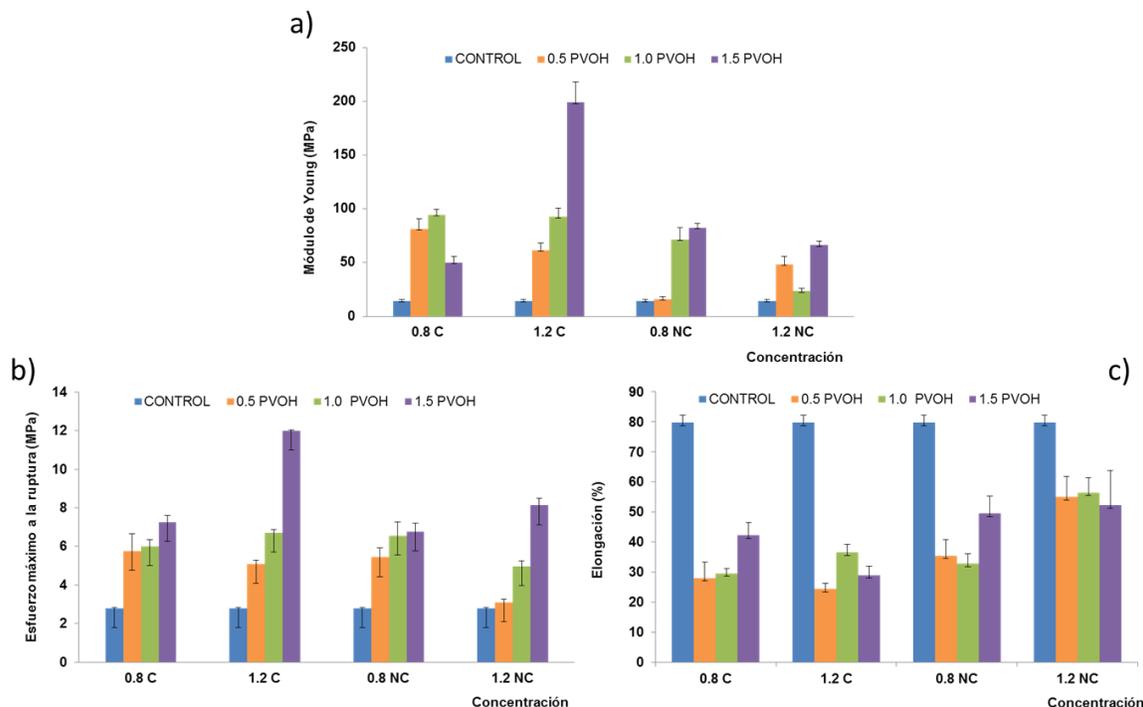


Figura 1. Efecto de la concentración del polivinil alcohol (PVOH), sobre el módulo de Young (a), el esfuerzo máximo a la ruptura (b) y la elongación (c) en las películas elaboradas con almidón de chayotextle, celulosa (C) y nanofibras de celulosa (NC). Media de 10 réplicas + desviación estándar.

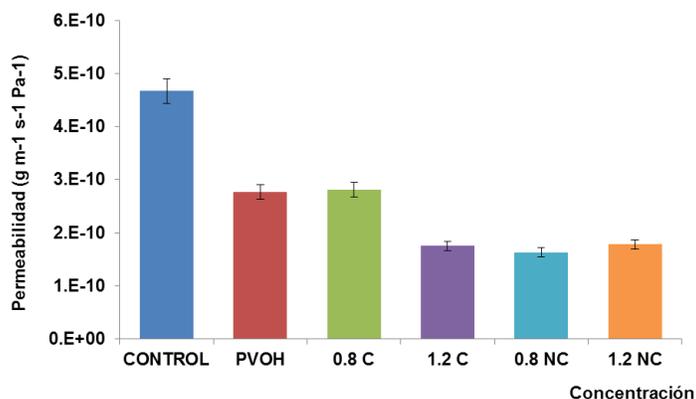


Figura 2. Efecto del polivinil alcohol (PVOH), de celulosa (C) y nanofibras de celulosa (NC) sobre la permeabilidad al vapor de agua (PVA) en películas elaboradas con almidón de chayotextle. Media de tres repeticiones ± desviación estándar.

Porcentaje de Solubilidad

Los resultados obtenidos a una temperatura de 60°C son presentados en la figura 3. Estos valores mostraron que las películas que contenían PVOH, C o NC tuvieron un mayor porcentaje de solubilidad que la película control, esto se puede atribuir a que el PVOH es un polímero altamente soluble en agua (Tang y Alavi (2011). Sin embargo las películas que contenían C o NC presentaron una disminución en la solubilidad en comparación con la película control-PVOH; esto se puede deber a lo ya antes mencionado, que la adición de C o NC, incrementar el carácter hidrofóbico en la película por un incremento en la cristalinidad y de esta manera se genera una menor solubilidad (Arroyos 2008; Dufresne, 2008).

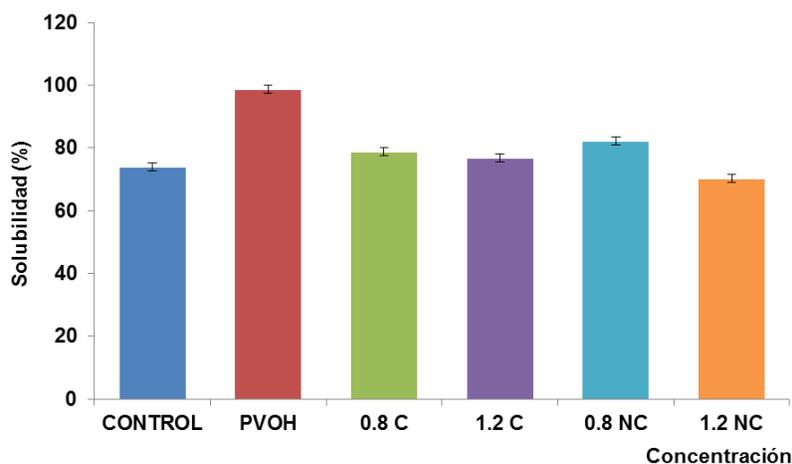


Figura 3. Efecto del polivinil alcohol (PVOH), de celulosa (C) y nanofibras de celulosa (NC) sobre la solubilidad en agua en películas elaboradas con almidón de chayotextle. Media de tres repeticiones \pm desviación estándar.

Conclusiones.

Las propiedades mecánicas incrementaron con el uso de PVOH y C o CN, por lo que la adición de estos polímeros a la matriz polimérica de almidón genera una notable compatibilidad química o de reforzamiento. Además, de que fue mejorada la solubilidad de la película por la adición de PVOH, comparados con la película control de almidón. El uso de estas películas podría tener una gran aplicación en el uso de la industria de empaques, ya que fue observado un incremento en la resistencia mecánica.

Agradecimientos.

Agradecemos a PROMEP y CONACyT por el financiamiento recibido para la realización de este trabajo.

Referencias.

1. A. Dufresne. Canadian Journal of Chemistry. 2008, 86, 494.
2. ASTM Standard D88-95a, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic. 1997
3. ASTM Standard E96-80 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. 1989.
4. Sheeting," West Conshohocken, PA: ASTM Standard, 2010.
5. H. B. León M. Universidad Nacional de Colombia. 2011.
6. I. Morán J; A. Álvarez V; V. Cyrus P; A. Vázquez. Cellulose. 2007, 15, 159.
7. J. P. Hernández U; E. Agama A; R. A. González S; L. A. Bello P; A. Vargas T. Starch. 2011, 63, 41.
8. R. K, Arroyos. Tesis de maestría. Instituto Politecnico Nacional. 2008.
9. Y. Chen; C. Xiaodong; P. R. Chang; M. A. Huneault. Science Direct Carbohydrate Polymers. 2008, 73, 17.
10. X. Tang y S. Alavi. Carbohydrate Polymers. 2011, 85, 16.

PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE USO POTENCIAL EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, MEDIANTE EL CULTIVO POR LOTE DE LA BACTERIA ÁCIDO LÁCTICA, *Streptococcus* sp., USANDO MEDIOS DE CULTIVO ALTERNATIVOS.

M. A. López-Ortega¹, A.I. Rodríguez-Hernández¹, G. Díaz-Ruiz³, J. Piloni-Martini² y N. Chavarría-Hernández¹

¹Cuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria y ²Cuerpo Académico de Zootecnia y Calidad de Productos en Especies Pecuarias. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad km 1, Rancho Universitario, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. C.P. 43600. México. E-mail: norberto@uaeh.edu.mx; ³Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510 México, D.F., México

Área de participación: Bioprocesos y desarrollo sustentable

Resumen –Se realizaron fermentaciones por lote a nivel matraz, con diferentes medios de cultivo alternativos, obteniendo un concentrado de sobrenadante de la centrifugación de caldo de fermentación al que se le determinó la actividad antimicrobiana (AaM) contra *Listeria monocytogenes*. El medio APT adicionado con lactosuero se eligió para llevar a cabo fermentaciones por lote a nivel biorreactor de 3 L, con suministro de aire de 0 y 0.5 vvm. La máxima AaM alcanzada fue de 58.42±18.65 UA/mL a las 9 h con inyección de aire de 1 L/min. En contraste, bajo condiciones de 0 vvm se registró una máxima actividad antilisteria de 44.8 UA/mL a las 12 h de proceso.

Introducción.

Los consumidores incrementan la demanda de alimentos libres de patógenos, con procesamiento mínimo y el uso de pocos conservadores y aditivos pero sin que éstos pierdan la calidad sensorial. Como una respuesta a estas demandas, las tendencias de la industria de los alimentos implican la investigación de inhibidores alternativos que promuevan la seguridad alimentaria. La bioconservación de alimentos conlleva reducir o eliminar la presencia de esporas y organismos patógenos. La aplicación de cultivos bioprotectores que contribuyen a la calidad higiénica como una herramienta debe considerarse sólo como medida adicional a las buenas prácticas de manufactura, procesamiento, almacenamiento y distribución de alimentos (1).

En los alimentos fermentados las bacterias ácido lácticas (BAL) pueden inducir diversas actividades antimicrobianas. Esto es debido a la producción de ácidos orgánicos, así como bacteriocinas y péptidos antifúngicos, entre otros. En este contexto, las bacteriocinas son indicadas para prevenir el crecimiento de bacterias indeseables en una forma de calidad alimentaria y más natural, que es conveniente para la salud y aceptado por la sociedad. De acuerdo a sus propiedades, estructura, peso molecular y espectro antimicrobiano, las bacteriocinas se clasifican en tres grupos: los lantibióticos y no-lantibióticos de bajo peso molecular, y los de alto peso molecular. Se han probados varias estrategias para la producción de bacteriocinas a partir de caldos de cultivo

complejos (2, 3); tal es el caso del uso de brotes de vid como fuente de carbono y vinazas como fuente de nitrógeno, fósforo y micronutrientes para el desarrollo de *Lactococcus lactis*, resultando una alternativa de medio de producción económica para la producción de ácido láctico, biosurfactantes y bacteriocinas (4). Por su parte, Wolf-Hall *et al.* (5) sugirieron el uso sólidos presentes en las vinazas de la destilación del maíz para producir etanol (SDM) y de lactosuero como medios de cultivo de bajo costo, reportando un 93% de reducción de costos y actividades de nisina de 230 UI/mL (lactosuero) y 255 UI/mL (SDM). En el caso específico del lactosuero, su manejo y disposición sigue siendo un problema en la industria alimentaria (6) a pesar de los diversos reportes que sugieren su uso en bioprocesos (i.e., producción de ácidos orgánicos, proteína, enzimas, etanol y bacteriocinas (7, 8))

Con el fin de diseñar procesos industriales de producción de sustancias con actividad antimicrobiana (AaM), entre otras tecnologías se ha estudiado el cultivo sumergido de BAL usando distintas configuraciones de fermentadores bajo diversas condiciones de operación (2). Particularmente, las fermentaciones de BAL en biorreactor agitado mecánicamente han sido abordadas tanto por lote como lote alimentado. González-Toledo *et al.* (9) reportaron las condiciones adecuadas para producir nisina A por *L. lactis* UQ2 en biorreactor por lote (condiciones 12 h, 1 L de operación, 200 rpm, 30°C). Los autores recomiendan usar 74.4 (Unidades internacionales, UI)/L nisina como inductor, 13.8 g/L peptona de soya y 14.9 g/L suero dulce, en procesos a pH constante de 6.5 logrando concentraciones de nisina de 575 ± 17 UI/mL a las 12 h. Por otra parte, Arauz *et al.* (10) evaluaron la producción de nisina por *L. lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 en fermentaciones por lote de 1.5 L, usando como medio de producción leche descremada diluida al 25%. Los experimentos se realizaron a 30°C por 56 h y: a) 200 rpm; 0, 0.5, 1.0 y 2.0 $L_{\text{aire}}/\text{min}$; b) 100 rpm; 0 y 0.5 $L_{\text{aire}}/\text{min}$). El pH evolucionó libremente, reportando una máxima concentración de nisina de 49.88 mg/L (1,995.29 (Unidades arbitrarias, UA)/mL) a las 16 h, 200 rpm, sin inyección de aire ($k_{\text{L}}a=5.29 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$).

Es por lo anterior que en la industria alimentaria sigue siendo de interés la búsqueda de nuevas bacteriocinas así como el diseño o mejoramiento de los procesos de fermentación para su producción, involucrando especialmente el uso de bacterias ácido lácticas nativas. Por tanto, el presente trabajo tuvo como propósito estudiar la producción de actividad antimicrobiana de la BAL, *Streptococcus* sp. aislado de pozol -bebida fermentada tradicional mexicana-, en procesos de fermentación por lote, explorando los efectos de distintas condiciones de operación, incluyendo el uso medios de cultivo complejos.

Sección Experimental.

Microorganismos:

Se usó una BAL aislada de pozol, *Streptococcus* sp. (11), conservada en 25% de glicerol a -80°C (Ultracongelador, REVCO).

Listeria monocytogenes (FQ-UNAM) fue usada como microorganismo indicador. Conservada como la BAL.

Medios de cultivos: En la primera etapa de esta investigación se evaluaron diferentes medios de cultivo para la producción de la BAL a nivel matraz, tomando como base el medio MRS y su contenido de carbono y nitrógeno.

MRS: Caldo MRS (Difco®); Medio de cultivo alternativo (MCA)-I: Caldo MRS (Difco®) (2.75% p/v) y lactosuero en polvo (2.75% p/v) (Grupo abastecedora industrial SA de CV); MCA-II: Melaza (4% p/v), Caldo de Soya Trypticaseína (2% p/v), Extracto de levadura (0.5% p/v), Tween 80 (0.3%p/v) y solución concentrada de $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (0.1% v/v); MCA-III: Medio APT adicionando lactosuero en polvo (1%p/v).

Desarrollo de Fermentaciones: Para la producción de AaM se activó la BAL en caldo MRS (inóculo al 1%), incubando a 30°C durante 24 h, sin agitación. Transcurrido el tiempo de incubación se inoculó en medio de cultivo estéril (inóculo al 1%) por inyección en un biorreactor autoclavable de 3L MTB (Applikon Biotechnology) a 30°C, con agitación a 200 rpm (2 turbinas Rushton de 45 mm de diámetro), en condiciones de aireación de 0 vvm y 0.5 vvm, utilizando un volumen de operación 2.4L. Las fermentaciones duraron 15 h, realizando muestreos cada 3 h. Se tomaron 80 mL de caldo en cada muestreo (volumen de purga de 15 mL); centrifugándose a 5500 rpm a 4°C durante 30 min. El sobrenadante colectado se ajustó a un pH de 6.5 con NaOH 5 M; posteriormente se utilizó un rotavapor con controlador de vacío (BÜCHI R-215) para obtener 31 mL de caldo concentrado. Posteriormente se dio un tratamiento térmico en autoclave a 110 °C por 10 min (inactivación de proteasas).

Determinación de biomasa (X). Al pellet colectado se le realizaron dos lavados: el sedimento fue resuspendido en solución isotónica y centrifugado (5500 rpm durante 30 min a 4°C); el sobrenadante se decantó en cada lavado. Los tubos de centrifuga (CORNING® 50 mL) con el pellet se llevaron a un horno de convección a 100 °C durante 24 h, para determinar su peso (g). Luego, los tubos fueron lavados y puestos en horno de convección a 100°C durante 24 h para determinar su peso sin biomasa. La concentración de biomasa se calculó con la Ec. (1):

$$X_{PS} = \frac{P_{t+x} - P_t}{V_m} \quad (1)$$

Donde X_{PS} es la concentración de biomasa (g/L), P_t es el peso del tubo (g), P_{t+x} es el peso del tubo más biomasa (g) y V_m representa el volumen de la muestra (L). Estos datos se graficaron en función del tiempo y la máxima velocidad específica de crecimiento ($\mu_{m\acute{a}x}$) se determinó con la Ec. 2.

$$\mu_{m\acute{a}x} = \frac{\ln(x_{n+1}/x_n)}{\Delta t} \quad (2)$$

Evaluación de actividad antimicrobiana: *L. monocytogenes* fue activada (1% inóculo) a 35°C durante 24 h; después se tomaron 50 μ L del cultivo para inocular 5 mL de caldo BHI e incubar a 35°C por 6 h. Cumplido el tiempo de incubación se procedió a realizar la prueba de difusión en agar para determinación de actividad antimicrobiana del caldo concentrado. Los resultados obtenidos se expresaron en términos de gentamicina ($mg_{gentamicina}/mL_{caldo}$ de fermentación), para esto se realizó la prueba de difusión en agar usando gentamicina (GI) en solución, probándose diferentes concentraciones (0.001- 0.025 mg/mL); de los resultados obtenidos se

obtuvo una curva de calibración. La Ec. 3 fue utilizada para calcular la actividad antimicrobiana en función de los radios de inhibición obtenidos:

$$x = \frac{\ln\left(1 - \left(\frac{Y - (0.1676)}{7.0318}\right)\right)}{-(367.6372)} \quad (3)$$

Y= Δ radio de inhibición (mm)

x= actividad antimicrobiana (mg_{gentamicina}/mL_{caldo de fermentación})

Por último la efectividad antimicrobiana fue ajustada a UA/mL, mediante una función que relaciona la actividad antimicrobiana en (mg_{gentamicina}/mL_{caldo de fermentación}) con su correspondiente en (UA/mL), involucrando el método de dilución crítica.

Resultados y Discusión.

En fermentaciones a nivel de matraz, los medios de cultivo alternativos propuestos soportan el crecimiento de la BAL aislada de pozol. En el Cuadro 1 se puede observar que en el medio MCA III el microorganismo presentó una $\mu_{m\acute{a}x}$ ligeramente mayor al caso MRS; la determinación de $\mu_{m\acute{a}x}$ es importante ya que permite saber con certeza la velocidad de crecimiento de la bacteria, dándonos una idea de la rapidez de multiplicación bacteriana y, además, dependiendo de su valor podemos determinar condiciones adecuadas para favorecer el creciedo bacteriano. En los ensayos de actividad antimicrobiana, transcurridas las 24 h de incubación a 35°C, se apreciaron claras zonas de inhibición (Fig. 1) que indican que *L. monocytogenes* es inhibida por la AaM producida por *Streptococcus* sp.

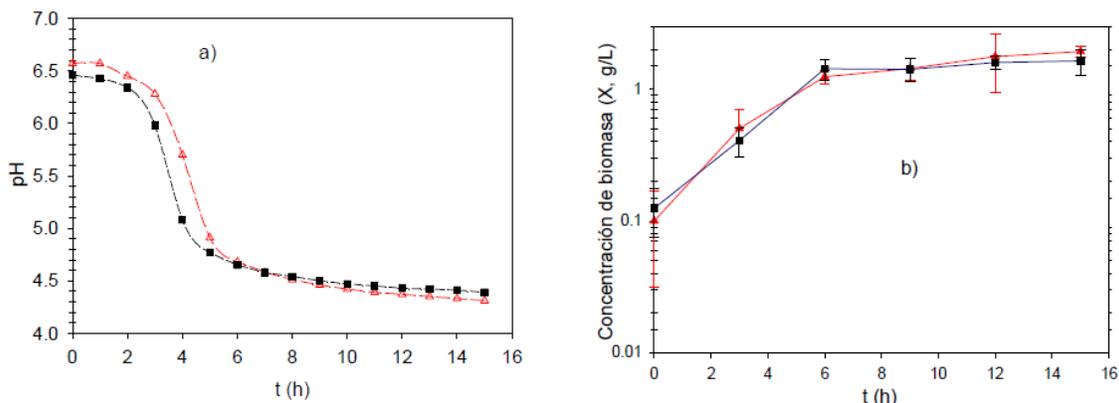
Cuadro 1. Máxima velocidad específica de crecimiento de *Streptococcus* sp. en matraz agitado orbitalmente. Uso de distintos medios complejos.

Medio de Cultivo	Máxima velocidad específica de crecimiento (h ⁻¹)
MRS	0.39
MCAI	0.41
MCA II	0.33
MCA III	0.40

Fermentación en biorreactor. El pH evolucionó de 6.5±0.2 a 4.3 a partir de t=9 h (Fig. 2a). El comportamiento del pH fue semejante en ambas condiciones de aireación; en las primeras 3 h de fermentación éste comenzó a disminuir significativamente; sin embargo, bajo las condiciones sin suministro de aire (0 vvm) se observó que el decremento de pH fue mayor hasta las 5 h; posteriormente exhibió un comportamiento similar a al observado en el sistema aireado (0.5 vvm). Por otra parte, como se muestra en la Fig. 2b, la mayor producción de biomasa (1.35±0.12 g/L) fue obtenida a las 6 h en ambas condiciones.



Figura 10. Actividad antimicrobiana del caldo de fermentación producido en medio MCA III por *Streptococcus* sp. (Indicador, *Listeria monocytogenes*)



En la Fig. 3 se muestra el comportamiento de la AaM en función del tiempo de fermentación. En el sistema aireado se alcanza una máxima actividad antilisteria entre las 6 y 9 h de cultivo; por otro lado, a 0 vvm es notoria una importante actividad antimicrobiana a las 3 h; sin embargo, a las 6 h se percibe una tendencia a la disminución de esta bioactividad, presentando nuevamente un máximo a las 12 h.

El Cuadro 2 presenta los valores máximos de actividad inhibitoria exhibidos en distintos momentos durante las fermentaciones de *Streptococcus* sp. en medios con melazas. En la condición 0.5 vvm se obtuvieron máximos de 53.82 ± 9.65 UA/mL y 58.42 ± 18.65 UA/mL, a las 6 y 9 h, respectivamente. En las fermentaciones sin suministro de aire (0 vvm) se observó que a las 3 h la actividad inhibitoria fue de 25.293 UA/mL; sin embargo, entre 6 y 9 h ocurrió un importante descenso de la AaM y alcanzando su máximo valor a las 12 h. Arauz *et al.* (10) reportaron una AaM de 1,995.29 AU/mL a las 16 h de cultivo, encontrando como mejores condiciones de operación en biorreactor con agitación, 200 rpm sin flujo de aire. Mantovani *et al.* (12) reportaron actividades antilisteria por bovina HC5, producida por *S. bovis*, en el rango 12.5 UA/mL- 400 UA/mL. Por otra parte,

Cheigh *et al.* (13) reportaron AaM producida por nisRK (modificada genéticamente) de hasta 25,000 UA/mL. No obstante, en la literatura existe una amplia y diversa forma de expresar la AaM manifestada por las bacteriocinas: UA/mL, UI/mL (Unidades Internacionales), UB/mL (Unidades de bacteriocina), etc; lo que genera ciertas dificultades cuando se desean comparar productividades de AaM logradas por distintos autores. Sin embargo, las evidencias encontradas en este trabajo sugieren que la producción de AaM por *Streptococcus* sp. se ve favorecida por condiciones de aireación (0.5 vvm)

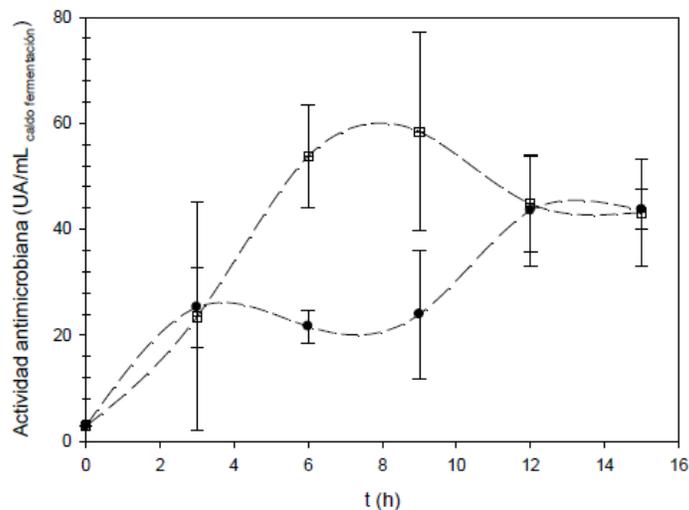


Figura 12. Evolución de la actividad antimicrobiana (UA/mL_{caldo de fermentación}) antilisteria lograda en fermentaciones de *Streptococcus* sp. en tanque agitado mecánicamente a 200 rpm, en condiciones aerobias (0.5 vvm --□--) y semiaerobias (0vvm --●--)

Por otro lado es importante destacar que de acuerdo con la literatura, *Streptococcus* sp. es capaz de utilizar lactosa, y en condiciones de baja concentración de oxígeno, el rápido descenso de pH puede indicar la presencia de lactato. En contraste, en presencia de oxígeno la lactosa es convertida a acetoína. Los estreptococos utilizan vías simples como fuente de energía para sus actividades metabólicas, mostrando una gran flexibilidad, lo que les permite adaptarse para crecer bajo cambios ambientales y además incrementar su potencial de crecimiento (14). Sin embargo, el estudio del metabolismo de esta BAL aislada de pozol es un área de oportunidad para futuras investigaciones.

Conclusiones.

Con los resultados obtenidos en fermentaciones a nivel matraz se puede verificar que el medio alternativo MP soporta el crecimiento de *Streptococcus* sp., acompañado de la generación de AaM contra *L. monocytogenes*. Por otro lado, los resultados obtenidos en fermentaciones a nivel biorreactor agitado mecánicamente sugieren que las condiciones de fermentación, que soportan y favorecen el crecimiento de *Streptococcus* sp., y además promueven la producción de AaM, son agitación mecánica (200 rpm) y con suministro de aire (0.5 vvm).

Cuadro 2. Máximos locales de actividad antimicrobiana exhibidos durante la producción de *Streptococcus* sp. en medios con melazas, en procesos por lote en tanque agitado mecánicamente.

Condiciones de aireación	Tiempo de Fermentación (h)	Concentración de biomasa (mg _{biomasa} /mL)	Actividad antimicrobiana (UA/mL)	Rendimiento de producto (UA/mg _{biomasa})	Productividad (UA [mg _{biomasa}] ⁻¹ [h] ⁻¹)
1 L/min	6	1.246±0.159	53.83	39.63	8.97
	9	1.583±0.010	58.43	36.9	6.49
0 L/min	3	0.408±0.094	23.51	49.49	7.84
	12	1.600±0.189	44.8	25.85	3.73

UA= Unidades Arbitrarias

Agradecimientos.

M. López-Ortega agradece la beca CONACyT para realización de estudios de posgrado (No. Becaria 258212). Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "Diseño y caracterización de películas alimentarias a base de biopolímeros y antimicrobianos naturales" que se realiza en el marco de la red "Biotecnologías basadas en biomoléculas funcionales para el sector agroalimentario" financiado por el programa de Mejoramiento del Profesorado, SEP, 2012.

Referencias.

1. G. Mauriello; F. Villani. 2012. in *Antimicrobial Polymers*. J.M. Lagarón, M.J. Ocio, A. Lopez-Rubio (eds). John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. Pp 117-158.
2. L. De Vuyst; F. Leroy. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*. 2007,13:194-199.
3. P. Castellano; C. Belfiore; S. Fadda; G. Vignolo. *J. Meat Science*. 2008, 79(3): 483-499.
4. N. Rodríguez; J. M. Salgado *et al. Letters in Applied Microbiology*. 2010. 51: 226-233.
5. C. E. Wolf-Hall;W. R. Gibbons, *et al. World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2009, 25(11): 2013-2019.
6. F. Carvalho; A.R. Prazeres; J. rivas. *Science of the Total Environment*. 2013. 385.396.

7. P. S. Panesar; J. F. Kennedy; D. N. Gandhi, K. Bunko. *J. Food Chemistry*. 2007. 1-14.
8. A. R. Prazeres; F. Carvalho; J. Rivas. *J. Environmental Management*. 2012, 48-68.
9. S.Y. González-Toledo; J. Domínguez-Domínguez; B.E. García-Almendárez; L.A. Prado-Barragán; C. Regalado-González. *J. Food Science*. 2010, 75(6): M347-M353.
10. L. J. Arauz; A. F. Jozala, J. Baruque-Ramos; P. Gava-Mazzola; A. Pessoa-Júnior; T. C. Vessoni-Penna *J. Annals of Microbiology*. 2011,62(1): 419-426.
11. F. Tavera-Montes. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.
12. H. C. Mantovania, J. B. Russell. *International Journal of Food Microbiology*. 89 (2003) 77– 83
13. C.I. Cheigh; H. Park; H. J. Choi; Y.R. Pyun. *Biotechnology Letters* (2005) 27: 155–160
14. O.M. Neijssel; J.L. Snoep; M.J. Teixeira de Mattos. *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*.1997, 83, 12S–19S.

API PARA CONECTIVIDAD A BASES DE DATOS CON JAVA

V. Bárcenas, M. H. Tiburcio, Y. Castrejón, C. Estrada

Instituto Tecnológico de Zacatepec - Depto. de Sistemas y computación, Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec, Morelos, México-venanciobm@hotmail.com, mariohtz@gmail.com, yanet_castrejon@hotmail.com, ceabad@yahoo.com.mx

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – Se presenta un API (*Application Programming Interface*) que permite a través de un conjunto reducido de métodos, establecer conectividad a bases de datos desde aplicaciones desarrolladas en lenguaje de programación Java. Se proporciona a los programadores una alternativa simple, eficiente y segura, de desarrollar aplicaciones Web con accesos a bases de datos hacia cualquier manejador con un satisfactorio grado de abstracción en la escritura de código.

Introducción.

La necesidad de desarrollar aplicaciones Web en la actualidad, constituye un área de oportunidad para analistas y programadores a nivel global. Si bien existen diversas alternativas para el desarrollo de aplicaciones de esta índole, Java sigue siendo una de las más utilizadas por los desarrolladores/programadores. La plataforma J2EE (Java 2 Enterprise Edition) permite a través de JSP (Java Server Page), Servlets, Beans, EJB (Enterprise Java Beans), etc., crear desarrollos que son muy valorados por los usuarios que los solicitan. Sea cual fuere el objetivo de un desarrollo en Java, no escapa éste de considerar en su diseño el desarrollo de tres capas fundamentales: presentación, lógica de negocio y base de datos. Específicamente en lo que respecta a bases de datos, la plataforma Java provee JDBC (Java Database Connectivity) para dar solución a los problemas de conectividad desde el lenguaje Java a distintos manejadores. Sin embargo, cuando se realizan desarrollos a gran escala, en donde el número de módulos por programar crece al igual que el número de programadores, los procedimientos a nivel código en cuanto a accesos a bases de datos, pueden tornarse repetitivos y por ende tediosos, pudiendo provocar errores que pudieran causar repercusiones en el desarrollo final, comprometiendo los tiempos de entrega de un desarrollo o inclusive su seguridad. En la práctica, gran parte de los errores que se presentan durante el proceso de desarrollo, los constituyen los relacionados con accesos a las bases de datos. Una solución a esta situación, es brindar al programador la posibilidad de abstraerse de los detalles específicos de conectividad con bases de datos, de manera que pueda concentrarse en otras tareas. El API que se presenta en este documento, busca tal fin.

Fundamento Teórico.

El API JDBC es un estándar industrial para establecer conectividad independiente de bases de datos entre el lenguaje de programación Java y una amplia variedad de bases de datos SQL y/o fuentes de datos tabulares como hojas de cálculo o archivos planos. El API JDBC provee un acceso de alto nivel a bases de datos basadas en SQL [1].

La tecnología JDBC permite el uso del lenguaje de programación Java en el desarrollo de aplicaciones que requieran acceso a datos almacenados en diversas plataformas de bases de datos. Con el controlador de conexión o driver adecuado, es posible conectarse a datos corporativos aun en ambientes heterogéneos.

Es un hecho que JDBC ya proporciona abstracción a los programadores, pero su uso directamente aún puede ser propenso a errores de programación. El API que se describe a continuación proporciona aún más abstracción al momento de programar.

API *database*

El API nombrada *database* está basada en JDBC, y como se ha mencionado con anterioridad, busca abstraer aún más la programación de la conectividad desde Java hacia manejadores de bases de datos. Los métodos principales del API se describen en la Tabla 1:

Tabla 1. Métodos del API *database*

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
db() db(int n)	<p>Método constructor de objetos de la clase <i>db</i> cuyo argumento especifica los parámetros de conexión hacia una base de datos. Esos datos se especifican en el archivo <i>/etc/database.conf</i> que debe residir en el servidor donde se ejecuta la aplicación. El archivo <i>/etc/database.conf</i> puede contener más de un conjunto de parámetros de conexión. Si el argumento es nulo sólo considera el primer conjunto de parámetros.</p> <p>Ejemplo:</p> <pre>#Parámetros de conexión para PostgreSQL driver = org.postgresql.Driver url = jdbc:postgresql://dir_ip/base_de_datos user = user_postgres password = pass_postgres #Parámetros de conexión para MySQL driver2 = org.mysql.Driver url2 = jdbc:mysql://dir_ip/base_de_datos user2 = user_mysql password2 = pass_mysql</pre>

	#Parámetros de conexión para Informix driver3 = com.informix.jdbc.IfxDriver url3=jdbc:indormix_sqli://dir_ip:puerto/nombre_bd:INFORMIXSERVER=nom_servidor user3 = user_informix password3 = pass_informix
boolean busca(String query)	Método que ejecuta una sentencia SELECT pasada en <i>query</i> . Si la sentencia devuelve un resultado en la consulta, el método devuelve <i>true</i> , o <i>false</i> en caso contrario.
void execQuery(String query)	Método para ejecutar sentencias SQL estándar como INSERT, DELETE, UPDATE, etc., excepto el SELECT, pasadas como argumento en <i>query</i> .
Object querySimple(String query)	Método que realiza una consulta simple a una base de datos, a través de una sentencia SELECT pasada en <i>query</i> . La sentencia SELECT es simple puesto que solo debe regresar un valor, mismo que es devuelto como Object por el método.
ArrayList ConsultaReg(String query)	Método que realiza una consulta basada en una sentencia SELECT pasada en <i>query</i> , los registros son retornados como un ArrayList.

Ejemplos de uso del API *database*

En el código de la figura 1, se ilustra el uso de los métodos presentados anteriormente.

```

1. import java.io.*;
2. import java.net.*;
3. import java.sql.*;
4. import database.*;
5. import java.util.*;
6. ....
7. db BD=new db(2);
8. try {
9. ....
10. BD.execQuery(“insert into registro values (2,’Juan Arenas’,’Cuernavaca’);
11. ....
12. ....
13. Object O=BD.querySimple(“SELECT existencia FROM inventario WHERE
    id=4”);
14. int m=(Integer) O;
15. ....
16. ....
    
```

```
17. boolean estado=BD.busca("SELECT * FROM alumnos WHERE nc='08090'");
18. ....
19. ....
20. ArrayList registrosLista=BD.consultaReg("SELECT * FROM alumnos");
21. Iterator registros=(ArrayList)registrosLista.iterator( );
22. while (registros.hasNext( ) ) {
23.     ArrayList campos=(ArrayList) ListaRegistros.next( );
24.     System.out.println("Campo 1 "+campos.get(0));
25.     System.out.println("Campo 2 "+campos.get(1));
26.     ....
27.     System.out.println("Campo n "+campos.get(n));
28. }
29. ....
30. } /* try */
31. catch (Exception e)
32. {}
```

Figura 1. Código que muestra el uso de los métodos del API *database*

La líneas 1-5 declaran las importaciones comunes de paquetes de clases Java que normalmente se utilizan en desarrollos con conectividad a bases de datos. La línea 4, específicamente, declara el API *database*.

En la línea 7, se crea una instancia *BD* de la clase *db*, haciendo referencia a un valor de argumento 2, que correspondería según el ejemplo de la Tabla 1, a los valores de conexión con el manejador MySQL (del archivo */etc/database.conf*).

La línea de código 10, muestra la ejecución de una sentencia SQL a través del objeto *BD*. Nótese la transparencia y sencillez de la instrucción. En este ejemplo se trata de una sentencia *INSERT*, pero pudo tratarse de igual manera de sentencias *DELETE*, *UPDATE*, etc.

En las líneas 13-14 se muestra el uso del método *querySimple*. La sentencia SQL pasada como argumento, devuelve un valor, en este caso un valor correspondiente a una supuesta *existencia* para un artículo con *id=4*. El valor devuelto por el método es un objeto y con una sencilla operación se fuerza (*cast*) el valor a entero, almacenándolo en la variable *m*.

La línea 17, ilustra el uso del método *busca*. Se puede apreciar como el método puede retornar el valor de *true* o *false* a una variable, dependiendo del resultado de la ejecución de la sentencia *SELECT* que se especifica como argumento. Si el alumno con número de control *08090* existiera en la base de datos, devolvería verdadero, o en caso contrario falso.

Las líneas 20-28, muestran la manera de utilizar el método *consultaReg*, muy útil para manipular consultas cuyo resultado arroje varios registros. El método retorna

un objeto *ArrayList*. Dicho de otra manera, se retorna una lista de los registros consultados. El ciclo *while* (línea 22) permite recorrer la lista registro por registro, mostrando en cada iteración los campos de cada uno de ellos.

Recuérdese que todas las operaciones que implican accesos a bases de datos pueden producir excepciones, razón por lo cual es necesario delimitar el código correspondiente dentro de un bloque *try – catch* (líneas 8-9,31-32)

Resultados y Discusión.

Se pudo notar la simpleza en el manejo del API propuesto así como el grado de abstracción que conlleva. Un punto importante que vale la pena notar, es el hecho de que el programador podría desconocer los parámetros de conexión a bases de datos indicados por el parámetro pasado al constructor *db*, lo que en ambientes de desarrollo proporciona un aspecto notable de seguridad principalmente en aplicaciones Web. Recuérdese que los parámetro de conexión se especifican en el archivo */etc/database.conf*, archivo que debe estar muy bien protegido por el administrador del servidor de aplicaciones.

Todos los métodos implementados en el API, han sido programados de manera que todas las conexiones establecidas a bases de datos son cerradas debida y oportunamente al término de su ejecución. Los programadores pueden estar confiados en su uso, sabiendo de antemano que no podrán incurrir en un exceso de conexiones que pudieran comprometer el buen funcionamiento y seguridad de un manejador de bases de datos, que muchas veces podría dejar de funcionar por un exceso de peticiones.

Conclusiones.

El uso de un API, como la que se propone en el presente artículo, no pretende ser más que una alternativa que facilite y asegure en cierta medida la programación de aplicaciones que requieran conectividad con bases de datos. No se pretende sustituir el uso de JDBC, prueba está que el API sólo busca abstraer en mayor medida su uso.

Agradecimientos.

Se agradece el apoyo de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), y a la empresa de Teleinformática y Telmedia S.A. de C.V, especialmente a su responsable Rafael A. Pelanis.

Referencias.

1. <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/jdbc/index.html>
2. D. Broemmer. *J2EE Best Practices*. Ed.; Wiley. Indianapolis, Indiana,2003.
3. J. O'Donahue. *Java Database Programming Bible*. Ed.; Wiley. USA, 2002

RECONOCIMIENTO DE HUELLAS DACTILARES PARA CONTROL DE ASISTENCIA DE USUARIOS.

B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, E. Rodríguez Zavaleta, N. Lara Acono y S. Arrieta García

Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), Calzada del Tecnológico No.27 Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México- baaranda@yahoo.es; villavicencio_2000@yahoo.com marzomayo@hotmail.com, nlara.itz@gmail.com, itz-sergio@live.com,

Área de participación: Ciencias de la computación.

Resumen - La realización del proyecto está enfocada a la implementación de un sistema de reconocimiento de Huellas Dactilares para control de registro de asistencia de usuarios, el sistema cuenta con módulo para los empleados donde realizará el registro de entra/salida mediante la huella dactilar.

Introducción.

La huella dactilar es una característica única que distingue a todos los seres humanos desde el nacimiento siendo un método factible para clave de acceso. Los empleados tienen la seguridad de que no falsificarán su firma o contraseña evitando malos entendidos.

Como consecuencia de esto, muchas compañías han optado por métodos electrónicos, para monitorear a sus empleados. Gracias a ellos la elaboración de reportes de asistencia y horarios es mucho más fácil y los empleados de una empresa no tienen forma de cometer ninguna irregularidad motivándolos a ser más responsables y honestos. Además, los sistemas biométricos también han colaborado para aumentar los niveles de seguridad, por lo que los bienes, instalaciones y el personal de una empresa pueden estar mejor protegidos.^[1]

Un Dactilograma es el dibujo formado por las crestas papilares de las yemas de los dedos de las manos.^[2]

Los dactilogramas pueden ser de tres tipos:

Dactilograma natural: es el que está en la yema del dedo, formado por las crestas papilares de forma natural.

Dactilograma artificial: es el dibujo que aparece como resultado al entintar un dactilograma natural e imprimirlo en una zona idónea.

Dactilograma latente: es la huella dejada por cualquier dactilograma natural al tocar un objeto o superficie. Este dactilograma queda marcado, pero es invisible. Para su revelación requiere la aplicación de un reactivo adecuado.^[2]

De igual forma un dactilograma se puede dividir en tres partes que se conocen como sistemas dactilares los cuales son: A) Sistema Marginal, B) Sistema

Nuclear, C) Sistema Basilar. A continuación se muestran las cuatro clases de huellas propias de la clasificación de Henry(fig. 1).

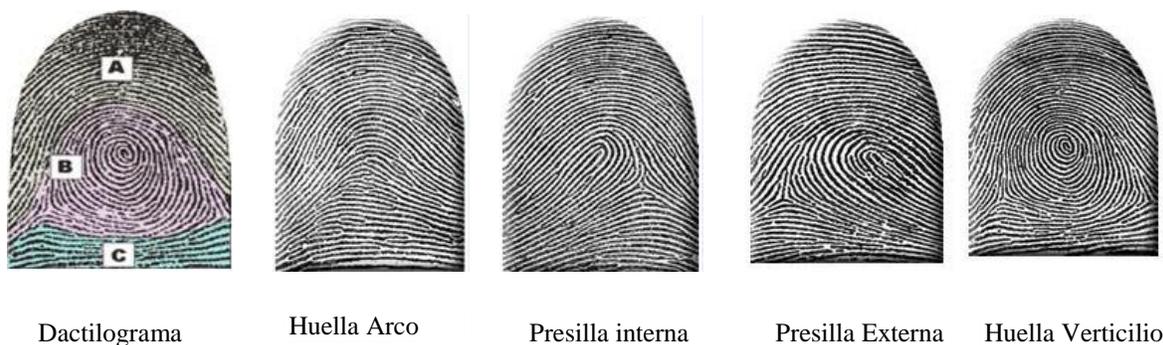


Fig. 1 Diferentes tipos de huellas.

Planteamiento del problema.

Generalmente los problemas más comunes para el reconocimiento de huellas dactilares son que no esté tocando el lector de huellas de manera correcta, en algunos casos pueden ser: demasiada presión en el lector o viceversa, que esté tocando de lado o con la punta del dedo que mueva el dedo de lado a lado, en algunos casos no reconoce la huella del usuario porque viene sucia o maltratada (cortada).

Uno de los problemas, con el que muchas empresas han tenido que lidiar, tiene que ver con la falsificación de tarjetas de horarios, firmas, claves de acceso o planillas de asistencia, lo que resulta en el pago de un trabajo que nunca se realizó. Mientras que los controles tradicionales pueden ser efectivos, en la prevención de algunas tácticas deshonestas, no pueden detectar muchas infracciones que se comenten a diario y que atentan contra el patrimonio de una empresa.

Como consecuencia de esto, muchas compañías han optado por métodos electrónicos, para monitorear a sus empleados. En un principio se dejaron de usar las planillas de asistencia y los relojes ponchadores, y se implantaron relojes de asistencia que funcionaban con tarjetas electrónicas. Con estos aparatos se lograron varias cosas, como un mejor y más rápido procesamiento de datos, lo que fue de mucha ayuda a la hora de liquidar pagos, puesto que las cuentas son hechas por el software del sistema. Sin embargo, todavía era posible que entre trabajadores se prestaran sus tarjetas.

Objetivo del proyecto

Desarrollar un sistema de entrada/salida de usuarios utilizando la identificación biométrica, debido que es fácil de adquirir, fácil de usar y por ende goza de gran aceptación por parte de los empleados. A demás que son únicas en cada persona y no se puede trasferir a las demás.

Objetivos específicos.

- Creación de un sistema de reconocimiento dactilar para el registro de entrada/salida de los empleados.
- Recabar las huellas dactilares de cada uno de los empleados para el funcionamiento del sistema.
- Hacer la comparación de la huella a la hora de checar la entrada/salida.
- Crear una base de datos que contenga los datos generales y huella de los empleados.
- Desarrollar un módulo para el administrador, el cual permita registrar nuevos empleados, hacer consulta y/o modificaciones de los ya existentes así mismo la generación de reportes.
- Desarrollar el módulo amigable para los empleados que facilitará el registro de entrada/salida mediante el uso de huella dactilar.

Metodología.

El sistema fue creado en NetBeans con acceso a la base de datos Mysql utilizando todos los beneficios de la programación orientada a objetos, SDK de programación de lectores de huellas digital de personas.^[4]

Eta de Pre-procesamiento de la Huella dactilar

Es casi imposible que la huella dactilar de una misma persona proporcione exactamente la misma información cuando se escanea una y otra vez. Para evitar posibles errores en el reconocimiento posterior, la imagen es recortada en un 10% en cada uno de sus lados tomando en cuenta que esto no elimina información importante de la huella dactilar (Fig. 2).

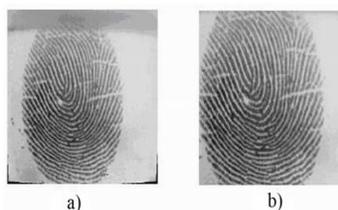


Fig. 2 a) Imagen original. b) Imagen con reducción de ruido.

Aclaración de la huella dactilar.

El objetivo es mejorar la claridad de la estructura de los bordes en las regiones recuperables y marcar las regiones no-recuperables con demasiado ruido para un posterior procesamiento. Se utilizó una combinación de filtros para una mejor aclaración (Fig. 3). Los filtros de Gabor y el filtro en el dominio de Fourier (FFT).

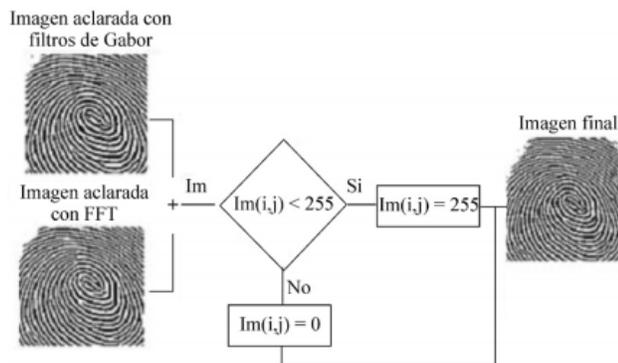


Fig. 3 Proceso de combinación.

Adelgazamiento

Se aplica un algoritmo que entrega como resultado una imagen con bordes de un píxel de grosor. Después del proceso de aclaración la imagen es binarizada, es decir, está formada de ceros y unos, donde un “1” significa un píxel blanco y un “0” significa un píxel negro. Un píxel 0 (x,y) es interno, si sus cuatro vecinos (x+1,y), (x-1,y), (x,y+1) y (x,y-1) son también 0. Un píxel 0 es límite, si no es interno y solamente uno de sus ocho vecinos es 1. Un píxel se considera de conexión si al ser eliminado se interrumpe una línea.

El algoritmo consiste en encontrar píxeles internos en nuestra imagen y después eliminar los píxeles límite. Este proceso es realizado hasta no encontrar más píxeles internos. Este primer paso se muestra en la Fig. 4.

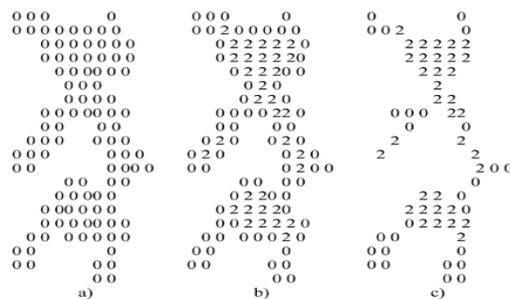


Fig. 4 a) imagen de inicio. b) Imagen con pixeles internos. c) Imagen después de la eliminación de pixeles limite.

Ahora se realiza nuevamente una modificación al algoritmo que consiste en eliminar píxeles internos. La eliminación de un píxel interno se realiza cuando no es posible eliminar un píxel límite pero existen aún píxeles internos. El último paso consiste en eliminar píxeles internos que tienen únicamente 2 vecinos y teniendo cuidado de que no se trate de un píxel de conexión. El resultado final después de N repeticiones se muestra en la Fig. 5.

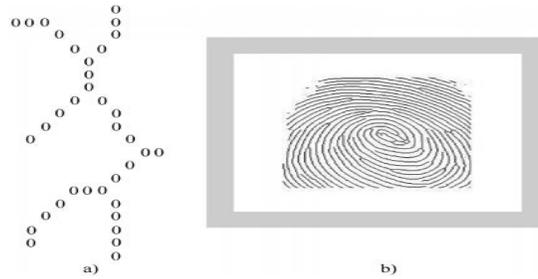


Fig. 5 a) Imagen de ejemplo adelgazada b) Huella dactilar real adelgazada.

Extracción de minucias

Después del proceso de adelgazamiento, la imagen está lista para aplicarle el algoritmo de detección de minucias. El algoritmo consiste en calcular el número de píxeles que cruzan el píxel central (Pc). La Fig. 6 muestra las minucias localizadas.

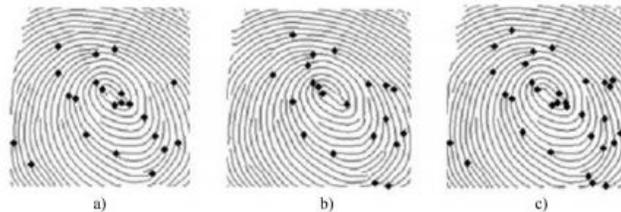


Fig. 6 a) Imagen final con filtros de Gabor, b) Imagen final con FFT, c) imagen final con combinación.

Etapa de Reconocimiento

El proceso de reconocimiento es realizado de la siguiente forma: la imagen de entrada se convierte en una matriz de 4x500 y esta matriz es comparada con cada una de las almacenadas en nuestra base de datos.

Primero, se localizan los vectores con distancia iguales y se toman únicamente los que tienen el mismo ángulo. Después, se descartan los vectores que tienen coordenadas muy diferentes y de esta forma podemos asegurar un mejor reconocimiento. Las coordenadas pueden variar en un radio de 10 píxeles. La Fig.7 muestra el método para formar un vector.

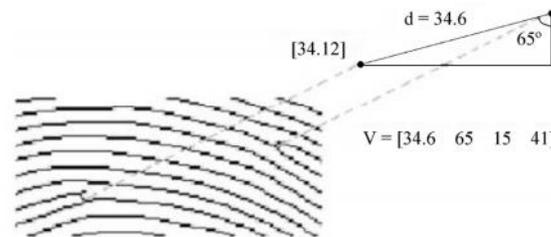


Fig. 7 Vector resultante de la minucia.

Se decidió también que con un umbral mayor de 15 se obtiene un buen reconocimiento, es decir que una imagen de entrada será reconocida solamente cuando su matriz contenga más de 15 vectores iguales a alguna de las imágenes almacenadas en nuestra base de datos. La Fig. 8 muestra el proceso de reconocimiento.

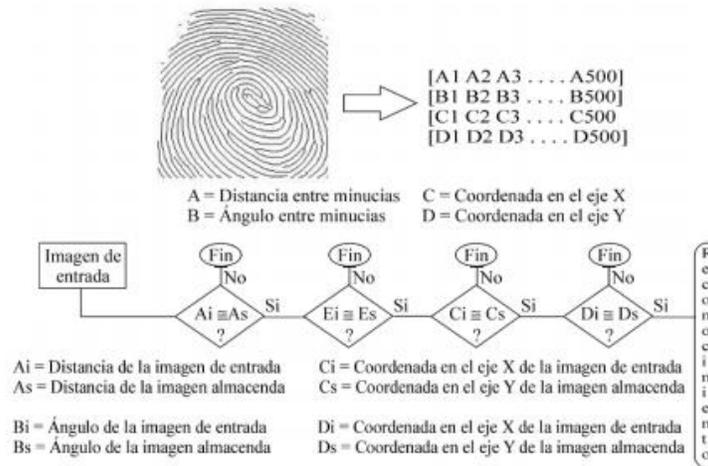


Fig. 8 Proceso de reconocimiento.

El diagrama de arquitectura muestra la estructura de menú Fig.9, submenús y programas finales del sistema.

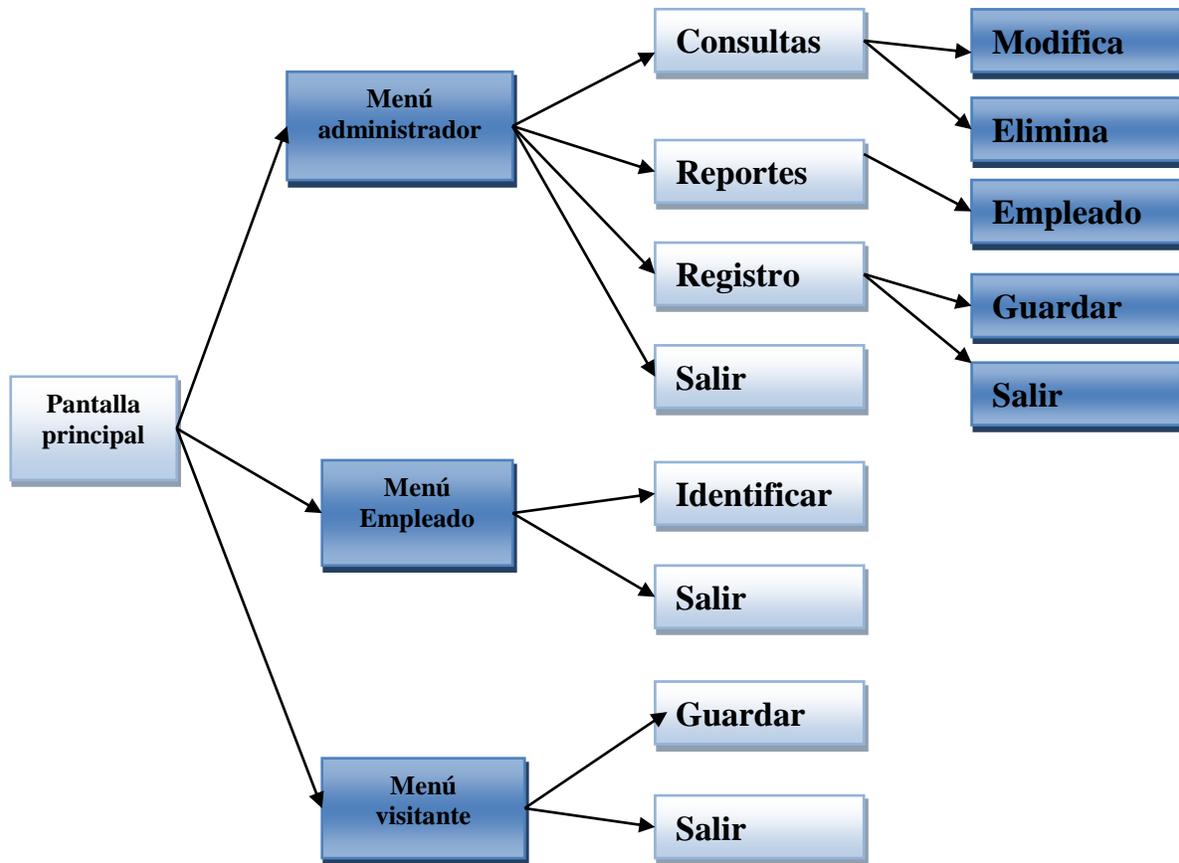


Fig. 9 Diagramas de Menús.

En la Fig. 10. se muestran los pasos para el procesamiento de la huella dactilar por un sistema automatizado de identificación de impresiones dactilares.^[3]



Fig.10. Diagrama de procesamiento de la huellas dactilar.

Resultados.

La Fig. 11. se muestra la pantalla de inicio para ingresar al proyecto de “**Reconocimiento de Huellas Dactilares para Control de asistencia de usuarios**”, donde se puede escoger opción de empleado, visitante o Administrador del sistema.



Fig. 11. Pantalla principal del Proyecto.

La Figura 12 muestra el menú principal del administrador, donde se pueden realizar el registro, consulta, modificación y reportes de los empleados.

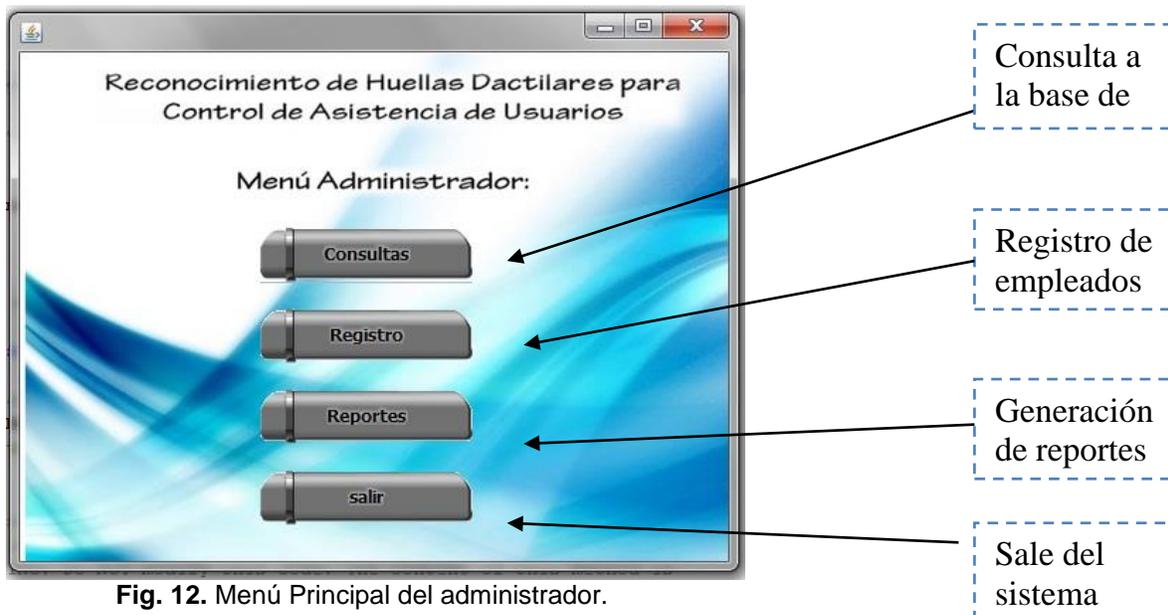


Fig. 12. Menú Principal del administrador.

En la Fig. 13 se observa la pantalla donde se pide la huella dactilar del empleado 4 veces para generar la plantilla para ser capturada y guardada,

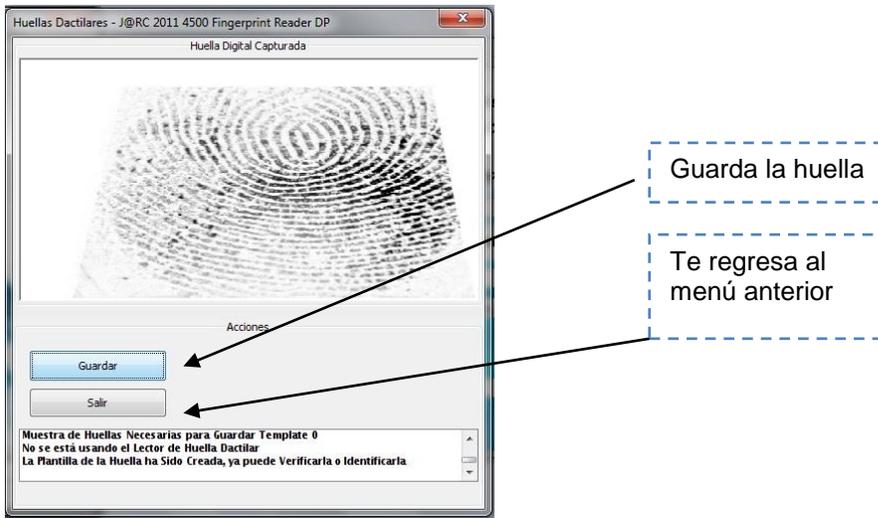


Fig. 13 Captura de la huella

La fig. 14 muestra el formulario para el registro de los datos del Empleados después de capturar su huella para ser guardados en la base de datos.

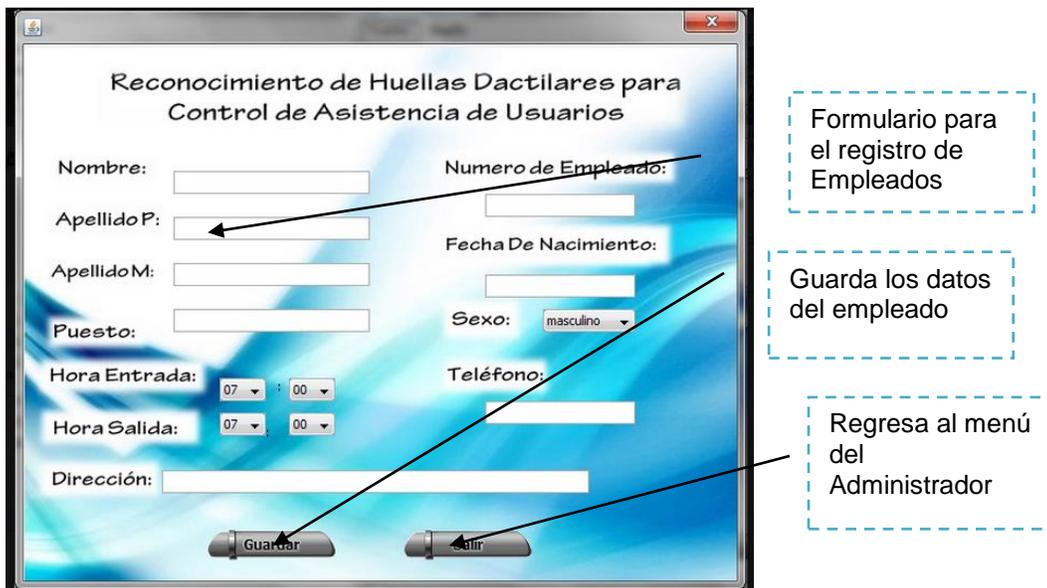


Fig. 14 Registro de datos del

La fig. 15 es donde el empleado captura su entrada y salida de trabajo donde se ingresa su huella dactilar.

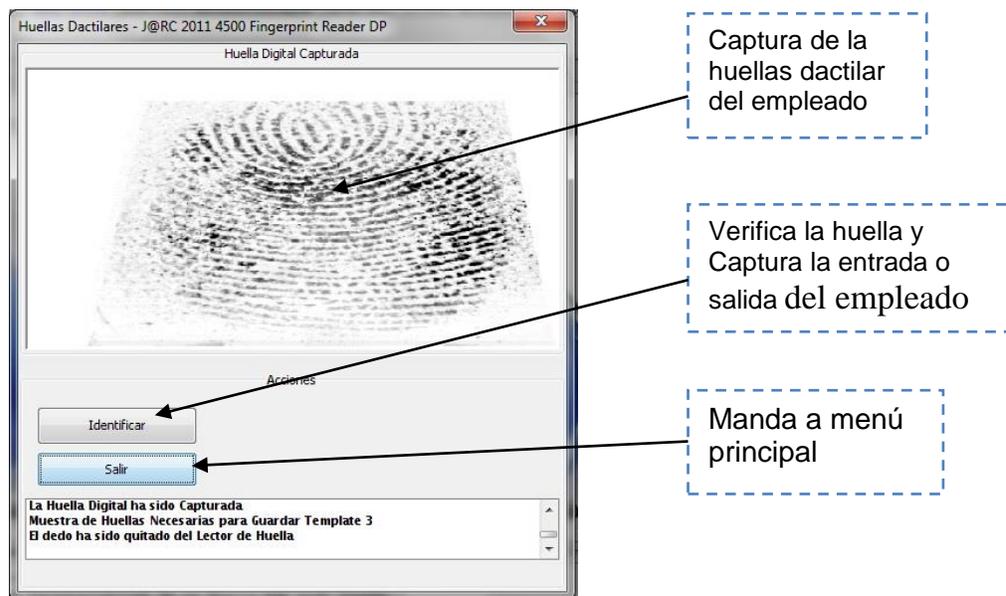


Fig. 15 Registro de horario de Empleado

Conclusiones.

Con lo anteriormente presentado se concluyen satisfactoriamente los objetivos planteados, ya que el sistema está en funcionamiento, se obtiene la huella digital del empleado se identifica positiva o negativamente, se almacena correctamente la información en la base de datos y se tiene acceso a la información que se requiere. Los empleados son registrados en el sistema por el administrador. Los empleados checan su hora de entrada/salida en el sistema con su huella dactilar El sistema hace el registro de los visitantes.

Referencias.

- 1 <http://redyseguridad.fiunam.mx/proyectos/biometria/clasificacionsistemas/>
- 2 <http://es.wikipedia.org/wiki/Dactilograma>
- 3 <http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/clasificacionsistemas/procesamientohuella.html>
- 4 <http://es.wikipedia.org/wiki/NetBeans>

DETECCIÓN DE PROBLEMAS DE APRENDIZAJE MEDIANTE SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO.

B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, M. Casarrubias García,
P. V. Casarrubias Raymundo.

Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ)- Calzada Tecnológico 27, Col Centro, Zacatepec, Morelos, México- baaranda@yahoo.es; villavicencio_2000@yahoo.com; CBTa 8 Xoxocotla, Morelos mcasarrubias@yahoo.com; pattyvcr@yahoo.com,

Área de participación: Sistemas y Computación.

Resumen – El presente trabajo muestra el análisis, diseño e implementación de un proyecto de software para apoyo a los docentes y padres de familia en la detección de problemas de aprendizaje en niños y adolescentes, incluye información teórica de problemas diversos a los que suelen enfrentarse los alumnos durante el proceso de aprendizaje, y es ésta la teoría con la que cuenta el sistema desarrollado que ha sido diseñado con la intención de ser un apoyo para los docentes que se encuentran interesados en detectar si sus alumnos padecen algún tipo de problema en alguna de sus esferas de desarrollo que pueda estarle impidiendo un aprendizaje óptimo.

Introducción

Concepto de Aprendizaje.

El aprendizaje es el producto de los intentos realizados por el hombre para enfrentar y satisfacer sus necesidades. Consiste en cambios que se efectúan en el sistema nervioso a consecuencia de hacer ciertas cosas con las que se obtienen determinados resultados.

Las acciones llevadas a cabo y sus efectos constituyen asociaciones que provocan estímulos en el cerebro que las refuerzan, positiva o negativamente, convirtiéndolas en *estructuras cognitivas*; es decir, conocimientos que se emplearán a partir de ese momento en los procesos del pensamiento y que llegado el caso, podrán ser relacionados con nuevas situaciones. Esto último que implica la capacidad de sacar conclusiones a partir de lo observado, se conoce como **conceptualización**. En la medida que las conceptualizaciones efectivas y cognoscitivas se combinen, se formará un individuo creativo y **autodirigido**, capaz de generar ideas.^[1]

El aprendizaje implica adquirir una nueva conducta y al mismo tiempo dejar de lado la que se tenían previamente y no era adecuada; refleja un cambio permanente en el comportamiento el cual absorbe conocimientos o habilidades a través de la experiencia. Para aprender se necesitan de tres factores fundamentales: observar, estudiar y practicar.^[2]

¿Qué son Problemas del Aprendizaje?

En términos generales, se entiende como problema de aprendizaje, el trastorno de uno o más de los procesos psicológicos básicos relacionados con la comprensión o el uso del lenguaje, sea hablado o escrito, y que puede manifestarse como una deficiencia para escuchar, pensar, hablar, leer, escribir, deletrear o realizar cálculos aritméticos. Se originan por problemas perceptuales, lesión cerebral, disfunción cerebral mínima, dislexia y afasia del desarrollo, entre otras causas.^[3]

Un problema del aprendizaje es un término general que describe problemas del aprendizaje específicos. Un problema del aprendizaje puede causar que una persona tenga dificultades aprendiendo y usando ciertas destrezas. Las destrezas que son afectadas con mayor frecuencia son: lectura, ortografía, escuchar, hablar, razonar y matemática.

Los problemas del aprendizaje (en inglés, “*learning disabilities*,” o LD) varían entre personas. Una persona con problemas del aprendizaje puede tener un tipo de problema del aprendizaje diferente al de otra persona. Otra persona podría tener problemas con la comprensión matemática. Aún otra persona podría tener problemas en cada una de estas áreas, al igual que en la comprensión de lo que dicen otras personas.

Los investigadores creen que los problemas del aprendizaje son causados por diferencias en el funcionamiento del cerebro y la forma en la cual éste procesa información. Los niños con problemas del aprendizaje no son “tontos” o “perezosos.” De hecho, ellos generalmente tienen un nivel de inteligencia promedio o superior al promedio. Lo que pasa es que sus cerebros procesan la información de una manera diferente.

IDEA (“*Individuals with Disabilities Education Act*,” o IDEA) es la ley Federal que sirve para guiar cómo las escuelas proporcionan servicios de educación especial y servicios relacionados a los niños con discapacidades.

Sin embargo, los niños con problemas del aprendizaje pueden progresar mucho y se les puede enseñar maneras de sobrepasar el problema del aprendizaje. Con la ayuda adecuada, los niños con problemas del aprendizaje pueden y sí aprenden con éxito.

Los problemas de aprendizaje son muy comunes hasta 1 de cada 5 personas en los Estados Unidos tiene un problema del aprendizaje. Casi 3 millones de niños (de 6 a 21 años de edad) tienen alguna forma de problema del aprendizaje y reciben educación especial en la escuela. De hecho, más de la mitad de todos los niños que reciben educación especial tienen un problema del aprendizaje.

Planteamiento del problema

La detección de la mayoría de los problemas de aprendizaje se torna difícil dado que muchos de los síntomas manifestados pueden llegar a confundirse o a ser similares entre un problema y otro, o en ocasiones pueden pasar desapercibidos para maestros y padres de familia, e ignoran que los niños presenten un problema de aprendizaje y en consecuencia no hay una atención o tratamiento oportuno para contrarrestar las consecuencias del mismo.

Existe una cantidad enorme de escuelas donde se supone debe surgir de manera natural y constante el aprendizaje óptimo y significativo en todo niño. Más sin embargo, ¿qué tan bueno llega a ser éste aprendizaje?, ¿realmente se lleva a cabo como lo determinan los tantos objetivos de diversas instituciones educativas?, por otro lado, ¿qué tan integral puede considerarse el aprendizaje?, cuando al hablar de *integral* se incluyen las diferentes esferas inmiscuidas en la obtención del mismo. Es aquí donde la incógnita y la necesidad crecen y se hacen más evidentes, ya que dentro de cada una, si no es que todas, puede existir algún tipo de deficiencia o trastorno que no se ha tomado en cuenta o que no ha sido considerado ni si quiera por el principal afectado, que es el infante, y debe decirse así “principal afectado” ya que aunque no parezca o se acepte los de su alrededor y con los que convive comúnmente son afectados por las deficiencias de éste.

He aquí donde surge la necesidad de atender una necesidad primaria en la detección de posibles problemas que a simple vista pueden parecer “normales” y los cuales al no ser atendidos son el origen de una problemática considerada como una bola de nieve pues al no atenderse y dejar seguir al niño con ello conforme se desarrolla y crece, también se desarrolla su problemática y deficiencias, trayendo consigo, problemas de mayor nivel y consecuencias mayores para la sociedad en la que se encuentra inmerso.

Objetivo del proyecto

Diagnosticar mediante inferencia el o los posibles problemas de aprendizaje que puedan presentar alumnos en edad escolar y que no pueden ser determinados a simple vista por el docente, así mismo el sistema otorgará alternativas de solución o canalización a un experto para el tratamiento a estos.

Objetivos Específicos

- Mejorar la calidad del aprendizaje adquirido.
- Disminuir el índice de fracaso escolar.
- Aumentar la capacidad cognitiva del infante.
- Proporcionar una interfaz amigable para gente cuyos conocimientos informáticos sean escasos.
- Detectar de manera oportuna los problemas de aprendizaje.
- Contar con una herramienta psicopedagógica óptima para la detección de problemas de aprendizaje.

Metodología

El siguiente diagrama representa la totalidad del Sistema Experto, se muestran gráficamente los principales elementos que intervienen en el mismo. Ver Figura 1, siendo un total de seis, iniciando con el Experto o especialista que es quien captura toda la información en el sistema (captura su conocimiento del área), la cual queda almacenada en la Base de Conocimiento, para que, a partir de ésta sea utilizada por motor de inferencia.

Cuando un usuario hace una consulta, teclea los síntomas que aprecia en un alumno que se sospecha posee un problema de aprendizaje, el Sistema Experto realiza sus procesos de inferencia y proporciona un diagnóstico de cual problema es aqueja al alumno con un cierto porcentaje de certeza además proporciona una lista de otros problemas con menor grado de certeza que pudieran existir.



Fig. 1. Diagrama de Concepto.

En la Figura 2 se muestran cada una de las tareas que puede llevar a cabo el experto dentro del módulo de Interfaz de Experto. Dentro de las cuales se encuentra la validación de una contraseña para poder ingresar a éste módulo, donde una vez que ha sido autorizado, puede modificar, ingresar y eliminar problemas de aprendizaje y los síntomas de cada problema. Así mismo puede establecer la relación y peso de los síntomas con los diferentes problemas de aprendizaje.

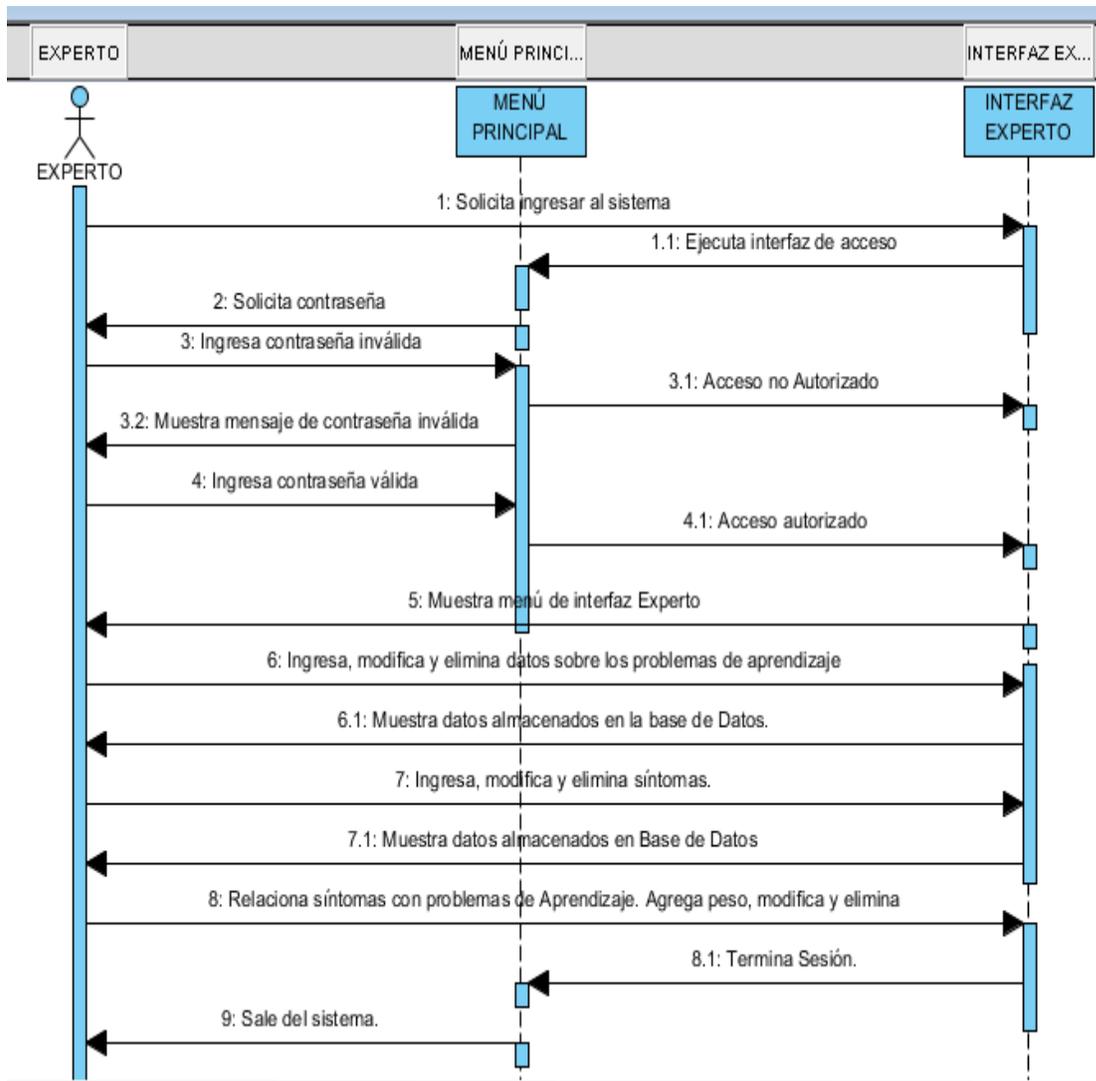


Fig. 2. Diagrama de secuencia del Módulo Interfaz de Experto.

Dentro del diagrama que se muestra en la Figura 3 se pueden apreciar las acciones que pueden llevarse a cabo dentro de la Interfaz de Usuario. En ésta sección el usuario interactúa con síntomas y problemas de aprendizaje que

tienen los alumnos de los cuales se sospecha después de notar síntomas notorios en ellos por su bajo rendimiento académico, después mediante de procesos inductivos y deductivos de inferencia se llega a un diagnóstico de acuerdo con los síntomas seleccionados.

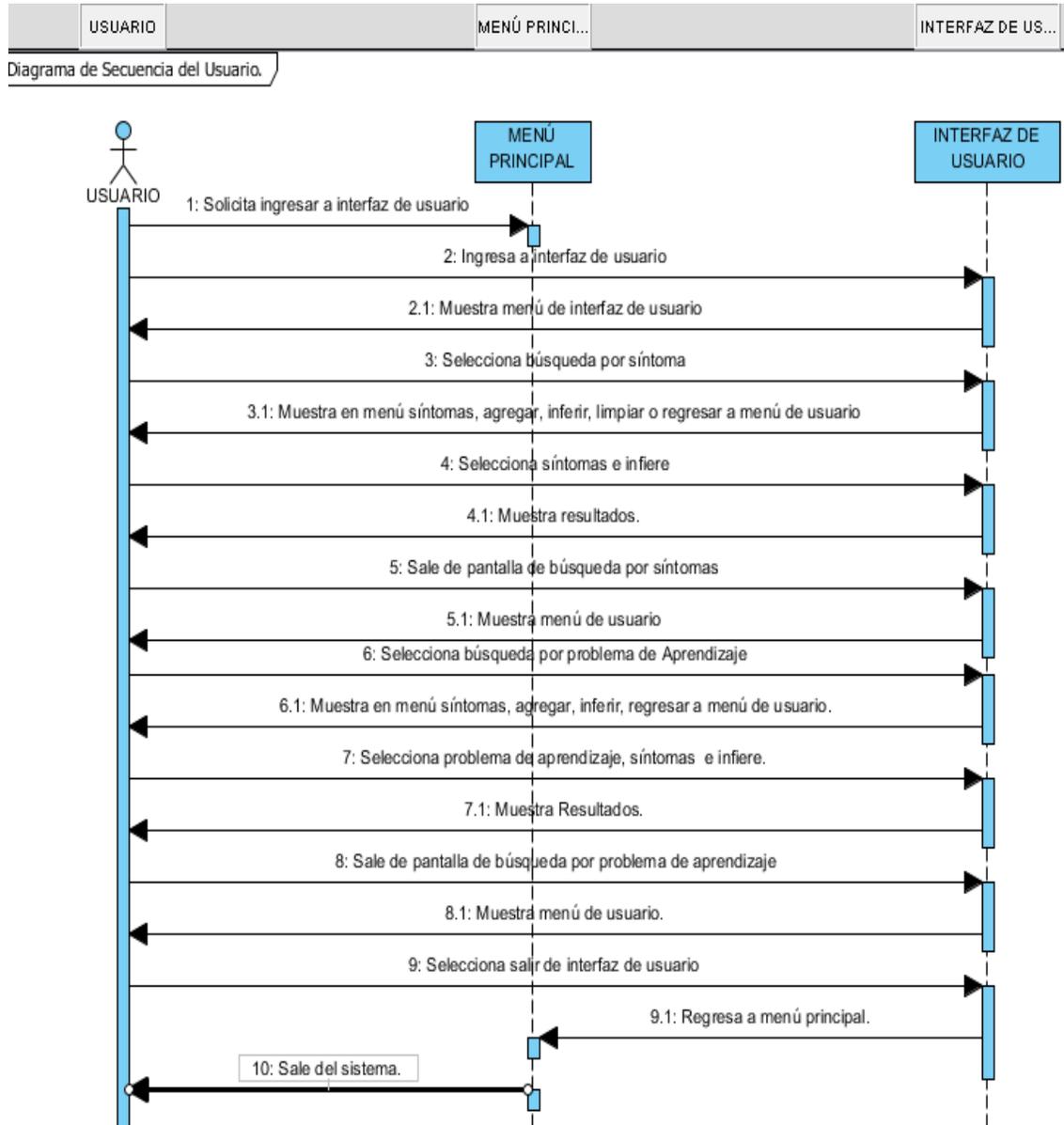


Fig. 3. Diagrama de secuencia del usuario.

En el mapa mental representado en la Figura 4 es expresado de forma general el Sistema Experto y todo lo que lo conforma, al igual que los elementos o entes con quienes interactúa.

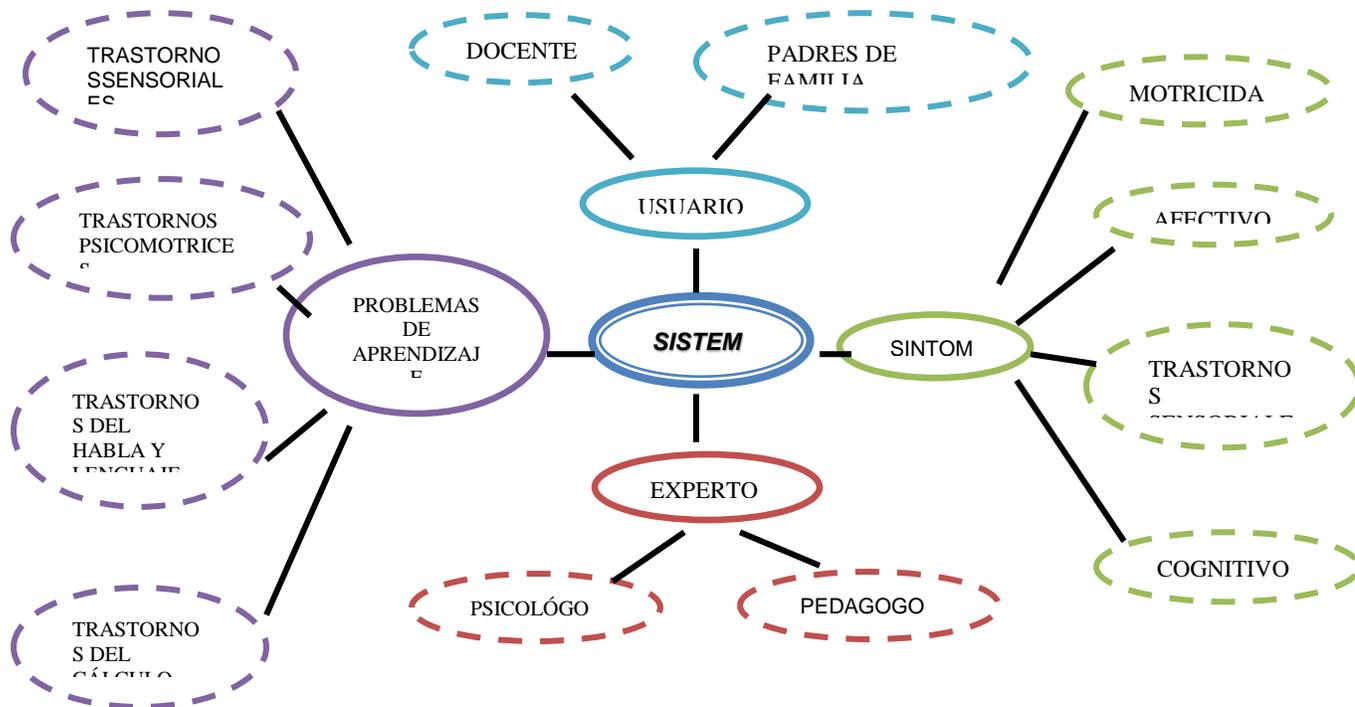


Fig. 4 Mapa mental de estructura generalizada del Sistema Experto.

La Figura 5 muestra la portada principal del proyecto. En este se pueden identificar los elementos esenciales de manejo del sistema.



Fig. 5 Menú principal

En la Figura 6 se aprecia que al ingresar al menú destinado únicamente para expertos despliega un submenú que contiene problemas de aprendizaje (P.A.), síntomas y patología. Así mismo cuenta con la opción para poder cerrar la sesión.



Fig. 6 Menú de experto

En el menú de usuario (Figura 7), se permite la búsqueda tanto de síntomas como de problemas de aprendizaje en específico.



Fig. 7. Menú de usuario.

Cuando se elige la búsqueda por síntomas, puede interactuarse con una interfaz como la que se muestra en la figura 8. Aquí el usuario va agregando los síntomas y una vez que lo hace puede inferir para que el sistema le diga que tipo de problema de aprendizaje puede estar manifestando el alumno.

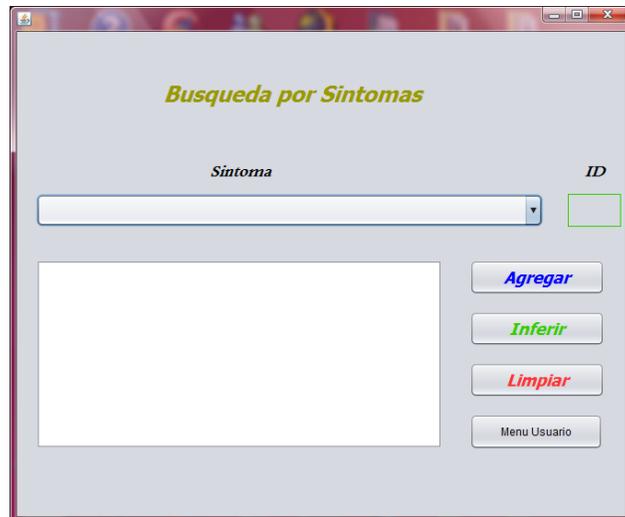


Fig. 8. Búsqueda por Síntomas.

Al interactuar con la interfaz de la búsqueda por problema de aprendizaje como se muestra en la Figura 9, puede llevarse a cabo la inferencia agregando síntomas al problema de aprendizaje que sugieren o suponen puede estar padeciendo el alumno, después de ello el sistema les indicará si es la correcta al igual de si coincide los síntomas con alguna otro probable problema. Ver Figura 10.

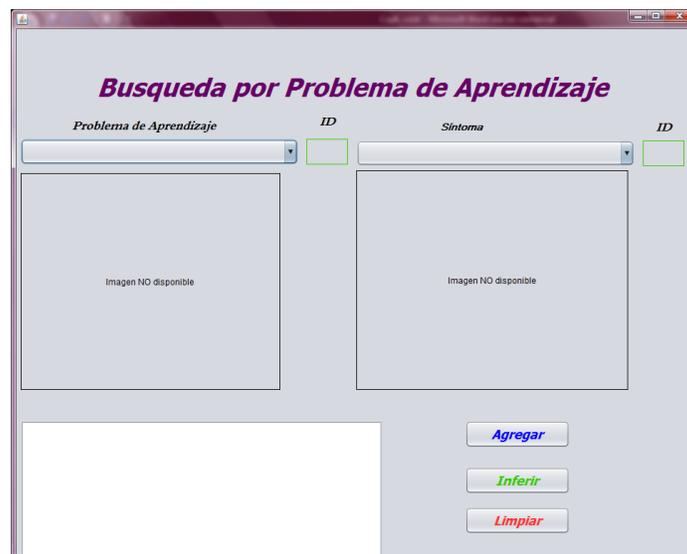


Fig. 9. Búsqueda por problema de aprendizaje.

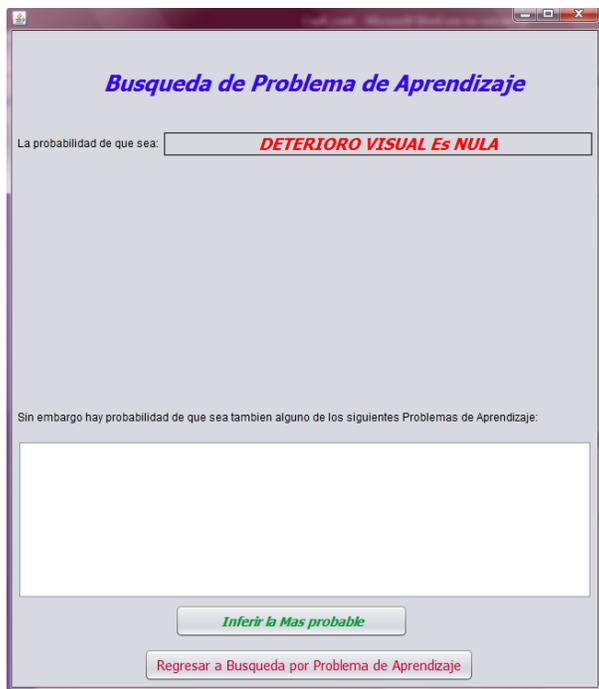


Fig. 10. Resultado de inferencia.

Otra de las opciones que ofrece el sistema es una base de hechos ordenada, donde puede donde se muestran datos clave de los síntomas que se han elegido desde el submenú de búsqueda por síntomas, muestra el número de identificación de cada síntoma, los síntomas que se contemplaron y el porcentaje considerado de los mismos. En esa misma pantalla ofrece la información en base a los síntomas tanto del problema más probable como de las otras posibilidades o coincidencias con otros problemas. Ver Figura 11.

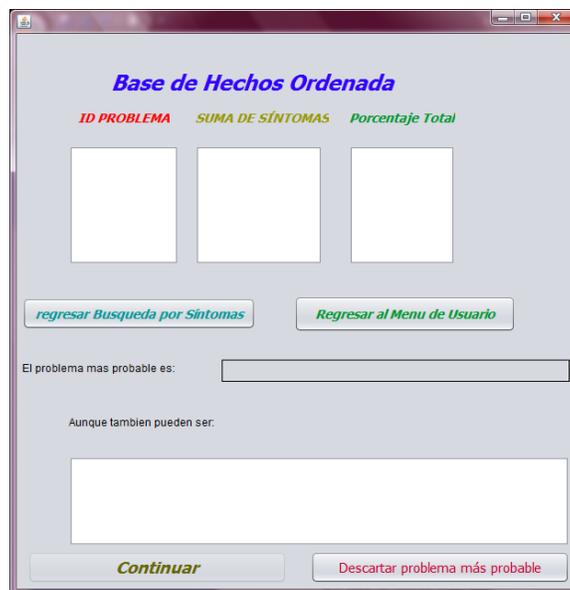


Fig. 11. Base de hechos ordenada.

Otras de las acciones que ofrece el sistema es la visualización de todas las enfermedades (fig.12), todos los síntomas (fig. 13) y todas las patologías (fig. 14). Donde el experto que se encuentre interactuando con el sistema tiene la posibilidad de ver las características específicas tanto de los problemas de aprendizaje, como de los síntomas y de la relación que se ha establecido entres éstos dos en el cuadro patológico.

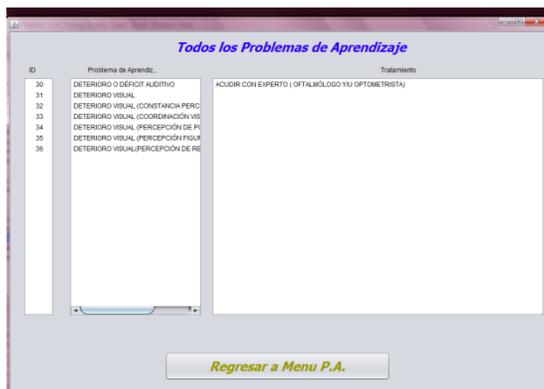


Fig. 12. Todos los problemas de aprendizaje.



Fig. 13 Todos los síntomas.

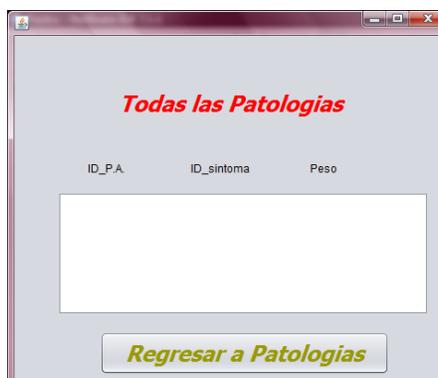


Fig. 14 Todas las patologías.

Conclusiones

Existe un gran número de niños afectados por uno o varios de los problemas de aprendizaje aquí proyectados, por desgracia hasta ahora no se ha dado la atención necesaria. Por ello se ha desarrollado el presente proyecto, para presentarlo como una herramienta eficaz en la detección de problemas de aprendizaje, y al tiempo de identificarlos poder otorgar una orientación adecuada y propicia a los padres de familia y a los mismos docentes.

El Sistema Experto cuenta con la flexibilidad necesaria para adaptarse a los requerimientos necesarios según las características de la población a diagnosticar. Pues debido a sus características para interactuar con él, ofrece facilidad tanto para usuarios como expertos de usarlo en su totalidad.

Por tanto puede decirse que al emplearlo, se obtendrán resultados que podrán ser una guía para auxiliar al alumno e intervenir a tiempo en su proceso de aprendizaje.

Como recomendación, al igual que sucede con la mayoría de los Sistemas Expertos, éste no es la excepción y lo idóneo es ir actualizándolo y dando mantenimiento oportuno y continuo para evitar que se vuelva una herramienta obsoleta y mejor obtener una herramienta constantemente útil, adaptable y flexible.

Referencias

1. Problemas de Aprendizaje. Soluciones paso a paso./Grupo pedagógico; Ed. Euroméxico S.A de C.V p.11.
2. <http://www.abcpedia.com/diccionario/concepto-aprendizaje.html>
3. Problemas de Aprendizaje. Soluciones paso a paso.; Grupo pedagógico/Ed. Euroméxico S.A de C.V p.16

DIAGNÓSTICO DE TRASTORNOS DE CONDUCTA MEDIANTE SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO.

B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, M. Aguilar Castillo, K.M. Castañeda Hernández
A.I. de la Roca Chiapas, L. Santa Olalla Ocampo

Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ)- Calzada Tecnológico 27, Col Centro, Zacatepec, Morelos, México baaranda@yahoo.es; villavicencio_2000@yahoo.com; ³Nuestros Pequeños Hermanos (NPH)- nphsol@hotmail.com; ⁴delarocac@hotmail.com; ⁵leticia_soo@yahoo.com.mx; ⁶montse_xime@hotmail.com;

Área de participación: Ciencias de la computación.

Resumen-- El presente trabajo muestra el análisis, diseño e implementación del proyecto llamado Diagnóstico de Trastornos de Conducta mediante Sistemas Basados en Conocimiento. Se describen los fundamentos conceptuales y teóricos utilizados para la creación del proyecto que contiene los módulos de interfaz de usuario, interfaz experto y motor de inferencia funcionando correctamente.

Introducción

¿Qué son los Trastornos de Conducta?

Los Trastornos de Conducta son aquellos problemas que tienen los niños cuando muestran dificultades para cumplir las normas que la mayoría de los niños aceptan, este término se utiliza para los niños que incumplen todas las reglas normales que sus padres y profesores les ponen. ^[2]

Los trastornos de la conducta (también denominados trastornos de la conducta perturbadora) son el motivo más frecuente por el que se deriva a los niños para evaluaciones y tratamientos de salud mental. No todas las conductas perturbadoras son iguales. ^[5]

Trastornos de Conducta hace referencia a la presencia de un patrón de conducta persistente, repetitiva e inadecuada a la edad del menor. Se caracteriza por el incumplimiento de las normas sociales básicas de convivencia y por la oposición a los requerimientos de las figuras de autoridad, generando un deterioro en las relaciones familiares o sociales. ^[2]

Inteligencia Artificial (IA).

En ciencias de la computación se denomina **Inteligencia Artificial (IA)** a la capacidad de razonar de un agente no vivo. Se acuñó el término en 1956, y se definió: "Es la ciencia e ingeniería de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes." ^[7]

Inteligencia Artificial es la disciplina que se encarga de construir procesos que al ser ejecutados sobre una arquitectura física producen acciones o resultados que

maximizan una medida de rendimiento determinada, basándose en la secuencia de entradas percibidas y en el conocimiento almacenado en tal arquitectura.^[8]

¿Qué son los Sistemas Basados en Conocimiento?

Los Sistemas Basados en el conocimiento son sistemas avanzados de representación y resolución de problemas complejos. Su arquitectura y sus formalismos de representación son la base de muchos de los sistemas actuales. Su uso se puede encontrar en todas las ramas de aplicaciones especiales de los sistemas informáticos donde se requieran prestaciones especiales, sobre todo en aquellas áreas donde el conocimiento de expertos sea el soporte básico como medicina, industria, gestión, finanzas, organización empresarial y otros.^[6]

Planteamiento del problema

Los niños y adolescentes con trastornos de conducta tienen un mayor riesgo de fracaso escolar, problemas de comportamiento, problemas emocionales, problemas de autoestima y dificultades en las relaciones socio-familiares como consecuencia de los síntomas propios del Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad. No existen pruebas de laboratorio o gabinete contundente para establecer diagnóstico.^{[1][2]}

Los estudios indican que a pesar de las serias consecuencias del déficit de atención e hiperactividad los cuales son trastornos de conducta, pocos de los afectados reciben tratamiento, que aplicado correcta y precozmente mejoraría hasta el 80% de los casos.^[1]

Existen test para el diagnóstico pero son aplicados manualmente por psiquiatras, pediatras, neurólogos y psicólogos y son muy costosos.^{[1][2]}

Está demostrado que si no hay una intervención farmacológica temprana está asociada con una evolución desfavorable causando casos devastadores como: dificultades de aprendizaje, abandono de los estudios, problemas emocionales y de habilidades sociales, conducta desafiante, ansiedad y depresión, alteraciones de lenguaje y coordinación motora, accidentes, y abuso de sustancias tóxicas.^{[1][3]}

La mayoría de las familias busca ayuda cuando los síntomas de su hijo adolescente comienzan a interferir en el aprendizaje y en la adaptación a las expectativas de la escuela y las actividades adecuadas para su edad.

Objetivo del proyecto

Poner a disposición de la población y de los profesionales de la educación, un instrumento útil que proporcione el diagnóstico del trastorno de conducta que aqueja a niños y adolescentes.

Objetivos específicos.

- Proporcionar un diagnóstico de problemas de conducta precoz y para ello se recomienda la realización de estudio de los niños con problemas emocionales, cognitivos y de comportamiento.
- Detectar los trastornos de conducta, evaluarlos correctamente, y plantear los objetivos terapéuticos y estrategias para la familia y docentes.
- Proporcionar recomendaciones a padres y profesionales, mediante programas de intervención integrales e individualizados.
- Fomentar el cumplimiento de estos aspectos mediante un grupo de trabajo interdisciplinario a nivel local (padres, asociaciones, educadores, profesionales sanitarios).

Metodología

El sistema fue creado en NetBeans con acceso a la base de datos Mysql utilizando todos los beneficios de la programación orientada a objetos.

La información de los síntomas de los trastornos de conducta más comunes que aquejan a los niños se almacenan en la base de conocimientos a través de una interfaz de experto diseñada para la captura de todo el conocimiento de uno o varios expertos en el área, las consultas se realizan mediante una interfaz de usuario para capturar los hechos (las características percibidas visualmente acerca de un niño), el motor de inferencia está programado utilizando la metodología de Buchanan para identificar los trastornos de conducta de acuerdo a los síntomas obtenidos de manera visual de un niño que incumple todas las reglas normales que sus padres y profesores les ponen, el sistema utiliza los métodos de inducción, deducción y abducción para proporcionar una colección de los posibles trastornos de conducta que afectan a los niños según los hechos que se han capturado Fig. 1. Cada síntoma de un trastorno de conducta se captura con un peso que va de 10 a 100 de acuerdo a su importancia, la inferencia regresa el posible trastorno de conducta con un porcentaje de certeza.

En la Fig. 2. se muestran cada una de las tareas que se pueden realizar en la interfaz experto. Entre las cuales está desde que solicita ingreso al Sistema Experto, mismo que tiene acceso cuando escribe la contraseña correcta, por lo que el Experto es el único autorizado que puede capturar datos como Trastornos de Conducta y Síntomas, además puede hacer la relación de Trastornos de Conducta en el cuadro patológico.

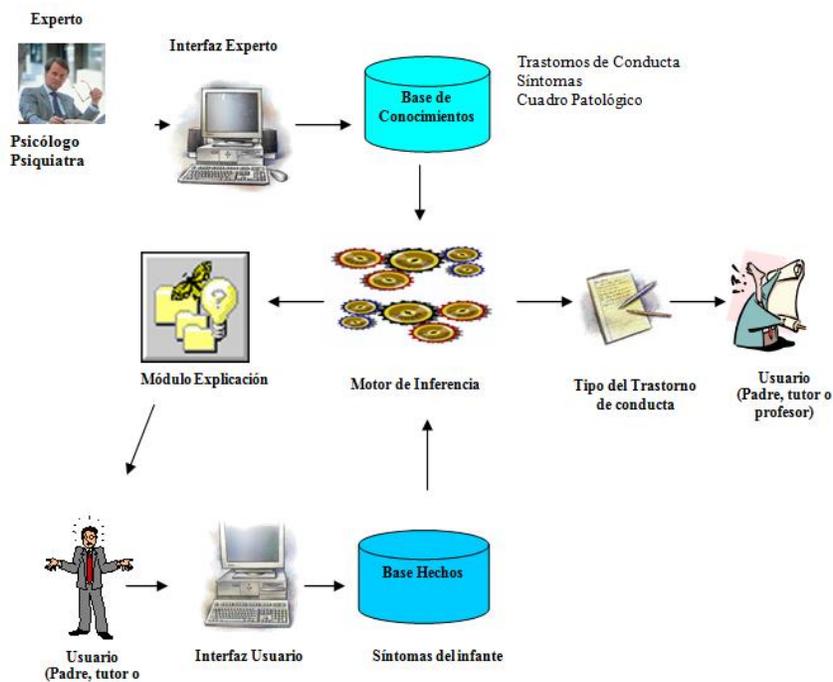


Fig. 1. Mapa conceptual de los módulos.

En el diagrama de la fig. 3. se muestran cada una de las tareas que se pueden realizar en la interfaz del usuario. Entre las cuales está desde que solicita ingreso al Sistema Experto por medio de la interfaz usuario, muestra el menú y es capaz de realizar búsquedas de trastornos y síntomas.

El diagrama de arquitectura muestra la estructura de menús Fig. 4, submenús y programas finales del sistema.

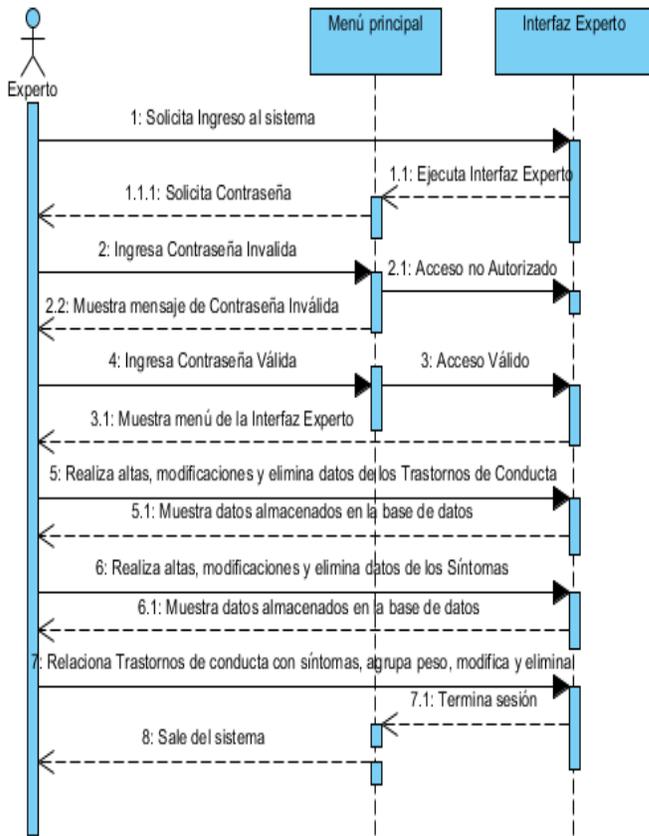


Fig. 2. Diagrama de Secuencia del Experto.

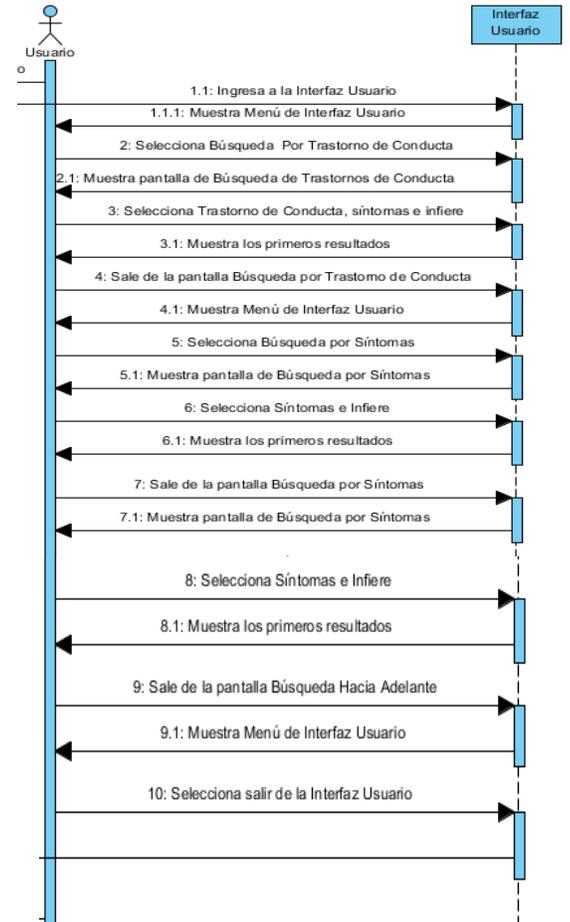


Fig. 3. Diagrama de Secuencia del Usuario.



Fig. 4 Diagramas de Menús.

Resultados.

La Fig. 5. muestra la portada inicial del proyecto. Contiene los logotipos de las instituciones participantes, el nombre del proyecto y los botones de acceso y salida del proyecto.

La Fig.6. Muestra el menú principal del proyecto contiene 2 módulos. La primera opción incluye la Interfaz de Experto, y la segunda opción incluye la Interfaz de Usuario.

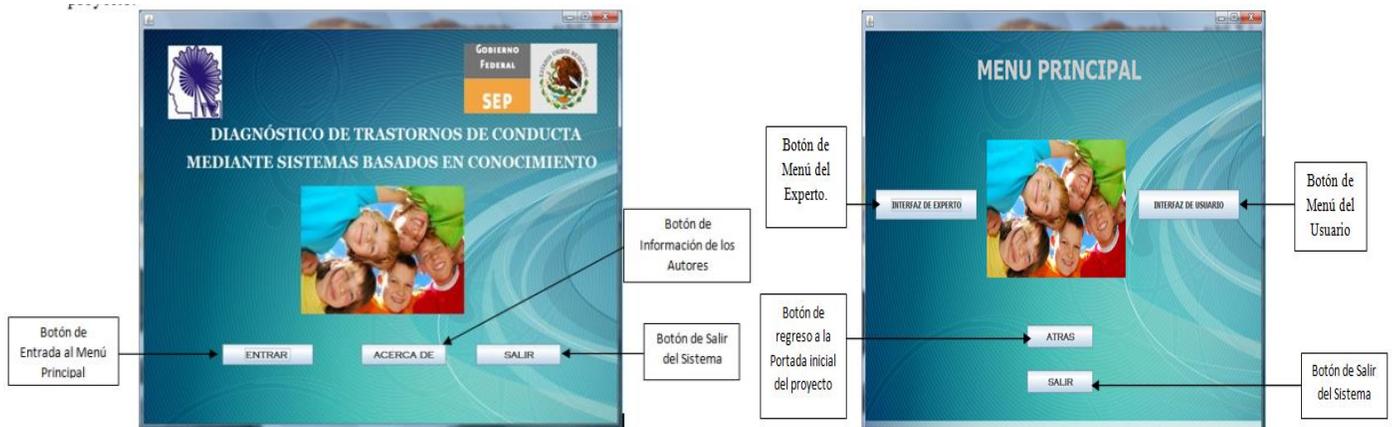


Fig. 5. Portada Inicial del Proyecto.

Fig. 6. Menú Principal.

La Fig. 7. Muestra el menú del experto en el cual se muestran 3 columnas: La primera que es la de trastornos de conducta donde se realizan las altas de nuevos trastornos, las bajas de trastornos que existen en la base de datos y la consultas de los trastornos que existen, en la segunda columna se realizan altas, bajas y consultas de síntomas, y por último la columna del cuadro patológico donde se relacionan los trastornos de conducta con sus síntomas.

El Menú del Usuario puede realizar dos funciones, la búsqueda por síntomas y la búsqueda por enfermedad como se muestra en la Fig. 8.



Fig. 7 Menú del Experto



Fig. 8 Menú del Usuario

Una de las funciones que tiene el usuario es búsqueda por síntomas Fig.9, mediante una selección de síntomas se realizará un pre-diagnóstico generando el trastorno de conducta más probable con su porcentaje de certeza.

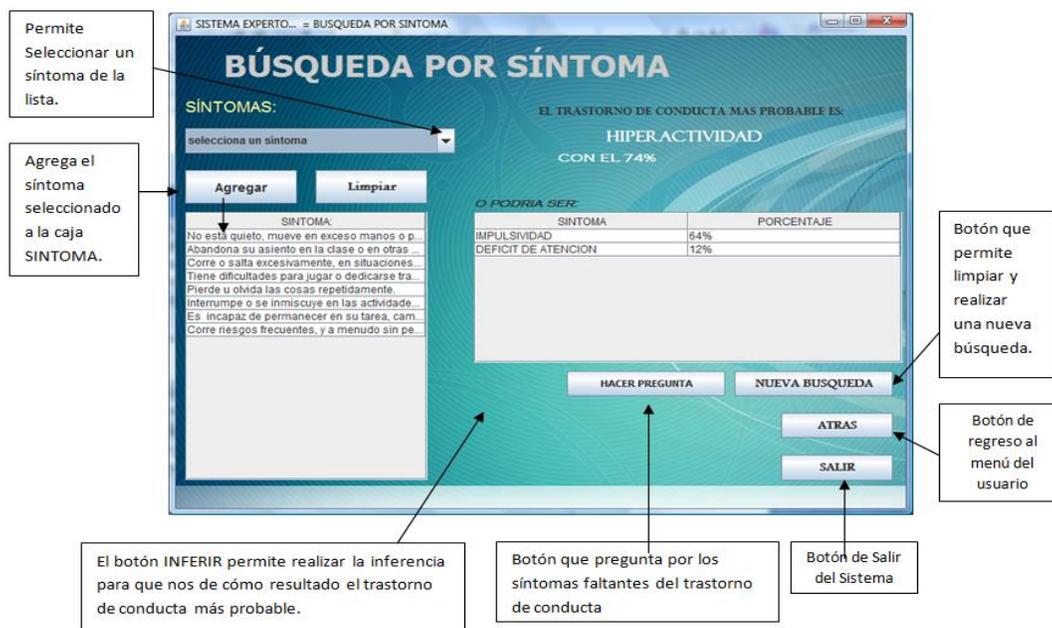


Fig. 9 Búsqueda por Síntoma.

Otra de las funciones que tiene el usuario es búsqueda por trastorno de conducta, permite seleccionar un tipo de trastorno de conducta que refiere tiene el paciente, después continua la selección de síntomas y se agregan, una vez agregados los síntomas se realizará la inferencia con el botón inferir y el sistema lo verificará, mostrando el porcentaje que representa, y a su vez generando una alternativa como se muestra en el ejemplo de la Fig. 10.



Conclusiones

Este artículo presenta los resultados de un Sistema Basado en Conocimiento utilizado para la identificación de trastornos de conducta y se demostró que es posible diagnosticar trastornos de conducta mediante esta técnica, el objetivo general del proyecto planteado se cumple satisfactoriamente ya que ayuda a detectar los trastornos de conducta, evaluarlos correctamente, y plantear los objetivos terapéuticos y estrategias para las familias y docentes. En esta primera etapa se logran diagnosticar perfectamente los 14 trastornos de conducta que afectan a los niños y adolescentes.

Referencias

1. Déficit de atención e hiperactividad en el niño y adolescente La necesidad de un trabajo conjunto Dra. Alfonso Lora Espinosa; Pediatra de Atención Primaria.
2. Trastorno por déficit de atención e hiperactividad: Una causa frecuente de fracaso escolar Dra. Silvia N. Tanenbaum; Buenos Aires 2010.
3. CD; Psicología DSM-IV Manual diagnóstico de los trastornos mentales.
4. Hiperactividad y déficit de Atención en niños y adultos; Fidel de la Garza
5. Problemas del comportamiento; Francisco Rubio Jurado; julio del 2011.
6. Sistemas Basados en Conocimiento; Julio Villana Román; 2011
7. Sistemas Expertos un enfoque pragmático; Pluss J.J; UNR.
8. Inteligencia Artificial; Autor: Alberto García Serrano; Editorial: Libros R.J.

DISEÑO DE UNA INTERFAZ PARA EL CONTROL DE MENSAJES DE TEXTO A TRAVÉS DE LA API WMA

**L. Gama-Moreno¹, D. Fajardo¹, C. Noguero González², F.J. Cartujano Escobar²,
M. Ménez Esquivel²**

¹ Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Km.10 carretera Tlajomulco – San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México- lgama@ieee.org, dfajardo@ittlajomulco.edu.mx, ² Instituto Tecnológico de Zacatepec, Morelos, México – cnogueron@gmail.com, javier.cartujano@gmail.com, madaimeenez@gmail.com

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen- El servicio de mensajes de texto (SMS) es hoy en día uno de los medios de comunicación más utilizados en el mundo, esto por la comodidad, economía y estabilidad del servicio, todo ello a pesar de que no ha sido posible explotar en su totalidad las ventajas que este servicio proporciona. Desafortunadamente, hay veces que la urgencia del usuario por enviar un mensaje de texto, es intervenida por la aplicación que controla los SMS en su dispositivo móvil. En este trabajo se propone implementar un API denominada Wireless Messaging API, la cual permite establecer comunicación vía sms entre dispositivos móviles, además de permitir al usuario programar una aplicación personalizada para controlar sus mensajes de texto. Así mismo se presenta el aprovechamiento del servicio de mensajes de texto combinado con la implementación de la API WMA para controlar dispositivos electrónicos a través SMS.

Introducción.

El servicio de mensajes cortos o SMS (Short Message Service) es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite a los usuarios el envío de mensajes de texto cortos entre dispositivos móviles, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano. SMS fue diseñado originariamente como parte del estándar de telefonía móvil digital GSM, pero en la actualidad está disponible en una amplia variedad de redes, incluyendo las redes 3G. Tras el desarrollo de esta tecnología se han generado diferentes aplicaciones para la implementación de este servicio. Estas aplicaciones están basadas en Apis que permiten al programador tener el control del servicio de sms, ya sea desde el web, un modem GSM, y el más común, un dispositivo móvil. En esta publicación se presenta la implementación de una API que permite establecer comunicación vía sms entre dispositivos móviles. Esta API está desarrollada por Sun Microsystems y se basa en los estándares de conexión GCF (*generic connection framework*) definida en la configuración CLDC 1.0 para dispositivos con capacidades limitadas. En la 2ª sección se presenta un panorama técnico de algunas aplicaciones generadas a partir de APIs que permiten el control de mensajes de texto. En la 3ª sección se describe la implementación de los métodos de la API Wireless Messaging API (WMA). En la 4ª sección se describe el desarrollo de una interfaz basada en WMA, para controlar un dispositivo electrónico a partir de mensajes de texto. En la 5ª sección se presenta un caso de estudio en el cual se implementa la interfaz diseñada con WMA y finalmente en la 6ª sección presentamos las conclusiones de este trabajo.

Estado del arte.

El servicio de mensajes de texto cortos SMS, ha evolucionado en uno de los medios de comunicación más común utilizado por los usuarios de dispositivos móviles. Este servicio ha sido implementado para resolver diferentes necesidades de los usuarios. Por ejemplo, en [1] se describe un servicio de Microsoft, el cual, permite a los usuarios móviles, obtener acceso a sus mensajes desde una bandeja de entrada universal la cual contiene mensajes del servicio de mensajes de texto cortos (SMS), correo electrónico, correo de voz y conversaciones de mensajería instantánea (MI) guardadas. En [2] se cita un consorcio industrial y tecnológico que se dedica a especificar APIs para redes telefónicas. Las APIs más importantes incluyen: control de llamadas, conferencias, interacción con el usuario (mensajes de texto y audio) y facturación. En [3] se describe una API que ofrece una amplia gama de funcionalidades Smartphone como son el de la cámara, sonido, gráficos, Bluetooth, GPS, servicios Web, Internet y TCP / IP de mensajería, y la lectura de los SMS entrantes.

Además del uso de dispositivos móviles para control de mensajes de texto, se han creado otras APIs, que por medio de un servidor web, pueden enviar y recibir mensajes de texto. Tal es el caso de [4], en donde se describe un servicio SMS Gateway el cual presenta una interfaz de programación de aplicaciones que ofrece un enlace HTTPS seguro a la entrada SMS. Así mismo presenta guiones SMS gratis para una mejor integración al servicio sms. A continuación se presenta la implementación de una API denominada: *Wireless Messaging API (WMA)* [5], la cual permite a los usuarios controlar el envío y recepción de mensajes de texto desde su dispositivo móvil. Si bien esto ya se encuentra implementado, con esta API el usuario puede programar su propia aplicación de administración de mensajes de texto, sin tener que restringirse a la aplicación que por defecto se encuentra instalada en su dispositivo móvil.

Implementación de Wireless Messaging API (WMA)

Esta API de mensajería se basa en la estructura genérica de conexiones (GCF), que se define en la configuración CLDC 1.0 (*Connected Limited Device Configuration*). El paquete `javax.microedition.io` define el marco y soporte de entrada / salida, así como la funcionalidad de redes en los perfiles de J2ME (Java 2 Micro Edition), esto con el fin de proporcionar un ambiente coherente que permita al usuario acceder y organizar información en un entorno con recursos limitados.

Representación de un mensaje de texto

Un mensaje de texto en su forma más compacta está integrado por dos elementos, el destinatario ó número telefónico al que será enviado dicho mensaje y el contenido del mensaje. En esta API un mensaje está representado por una clase que implementa la interfaz definida por Sun Microsystems para mensajes de texto, dicha interfaz se encuentra definida en el paquete `javax.wireless.messaging` y contiene los métodos necesarios para la administración de mensajes de texto. La interfaz básica que es implementada por todos los mensajes de texto se denomina *Message* y proporciona métodos para el manejo de los destinatarios y marcas de tiempo.

En lo que se refiere al contenido del mensaje, esta API está diseñada para soportar, tanto mensajes de texto, como mensajes binarios. Estos son representados por dos subinterfaces de *Message*: *TextMessage* y *BinaryMessage*. Dichas subinterfaces ofrecen formas de manipular el contenido útil del mensaje, tal como cadenas de texto y arreglos de bytes respectivamente.

La API de mensajería está destinada para su implementación en alguno de los tres niveles presentados en la **figura 1**.

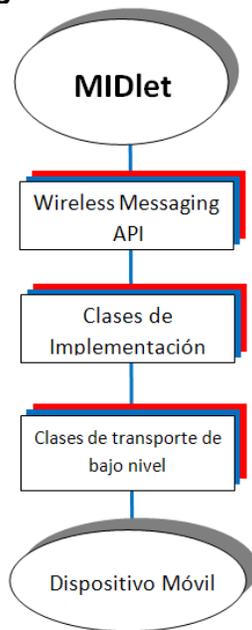


Figura 1 Arquitectura de una aplicación para dispositivo móvil

La capa superior contiene las interfaces para *Wireless Messaging*, la capa media contiene las clases de implementación de un dispositivo con configuración CLDC, y la capa inferior contiene los mecanismos de transporte de bajo nivel. La API es genérica e independiente de cualquier protocolo de mensajería. La capa de transporte de bajo nivel contiene la implementación de los protocolos que llevan los mensajes al dispositivo móvil.

Por su parte la capa de interfaz de WMA contiene las interfaces de esta API, las cuales, el desarrollador de MIDlet's implementa para diseñar aplicaciones que involucren el uso de mensajes de texto (ver **figura 2**).

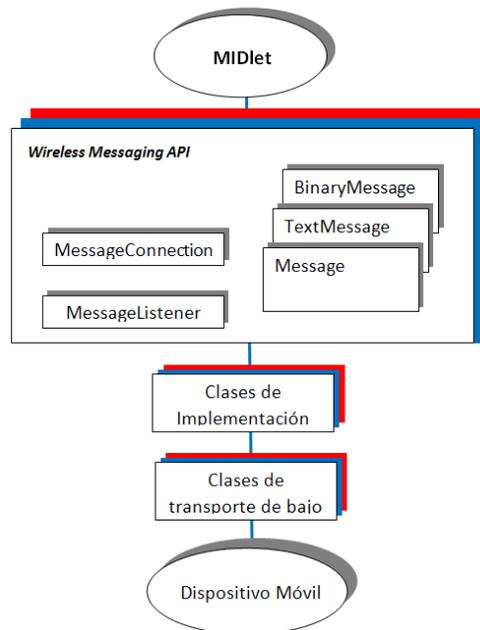


Figura 2 Interfaces de la API WMA

Envío y recepción de Mensajes de texto con WMA

Según la definición de la estructura genérica de conexiones la funcionalidad de envío y recepción de mensajes de texto es implementada por una interfaz *Connection*, en este caso, *MessageConnection*. Para establecer una conexión la aplicación obtiene un objeto que implementa la interfaz *MessageConnection* de la clase *Connector* proporcionando una dirección URL para la conexión. Si en la aplicación se especifica una dirección de destino completa, esto define un destinatario a la clase *Connector*, en consecuencia se genera una interfaz *MessageConnection* que trabaja en modo “cliente”. Este tipo de conexión sólo es utilizada para el envío de mensajes a una dirección especificada cuando se crea el mensaje. En la **figura 3** se muestra la implementación de la interfaz *MessageConnection* para el envío de mensajes de texto.

```

try {
    String addr = "sms://+528401234567";
    MessageConnection conn = (MessageConnection) Connector.open(addr);
    TextMessage msg =
        (TextMessage)conn.newMessage(MessageConnection.TEXT_MESSAGE);
    msg.setPayloadText("Hello world!");
    conn.send(msg);
} catch (Exception e) {
    ...
}
    
```

Figura 3 Implementación de las interfaces de WMS para envío de SMS

Se presume que en el código mostrado anteriormente, el contenido del mensaje es "Hello World!", y será enviado al número telefónico 8401234567, de México (por el prefijo +52), dicho mensaje de texto será recibido por la aplicación que por defecto está instalada en el dispositivo móvil que corresponde al número telefónico.

La aplicación también puede trabajar en modo servidor, puesto que se puede proporcionar una cadena de conexión URL a la interfaz *MessageConnection* que solo incluye un identificador que especifica los mensajes destinados a ser recibidos por esta aplicación. Conjuntando lo anteriormente planteado, se puede generar una aplicación para el envío y recepción de mensajes de texto.

Tomando como referencia el ejemplo de la **figura3**, habrá que hacer un cambio en la dirección del destinatario para que el código mostrado en la **figura 4** genere una aplicación receptora de mensajes de texto. Basta con agregar a la aplicación de envío de mensajes, el mismo puerto que se le asignó a la aplicación receptora de mensajes en este caso el puerto 5432. De este modo, la dirección de destinatario en la **figura 3** se declararía de la siguiente manera: `String addr = "sms://+528401234567:5432"`, de esta manera, el sms es enviado al número 8401234567 de México, y es atendido por la aplicación que reciba mensajes por el puerto 5432, desplazando así, la aplicación que por defecto atiende mensajes en un dispositivo móvil.

```
try {
    String addr = "sms://:5432";
    MessageConnection conn = (MessageConnection) Connector.open(addr);
    Message msg = null;
    while (someExitCondition) {
        msg = conn.receive();
        if (msg instanceof TextMessage) {
            TextMessage tmsg = (TextMessage)msg;
            String receivedText = tmsg.getPayloadText();
            tmsg.setPayloadText("Received:" + receivedText);
            conn.send(tmsg);
        } else {
            ...
        }
    }
} catch (Exception e) {
    ...
}
```

Figura 4 Recepción de mensajes de texto

Diseño de una interfaz para control de un dispositivo electrónico a través de mensajes de texto

En la **figura 5** se muestra el diseño de una interfaz que permitirá a un usuario controlar remotamente un dispositivo electrónico a través de sms. Para ello es necesario contar con un dispositivo móvil configurado como servidor, y otro configurado como cliente. El servidor está conectado a un dispositivo electrónico por medio de un cable serial, esto con el fin de interpretar los mensajes recibidos, y enviar instrucciones al dispositivo electrónico, correspondientes al mensaje recibido. La aplicación que controla los mensajes en el servidor es ejecutada en

segundo plano; dado que no habrá interacción directa entre el usuario y el servidor, no es necesario gastar recursos en este dispositivo móvil. En el caso de que ocurra alguna falla en el dispositivo electrónico, está será notificada al usuario a través de un sms, por lo cual la aplicación del cliente también tendrá un escuchador de mensajes de texto, es en este punto en donde se establece la comunicación entre el cliente y el servidor a través de un puerto. La aplicación del cliente también es ejecutada en segundo plano, pero a diferencia del servidor, esta si tendrá interacción directa con el usuario, de esta manera, suponiendo que el puerto de comunicación sea el 5432, cada que el cliente reciba un mensaje y este sea escuchado por el puerto 5432, la aplicación pasará de segundo a primer plano mostrando así un panel de instrucciones que permitirán corregir la falla. El usuario podrá elegir solo una instrucción de acuerdo a la falla suscitada y presionar el botón enviar; esto reduce el tiempo que un usuario tarda en enviar un mensaje de texto utilizando la aplicación predeterminada de su dispositivo móvil.

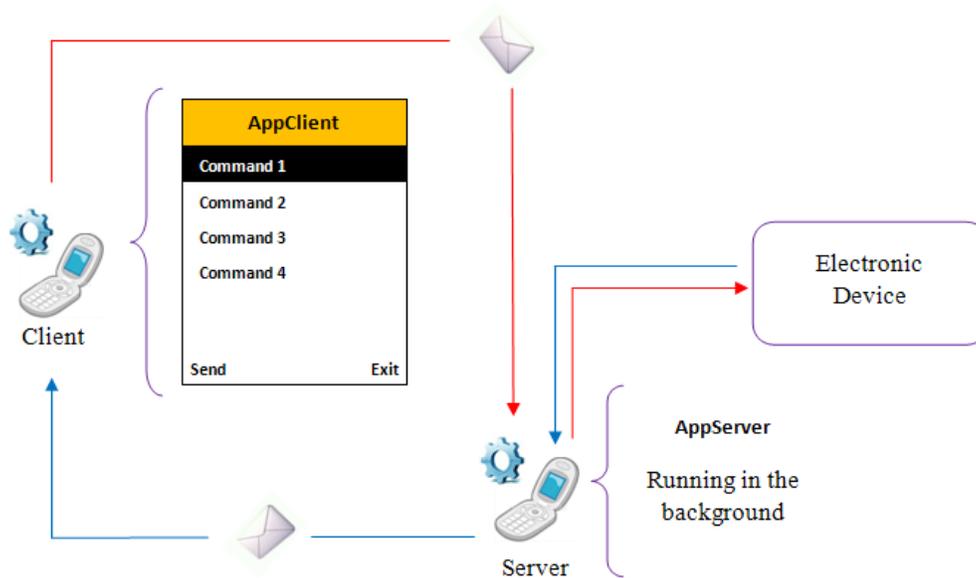


Figura 5 Diseño de una interfaz para control de un dispositivo electrónico

Caso de Estudio.

Se desarrolló una aplicación de prueba, para controlar un prototipo de un sistema de detección de fugas de agua. Dicho sistema es controlado en su totalidad por un módulo electrónico el cual se encuentra conectado a sensores distribuidos en el sistema de tuberías hidráulicas de una casa habitación, estos sensores son los encargados de reportar fugas de agua, detectadas en la instalación hidráulica. A su vez el módulo electrónico está conectado a un dispositivo móvil configurado como servidor mediante una aplicación basada en WMA, esto con el fin de que si los sensores reportan alguna falla al dispositivo electrónico, inmediatamente la falla se reporte vía sms al usuario del sistema.

Para que la falla sea reportada correctamente, el usuario debe contar con un dispositivo móvil con una aplicación basada en WMA configurada como cliente y con un escuchador exclusivo de mensajes de texto. Cabe mencionar, que por comodidad para el usuario, esta aplicación se ejecuta en segundo plano, dado este hecho, el puerto de comunicación entre el cliente y el servidor es la pauta para pasar la aplicación a primer plano e interactuar directamente con ella, esto es, si la aplicación escucha un mensaje de texto por el puerto de comunicación, el usuario podrá ver la falla suscitada en su instalación hidráulica y a continuación el menú de opciones con las posibles soluciones a la falla, para este caso de estudio se pre programaron 4 funciones, *ABRIR/CERRAR VÁLVULA, ENCENDER/APAGAR BOMBA*. Entiéndase que las primeras dos funciones involucran la llave principal de abastecimiento de agua, y las siguientes una bomba de agua, que en caso puede ser sustituida por una llave de paso de agua.

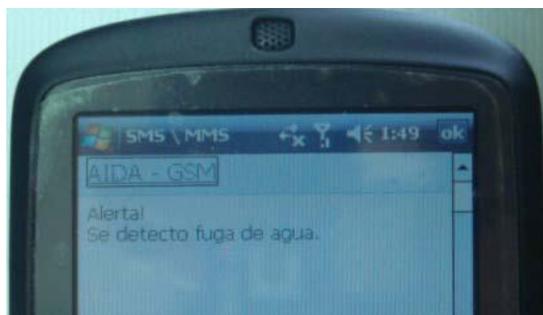


Figura 6 Teléfono con mensaje de alerta

Conclusiones.

En este trabajo se presentó una API denominada Wireless Messaging API (WMA), diseñada para el control de mensajes de texto en dispositivos móviles. Esta API fue implementada para crear una aplicación de alertas, para controlar fugas de agua en una instalación hidráulica. Dicha aplicación cuenta con dos modos de ejecución: cliente y servidor. En modo cliente la aplicación cuenta con un escuchador exclusivo de mensajes de texto, esto con el fin de establecer comunicación directa con el servidor, además cuenta con la ventaja de ejecutarse en segundo plano, de esta manera el usuario puede navegar en su dispositivo móvil sin que la aplicación interfiera con las aplicaciones predeterminadas del dispositivo móvil y con la seguridad de que la aplicación se activará en cuanto reciba un mensaje de texto de parte del servidor.

El modo servidor cuenta con el mismo escuchador de mensajes, y es el encargado de dar instrucciones al dispositivo electrónico, correspondientes al mensaje recibido de parte del cliente.

Esta aplicación redujo el tiempo en el que un usuario tarda en escribir un mensaje de texto con la aplicación por defecto de los dispositivos móviles, por ende en el sistema de control de fugas de agua una falla detectada fue solucionada de manera inmediata.

Referencias

1. <http://www.microsoft.com/spain/exchange/default.mspx>, Microsoft Exchange Server, 14 de junio, 2010, ©2010 Microsoft Corporation.
2. <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Parlay>, WorldLingo (Translation Localization Globalization), 17 de junio, 2010, © Copyright 2010 WorldLingo Translations LLC.
3. Jürgen Scheible, Ville Tuulos. "Mobile Python: Rapid prototyping of applications on the mobile platform", Edit. Paperback, December 2007. ISBN: 978-0-470-51505-1.
4. <http://www.textmagic.com/es/terms>, Textmagic, 14 de junio, 2010, © TextMagic Ltd.
5. Java Community Process (JCP), "Wireless Messaging API (WMA)", 15 de junio, 2010, © 2002 Sun Microsystems, Inc.,

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO APLICADO A EMERGENCIAS MÉDICAS EN UROLOGÍA

B. A. Aranda Benítez, L. Villavicencio Gómez, E. Rodríguez Zavaleta, N. Lara Acono, D. Arroyo Delgado

¹ Instituto Tecnológico Zacatepec (ITZ)-baaranda@yahoo.es; villavicencio_2000@yahoo.com; rodriguezavaleta@gmail.com; nlara.itz@gmail.com; _espartano228@gmail.com.

Área de participación: Ciencias de la computación.

Resumen-- El proyecto “Diseño e implementación de un Sistema Basado en el Conocimiento aplicado a Emergencias Médicas en Urología”, tiene como finalidad proporcionar a los médicos del área de urgencias un soporte que permita agilizar la atención médica de los pacientes, su implementación requirió el uso de Sistemas Expertos, los módulos principales son: Interfaz de Usuario e Interfaz de Experto.

Introducción

¿Qué es la Urología?

La Urología es la rama de la Medicina encargada de la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades y trastornos del aparato genitourinario del hombre y urinario de la mujer, concibiendo al individuo integralmente como unidad biosicosocial, para dar solución a un gran número de problemas médicos-quirúrgicos definidos para su atención.⁽¹⁾

La urología es la especialidad médica que atiende las enfermedades del aparato urinario de hombres y mujeres. Está unida a la andrología, que es la especialidad que atiende las enfermedades del aparato genital masculino que bien podría llamarse uro andrología, aunque no es la costumbre.⁽²⁾

Es una especialidad esencialmente quirúrgica, es decir, el urólogo es un cirujano especializado en las operaciones que se realizan en las vías urinarias. Aunque también atiende muchos padecimientos que no requieren de una cirugía como tratamiento⁽²⁾⁽³⁾

¿Qué son los Sistemas Basados en el Conocimiento o Sistemas expertos?

Los Sistemas Expertos son sistemas avanzados de representación y resolución de problemas complejos. Su arquitectura y sus formalismos de representación son la base de muchos de los sistemas actuales.⁽⁴⁾

Son un conjunto de programas que, sobre una base de conocimientos, posee información de uno o más expertos en un área específica. Se puede entender como una rama de la inteligencia artificial, donde el poder de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento de un dominio específico. Estos sistemas imitan las actividades de un humano para resolver problemas de distinta índole⁽⁴⁾⁽⁵⁾

Su uso se puede encontrar en todas las ramas de aplicaciones especiales de los sistemas informáticos donde se requieran prestaciones especiales, sobre todo en aquellas áreas donde el conocimiento de expertos sea el soporte básico cómo: medicina, industria, gestión, finanzas, organización empresarial y otros.⁽⁴⁾⁽⁵⁾

Planteamiento del problema

En toda Institución que presta servicios médicos existe el área de emergencias destinada a brindar atención médica inmediata a los pacientes que ingresan, esto, debido a que su vida corre peligro sea por una enfermedad o accidente, siendo común el desconocimiento de sus antecedentes médicos. Los servicios médicos en esta área deben ser eficientes y con la mayor rapidez.

Cuando la organización tiene como objetivo prestar servicios médicos a la comunidad el tiempo es un factor determinante y vital, pues de esto depende el salvar una vida, brindando asistencia médica adecuada e inmediata.

Los médicos que asisten el área de emergencias son médicos generales, quienes en diversas ocasiones desconocen sintomatología especializada y procedimientos a realizar en el paciente, requieren de conocimientos de un área específica de la medicina, aunado a esto el conjunto de estudios que deben realizarse al paciente, el diagnóstico que debe generarse y el tratamiento que debe seguir el paciente, son factores vitales para que se pueda estabilizar la vida del paciente. En muchos de los casos se requiere que un médico especializado asista al paciente en el área de emergencias.

Los médicos especializados están destinados a sus áreas de atención y solo cuando se les requiere en emergencias asisten, esto implica que en lo que se determina quién es el médico especialista que se requiere, en lo que se verifica si el médico especialista esta en esos momentos en la institución transcurre el tiempo, factor vital para poder estabilizar el estado del paciente.

Una de las inquietudes de los médicos del área de emergencias de la clínica del ISSSTE ubicada en Jojutla, Morelos es llevar un seguimiento de los servicios brindados del diagnóstico y tratamiento médico de la especialidad de urología, de los derechohabientes que ingresen al área de emergencias médicas de forma que su atención sea lo más rápido posible de forma que se logre estabilizar al paciente.

Surge la necesidad de desarrollar una herramienta computacional que brinde apoyo en todo momento en la toma de decisiones al médico general del área de

emergencias en urología en el establecimiento de un diagnóstico y un tratamiento adecuado a emergencias de esta especialidad.

Objetivo del proyecto.

Brindar apoyo en la toma de decisiones a los médicos del área de emergencias en el establecimiento del diagnóstico y tratamiento médico en emergencias médicas urológicas, mediante el desarrollo de un Sistema Experto.

Objetivos específicos.

- Crear la base de conocimientos para emergencias urológicas.
- Generar la interfaz de experto.
- Generar la interfaz de usuario.
- Generar el motor de inferencia.
- Generar el módulo de explicación.
- Mediante una interfaz grafica de usuario contener todos los componentes de un Sistema Experto.

Metodología.

Para su desarrollo se utilizó el lenguaje de programación orientada a objetos *java 7.0* y el sistema gestor de base de datos *MySQL Workbench 5.2*.

El desarrollo de un Sistema Experto requiere de:

Base de conocimiento que contiene el conocimiento sobre el dominio, en este caso Urología. El conocimiento de los síntomas de las enfermedades más comunes de urología se representa como reglas del tipo If-then, se encuentran las enfermedades urológicas y sus síntomas de cada una de ellas. Cada síntoma de las enfermedades se captura con un peso de 0 a 100 de acuerdo a su importancia.

Base de hechos, contiene los hechos proporcionados por el usuario durante una consulta con el Sistema Experto, esto es., los síntomas que presenta el paciente.

Motor de inferencia, modela el proceso de razonamiento del médico especializado en urología, trabaja con la información contenida en la base de conocimientos respecto a síntomas y enfermedades urológicas y la base de hechos para deducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones respecto a la enfermedad que presenta el paciente, devuelve la posible enfermedad con un porcentaje de certeza

Módulo de Explicación, proporciona una explicación al usuario respecto a los resultados obtenidos, justifica el resultado de la enfermedad que presenta el paciente a partir de los síntomas que presenta.

Interfaz de experto, permite obtener el conocimiento de uno o varios urólogos el cuál es almacenado en la base de conocimiento.

Interfaz de Usuario, destinada para el usuario quién proporciona los síntomas que presenta el paciente (hechos). Ver Fig. 1.

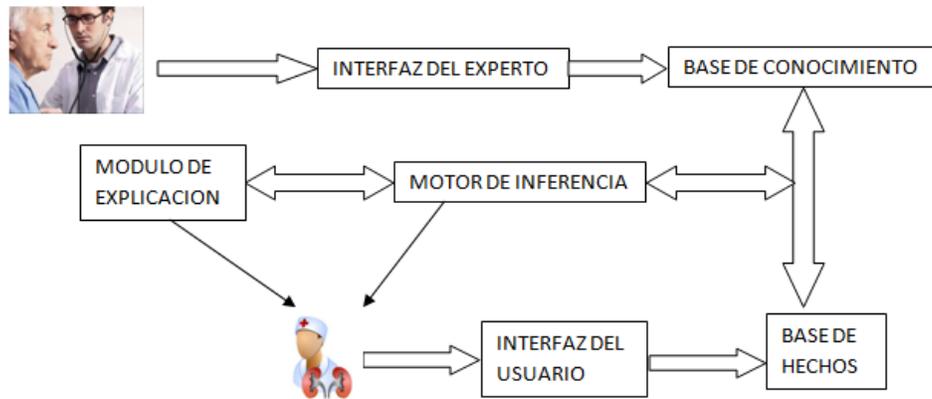


Fig. 1. Desarrollo del Sistema Experto

El siguiente diagrama de Secuencias muestra cada una de las tareas del módulo Interfaz de Experto entre las cuales se encuentran: altas, bajas y eliminaciones de síntomas, así como de las enfermedades y establece la relación entre enfermedades y síntomas (cuadro patológico). Ver Fig. 2.

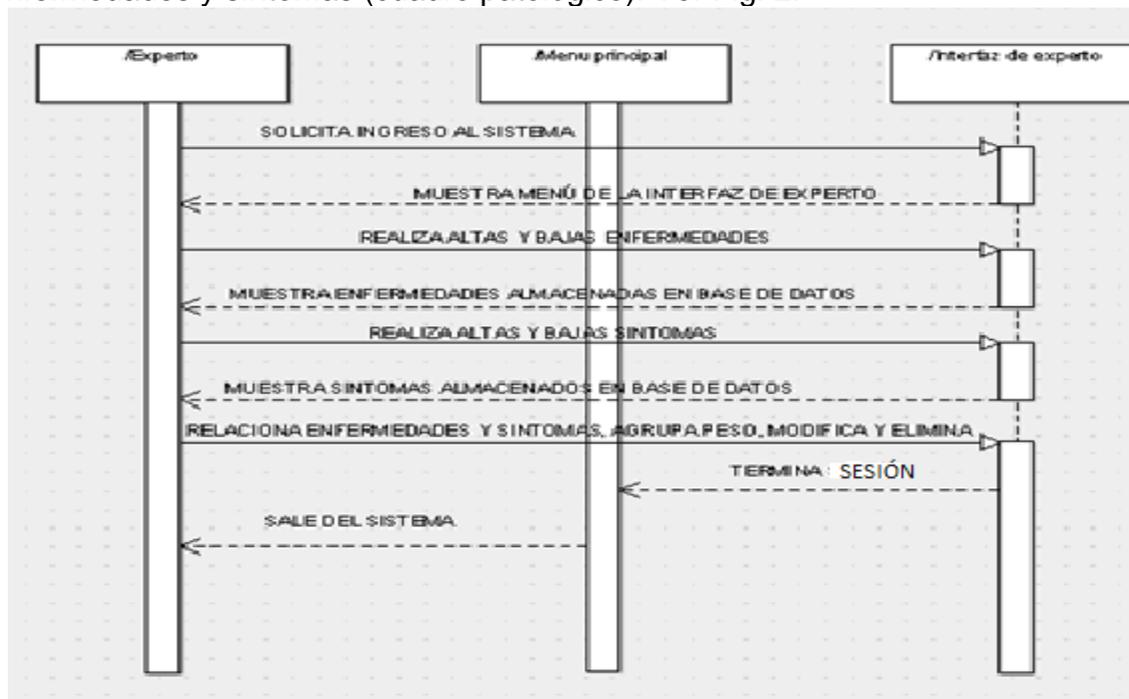


Fig. 2 Interfaz de Experto

La Fig. 3 muestra cada una de las funciones que realiza la Interfaz de Usuario, realiza búsquedas por enfermedad o por síntoma y muestra resultados de la inferencia generada a partir de los síntomas proporcionados.

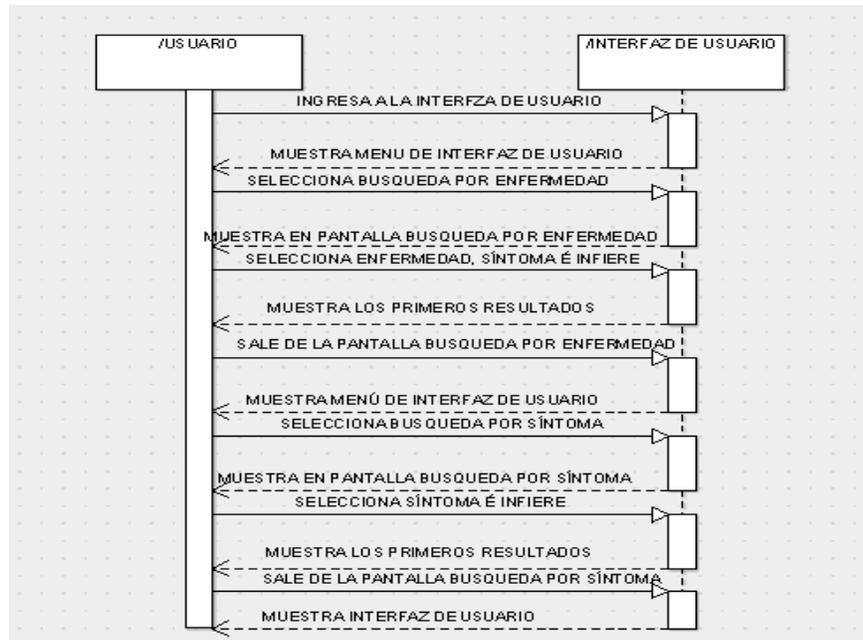


Fig. 3 Interfaz de usuario

El Diagrama de Arquitectura del Sistema Experto, los menús y submenús se muestran en la Fig. 4.

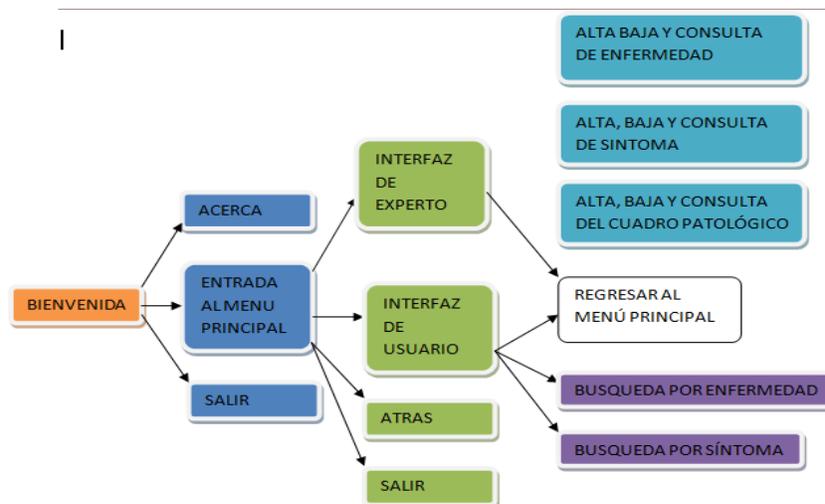


Fig. 4 Diagrama de arquitectura del Sistema Experto

Resultados

Pantalla principal del sistema

En la Fig. 5 se muestra la pantalla principal del Sistema Basado en el Conocimiento aplicado a Emergencias Médicas en Urología, el cuál contiene las opciones Entrar, Acerca de y Salir.

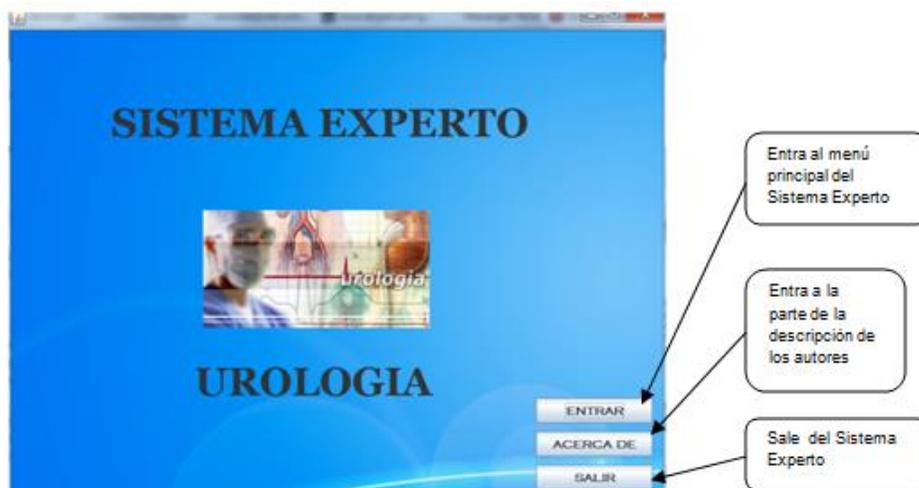


Fig. 5 Pantalla principal

Al elegir la opción Entrar se muestra la pantalla del Menú Principal con las opciones: Interfaz de Experto e Interfaz de Usuario, así como los botones Atrás para regresar al menú principal y Salir para finalizar la ejecución del sistema. Ver Fig. 6.

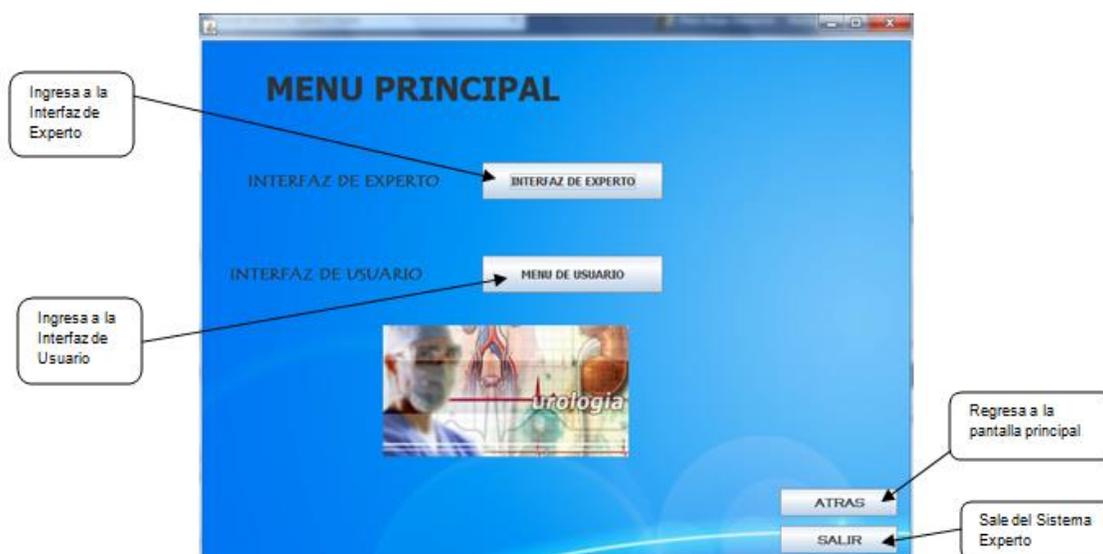


Fig. 6 Menú Principal

La Fig. 7 muestra las opciones del Menú del Experto que contiene las opciones: Enfermedad que permite ingresar, eliminar o consultar enfermedades, Síntoma al

igual que la opción anterior se pueden ingresar, eliminar o consultar síntomas, Cuadro Patológico en esta opción se establece la relación entre enfermedad-síntomas, así como consultas de cuadro patológico.



Fig. 7 Menú del Experto

La pantalla de Menú de Usuario tiene las opciones Búsqueda por síntomas y Búsqueda por enfermedades, así como los botones Atrás para regresar al menú anterior y Salir para terminar la ejecución del sistema. Ver Fig. 8.

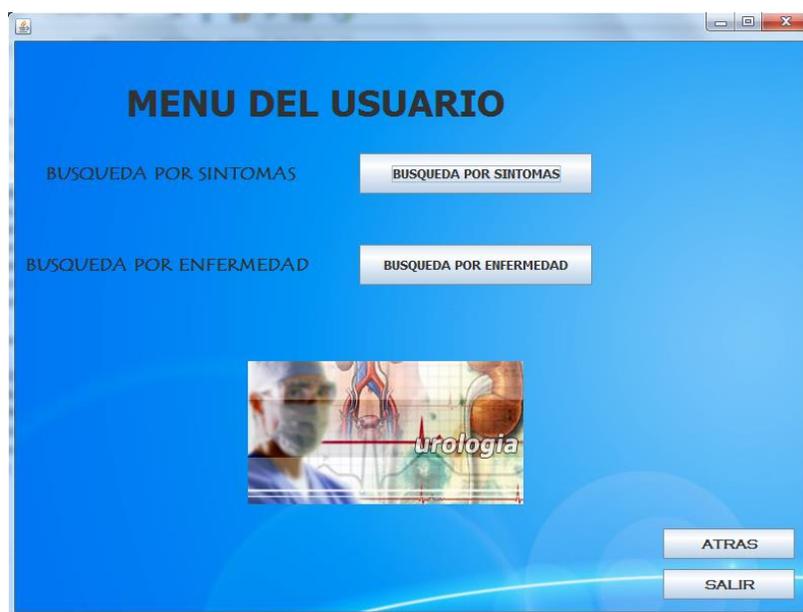


Fig. 8 Menú del Usuario

En la opción Búsqueda por Síntoma se proporcionan los síntomas que presenta el paciente y realizará la inferencia indicando la enfermedad posible que presenta el paciente de acuerdo a los valores de certeza de cada síntoma-enfermedad. Ver Fig. 9.



Fig. 9 Búsqueda por Síntoma

La Fig. 10 muestra la pantalla Búsqueda por Enfermedad donde se selecciona una enfermedad y los posibles síntomas que presenta el paciente, a partir de la información proporcionada el sistema revisa su base de conocimiento y muestra la posible enfermedad en función de sus valores de certeza.

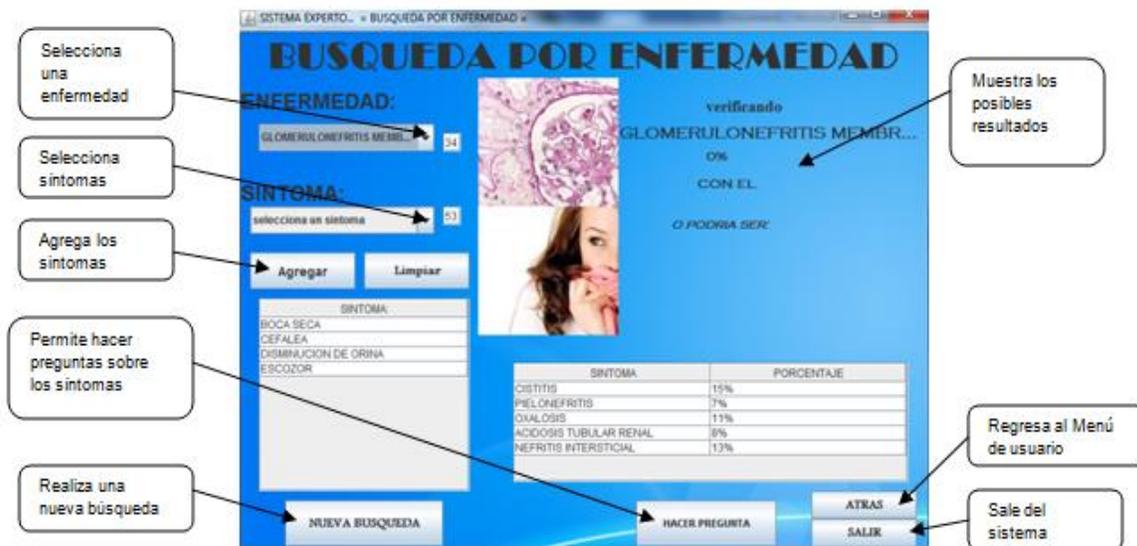


Fig. 10 Búsqueda por Enfermedad

Conclusiones.

Todo proyecto requiere la realización de una serie de actividades para alcanzar los objetivos planeados.

Con el desarrollo del Sistema Basado en el Conocimiento aplicado a Emergencias Médicas en Urología se cumplieron los objetivos establecidos y se demostró que es posible diagnosticar las enfermedades urológicas mediante el empleo de un Sistema Experto.

El desarrollo de este Sistema Experto ayudará a brindar una mejor atención a los pacientes de las diferentes instituciones de salud.

Referencias.

1. TEJIDO SÁNCHEZ A., DÁVILA RIBAS J.C., MARTÍN MUÑOZ M., DÍAZ GONZÁLEZ, R., Urgencias en Urología. Traumatismos del aparato genitourinario. En: Benavides Buleje J.A.; García Borda F.J.; Guadarrama González F.J.; Lozano Salva F.J. (editores) Manual Práctico de Urgencias Quirúrgicas Hospital Universitario Doce de Octubre. Madrid. ENE Publicidad S.A. 1998:363-374.
2. Libro del Residente de Urología Copyright © 2007, Asociación Española de Urología (AEU)
3. <http://www.bostonmedical.com.mx/disfuncion-erectil.html?sec=1>
4. <http://intart.wetpaint.com/page/Sistemas+basados+en+el+conocimiento>
5. http://www.wolnm.org/apa/articulos/Sistemas_Basados_Conocimiento.pdf

GENERACIÓN Y EJECUCIÓN DE TRAYECTORÍA PARA UN OBJETO ELECTROMECAÁNICO MÓVIL UTILIZANDO VISIÓN POR COMPUTADORA

A. de la Roca-Chiapas¹, R. Ortiz-Delgado¹, L. Santa Olalla Ocampo¹, A. Pineda Méndez¹,
B. Aranda Benitez¹, L. Villavicencio Gómez¹, J. Reyes Reyes²

¹Instituto tecnológico de Zacatepec- delarocac@hotmail.com, ²Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – La Visión por Computadora es una rama de la Inteligencia Artificial que permite la interpretación inteligente de una imagen en formato digital adquirida a través de un dispositivo. En esta investigación se desarrolló una aplicación para un robot. Logrando la exploración visual dentro de un escenario evadiendo obstáculos para un objeto (carro) móvil dentro de un área determinada, utilizando técnicas de Visión por Computadora. El sistema computacional adquirió una imagen en línea, en donde al mismo tiempo se realizaron σ exploraciones de m muestras dentro del escenario, permitiendo identificar y generar la orientación del objeto móvil hacia la meta. Este proceso se genera hasta que el móvil llegue a la meta.

Introducción

La Visión por Computadora (V.C.) es el procesamiento de información visual por una computadora. La V.C. es una forma de Inteligencia Artificial que crea una descripción simbólica de imágenes que son generalmente introducidas desde una cámara de vídeo o sensor para convertir las imágenes a la forma digital [3].

Hoy en día la V.C. ha tenido mucho auge y es aplicada en diversas ramas del conocimiento humano, como la Robótica, en la agricultura, en el control de tráfico, en la industria y muchas otras. En la actualidad es tema de relevancia. La investigación desarrollada permite disponer de una cimentación para la realización de otras investigaciones y de otros algoritmos de V.C.

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan las instituciones de educación es a la apertura de líneas de investigación que resulten atractivas y económicas para los alumnos que desean realizar investigación y que además éstas respondan a las necesidades de investigación y de desarrollo tecnológico.

Dentro de la infraestructura actual del Instituto Tecnológico de Zacatepec, no se cuenta con un área de investigación sobre V.C. dentro de la Maestría, ni en las carreras de licenciatura y dada la importancia que actualmente tiene esta área de conocimiento y el bajo costo que actualmente tienen las cámaras digitales, se hace necesario comenzar a trabajar en investigaciones de esta naturaleza.

El trabajo presentado pretende mostrar la utilidad y una de las diversas aplicaciones que pueden desarrollarse en esta área de conocimiento.

Fundamento teórico

Etapas fundamentales de visión por computadora

Se habló que la Visión por Computadora es el análisis de imágenes a través de una computadora para poder obtener una descripción de los objetos físicos captados por una cámara. Y ahí se encuentra el problema, de cómo realizar el proceso de percepción. En la siguiente información se explican las etapas que se llevan a cabo para realizar todo el proceso de Visión por Computadora es tomada de las siguientes bibliografías [2,4,5,9,10].

Etapas 1 Adquisición de Imagen: En esta etapa se obtiene una imagen del mundo real mediante cualquier medio (cámara digital, cámara de video o escáner) para digitalizar imágenes y transportarlas hacia la computadora, para poder manipularla según se requiera.

Etapas 2 Preprocesamiento: Es el mejoramiento de la imagen para que tenga un mayor éxito el proceso siguiente.

Etapas 3 Segmentación: Es la división o partición de la imagen adquirida, en objetos. Determina el éxito o el fracaso del procesamiento de imágenes.

Etapas 4 Representación y Descripción: La Representación hace una transformación en bruto de los datos para el subsecuente proceso. La descripción también conocida como extracción de características hace referencia a los objetos encontrados.

Etapas 5 Reconocimiento e Interpretación: En esta etapa se unifica el trabajo realizado en las etapas anteriores. Con la información proporcionada de las etapas anteriores se llega a la identificación de cada uno de los elementos que intervienen en la V.C.

Etapas de Interacción Base de Conocimiento: Es la interacción del programador con la computadora. El programador va obteniendo información de cada una de las etapas, la almacena en ésta e interactúa con ella según requiera información en cada una de las etapas mencionadas.

Adquisición de imagen

La adquisición de una imagen es la digitalización en forma de matriz con una resolución de $M \times N$ elementos. Cada elemento de la matriz denominado píxel tendrá un valor asignado, que se corresponde con el nivel de luminosidad del punto correspondiente en la escena captada, dicho valor es el resultado de la cuantización de intensidad o nivel de gris. Se requiere de algún dispositivo que proporcione esta entrada como una cámara digital, una cámara de video o un escáner [3]. El modelo matemático de una imagen digital es la siguiente:

$$W_{ij} = \text{un píxel} , W_{ij} \in \Omega \text{ Donde, } \Omega = \{0,1,2,\dots,254,255\}$$

$i = \text{ésima fila de la imagen, } j = \text{ésima columna de la imagen } \dots j, i = 1, 2, \dots, n;$

Métodos utilizados en V.C.

Operaciones Aritméticas, Lógicas

Las operaciones aritméticas y lógicas entre píxeles son usadas en el procesamiento de imágenes.

Histograma

Un histograma es un resumen gráfico de la variación de un conjunto de datos. La naturaleza gráfica del histograma permite ver pautas que son difíciles de observar en una simple tabla numérica. Esta herramienta se utiliza especialmente en la comprobación de teorías y pruebas de validez [11].

Umbralización

Con la umbralización se convierte una imagen en varios niveles de gris a una nueva con sólo dos niveles. La umbralización se basa en que los píxeles de un determinado objeto tienen el mismo nivel de gris. Otros ejemplos pueden ser imágenes infrarrojas donde los objetos destacan del entorno por su calor. La umbralización puede ser expresada matemáticamente mediante las siguientes ecuaciones [5]: Donde

$$g_{ij} = \begin{cases} 255, W_{ij} \geq T \\ 0, W_{ij} < T \end{cases} \quad g_{ij} = \begin{cases} 255, W_{ij} \leq T \\ 0, W_{ij} > T \end{cases} \quad g_{ij} = \begin{cases} 255, Ta \leq W_{ij} \leq Tb \\ 0, \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Centro de Área

Es un procedimiento matemático que nos permite conocer las coordenadas centrales de un objeto. El conocimiento de la posición de un objeto en una imagen es importante para su manipulación, procesamiento o para una toma de decisión.[6,7] Esta operación será utilizada para poder identificar los obstáculos, la meta y el objeto móvil

El cálculo del centro de área se realiza utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Cx = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j * W_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij}} \quad Cy = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i * W_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij}} \quad W_{ij} \in \{0,1\}$$

Resultados

Para una mejor comprensión a continuación se detalla brevemente la aplicación desarrollada y los elementos que intervienen en el escenario de trabajo. Como se puede observar en la figura 1, se cuenta con varios elementos en el escenario de trabajo como son:

Una cámara digital que esta orientada perpendicularmente al plano que forma la superficie negra del escenario, para adquirir la imagen para ser procesada.

La comunicación entre la computadora y la cámara es por el puerto USB de la computadora.

El fondo negro es el área de trabajo en la cual el objeto móvil podrá desplazarse.

La meta, que es una figura de color verde, que será hacia donde se dirigirá el objeto móvil.

El objeto móvil de color azul de frente, blanco en la cola y negro en la parte de en medio, tendrá la tarea de llegar a una meta, evadiendo obstáculos. Para que el objeto móvil pueda hacer su trayectoria, se realiza un sistema de computadora que genera la trayectoria a seguir por éste.

Las figuras color rojo son los obstáculos que el objetivo móvil tendrá que evadir para seguir su trayectoria y llegar a la meta.

La interfaz para el móvil permitirá la comunicación entre la computadora y el objeto móvil.

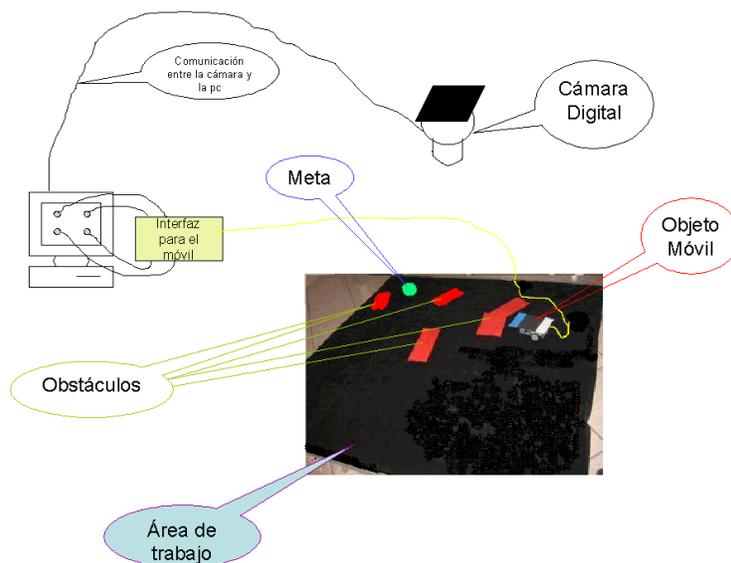


Figura 1. Representación del Escenario de Trabajo

Definición del objeto móvil

El objeto móvil utilizado es un carro electromecánico, que tiene una interfaz con la computadora. Es capaz de recibir información y ejecutar las instrucciones dadas. A través de esta interfaz el objeto móvil recibe las señales de movimiento. El objeto móvil tiene una dimensión aproximada de 14 cm x 21.5 cm x 6 cm. El material con el que se construyó el objeto móvil es de la empresa Knex(fabrica juegos de construcción) [12], ésta se dedica a la elaboración de juguetes didácticos, para la estimulación de la creatividad, habilidades manuales.

Interfaz pc-objeto móvil

A continuación se explica el diagrama a bloques de la interfaz utilizada en esta investigación, es decir, entre la computadora y el objeto móvil. En la figura 2, se observa que la interfaz esta construida por 4 ventosas, 4 sensores de oscuridad, 2 puentes H, dos motores y el objeto móvil. A continuación se trata con más detalle cada uno de los elementos mencionados, haciendo hincapié que como cada uno de estos se repiten, únicamente se explicará el funcionamiento y diseño de, 1 ventosa, 1 sensor, 1 puente H y un motor, siendo la misma explicación para los otros elementos del mismo tipo.[1]

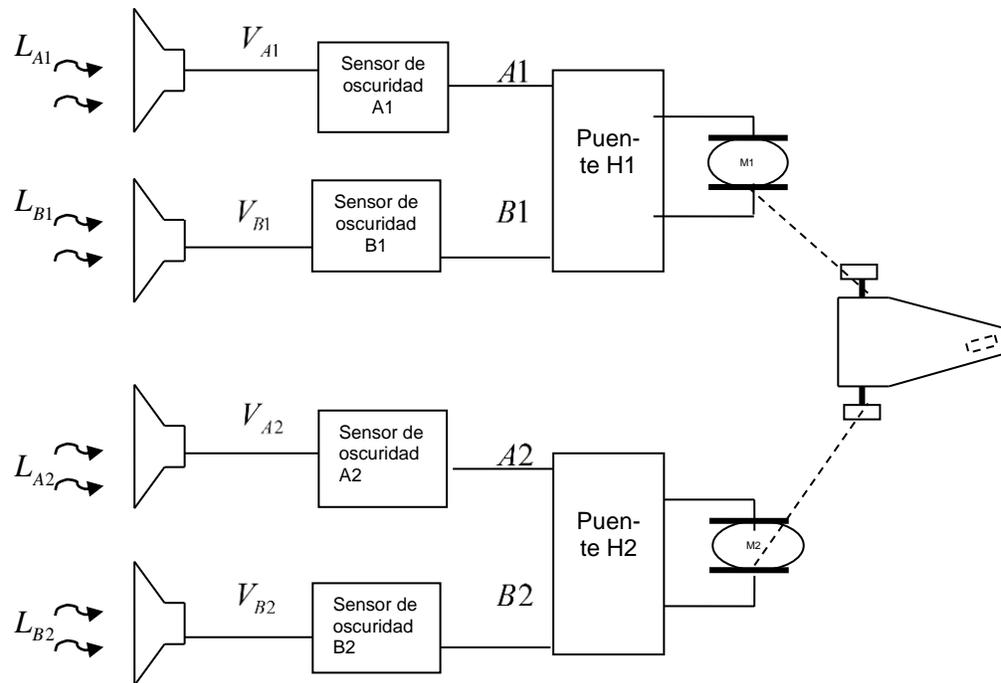


Figura 2. Diagrama a bloques entre la pc y el objeto móvil

En la figura 2. $L_{A1}, L_{B1}, L_{A2}, L_{B2}$ son las señales luminosas enviadas por el monitor de la computadora y recibida por los sensores de oscuridad a través de las señales eléctricas $V_{A1}, V_{B1}, V_{A2}, V_{B2}$, en donde cada sensor envía una señal

eléctrica al Puente H respectivo. Si la entrada en L es blanco, la señal eléctrica será 0 y si L es negro, la señal eléctrica será +5 volts.

Se utilizó una Interfaz Eléctrica de Salida para Sistemas de Visión Artificial Basados en MATLAB [1,8] en donde se pueden manipular las imágenes que entrega el monitor, que a final de cuentas es luz emitida y visualizada por el usuario. Solo falta aprovechar esta luz para construir señales eléctricas; como se muestra en la figura 3.

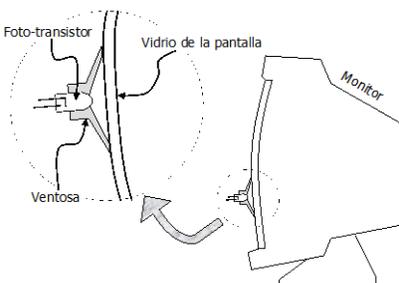


Figura 3. Interfaz con el monitor, la luz del monitor ilumina la fotorresistencia

Para la realización del Puente H, se utilizaron 4 transistores TIP41 y 2 transistores TIP 42 y resistencias de de 470 ohms, 47 ohms y 1 kohms.

Los motores utilizados son de corriente directa y la configuración de estos puede ser (ver tabla 1) acción de paro (detenido), desplazamiento adelante o reversa y dirección dextrógiro o devógiro.

Tabla 1. Desplazamientos del Motor

Motor uno	Motor dos	Configuración	Código			
			A_1	B_1	A_2	B_2
Adelante	Adelante	Adelante	+5	0	+5	0
Atrás	Atrás	Reversa	0	+5	0	+5
Adelante	Atrás	Dextrógiro	+5	0	0	+5
Atrás	Adelante	Devógiro	0	+5	+5	0
Paro	Paro	Paro	0	0	0	0

Integración

Los elementos que intervienen son: la construcción del circuito Puente H [13], del divisor de voltaje, del comparador con ajuste de umbral y de las señales del monitor, se tiene como resultado el siguiente circuito ver figura 4.

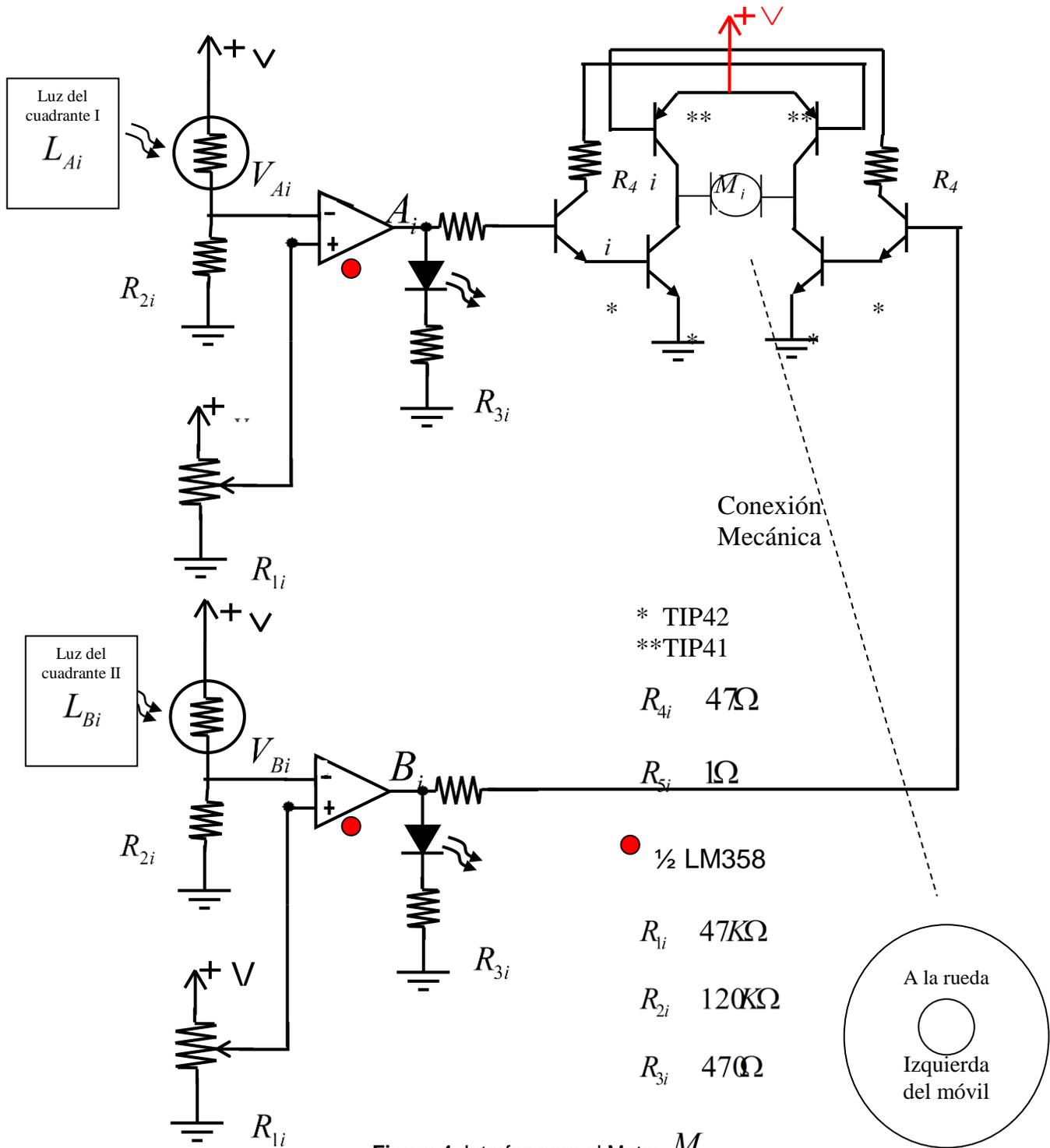


Figura 4. Interfaz para el Motor M_i

En la figura 4 se obtiene la interfaz final para uno de los motores del móvil, que como ya se había mencionado antes, el móvil está construido con dos motores que le permiten moverse o detenerse.

Y para finalizar podemos resumir que los movimientos que se obtienen para el móvil, en relación a la señal de luz que sea recibida por el monitor: movimiento detenido, devógiro, dextrogiro, adelante y reversa.

Escenario de trabajo

El escenario de trabajo está conformado por una tela negra de dimensiones aproximadas 1.5mtrs. x 1.62 mtrs, que sirve como fondo. La tela es terciopelo negro que ayuda a evitar el reflejo de la luz. Papel china verde para identificar la meta; papel arco iris rojo fuerte para los obstáculos,

Etapas de V.C.

Etapa adquisición, se realizaron varias pruebas de colocación de la cámara dentro del escenario de trabajo para evitar la generación de sombra o ruido durante la adquisición de la imagen.

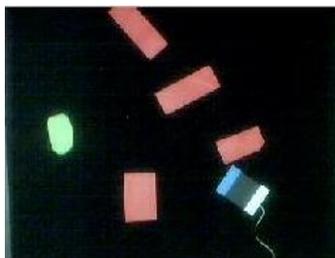


Figura 5. Imagen inicial adquirida en la etapa de adquisición

En la etapa de preprocesamiento se obtiene una imagen en niveles de gris donde $B_{ij} \in \{0,1,2,\dots,255\}$. La imagen de la figura adquirida tiene sus dimensiones de $i=1,2,\dots,177$ y $j 1,2,\dots,230$.

En la etapa segmentación se separan todos aquellos elementos de la imagen que son rojos, verdes, azules y blancos. Generando una matriz para cada elemento encontrado.

Etapa representación y descripción ya se tienen identificados cada uno de los elementos que se encuentran en el escenario de trabajo, es en este momento donde se define el centro de área para cada uno de dichos elementos.

El cálculo de trayectoria hacia la meta es un conjunto de operaciones del centro de área del móvil (frente, centro y cola) y la meta; además del cálculo de los ángulos que intervienen entre el objeto móvil y la meta (ver figura 6).

En la siguiente figura se observa el análisis realizado para poder obtener las secuencias de movimiento para obtener la trayectoria del móvil hacia la meta.

En donde:

(cx, cy) Es el centro del móvil dentro de área de trabajo.

(bx, by) Es el centro de la nariz del móvil dentro del área de trabajo.

(wx, wy) Es el centro de la cola del móvil dentro del área de trabajo.

(Mox, Moy) Es el centro de la meta dentro del área de trabajo.

σ Es el ángulo del móvil con respecto a la horizontal.

μ Es el ángulo de orientación de la meta con respecto al móvil.

α Es el ángulo de la dirección hacia la meta con respecto a la horizontal.

$\sigma + \mu + \alpha$ Es igual a un ángulo de 90° .

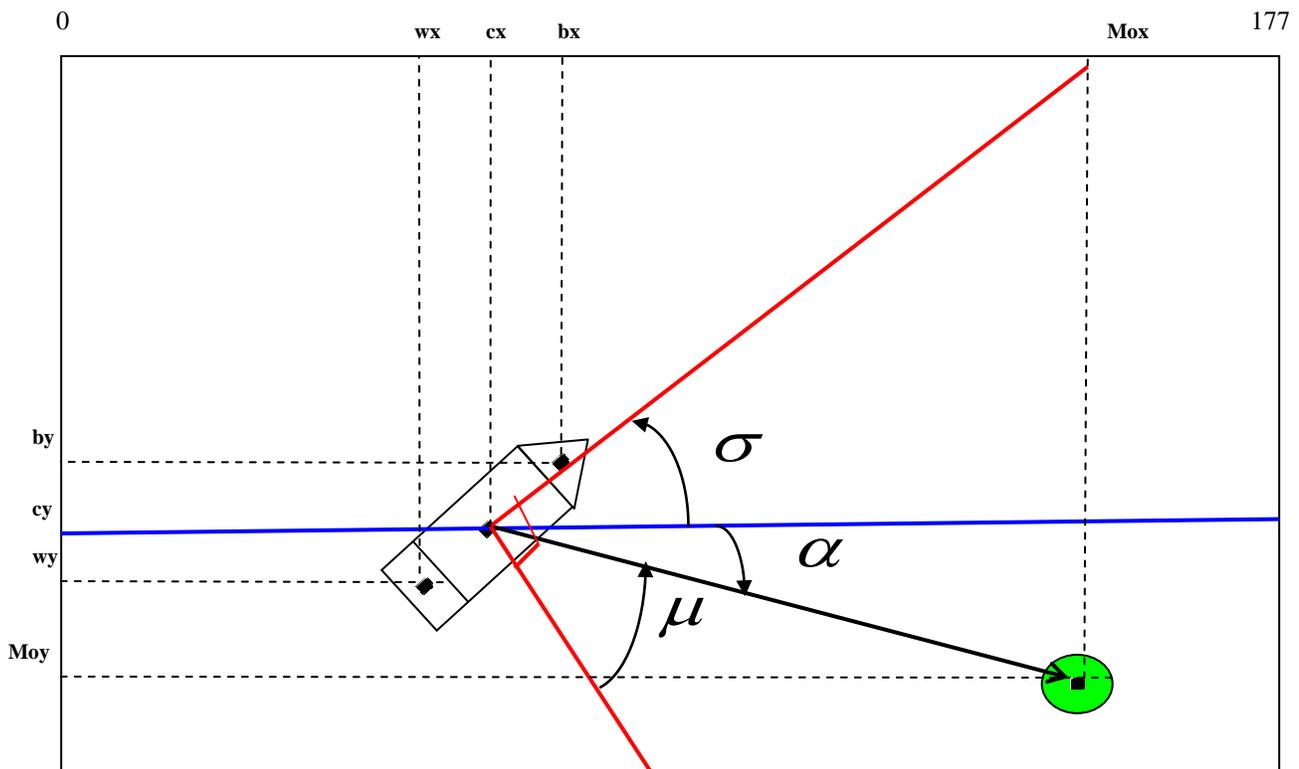


Figura 6. Cálculo de la Trayectoria hacia la meta

233

Etapa reconocimiento e interpretación el reconocimiento es el proceso que asigna una etiqueta a un objeto basado en la información proporcionada por el proceso de “descripción”. La interpretación es el ensamble de objetos reconocidos, es decir, la región roja dentro de la imagen la identifica como el o los obstáculos, la verde como meta y el objeto azul, negro y blanco como el móvil.

Resultados

En la figura 7 en la imagen esta el objeto móvil (azul, negro y blanco), 4 obstáculos (color rojo) y la meta (color verde), como se observa se llegó a la meta. En la figura 5 se observa la posición inicial del móvil y después de las σ exploraciones el móvil llega a la meta.

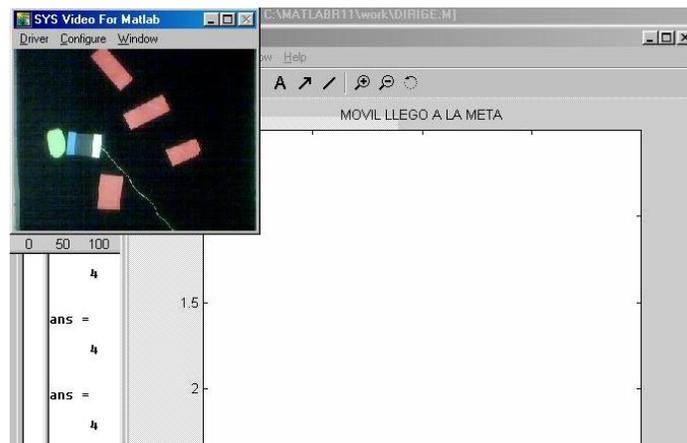


Figura 7. Desplegado en pantalla cuando el móvil llegó a la meta

Conclusiones

Dada la importancia que actualmente tienen las investigaciones sobre Visión por Computadora, por ser un área de conocimiento con una incidencia grande en múltiples actividades del quehacer cotidiano; el presente trabajo es una muestra de las investigaciones realizadas en el ITZ, dentro de esta área.

Se considera que el trabajo realizado es un buen punto de partida para otros trabajos futuros dentro del área de investigación del ITZ, como es: ampliar el escenario de trabajo, disminuir las restricciones del proyecto.

La investigación servirá como una plataforma de trabajo para investigaciones futuras del Instituto Tecnológico de Zacatepec, dentro del cuerpo académico Ingeniería de Software y Aplicaciones de la Inteligencia Artificial.

Referencias.

1. 3er. Congreso de Cómputo de la AgeComp, Cuernavaca, Morelos, México. Construcción de una Interfaz Eléctrica de Salida para Sistemas de Visión Artificial Basados en MATLAB. 2004
2. Rafael C. Gonzalez y Richard E. Woods. Digital Image Processing, Editorial Addison Wesley, 1993
3. Gonzalo Pajares, Jesús M. de la Cruz, Visión por Computador, Imágenes digitales y aplicaciones, Editorial Alfaomega, Año 2002
4. John C. Russ, The Image Processing, Editorial CRC, 1996
5. Arturo de la Escalera Hueso, Visión por Computador, Fundamentos y Métodos, Editorial Pearson Educación, 2001
6. Hames Stewart, Libro de Cálculo Multivariable, Editorial Thomson, 4 edición, Año 2002
7. Larson Hostetler Edwards , Libro de Cálculo, Mc Graw Hill, Sexta Edición, Mayo 2001
8. Pezeshkpour, Farzad, VFM: Vision for Matlab, School of Computing Sciences, University of East Anglia, Norwich, NR4 7TJ, ENGLAND, fuzz@cmp.uea.ac.uk, 1999
9. www.dbv.cs.uni.bonn.de Universidad de Bonn, Alemania
10. www.lania.mx
11. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/histo-grama.htm>
12. <http://www.knex.com>
13. www.corobotics.com/Puenteh/PuenteH.PDF

HERRAMIENTA DE GRAFICACIÓN DE MOTIVOS DE REGULACIÓN

**C. Noguero González¹, M. Ménez Esquivel¹, F.J. Cartujano Escobar¹,
L. Gama Moreno², J. Morales Barrera¹ y C.G. Bustillos Gaytán¹.**

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos, México – cnogueron@gmail.com; madaimenez@gmail.com; javier.cartujano@gmail.com; javieriguala@hotmail.com, clayhab@yahoo.com.mx, ² Instituto Tecnológico de Tlajomulco lgama_moreno@hotmail.com

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – Los programas de búsqueda de patrones nos muestran los posibles sitios predichos que pudieran ser blancos de elementos reguladores. Sin embargo, la interpretación de los resultados y su significado biológico necesita de herramientas adicionales que nos ayuden a realizar dicha labor. Un procedimiento del cual se puede obtener con mayor facilidad los resultados de interés, es la realización de un gráfico que nos pueda ayudar a ubicar los sitios con respecto a una referencia, lo cual nos puede permitir elucidar posiblemente su papel en la regulación o funcionamiento de algunos procedimientos realizados por los motivos o patrones de regulación. Para esto, en las últimas décadas se han desarrollado herramientas computacionales que permiten predecir el lugar en donde los elementos de regulación llevan a cabo su papel. Dado que el resultado de estas predicciones es una aproximación, es necesaria la interpretación de estas predicciones utilizando criterios biológicos como aquellos relacionados con la posición y características propias del elemento predicho. El presente artículo describe la arquitectura y el diseño de una herramienta que permite construir mapas de estos elementos reguladores y relacionarlos con propiedades biológicas y estadísticas.

Introducción

Los métodos computacionales tanto para la identificación de patrones en secuencias biológicas como para el reconocimiento de elementos regulatorios tales como sitios de transcripción, han demostrado ser útiles para descifrar las redes regulatorias genéticas [1]. Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de algoritmos, sus fortalezas y debilidades aún no han sido comprendidas del todo. Los factores que afectan la precisión en las predicciones, la escalabilidad y la confianza deben ser caracterizadas. Los algoritmos basados en análisis de secuencia son la base de los algoritmos para el descubrimiento de motivos en la actualidad, pero se hace necesario avanzar en el mejoramiento de los mismos [2, 10].

Diferentes programas están en la capacidad de descubrir o identificar patrones distintos. En el nivel más general, los patrones pueden ser divididos en patrones identificados de manera determinística o probabilística [3]. En los patrones determinísticos se define el ajuste o no para un determinado patrón, como un evento presencia/ausencia, rígidamente dictado por el ajuste gramatical. Por otro lado, en los casos de patrones probabilísticos, estos modelos están usualmente

soportados por la teoría de la probabilidad que como tal, asigna a cada secuencia una probabilidad generada a partir de un modelo. Entre mayor sea la probabilidad, mayor es el ajuste entre la secuencia y el patrón dado [4, 13].

Los programas de búsqueda de patrones nos muestran los posibles sitios predichos que pudieran ser blancos de elementos reguladores. Sin embargo, la interpretación de los resultados y su significado biológico necesita de herramientas adicionales que nos ayuden a realizar dicha labor.

Un procedimiento del cual se puede obtener con mayor facilidad los resultados de interés, es la realización de un gráfico que nos pueda ayudar a ubicar los sitios con respecto a una referencia, lo cual nos puede permitir elucidar posiblemente su papel en la regulación o funcionamiento de algunos procedimientos realizados por los motivos o patrones de regulación.

Para desarrollar este análisis gráfico existen varias aplicaciones las cuales se encargan de interpretar los archivos generados por herramientas de predicción y búsqueda de motivos y mostrarlos de forma gráfica, entre ellas Feature Map (herramienta de análisis de secuencias regulatorias) [12], CDART (herramienta de recuperación para arquitectura de dominios conservados) [13], Geneious [14], TOUCAN [13, 14]. Cabe recalcar que no todas estas herramientas realizan de forma similar la misma tarea, generando una diversidad de resultados. El presente artículo describe la arquitectura y el diseño de una herramienta de graficación de motivos de regulación a partir de archivos planos de diferentes formatos, los cuales contienen la información necesaria para identificar los patrones y su ubicación sobre un panel de dibujo, y así proyectar con gran aproximación las identidades y relaciones entre ellos.

Antecedentes

En esta sección se establecen los antecedentes del presente proyecto de investigación. Se realiza una breve descripción del descubrimiento de motivos, y posteriormente se describen algunas herramientas.

Descubrimiento de motivos desconocidos

El descubrimiento de motivos está directamente relacionado con técnicas tanto estadísticas como combinatorias de búsqueda de patrones. La identificación de éstos, presenta dificultades en el sentido de la gran cantidad de ruido comparativamente con la identificación de patrones significativos cuando se está realizando el análisis de un alto volumen de secuencias. Por esta razón, existen varios tipos de algoritmos para disminuir el radio de ruido, tales como los de agrupamiento y búsquedas EM (expectation maximization algorithms). En búsquedas de motivos simples, se utilizan expresiones cortas contra una o un conjunto o grupo de secuencias o secuencias depositadas en bases de datos. Este tipo de búsqueda es veloz pero no provee ninguna estimación de significancia [5].

Generalmente para descubrir motivos, se parte de un conjunto de secuencias dadas a las que se les realizan alineamientos múltiples locales, buscando la identificación del mejor alineamiento múltiple local. En este sentido, los resultados del alineamiento se dan de manera diferencial en términos probabilísticos. De ahí implementa comparadores de patrones utilizando tanto el algoritmo esperanza-maximización como el muestreo de Gibbs. Entre las herramientas desarrolladas más utilizadas en la actualidad para el descubrimiento de motivos se encuentran, el MEME, que utiliza esperanza-maximización y modelos ocultos de Markov para generar motivos que luego se usan como herramientas de búsqueda por su compañero MAST [6, 7], el muestreador de “Gibbs” [1] y el “CONSENSUS” [8, 9].

Los algoritmos EM tienen en cuenta patrones de lenguaje para la obtención de perfiles estadísticos capturando preferencias de las letras y cada una de sus posiciones en la secuencia. La función objetivo tiene un grado de significancia con respecto al radio de las probabilidades, éste permite comparar motivos de diferentes medidas y el número de ocurrencias. Como tal, este algoritmo optimiza la función estadística de probabilidades (verosimilitud o likelihood en inglés) [10].

MEME: Herramienta para el descubrimiento de motivos

MEME localiza uno o más motivos sin espacios en secuencias únicas (DNA o proteínas) o en conjuntos de secuencias no alineadas. Esta herramienta busca patrones identificados como motivos de acuerdo a varios parámetros tales como la longitud mínima/máxima, la cantidad por secuencia y la cantidad por conjuntos de secuencias. MEME busca dentro de un rango de posibles longitudes de motivos, lo anterior establece que la longitud más adecuada para cada perfil se asume según la base del resultado de log-likelihood después de una iteración usando el algoritmo de máxima expectativa. Entonces, el algoritmo EM itera hasta encontrar la mejor estimación EM para la longitud [11, 1, 9]

MAST: Herramienta para búsqueda de motivos

Una vez que se han identificado los posibles motivos en las secuencias estudiadas, puede ser deseable ver si dichos motivos se encuentran presentes en otras secuencias. Para lograr este objetivo se utiliza la herramienta MAST, la cual sus secuencias pueden formar parte de otras bases de datos [7]. Los resultados obtenidos por MAST son más sencillos de interpretar en comparación con los de MEME.

Arquitectura del sistema

La esquematización de los módulos que componen la aplicación fue parte clave para el correcto funcionamiento de la misma, ya que es bien sabido que un sistema construido de forma modular esta mejor estructurado y realiza un mejor desempeño en su ejecución. La idea de la estructuración es conceptualizada, debido a que durante el desarrollo de la aplicación se vio en la necesidad de unir partes de código pertenecientes a otros módulos en una clase distinta no correspondiente al módulo, sin embargo estos se hacen destacar, ubicando los métodos que le conciernen a cada módulo, La estructuración se visualiza en 4 módulos, separando las tareas importantes y creando las clases pertinentes para cada uno.

- Módulo de la interfaz de usuario.- Realiza la interacción entre el usuario y la aplicación.
- Módulo de lectura de archivos.- Módulo que recibe, lee y reconoce archivos de texto produciendo la entrada de datos para la aplicación.
- Módulo de creación y manipulación del objeto.- Módulo encargado de crear el objeto principal y posteriormente realizar una serie de operaciones optimizando la estructuración del objeto final, necesario para graficar.
- Módulo Gráfico.- Se encarga de realizar el objeto gráfico que representa la localización de los motivos de regulación.

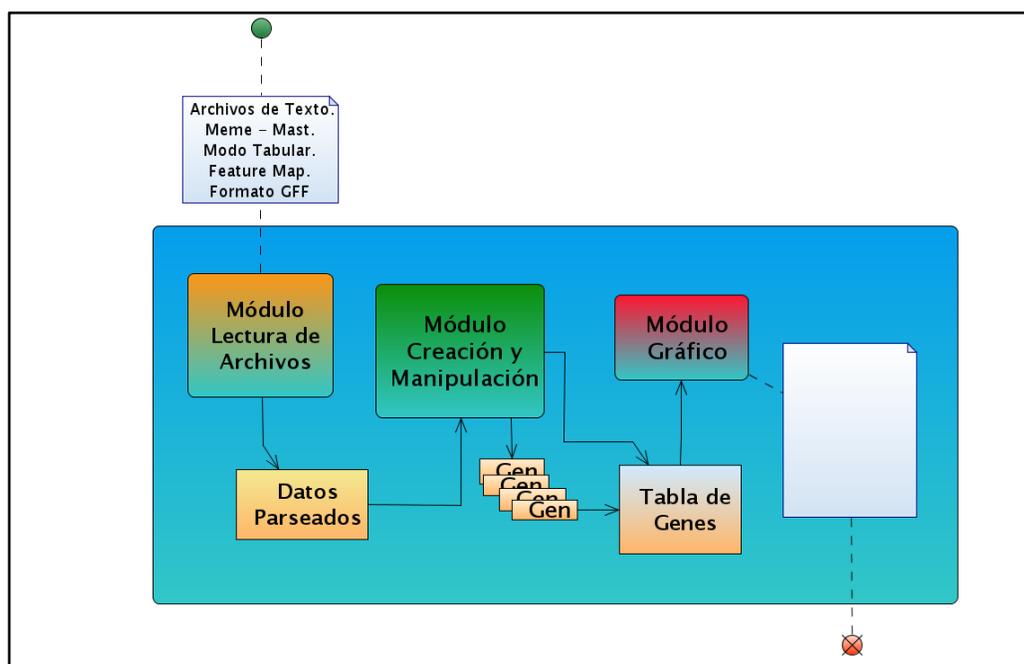


Figura 1. Arquitectura del sistema.

Descripción del proceso del sistema.

1. El programa inicia mostrando una interfaz de usuario, en esta se selecciona la opción abrir o nuevo, posteriormente muestra una ventana que ayuda a seleccionar archivos que serán procesados.
2. En el módulo de Lectura de Archivos, el archivo que se introdujo es procesado, reconociendo y extrayendo los datos necesarios para poder construir los objetos que conformaran la Tabla de Elementos.
3. Los datos obtenidos del módulo de lectura, son enviados al siguiente módulo para la creación de la tabla de elementos, una vez creada se le aplican métodos de ordenamiento a esta estructura.
4. El objeto creado es enviado como parámetro al módulo gráfico que se encargará de la representación de dichos datos en forma gráfica, en este módulo pueden modificarse algunos atributos, colores y formas para generar el gráfico deseado.

En la figura 1 se plasman gráficamente los puntos descritos previamente para tener un esquema visual del flujo de datos, y con ello mostrar la arquitectura de la aplicación.

Diseño de la herramienta

Para el diseño de la aplicación se considera la portabilidad y el fácil uso de la misma, para que los usuarios puedan utilizarla sin mayor problema. Se creó un sistema típico con ventanas y menús haciendo muy familiar su manipulación. La idea de crear una interfaz amigable es importante, ya que le permite al usuario interactuar con la aplicación sin la necesidad de tener un amplio conocimiento en el manejo de ella.

Para cubrir con los requerimientos de los usuarios de la herramienta se consideraron los siguientes aspectos de diseño: sistema multiplataforma, interfaz agradable al usuario considerando que será utilizada por usuarios no expertos en computación, soporte de varios formatos de archivos, edición de componentes gráficos y sustentabilidad de almacenamiento como respaldo de la información. Las opciones para crear los archivos de salida son los conocidos como el JPEG (Joint Photographic Experts Group), PNG (Portable Network Graphics) o EPS (Encapsulated PostScript).

En el desarrollo de la aplicación se diseñaron dos paquetes, el paquete Interfaz (figura 2) y el paquete Mapa (figura 3) los cuales contiene las clases necesarias para la ejecución del programa. En los diagramas de clases se muestran la correspondencia entre ellas, ejemplificando la relación de objetos.

Dentro de estos paquetes se encuentran más clases necesarias para el funcionamiento correcto del sistema, las clases que destacan del paquete Interfaz son las que se encargan de graficar los submenús de motivos, de colores, redimensionar los gráficos y marcar escalas, el diagrama de clases del paquete interfaz se puede apreciar en la figura 2.

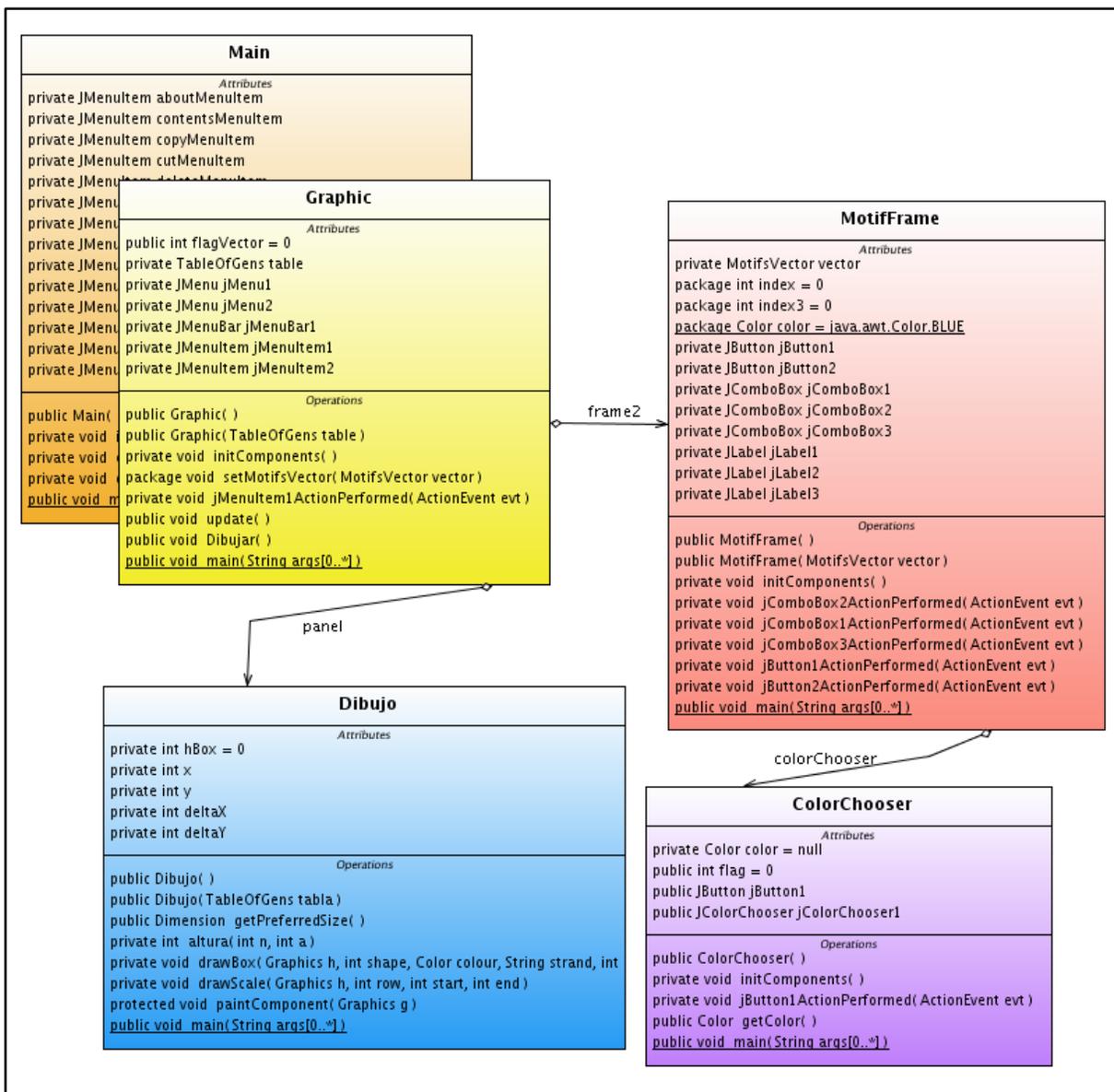


Figura 2. Clases que componen el paquete Interfaz.

Por el lado del paquete Mapa existe la clase que permite realizar el reconocimiento de archivos al objeto principal manipulable en el sistema, la clase que muestra los datos del objeto principal y diferentes formatos de salida y la clase necesaria para convertir y crear el gráfico realizado por el programa en un formato vectorial. El diagrama de clases para el paquete Mapa se observa en la figura 3, y solo muestra las clases que impactan para el sistema.

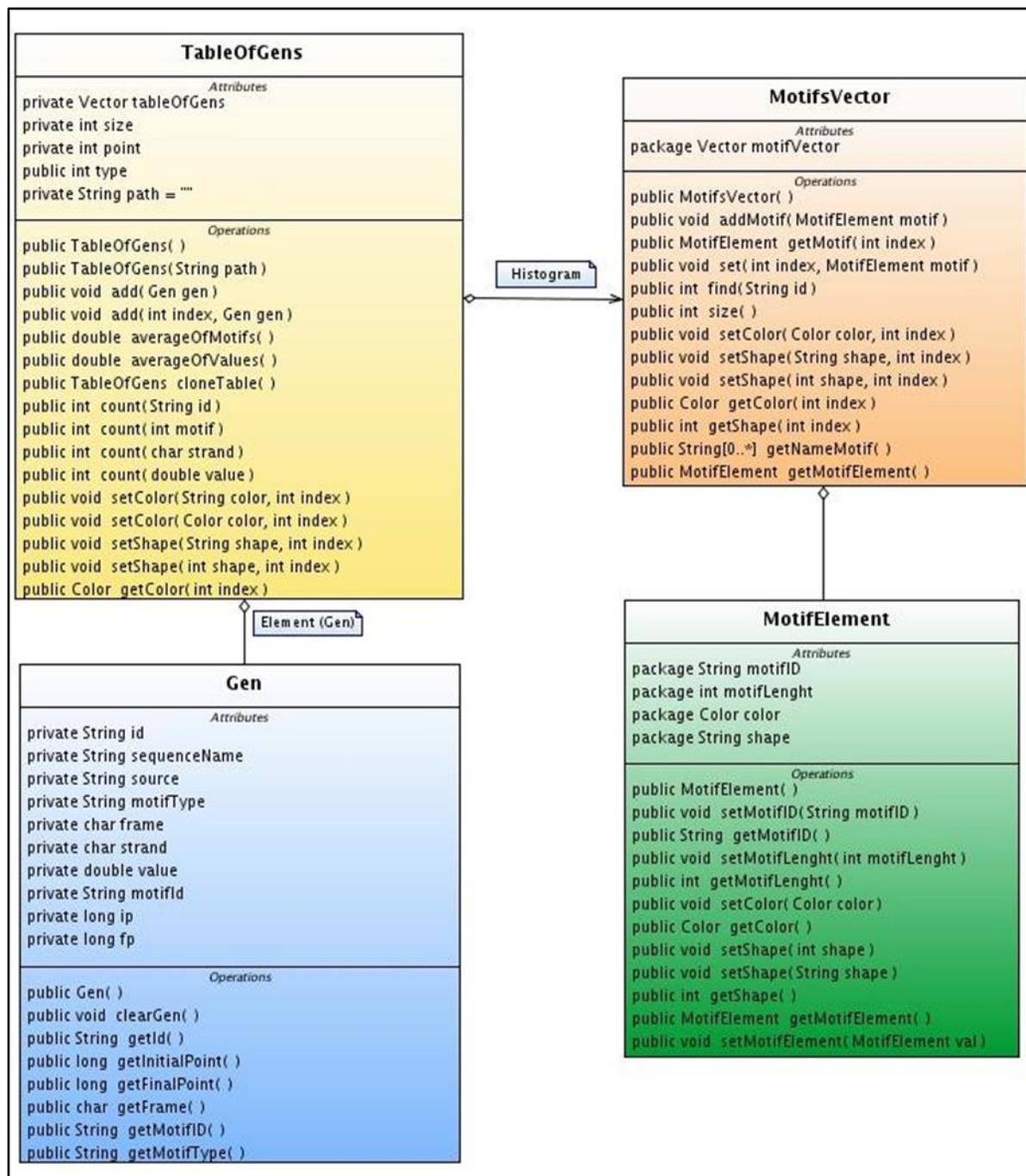


Figura 3. Clases que componen el Paquete Mapa.

Conclusiones.

Gracias a la arquitectura presentada se logró que el diseño resultara muy fácil para crear la portabilidad de la herramienta, generando una aplicación multiplataforma capaz de ser soportada en diferentes sistemas operativos y al mismo tiempo ser ejecutada en diversos equipos de cómputo, esquivando la limitante de ejecución en aquellos equipos con bajos recursos.

Por otra parte, las opciones de estilo que fueron agregadas al entorno de la aplicación la hicieron una herramienta versátil, logrando crear un gráfico lo más dinámico posible, cumpliendo con uno de los requerimientos del sistema, satisfaciendo a los usuarios finales y adquiriendo una ventaja de nuestra aplicación sobre las demás existentes, ya que muchas herramientas disponibles actualmente carecen de esta característica.

En la siguiente fase del proyecto se pretende desarrollar módulos para incrementar la funcionalidad de esta aplicación como pueden ser la adición de árboles filogenéticos como método de agrupamiento, así como también agregar otras características que puedan realizar análisis de secuencias con los identificadores y nombres de secuencia que son introducidos, mostrando posibles alineamientos y contexto genómico de las secuencias analizadas.

Referencias.

1. Xiaoming Wu, Bo Wang, Changxin Song, and Jingzhi Cheng. A combined model and a varied Gibbs sampling algorithm used for motif discovery. In ACM International Conference Proceeding Series; Proceedings of the second conference on Asia-Pacific bioinformatics, volume 29, pages 99–104, Dunedin, New Zealand, 2004. Australian Computer Society, Inc.
2. Chiu B, Keogh B, and Lonardi E. Probabilistic discovery of time series motifs. In Conference on Knowledge Discovery in Data. Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining., pages 493–498, Washington, D.C., 2003. ACM Press.
3. Sandve G. A survey of motif discovery methods in an integrated framework. *Biology Direct*, 1:11, 2006.
4. Brejova B., DiMarco C., Vinar T., Hidalgo S., Holguin G., and Patten C. Finding patterns in biological sequences. Technical report, 2000.
5. Restrepo-Montoya D. Aproximación al análisis de motivos en secuencias nucleotídicas y proteicas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 2007.
6. Bailey TL, Elkan C. Fitting a mixture model by expectation maximization to discover motifs in biopolymers. Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology, pp. 28-36, AAAI Press, Menlo Park, California. 1994.
7. Bailey TL, Gribskov M. Combining evidence using p-values: application to sequence homology searches. *Bioinformatics*14:48-54. 1998.

8. Parida L., Floratos A., and Rigoutsos I. An approximation algorithm for alignment of multiple sequences using motif discovery. *Journal of Combinatorial Optimization*, 3(2):247–275, July 1999.
9. Baloglu U.B. and Kaya M. Top-down motif discovery in biological sequence datasets by genetic algorithm. In *Hybrid Information Technology, 2006. ICHIT'06. Vol. 2. International Conference on*, volume 2, pages 103–107, 2006.
10. Minnen D. Improving activity discovery with automatic neighborhood estimation. *IJCAI*, 2007.
11. W. Grundy, T. Bailey, and C. Elkan. Parameme: A parallel implementation and a web interface for a dna and protein motif discovery tool. *Comput. Appl. Biosci*, 12:303–310, 1996.
12. Van Helden J. Regulatory sequence analysis tools. *Nucleic Acids Res.* (2003) 31:3593–3596 <http://embnet.ccg.unam.mx/rsa-tools/>
13. Aerts S., Thijs G., Coessens B., Staes M., Moreau Y., De Moor B. (2003) "TOUCAN: Deciphering the Cis-Regulatory Logic of Coregulated Genes". *Nucl Acids Res*, vol. 31, no. 6, 2003, pp. 1753-1764.
14. Aerts S., Van Loo P., Thijs G., Mayer H, De Martin R., Moreau Y. and De Moor B. (2005) "TOUCAN 2: the all-inclusive open source workbench for regulatory sequence analysis". *Nucl Acids Res*, vol. 33 (Web Server issue), W393-6.

IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE UNA AUTORIDAD CERTIFICADORA.

A. Valdez-Aguilar¹, G. Gallegos-García¹, R. A. Flores-Espinoza¹, M. Salinas Rosales²

Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación Unidad Culhuacan. Av. Santa Ana 1000, Col. San Francisco Culhuacan, 04430, Coyoacán, Ciudad de México. Tel: 56242000 Ext: 73205- avaldeza1028@gmail.com, ggallegosg@ipn.mx, elruloflores@hotmail.com

⁴*Centro de Investigación en Computación, México D. F.-msalinasr@cic.ipn.mx*

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – En la actualidad el uso de servicios web ayuda a realizar transacciones electrónicas que facilitan la accesibilidad y disponibilidad de la información a los usuarios. Este tipo de procesos, requiere de entidades de confianza dispuestas a proteger y distribuir de forma segura, la información que se necesita en un entorno ampliamente distribuido, donde los usuarios, los recursos y las partes interesadas puedan estar en diferentes lugares en diferentes momentos. Para hacer frente a estas necesidades de seguridad, se hace uso de las características y componentes distribuidos de la Infraestructura de Llave Pública (PKI por sus siglas en Inglés). El principal componente de una PKI es la Autoridad Certificadora (AC), encargada de emitir Certificados Digitales para los usuarios. Existen herramientas y software libre que ayudan a crear una AC pero de una forma a nivel consola y líneas de comandos, lo que las hacen complejas en su forma de uso. Con base en ello, en este artículo se presenta la implementación de una interfaz gráfica para el uso y la administración de una AC, la cual utiliza la herramienta de Openssl para llevar a cabo las funciones de la misma.

Introducción

Una de las tareas principales de la criptografía es la de ofrecer una protección sólida para las comunicaciones electrónicas, por medio de la cual se pueden implementar servicios de seguridad como lo son: autenticación, confidencialidad, integridad de datos y no-repudio [1] [2].

En la Criptografía de Llave Pública, como base de la Infraestructura de Llave Pública (PKI, por sus siglas en Inglés), la llave pública de los usuarios, se hace de conocimiento general, pero cuando la entidad receptora utiliza la llave pública de la entidad emisora, dicha entidad receptora no tiene certeza real de que la llave pertenezca a quien dice ser.

Debido a esto, se hace necesaria una entidad de confianza que lleve un registro de las llaves públicas y sus respectivos propietarios, entre otros servicios. Esta entidad, es el componente principal de una Infraestructura de Llave Pública (PKI) y su principal tarea es permitir la autenticación confiable de entidades mediante el uso de Certificados Digitales (CD). En este contexto, la entidad de confianza es denominada "Autoridad Certificadora".

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección experimental y fundamento teórico se define técnicamente a las Autoridades Certificadoras, se presentan algunos antecedentes y se detalla el diseño y la implementación de la interfaz gráfica propuesta. En la Sección de Resultados y Discusión, se presenta el funcionamiento de la interfaz gráfica y por último se presenta la Sección de conclusiones, agradecimientos y se listan las referencias utilizadas.

Sección Experimental y Fundamento Teórico

Autoridades Certificadoras

Toda comunicación entre dos o más entidades debe ser identificada y autenticada por seguridad, además de no ser negada por su creador y aún más en la transmisión de información digital como lo son las llaves públicas de los usuarios.

Una forma de lograr esta tarea, es mediante el empleo de certificados digitales, los cuales se definen como uno de los mecanismos de autenticidad de mayor impacto. Los certificados digitales son emitidos, revocados y publicados por una tercera entidad de confianza llamada Autoridad Certificadora (AC) con lo cual, también adquieren su grado de confiabilidad [3] [4].

Una AC es similar a una notaría, ya que verifica y confirma la relación de una llave pública con su propietario. Después, certifica la llave pública, por medio de un Certificado Digital (CD) [5].

Un CD permite validar la identidad de las entidades de un proceso de comunicación ya sea una persona, un dispositivo o un proceso, de tal forma que corresponde a una estructura de datos protegida por la firma digital de la AC que lo emite. Cabe resaltar que por medio de dicha firma, se obtiene un mecanismo para validar y afirmar que los datos contenidos en él no han sufrido alteraciones [3] [6] [8].

Las características principales con las que una AC debe contar son en primer lugar el nivel de confianza y de aceptación por parte de sus usuarios. Además, en segundo lugar, la AC debe contar con disponibilidad. Es decir, debe contar con una alta capacidad de respuesta, ya que el estado del certificado para algunas transacciones, se requiere en un momento específico. Con frecuencia debe ser amigable, es decir, debe contar con interfaces gráficas de fácil interacción, con la finalidad de que el usuario, con los privilegios correspondientes, pueda interactuar con las pantallas de manejo de la AC [3] [7].

Antecedentes

Hoy en día existen aplicaciones que implementan servicios de certificación para compañías o empresas. Estas aplicaciones son desarrolladas en diferentes lenguajes de programación, siendo en ocasiones, genéricas y operadas mediante líneas de comandos.

Como ejemplo de las diferentes aplicaciones se tiene TinyCA [9], la cual se construyó con Gtk-Perl y hace uso de OpenSSL para ofrecer toda la gama de componentes necesarios de la AC. Sin embargo, tiene una compleja forma de uso, ya que requiere de conocimientos criptográficos para operarla y no cuenta con un manual de uso.

Otra aplicación es SimpleAuthority [10], la cual se construyó con la librería criptográfica de Bouncy Castle de java. Sin embargo, tiene como principal desventaja la inversión económica que se tiene que hacer para activar los componentes necesarios de una AC, para su uso completo y correcto. Genera y administra las llaves de los usuarios, lo cual compromete a la AC desde el punto de vista de la seguridad de las mismas.

Otro ejemplo es EJBCA [11], aplicación web gratuita y desarrollada en java, que incluye todos los componentes de una AC. Hace uso de JBOSS y puede interactuar con gestores de bases de datos. Sin embargo requiere de conocimientos muy exactos de las funciones de una AC para su mejor empleo.

Por último se encuentran PGP y GPG las cuales operan con línea de comandos y requieren licencia GNU [12] [13].

Interfaz Gráfica Propuesta

Como se puede ver, la mayoría de las Autoridades Certificadoras existentes, son genéricas y no presentan interfaces graficas con necesidades acopladas a las necesidades privadas de los usuarios.

Para el diseño de la interfaz gráfica, se propuso usar OpenSSI, debido a que es un proyecto de software libre basado en SSLeay Además, consiste en un robusto paquete de herramientas de administración y bibliotecas relacionadas con la criptografía, suministra funciones criptográficas a otros paquetes y permite crear certificados digitales. Útil con sistemas operativos libres basados en GNU/Linux. Por otro lado, se utilizó la plataforma de Java para construir el diseño gráfico así como la administración de la AC.

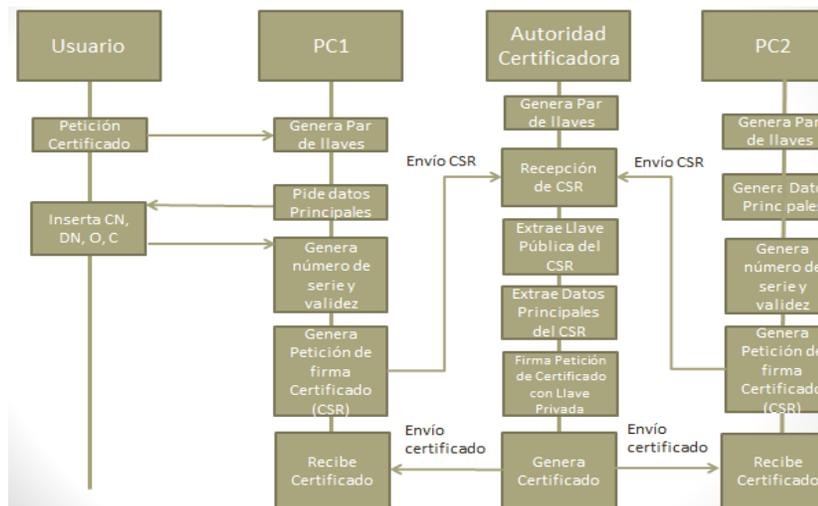


Figura 1 Diagrama para la generación de certificados digitales

La interfaz gráfica propuesta basa su funcionamiento en el diagrama de la Figura 1, en donde se pueden ver los pasos que se deben seguir para que un usuario pueda obtener un certificado digital emitido por nuestra Autoridad Certificadora.

Es importante mencionar que en la parte de generación de llaves, solicitud de datos y generación de la solicitud de firma del certificado, se utilizó un programa desarrollado con la librería criptográfica de Bouncy Castle de java, la cual extrae los datos del usuario de una base de datos definida, genera un par de llaves (pública y privada) y crea una petición de firma de certificado (csr). Esta última se representa mediante un archivo con extensión .csr, como el que se ilustra con la Figura 2, el cual esta codificado en Base 64 y contiene los datos y la llave pública de un usuario en particular, firmados con la llave privada de la AC. Esta petición es indispensable para que la AC pueda generar el respectivo certificado digital asociado a la petición en cuestión, ya que con base a esta, se certifican los datos y llave pública previamente emitidos.

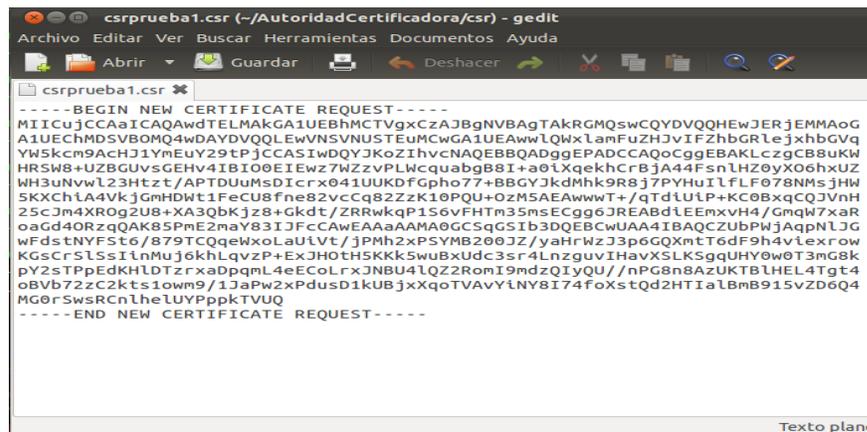


Figura 19 Petición de firma de certificado (csr)

Implementación y Funcionamiento de la Interfaz Gráfica Propuesta

Una AC está constituida como software, hardware y el personal que emplea y manipula el equipo. Este artículo se enfoca en la AC como software, es decir un sistema comprendido por módulos, los cuales realizan actividades de generación, revocación, renovación de certificados y la administración de los mismos, tal y como se pueden ver en la Figura 3. Todos ellos, componentes que una Autoridad Certificadora debe tener.



Figura 3 Pantalla principal de la Autoridad Certificadora

El funcionamiento de cualquier AC considera la generación de su respectivo par de llaves: llave pública y llave privada. La llave privada se utiliza para firmar las peticiones de certificados de los usuarios y la llave pública sirve para que los usuarios receptores validen la firma de la AC contenida en el certificado digital de los usuarios emisores. También se debe tener un certificado denominado certificado raíz, el cual es un certificado auto-firmado, por medio del cual se valida y representa a la AC. Por ello, la interfaz de la Figura 3 muestra un botón que permite Generar dicho certificado raíz.

Para la generación de certificados digitales, es necesario que el usuario solicitante posea una forma de petición que contenga sus datos particulares, junto con su respectiva llave pública. Estos datos son extraídos de una base de datos, por lo cual se entiende que el usuario ya está registrado y dado de alta en la base de datos asociada, evitando así que la AC se comprometa a la validación de los mismos.

El certificado digital generado, se ilustra con la Figura 4, el cual tiene la estructura que dicta el estándar X.509 V3 [14]. Es importante mencionar que la interfaz propuesta permite llevar registros por actividad y evento ocurrido, indicando la hora, fecha y usuario de la AC.

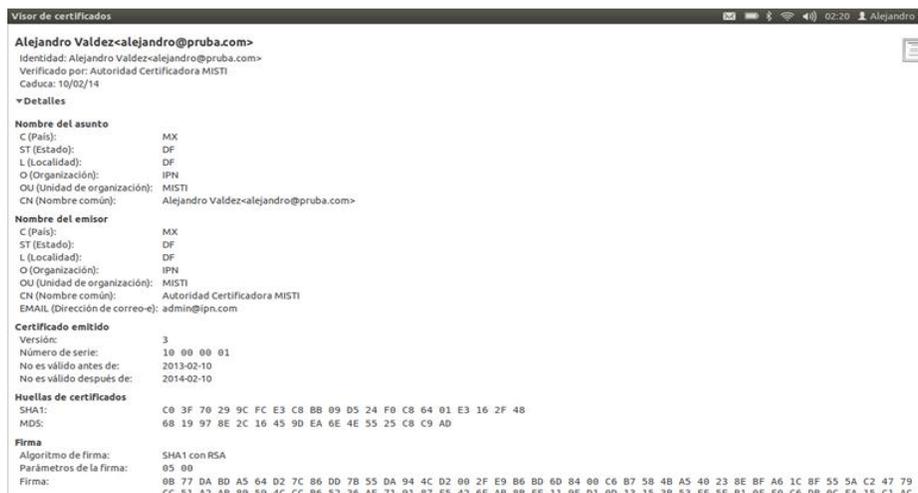


Figura 4 Estructura de un Certificado Digital

La revocación de un certificado digital se ejecuta cuando caduca su periodo de validez o cuando se compromete la llave privada asociada al certificado, ocasionando que ya no sea válido para aquellos usuarios receptores que lo quieran utilizar. Como consecuencia de este escenario, el estado del certificado debe cambiar, moviéndolo de esta forma, a una Lista de Certificados Revocados, además de ser sustituido por uno nuevo.

La lista de certificados revocados (CRL) contiene un conjunto de certificados que ya no son de confiar, por lo que dejan de ser publicados como válidos, publicándose ahora en lo que se podría llamar una lista negra. La interfaz propuesta permite que la CRL sea generada y mostrada por la AC cada que el administrador lo requiera o cada cierto tiempo. Esto, presionando el botón “Mostrar Lista de Certificados Revocados” de la Figura 3.

Después de que el certificado ha sido revocado, la AC debe permitir renovarlo por medio de la generación de uno nuevo. La renovación de este, debe ser realizada por el usuario que administra la AC. En la interfaz propuesta se renueva el certificado a partir de la petición de firma de certificado con la que se emitió previamente, por lo que la AC tiene un lugar de almacenamiento para estas solicitudes.

Todos los procesos anteriores deben de ser registrados para su posterior auditoria, por lo que mediante el botón “Mostrar Bitácora de Operaciones”, la interfaz propuesta indicar la hora y la fecha de cada una de las acciones ejecutadas, despliega lo que se firmó y quién o qué hizo determinada acción. Todos estos registros se almacenan en la bitácora de operaciones y se muestran en pantalla cada que el administrador lo requiera.

Resultados y Discusión

El uso de esta interfaz gráfica es bastante sencillo y muy amigable, pues solo basta con dar *click* en cada uno de los botones mostrados en la Figura 3 para poder realizar la acción que se asocia a cada botón, evitando así el uso de los comandos desde consola.

La instalación y configuración de la interfaz gráfica se basa en una serie de directorios, en los cuales se almacenan los Certificados Digitales emitidos, las peticiones de firma de certificado (.csr), la lista de certificados revocados (CRL), los certificados revocados y la llave privada de la AC. Así como los archivos de configuración que se requieren para asegurar el funcionamiento de OpenSSL, de llevar la administración del número de serie de los certificados creados y la bitácora de operaciones, como se puede ver en la Figura 5.

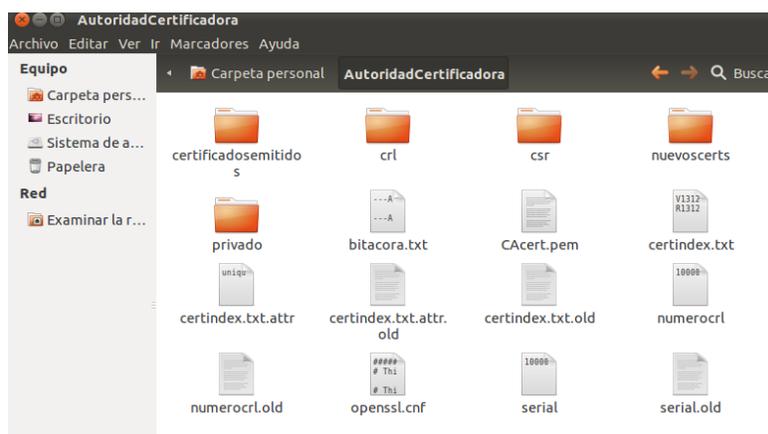


Figura 5 Directorios y archivos de configuración de la AC

Estos ficheros y archivos se crean con el botón “Generar Directorios y Archivos de configuración”, mostrado en la Figura 3 y para su visualización se utiliza el botón “Explorar Directorios de la Autoridad Certificadora”, también mostrado en dicha Figura. Los botones “Generar Certificado Raíz”, “Generar Certificados”, “Revocar Certificados” y “Renovar Certificados”, despliegan una ventana como la que se muestra en la Figura 6, la cual, dependiendo del respectivo botón, realiza la operación de generar, revocar o renovar un CD.

Es importante mencionar que la interfaz propuesta, cuenta con un sistema de mensajes que facilitan la comunicación con el usuario y además facilitan la interacción con las operaciones que se pueden realizar con los certificados digitales. En caso de haber algún tipo de error, se le notifica al usuario con un mensaje describiendo el error ocurrido, tal como lo muestra la Figura 7.

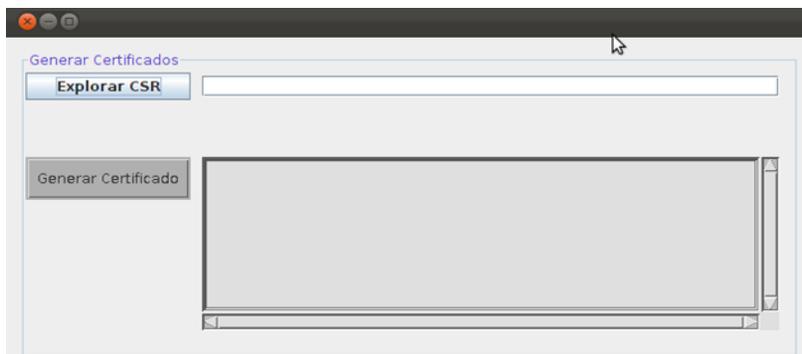


Figura 6 Pantalla que permite Generar Certificados

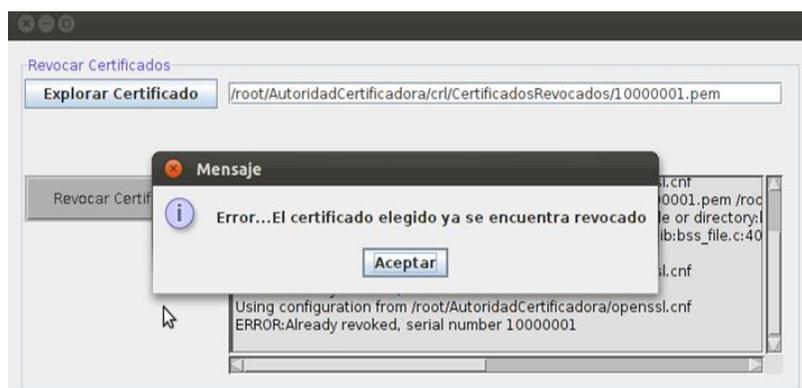


Figura 7 Mensaje de error en la pantalla Revocar Certificados

Por último, los botones “Mostrar Lista de Certificados Revocados” y “Mostrar bitácora de operaciones”, muestran los registros de que se hacen con el uso de la AC y la CRL, como se puede ver con la Figura 8, logrando una administración de la AC de uso sencillo y fácil entendimiento para el administrador de esta.

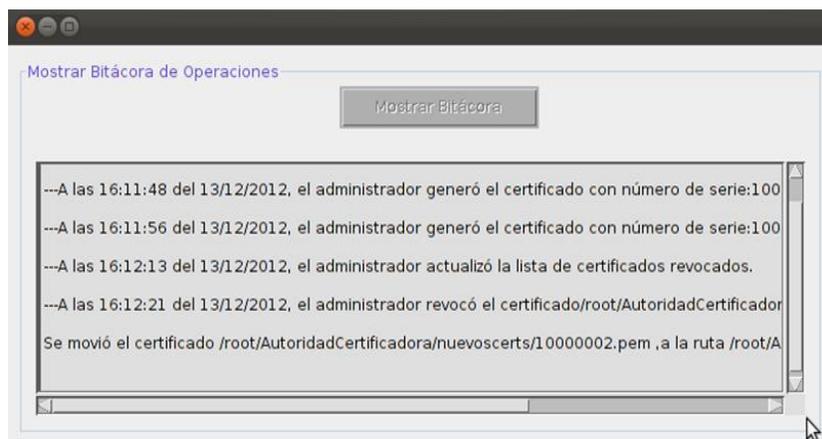


Figura 8 Ventana Mostrar Bitácora de Operaciones

Conclusiones

Es de gran ventaja tener una AC con interfaz gráfica, ya que es más sencillo administrar y manipular los certificados digitales que con una consola a base de línea de comandos, dado que no se requiere más que la documentación del software desarrollado y tampoco conocimientos relacionados con el sistema operativo que se está usando. Además, el despliegue de mensajes en cada operación ayuda a que el administrador entienda, de una mejor manera, cómo está trabajando la AC.

La mayoría de las veces, la implementación de la AC se puede hacer mediante software diseñado para tal efecto, sin embargo las necesidades de cada organización son diferentes y en varios casos, específicas.

Los certificados digitales garantizan la relación autorizada entre la llave pública y su propietario, de ahí que la AC permite implementar mecanismos de autenticación basados en certificados digitales de llave pública.

El hecho de usar un programa externo para la generación de llaves y de peticiones de firma de certificados (CSR) que extraiga datos de una base de datos ya establecida, libera a la Autoridad Certificadora de la responsabilidad de mantener seguros estos archivos, logrando así utilizar menos recursos computacionales y ser inmune a posibles ataques en busca de información privada del usuario dentro de la AC.

Finalmente, como posible trabajo a futuro, se deja abierta la posibilidad de diseñar e implementar una Infraestructura de Llave Pública (PKI) con el uso de la interfaz propuesta, agregando los componentes de repositorios de certificados, así como el envío de los certificados emitidos por la AC, a distintos usuarios que quieran autenticarse mutuamente mediante distintos algoritmos de verificación. También, se deja pendiente el hecho de probar distintos algoritmos de firma para generar certificados digitales que usen llaves públicas de menor tamaño y mayor seguridad dentro de dispositivos móviles que actúen como usuarios de esta interfaz gráfica.

Agradecimientos

El primer autor agradece al CONACyT por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación bajo el Número de Becario: 420163.

Referencias

1. J. Weise, "Public Key Infrastructure Overview," Sun Blueprints, August 2001.
2. A. J. Menezes, P. C. van Oorschot, and S. A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, 5th ed. CRC Press, August 2001.
3. A. Nash, W. Duane, C. Joseph and D. Brink, "PKI Implementing and Managing E-Security", McGraw-Hill, 2001.
4. Steve Lloyd, "Understanding Certification Path Construction", September 2002.

5. Carlisle Adams and Steve Lloyd, "Understanding PKI, Concepts, Standars And Deployment Considerations", 2nd Ed, 2003.
6. D. Richard Kuhn, Vincent C. Hu, W. Timothy Polk, Shu-jeu Chang, "Introduction to Public Key Technology and the Federal PKI infrastructure", SP 800-32, NIST 2001.
7. KapiRaina, "PKI Security Solutions for the Enterprise", Wiley 2003.
8. Raúl Alán Flores Espinoza, Alejandro Valdez Aguilar, Gina Gallegos García, "Implementación de un Protocolo Criptográfico de Firma Digital en Dispositivos Móviles", México 2012.
9. TinyCA. Fecha de consulta: Diciembre 2012. Disponible: <http://tinyca.sm-zone.net/>.
10. SimpleAuthority. Fecha de consulta: Diciembre 2012. Disponible: <http://simpleauthority.com/>.
11. EJBCA. Open Source PKI Certificate Authority. Fecha de consulta: Diciembre 2012. Disponible: <http://www.ejbca.org/>.
12. PGP. Fecha de consulta: Diciembre 2012. Disponible: <http://www.pgpi.org/>.
13. GPG. Fecha de consulta: Diciembre 2012. Disponible: <http://www.gnupg.org/>.
14. M. Myers, C. Adams, D. Solo, D. Kemp, "Internet X.509 Certificate Request Message Format", Marzo 1999.

INTERFAZ PARA ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE VOZ USANDO EL ATMEL328P CONTROLADO POR COMPUTADORA

J. Torres¹, J. Vázquez¹, F. Castillo¹, R. Urzúa¹, G. Beltrán¹, E. Contreras¹, E. Díaz¹, J. Gadea¹

¹ *Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, División Académica de Mecánica Industrial. Av. Universidad No.1 Col. Palo Escrito, Emiliano Zapata, Morelos, México. C.P. 62790, josetorres@utez.edu.mx, jaimevazquez@utez.edu.mx, franciscocastillo@utez.edu.mx, robertourzua@utez.edu.mx, enriquecontreras@utez.edu.mx,*

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen- La Sociedad de la Información y comunicación (SIC) nos plantea desafíos en múltiples aspectos del ámbito científico técnico, económico y social. La atención en la electrónica adquiere características muy dinámicas en la SIC. El foco de atención para el avance en este campo es la computación y las interfaces inteligentes que seamos capaces de desarrollar [1]. En este trabajo se presenta una interfaz de comunicación entre la PC y el mundo exterior para el reconocimiento de voz, controlado por un microcontrolador Atmel328, el cual tiene la posibilidad de conectar hasta 5 entradas analógicas con un máximo de voltaje analógico de 5 volts pico a pico. En este trabajo se utiliza un micrófono de tipo omnidireccional que sirve de transductor de señal de voz a señales eléctricas que puede comprender nuestro sistema, es por ello que se desarrolló un filtro pasa bajas del tipo Butterworth ya que la señal de voz tiene una frecuencia de entre 5 Hz a 4.7 KHz, por lo que se deben eliminar los ruidos y señales que están fuera de este rango. Una vez que esta señal de voz es convertida a digital, esta es procesada en la computadora y desarrolla un análisis para diversas aplicaciones tales como automatización y control, así como sistemas de seguridad. En todos los casos el procesamiento se realiza utilizando distintos lenguajes de programación, que es donde se encuentra la potencialidad de un PIC. Se destaca el uso del lenguaje de alto nivel VB6 para el caso del uso de la computadora y el lenguaje C++ para el caso del microcontrolador, además se está utilizando el medio de comunicación por USB.

Introducción

Actualmente se pueden encontrar en el mercado una gran variedad de circuitos integrados que permiten el diseño de aparatos y equipos electrónicos de automatización y control, así como el de reconocimiento de voz para desarrollos domóticos y de seguridad, tal es el caso de los microcontroladores que además son muy versátiles para su uso. Por otra parte existen muchos métodos para que estos realicen una función. Esta gran diversidad de componentes y funcionalidad de los mismos es lo que hace que la ingeniería electrónica, mecatrónica y de desarrollo de software sean tan fascinantes. Es por ello que todas estas especialidades se pueden considerar como un vínculo entre las distintas ramas de la ciencia y la ingeniería, este concepto se ilustra en la figura 1.

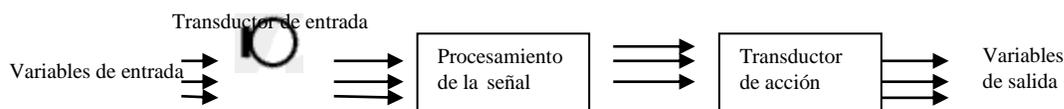


Figura 1. Vínculo entre las diferentes ramas de la ciencia e ingeniería.

Contemplando únicamente los circuitos electrónicos encargados de procesar las señales eléctricas de salida, se puede realizar una clasificación en tres grandes áreas: la electrónica digital; que recibe las señales en lógica binaria, efectuar su proceso sobre estas señales mediante un programa y obtener señales digitales binarias en la salida. La electrónica analógica, que recibe señales eléctricas variables en el tiempo, efectuar el proceso sobre estas señales y obtener señales analógicas a la salida. Y la electrónica de enlace, que es la encargada de establecer el enlace entre la electrónica digital y la electrónica analógica, y es aquí donde se reconocen los integrados que tienen la capacidad de realizar la conversión de digital a analógico y viceversa, de aquí se puede establecer un diagrama esquemático de cómo está dividida la electrónica actualmente junto con sus nuevos elementos como se observa en la figura 2.

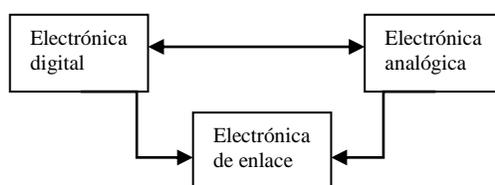


Figura 2. División de la electrónica en sus grandes áreas.

El procesamiento de las señales se presta a diversas interpretaciones, es por ello que consideramos las operaciones siguientes, que son las que se observaron durante el desarrollo de la investigación. 1) Traducción de la información, 2) Manipulación de la información, y 3) Almacenamiento de la Información. A partir de este panorama de lo que implica el análisis y síntesis de voz, el objetivo principal de este trabajo es el de diseñar una interfaz que permita almacenar en la memoria de la PC o disco duro, la señal de voz digitalizada en intervalos de 1 segundo para indicar palabras, una vocal o una consonante. El circuito que facilita dicha comunicación con la computadora y la conversión A/D, es el ATME1328, este microcontrolador puede realizar las funciones anteriores mediante una programación adecuada en lenguaje C++ y puede muestrear la señal de voz a distintas frecuencias que van desde 5 a 16 KHz. Una vez almacenados los valores digitales de la señal de voz en la PC, se puede hacer un análisis y obtener la frecuencia fundamental de la voz para sistemas de seguridad o se puede sintetizar para obtener una señal de voz semejante a la original para otras aplicaciones. Otro de los aspectos importantes a considerar son: los tiempos de grabación sin que la señal de voz rebese el rango de saturación al realizar la conversión A/D y la detección de la amplitud de dicha señal que no debe rebasar los 5 volts pico pico. Ya que la señal de voz se encuentra en el rango de frecuencias de 0Hz a 4.7KHz [2] y el microcontrolador tiene 5 entradas analógicas con un rango de amplitud de 5V_{pp}. Se diseñó un filtro pasa bajas para cubrir este rango de frecuencias y dicha amplitud de la señal. Para el diseño de los filtros pasa bajas se utilizará el amplificador operacional LM324 y se trabajará con ± 5 V de c.d.

Parte experimental

Etapa de adquisición de la señal de voz. La señal de voz tomará tres trayectorias que realizarán funciones distintas como se muestra en la figura 3.

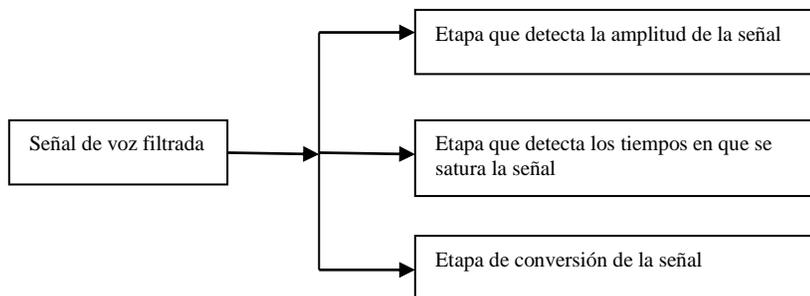


Figura 3. Trayectoria que toma la señal de voz en el proceso de adquisición.

A continuación se ilustra el diagrama a bloques de todo el sistema desarrollado para el presenta trabajo, ver figura 4.

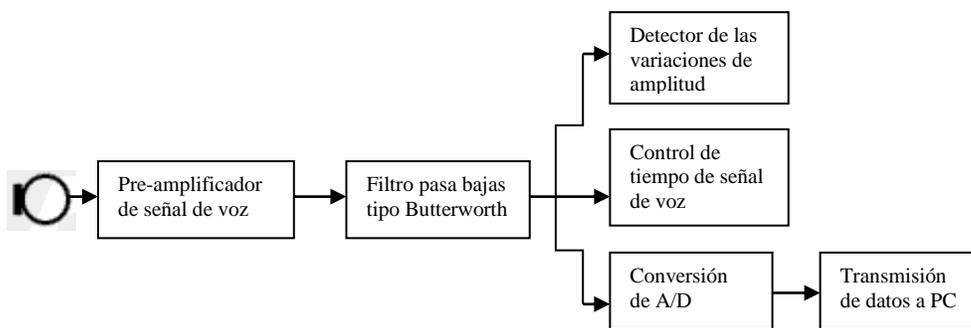


Figura 4. Representación a bloques del sistema completo.

Puede haber tantas entradas analógicas como se requiera [5].

Materiales.

De los materiales utilizados tenemos al micrófono, que es un transductor que sirve para convertir la energía acústica en energía eléctrica del tipo omnidireccional de presión ya que son los más comunes en laboratorios acústicos, además es de bobina móvil o conocido también como micrófono dinámico que es de alta sensibilidad, este tipo de micrófonos son utilizados en casos donde la fuente de sonido está muy retirado del equipo que realiza el análisis, además tienen una impedancia nominal del orden de los 20 Ohms, lo que hace que este tipo de micrófonos sean muy utilizados por su alta fidelidad.

Debido a que la señal de voz que se obtiene del micrófono es muy pequeña, del orden de los 15 mV, se realiza una pre-amplificación mediante el amplificador operacional LM324 y por cuestiones de diseño, se desea que esta señal sea aumentada 333 veces aproximadamente, de acuerdo como se muestra en la

ecuación (1):

$$A = \frac{V_s}{V_e} = \frac{5V}{15mV} = 333.333 \text{ veces} \dots \dots \dots (1)$$

Pre-amplificación. Por lo que el pre-amplificador se debe diseñar con una ganancia de 333 veces polarizado en la forma de amplificador no-inversor de acuerdo a la figura 5.

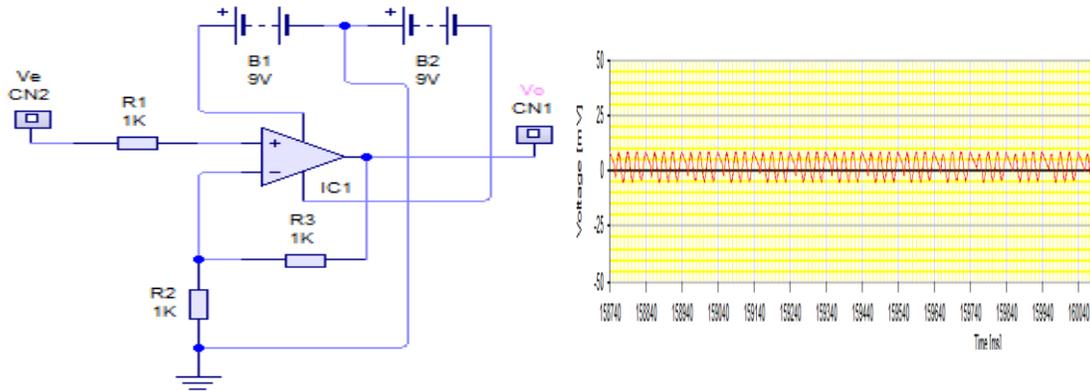


Figura 5. Configuración de diseño del pre-amplificador de señal de voz.

Partiendo de la fórmula para el uso del amplificador operacional como no-inversor se tiene lo siguiente en la figura 6, se observa la onda de salida de señal de voz y el circuito correspondiente al diseño: Se propone:

- G = 333
- R3 = 10000Ω
- V⁺ = 5v.
- V⁻ = -5v.
- R2 = $\left(\frac{R3}{G-1}\right) \dots \dots \dots (2)$
- R2 = $\frac{10000}{333.33-1} = 30\Omega \dots \dots \dots (3)$
- R1 = R2//R3 $\dots \dots \dots (4)$
- R1 = 30//10000 $\dots \dots \dots (5)$
- R1 = 29.9Ω $\dots \dots \dots (6)$

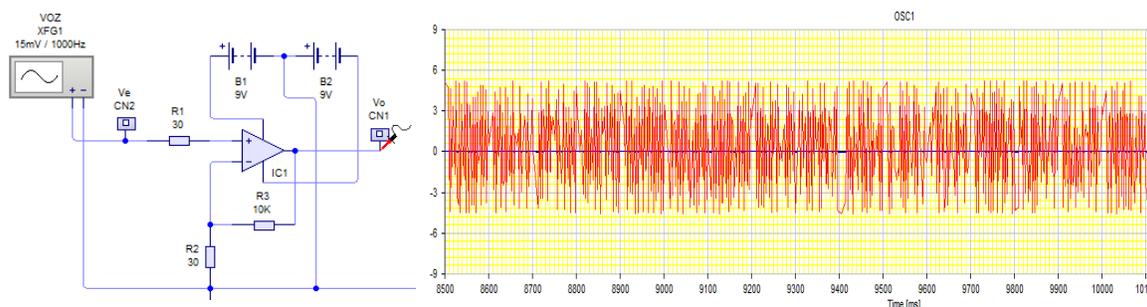


Figura 6. Pre-amplificación y grafica de onda de voz.

Diseño del Filtro Pasa Bajas. Se eligió el tipo de filtro Butterworth ya que su respuesta en frecuencia es plana, es decir, la amplitud se mantiene constante en todo el ancho de banda de frecuencias que la voz tiene [2], de aproximadamente 5Hz a 4.7KHz. Ver figura 7.

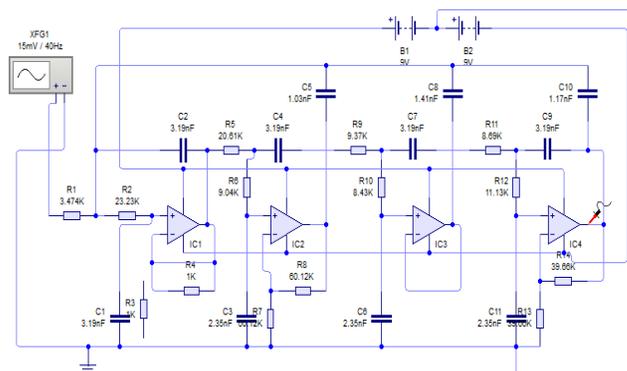


Figura 7. Diseño del filtro pasa bajas tipo Butterworth.

Etapa de detección de amplitud de la señal. Se miden las variaciones de amplitud, para ello, la señal del filtro pasa bajas es amplificado 333 veces de acuerdo al párrafo descrito en 2.3. y esta señal se enviará con un máximo de $5 V_{pp}$ en otra entrada analógica del ATME328 y de esta manera mediante led's indicadores se observará la amplitud de la señal, como puede observarse en la figura 8.

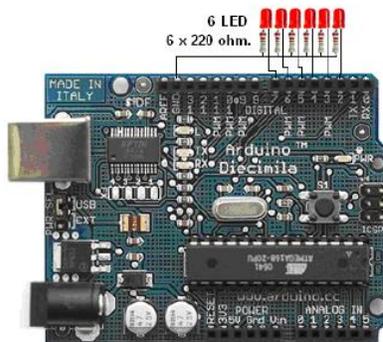


Figura 8. Conexión del ATME328 con los LED indicadores de señal de voz.

La ventaja de usar este circuito es que se alimentan los led's desde la misma tarjeta y la corriente que se maneja está regulada en máximo 30 miliamperes. Por otra parte los led's encenderán de acuerdo a la amplitud de la señal y este será controlado por software como se muestra en la figura 9.

Etapas de conversión A/D. Es aquí donde la señal analógica es convertida a digital, pero no todos los microcontroladores tienen esta característica es por ello que se seleccionó el ATME328. La señal que se tiene a la salida del filtro pasa bajas es amplificado 333 veces por lo que a la salida del mismo se tiene 5 v_{pp} y que es suficiente para que la entrada analógica del PIC realice su operación y se tendrá la representación binaria de 10 bits que es la resolución del convertidor A/D del microcontrolador [3]. De esta manera se tendrá una representación binaria y se podrán leer en el monitor de la PC en forma decimal para su posterior análisis.

```

int led13=13;
int led12=12;
int led11=11;
int led10=10;
int led9=9;
int led8=8;
int POT=0;
int sensor=A0;
void setup()
{
  pinMode(led13,OUTPUT);
  pinMode(led12,OUTPUT);
  pinMode(led11,OUTPUT);
  pinMode(led10,OUTPUT);
  pinMode(led9,OUTPUT);
  pinMode(led8,OUTPUT);
  pinMode(sensor, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  POT=analogRead(sensor);
  analogWrite(led,POT);
  Serial.println(POT);
  delay(10);
  if (POT <= 200){
    digitalWrite(led13,HIGH);
  }
}

```

Figura 9. Programación del ATME328 en lenguaje C++.

Etapa de transmisión a la PC. El instrumental utilizado fué: una computadora de 32 bits con sistema operativo que puede ser XP, Vista o Windows 7. La programación es desarrollada en VB versión estudiantil. La computadora debe contener al menos una entrada habilitada para USB, aunque se pueden conectar hasta 4 tarjetas de adquisición de datos [6].

Metodología.

Programación en VB. En esta investigación se desarrolló un programa de prueba en la que se observaron los valores numéricos de las señales digitalizadas, ver figura 10.

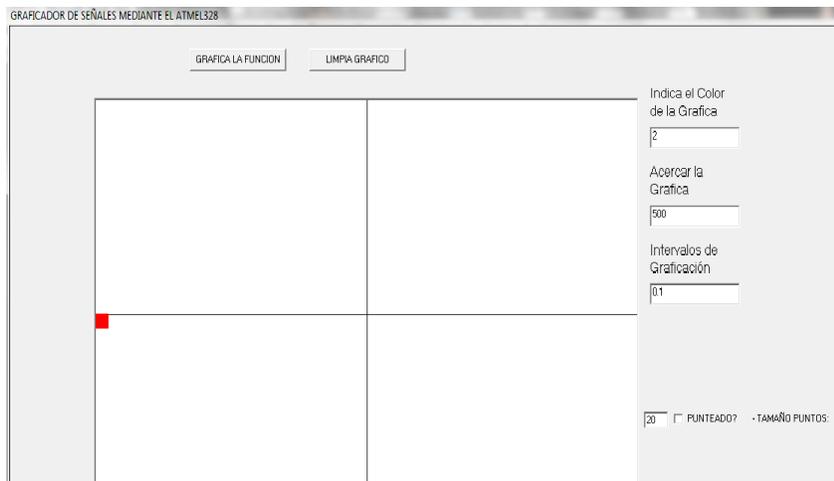


Figura 10. Programa en VB para graficación de la voz.

Tratamiento de las señales analógicas. Se llevó a cabo un programa de prueba de adquisición de datos, aprovechando las potencialidades del microcontrolador, ya que el ATME328 tiene convertidor analógico a digital, de esta manera se obtuvo el siguiente programa. Ver figura 11.

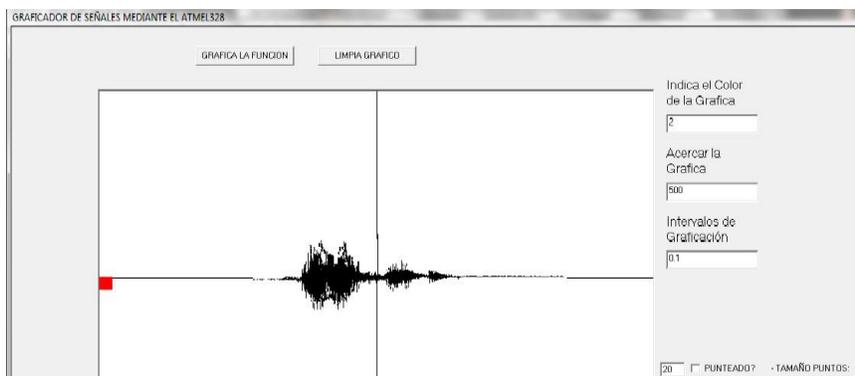


Figura 11. Adquisición de datos analógicos.

La idea es tener una representación de la señal analógica en numeración binaria para que la computadora pueda reconocer los cambios de amplitud de la señal. Este convertidor interno del microcontrolador muestrea la señal analógica a la velocidad que le indica la computadora, en nuestro caso esta del orden de los 25µsegundos lo que nos indica que en este tiempo nos da un valor binario de la amplitud registrada en ese instante como se muestra en la figura 12.

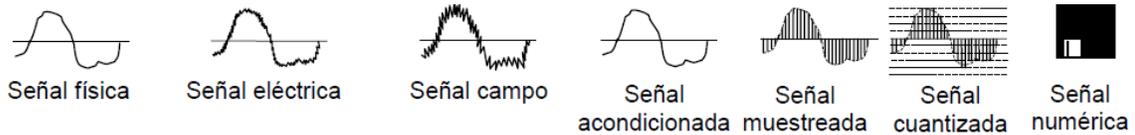


Figura 12. Representación gráfica de las señales de entrada y salida en la conversión.

La calibración del convertidor analógico a digital se realiza mediante una implementación del software como se muestra en la figura 13.

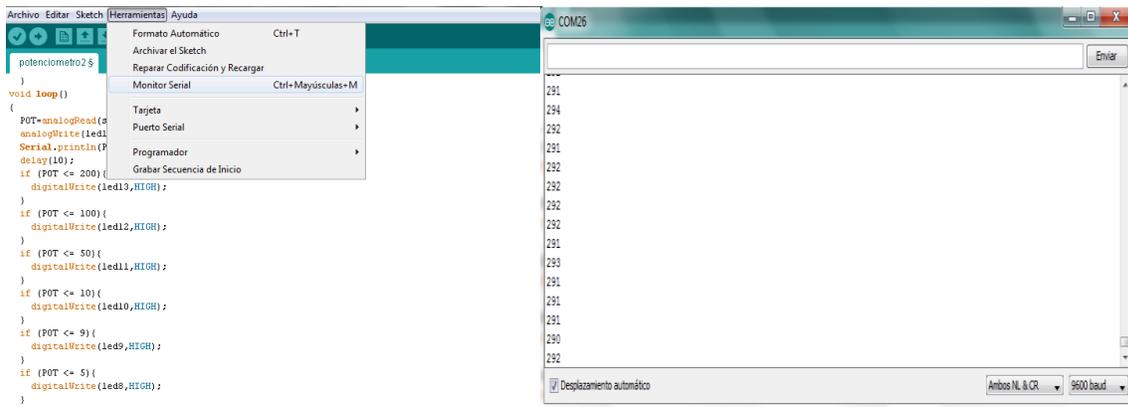


Figura 13. Monitorización de la señal de entrada analógica a digital para calibración.

Síntesis de la señal de voz. Cuando se habla de síntesis de voz se refiere principalmente en dotar al sistema de la capacidad de convertir una señal grabada o texto dado en voz, pero siempre intentando que el sonido producido parezca lo más natural posible e inteligible, encadenando correctamente los sonidos dentro del discurso. Sin embargo, para lograr este tipo de sistemas se necesita de un recurso informático que ayude al reconocimiento de voz, que consiste en que la computadora captura la señal de voz que emite una persona a través de un micrófono, convirtiéndola en información digital. El motor de voz debe ser capaz de reconocer las sílabas de entre un conjunto de fonemas que ha recibido, y combinarlas para formar las palabras que se habían dicho anteriormente por el usuario. La señal de voz es reconocible desde los 6Hz a los 10KHz, es por ello que en telefonía solo se utiliza un máximo de ancho de banda de 3.8KHz, ya que esto es suficiente para que la voz sea reconocible, sin saber quien es el que habla [4]. Para nuestra investigación el ancho de banda sugerido es de 5Hz a 4.7KHz, aunque el rango audible por el ser humano puede tener un ancho de banda de

5Hz a 20KHz. Ver figura 14.

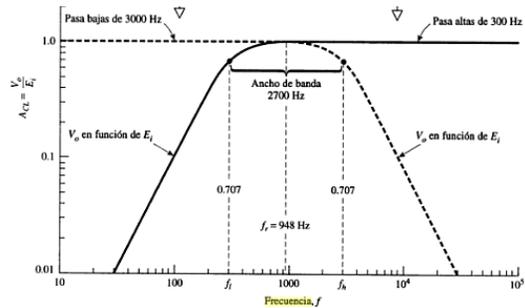


Figura 14. Ancho de banda de la señal de voz.

Programación de control de la interfaz. Se utilizó el lenguaje C++, para programar el microcontrolador y se utilizó el VB6 para programar la computadora personal, desde donde se puede graficar la señal de voz y desde donde se puede realizar cualquier procesamiento para las diferentes aplicaciones. En la figura 15 se observa un diagrama electrónico de toda la interface.

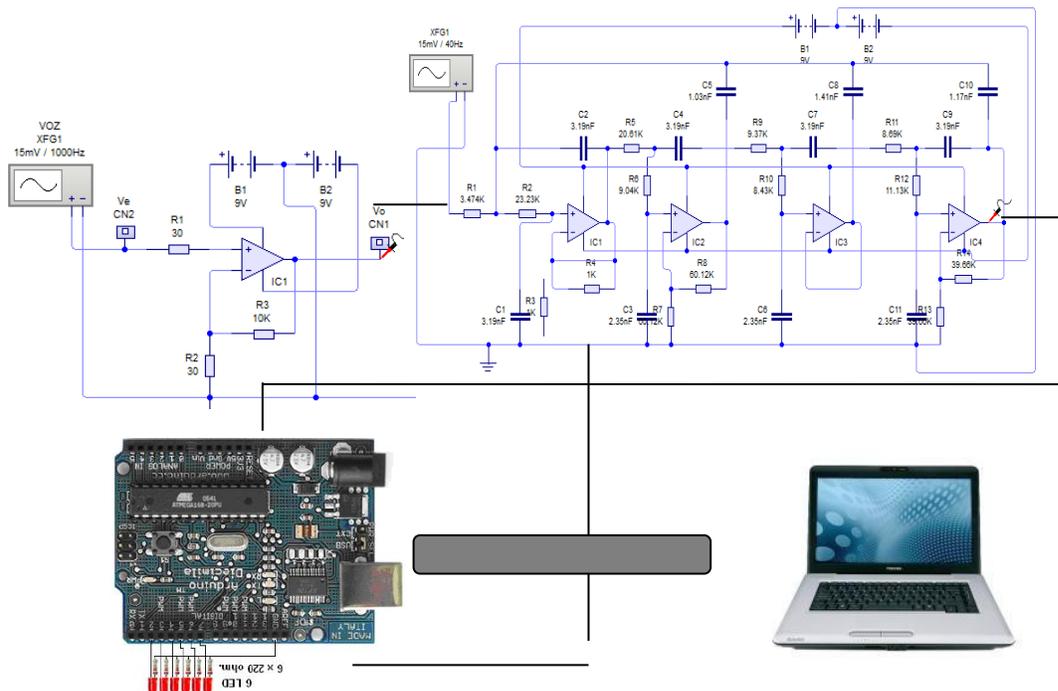


Figura 15. Diagrama completo del sistema de procesamiento de voz.

Resultados

La tecnología a lo largo de los años ha evolucionado de forma significativa en lograr que el esquema de comunicación de los seres humanos haya conseguido una representación efectiva a través de la conjunción de una aplicación informática y el desarrollo de una interfaz electrónica sencilla de manejar, para que el usuario final pueda llevar a cabo las tareas cotidianas desde su casa y simplemente utilizando la voz como plataforma para la consecución de su objetivo final: la compra de una entrada o billete de avión, la redacción de una carta, la consulta de los datos bancarios, o bien, la activación de algún actuador. A partir de este tipo de aplicaciones, el reconocimiento de voz generalmente es utilizado como una interfaz entre el ser humano y la computadora a través de algún software.

La tecnología a lo largo de los años ha evolucionado de forma significativa en lograr que el esquema de comunicación de los seres humanos haya conseguido una representación efectiva a través de la conjunción de una aplicación informática y el desarrollo de una interfaz electrónica sencilla de manejar, para que el usuario final pueda llevar a cabo las tareas cotidianas desde su casa y simplemente utilizando la voz como plataforma para la consecución de su objetivo final: la compra de una entrada o billete de avión, la redacción de una carta, la consulta de los datos bancarios, o bien, la activación de algún actuador. A partir de este tipo de aplicaciones, el reconocimiento de voz generalmente es utilizado como una interfaz entre el ser humano y la computadora a través de algún software.

Debe cumplir con las siguientes tareas:

- Preprocesamiento: convierte la entrada de voz a una forma que el reconocedor pueda procesar.
- Reconocimiento: identifica lo que se dijo (traducción de señal).
- Comunicación: envía lo reconocido al sistema (software/hardware) que lo requiere.

Para lograr la conversión exacta de la señal de voz, se debe hacer un muestreo (Sampling), el cual asigna un valor numérico a la señal en unidades discretas de tiempo (constante). De ahí que la frecuencia Nyquist, nos especifica que la frecuencia máxima de una señal que puede reproducirse completamente es:

Frecuencia muestreo = 2 veces la frecuencia máxima de la señal

Para poder reproducir la señal análoga debe pasar por un filtro *pasa-bajas* a la frecuencia de muestreo (quitar ruidos creados por el muestreo). Al no cumplirse estas condiciones sucede el fenómeno de *aliasing*. Señal que varía lentamente: muestreada en una frecuencia T. El humano produce señales de Voz desde los 100(hombre)-400(mujer) Hertz hasta los 15000Hz. Teléfono : 3100Hz por lo tanto se muestrea a 8000 Hz, inteligible pero baja calidad. Comparado con un CD, se muestrea a 44.1Hz-20Khz

El ancho de banda es mayor para instrumentos que para voz. Pero la diferencia es Audible. Por lo tanto se requiere mayor espacio para almacenar y transmitirla.

Cada muestra se representa con un valor digital limitando el rango de valores discretos correspondiente al original. Ejemplo: Utilizando 4 bits se pueden representar 16 valores diferentes. Con 8 bits ya son 256 valores. Y en el caso de

10 bits que contiene el convertidor A/D del ATME328 tiene mayor resolución y es de 2048 valores. El error o diferencia entre la señal original y la reconstruida se percibe como ruido. Por lo tanto, a mayor resolución mayor cuantificación y menor ruido como consecuencia. Mediante el siguiente programa en VB6, se obtiene la comunicación con el Arduino uno y con ello se puede grabar la señal de voz digitalizada en un arreglo unidimensional para su posterior graficación o procesamiento para las diferentes aplicaciones [5].

```
Dim ledStatus As String
Private Sub Command1_Click()
ledStatus = 1
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command2_Click()
ledStatus = "2"
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command3_Click()
ledStatus = "3"
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command4_Click()
ledStatus = "4"
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command5_Click()
ledStatus = 5
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command6_Click()
ledStatus = 6
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command7_Click()
ledStatus = 9
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Command8_Click()
ledStatus = 10
MSComm1.Output = ledStatus
End Sub
Private Sub Form_Load()
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.InputLen = 1
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.CommPort = 11 'NUMERO DE PUERTO DEFINIDO POR LA
PC
```

```
MSComm1.DTREnable = False
MSComm1.PortOpen = True
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
MSComm1.PortOpen = False
End Sub
```

Conclusiones

El desarrollo de la capacidad y prestaciones de los sistemas computacionales y embebidos es espectacular. Las actuales computadoras personales superan con creces la potencia que ofrecían los enormes y costosos sistemas de hace tan sólo unas décadas. La información contenida en todas las computadoras de México y EUA de hace 25 años podría guardarse hoy en solo chip o en un disco duro y no sólo eso sino que también se puede obtener la información externa a una computadora en tiempo real, es decir, que se puede representar y re enviar la información a través y mediante la computadora en un tiempo en microsegundos lo cual es transparente o instantáneo para el ser humano. Esta rapidez con la que actualmente trabajan las computadoras que está dado en giga hertz hace que el procesamiento de la señal de voz sea también muy rápido y eficiente, debido a una resolución en bits mucho más alto que en la actualidad tienen los convertidores A/D y viceversa. La evolución en los sistemas de reconocimiento de voz ha sido realmente impresionante. En sólo 10 años pasaron de ser sistemas discretos que reconocían palabra por palabra y número por número a sistemas continuos y naturales.

Otro avance es el que se ha dado con los números, puesto que en la actualidad la PC es capaz de reconocerlos en forma continua, es decir, desde el simple 1, 2 y 3 hasta la interpretación correcta de 1.234. Existen, además, otros sistemas que han evolucionado notablemente en el último tiempo, como son el *Text to Speech* y la *Verificación de Voz*. El primero es una tecnología que permite convertir cualquier texto en voz. Un salto cualitativo se ha dado en este ámbito, ya que antiguamente la voz del equipo era muy robótica, ya que traducía palabra por palabra, mientras que hoy es capaz de dar la entonación correspondiente a cada frase, siendo cada vez más parecida a la voz humana. En tanto, la Verificación de Voz es la tecnología que permite reconocer la identidad de la persona que está hablando. Se aplica con frecuencia en sistemas de seguridad y, si bien aún no es 100% segura, no cabe duda de que pronto alcanzará niveles de verificación más eficientes con la ayuda de los sistemas embebidos que servirán como interface de comunicación con la computadora.

Referencias

1. Williams, Artur Bernard (1980). Active filters design. Dedham Mass.
2. Harry y Lam (1979). Analog an digital filters. Prentice Hill.
3. D. H. Sheingold (1972). Analog-Digital Conversion. Norwood Mass.
4. Carolyn F. Ross. Sensory science at the human-machine interface Review Article *Trends in Food Science & Technology, Volume 20, Issue 2, February 2009, Pages 63-72*
5. Philip Brey, Johnny Hartz Søraker. Philosophy of Computing and Information Technology *Philosophy of Technology and Engineering Sciences, 2009, Pages 1341-1407*

KIOSCO PARA LA PROMOCION DE LAS CARRERAS EN EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE IGUALA.

A. Bello-Ernestina,¹ T. Vazquez-Javier,^{1,2} L. Estrada-Ulises^{1,3}, P. Salgado-Enrique^{1,4} y C. Quiroz Anastacio^{1,5}

¹Instituto Tecnológico de Iguala–ernestinaa@hotmail.com; ²lord.diavole@gmail.com; ³Universidad Tecnológica de la Región Norte del Estado de Guerrero–Uliseslopezestrada@yahoo.com;

⁴epacheco_salgado@hotmail.com and ⁵titulo@hotmail.com-carretera Nacional Iguala-Taxco Esquina Periférico Norte s/n.

Área de participación: Ciencias de la Computación.

Resumen- El desarrollo de un kiosco de Información es lograr el interés y la atención de los alumnos que son candidatos a ingresar a un nivel universitario, dicho prototipo estará instalado en las diferentes escuelas de nivel medio superior, con la finalidad de que los alumnos accedan a la información que el kiosco estará brindando de una manera dinámica y sencilla, con el objetivo de promocionar las carreras que se oferta en nuestra institución. Las cuales son: Contador Publico, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Informática, así como también Información de las diferentes actividades académicas que se desarrollan en el plantel. Una vez implementado se pretende que el kiosco este ubicado en las Instituciones de la Región Norte del Estado de Guerrero como son, C.B.T.i.s No. 56, CECITEC, Bachilleres, las prepas #10, #32 y la #24 de Febrero, cabe mencionar que estas escuelas están localizadas en la ciudad de Iguala; en Taxco se encuentra el C.B.T.i.s No. 82 y la preparatoria #4, en Huitzucó el C.B.T.i.s No. 175, entre otras, ya que la mayor captación proviene de estas instituciones. Además estará ubicado en plazas comerciales donde se concentran los jóvenes los fines de semana y en reuniones. La elaboración de este prototipo es con la finalidad de incrementar la matrícula de nuestra institución.

Introducción.

Actualmente el Instituto Tecnológico de Iguala cuenta con una matrícula de 1130 alumnos, se observó que en el periodo 2010 al 2012 la matrícula disminuyó con una población de 120 alumnos con periodos anteriores, a pesar de que se dio apertura a una nueva carrera que es Ingeniería en Gestión Empresarial, la población total de todas las carreras incremento solamente un 5%, esto se debe a varios factores principales como es la oferta educativa que ofrecen otras Instituciones de nivel superior; siendo la Universidad Tecnológica de la zona norte del Estado de Guerrero, y la Universidad Politécnica campus puente Campuzano que ofrecen carreras similares a la de nuestra Institución y que además se encuentra ubicadas en la misma zona norte de Guerrero, otro factor sería que no existe un programa de promoción institucional que permita ofertar las carreras de nuestra institución desde el mes de Enero, debido a que no se visitan las escuelas en tiempo y forma, ya que comúnmente el Departamento de Desarrollo Académico realiza la promoción en el mes de Mayo y asistiendo a ferias promocionales, ya cuando la mayoría de los alumnos tienen ficha hacia otras Universidades.

Con la implementación de este kiosco de Información se pretende que la promoción sea inmediata para que los alumnos que vayan a egresar consideren al Instituto Tecnológico de Iguala como una opción, sin salir de la ciudad de Iguala evitando mayores gastos para los padres de familia, pretendiendo que el prototipo se instale en las escuelas de mayor captación para la Institución contemplando dos semanas aproximadamente y que los alumnos vean quienes somos, que carreras se ofertan, incluyendo becas de Pronabes, becas alimenticias, becas universitarias, becas de titulación, programa de movilidad estudiantil (ECEST), actividades extraescolares, planes y programas de estudio así como son las actividades sociales y culturales que se realizan en la Institución como son:

- Semana Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Chica Tec.
- Concurso de Ofrendas.
- Concurso de Ciencias Básicas (Fase local).
- Concurso de Innovación Tecnológica (Fase local).
- Evento de Jornadas Académicas.

Y que los alumnos que vayan a ingresar a nuestra institución estén convencidos de que el Tecnológico de Iguala es una muy buena opción para formar profesionista para un mejor mañana.

Fundamento Teórico.

Concepto de Kiosco de Información.

Los kioscos de Información son aparatos compuestos de una estructura o chasis decorativa de soporte a una pantalla LCD táctil opcional, conectada a un ordenador, con la función de proporcionar información a cualquier usuario. Están diseñados para facilitar la interacción con cualquier tipo de usuario, con la pantalla táctil hace la que la navegación sea más sencilla, además su diseño lo hace identificable, transmitiendo una imagen innovadora y actual. Los kioscos son una forma dinámica para promoción.

Software utilizado en el prototipo.

LINUX LINPUS

El Linpus Linux es un sistema operativo sin interfaz gráfica, para principiantes, este sistema operativo es fácil de aprender.

Beneficios:

- No necesita antivirus ya que posee un sistema muy seguro.
- Por la sencilla razón que linux es creado por hacker.
- Contiene nuevas aplicaciones de edición de video y fotos.
- Se recomienda la distribución de Linux ubuntu tiene un interfaz amigable.
- Lo principal es el costo de implementación que es muy bajo (no gratis), la seguridad y la personalización del sistema (para usuarios y programadores avanzados) pues tiene el código fuente.

Mozilla Firefox:

Mozilla Firefox es un navegador web que logro un enorme catálogo de extensiones para aumentar sus posibilidades hasta hacerse un hueco cuando el mercado estaba ocupado totalmente por Internet Explorer. Su secreto: potencia y versatilidad, ganadas a través de años de desarrollo. Un navegador moderno y atractivo, si por algo se ha caracterizado Mozilla Firefox es por introducir progresivamente nuevas mejoras que hacen el programa.

Beneficios:

- Es libre.
- Independencia del sistema operativo, si internet explorer tiene un fallo puede comprometer todo el sistema incluso puede que tengas que reiniciar, si firefox tiene un fallo basta con reinicarlo.

PHP.

PHP es un lenguaje de programación de uso general de script del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que proceden los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página Web resultante.

Beneficios:

- PHP se usa para conectar html con bases de datos y hacer operaciones complejas en el servidor y hacer aplicaciones para la web, junto con javascript.
- PHP es uno de los lenguajes de programación, el más fácil. Puedes hacer interacción con el HTML para lograr cosas como un login o un formulario de registro entre otros...

Java Script.

Es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas, en bases de datos locales al navegador... aunque existe una forma de JavaScript del lado del servidor (Server-side JavaScript o SSJS). Su uso en aplicaciones externas a la web, por ejemplo en documentos PDF, aplicaciones de escritorio (mayoritariamente widgets) es también significativo.

Beneficios:

- Ligero de carga. Fácil de integrar. Cientos de aplicaciones disponibles para uso, puede agregar interactividad a elementos web. Compatible con la gran mayoría de los navegadores modernos incluyendo iPhone, mobiles & PS3.

CSS:

Las Hojas de Estilo (o **CSS**, por Cascading StyleSheets) son un mecanismo que permiten aplicar formato a los documentos escritos en HTML (y en otros lenguajes estructurados, como XML) separando el contenido de las páginas de su apariencia. Para el diseñador, esto significa que la información estará contenida en la página HTML, pero este archivo no debe definir **cómo** será visualizada esa información. Las indicaciones acerca de la composición visual del documento estarán especificadas en el archivo de la CSS.

Beneficios:

- El uso de CSS nos va a permitir también maquetar separadamente el contenido de nuestra web para ser mostrado en pantalla o para ser impreso.
- Las hojas de estilo generalmente se encuentran en archivos separados del código principal (html, por ejemplo). Esto nos va a permitir que en un equipo de trabajo, programador y diseñador puedan realizar sus tareas de forma independiente aunque paralela, sin correr el riesgo de que haya interferencias entre ambos, y ello no alterará el resultado final.

Action Script:

Adobe ActionScript es el lenguaje de programación de la Plataforma Adobe [Flash](#). Originalmente desarrollado como una forma para que los desarrolladores programen de forma más interactiva. La programación con ActionScript permite mucha más eficiencia en las aplicaciones de la plataforma Flash para construir animaciones de todo tipo, desde simples a complejas, ricas en datos e interfaces interactivas.

Beneficios:

- Es muy sencillo y bastante potente y permite realizar cosas que a nivel de PHP o Javascript solamente, no se podría, como mini aplicaciones para web, movil e incluso para escritorio, juegos complejos, etc.

Apache:

Apache presenta entre otras características altamente configurables, bases de datos de autenticación y negociado de contenido, pero fue criticado por la falta de una interfaz gráfica que ayude en su configuración.

Apache tiene amplia aceptación en la red: desde 1996, Apache, es el servidor HTTP más usado. Alcanzó su máxima cuota de mercado en 2005 siendo el servidor empleado en el 70% de los sitios web en el mundo, sin embargo ha sufrido un descenso en su cuota de mercado en los últimos años. (Estadísticas históricas y de uso diario proporcionadas por Netcraft.

Beneficios:

- Modular
- Código abierto
- Multi-plataforma
- Extensible
- Popular (fácil conseguir ayuda/suporte).

A continuación se presenta en la figura 1 el prototipo del kiosco de información para promocionar las carreras de la institución.

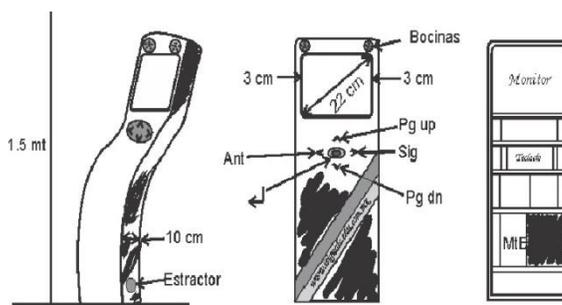


Figura 1. Diseño del Prototipo: Kiosco de información

Resultados.

- Con la Implementación del prototipo en las escuelas de mayor captación se busca incrementar el número de captación de nuevo ingreso
- Incrementar la matrícula de la población total de la institución.
- El Instituto Tecnológico de Iguala mantenga su prestigio, empleando las nuevas Tecnologías de Información

Conclusiones.

Con el desarrollo del Kiosco de información se implementara un plan de promoción en las diferentes escuelas de nivel medio superior de la zona norte de Guerrero, cubriendo la mayor parte del año, con esto se pretende dar un imagen innovadora empleando las tecnologías de la Información, en la cual se proporcione la información sobre los planes y programas de estudio de las carreras que oferta la Institución, y servicios de educación superior tecnológica de calidad, así como las actividades académicas, culturales y sociales, despertando interés hacia los alumnos de las diferentes carrera que oferta. Con esto se pretende incrementar el mayor número de alumnos aspirantes de las diferentes carreras.

Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo al departamento de Servicios Escolares quien nos proporcione información acerca de las matrículas de los alumnos, así como el departamento de Desarrollo Académico quien nos proporcione información de la promoción de las diferentes carreras que se imparten en el Instituto Tecnológico de Iguala. Así también como a las autoridades educativas el apoyo para el logro de dicho proyecto.

Referencias.

1. A. Gutierrez; G. Bravo. PHP5, Editorial Alfaomega.
2. K. Coar; B. Rich, Apache práctico, Editorial Anaya.
3. L. Manuel; Operating System User, Editorial Ebook

LA TRAZABILIDAD UTILIZANDO MÉTRICAS POR UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

L. Santa Olalla^{1,2}, **A. González**¹, **A. Pineda**^{1,2}, **A. De la Roca**^{1,2}, **L. Villavicencio**^{1,3}
B. Aranda^{1,3}, **S. Martínez**^{1,2}

¹ Instituto Tecnológico de Zacatepec calzada tecnológico no.27 col. Centro Zacatepec Morelos
leticia_soo@yahoo.com.mx, rotcehla@gmail.com, pima_2000@hotmail.com, delarocac@hotmail.com, villavicencio_2000@yahoo.com, baaranda@yahoo.com, sanitzer@hotmail.com

² línea de investigación ingeniería de software ³ Línea de investigación Aplicaciones de la Inteligencia Artificial

Área de participación: Ciencias de la Computación.

Resumen En la actualidad, las corporaciones libran una batalla férrea para alcanzar y mantenerse en el gusto de los consumidores. Como resultado de esta competencia, las empresas buscan ofrecer más beneficios a los clientes para lograr su cometido. El presente trabajo muestra el desarrollo de una herramienta computacional para generar y consultar métricas para probadores eléctricos. Las métricas utilizadas en este trabajo son de trazabilidad como herramienta de control, Rolled Throughput Yield (RTY), gráfica de Pareto y tiempo de análisis (stock). La entrada de datos es a través de un webkit, la herramienta procesa la información con base en los requerimientos de las métricas para posteriormente generarlas y presentarlas en gráficas y un archivo con formato csv (comma separated values). Esto para la toma de decisiones y darle seguimiento a la calidad de un producto dentro de la planta de producción.

Introducción

Muchas empresas se han dedicado a separar al final de la línea de producción, los productos que no cumplen con las especificaciones, esperar la queja por parte del cliente con respecto al servicio o las características del producto en lugar de elaborar productos desde un principio con la calidad requerida. Por lo que dichas empresas tienen costos provocados por no trabajar con calidad y por desconocer la presencia de este tipo de costos, obteniendo como resultado, una serie de erogaciones que serán cargadas al consumidor final elevando el precio. Por lo anterior cabe mencionar que los costos de calidad se basan en tres premisas básicas:

- a) La causa de las fallas
- b) La prevención es más barata
- c) El rendimiento puede ser valorizado

A medida que las fallas se revelan a través de acciones de evaluación, puede ser examinado para encontrar la causa y eliminarse a través de acción correctiva, entre más tarde se descubra el fallo dentro del proceso más caro será corregirlo.

Por lo anterior se debe decir que es mejor detectar las fallas dentro de la empresa y en las primeras fases del proceso productivo, ya que así se pueden evitar

problemas con los clientes además de que se conocerá el origen de la falla y se evitará que se eleven los costos de calidad, por no haberse detectado a tiempo.
[1][2]

Metodología

Este proyecto se aplicó en la empresa Continental AG (Cuautla), la cual se dedica a producir Sistemas de frenado ABS (del alemán Antibokiersystem). El compromiso de la empresa con sus clientes es garantizar la calidad de los productos aplicando a éstos pruebas a lo largo de la línea de producción. Existen herramientas de información en la industria que permiten conocer la trazabilidad, el sistema de manufactura (MES), el cual almacena en tiempo real información relacionada con el producto. El departamento de la empresa dedicado a realizar las métricas de control, es el Departamento de Pruebas, el cual no tiene un acceso directo a la información almacenada en MES; por lo tanto el objetivo inicial de este trabajo fue buscar una estrategia para recolectar la información de la base de datos de MES, y establecer métricas.

La metodología realizada para este trabajo, se puede resumir en los siguientes puntos:

1. Captación de datos

- Procedimiento inicial de búsqueda en bases de datos generadas por el sistema MES

2. Muestreo

- Seleccionar la información más relevante y adecuada al tema que se desarrolla.

3. Análisis de la información

- Se analizará la información recolectada, siguiendo variables principales:

Variable 1: Analizar la importancia de aplicar la gráfica de Pareto, RTY y Stock.

Variable 2: Identificar los rangos de las gráficas de Pareto, RTY y del Stock.

Variable 3: Asignar pesos a los rangos.

4. Resultados

- Los resultados se obtendrán en base a las variables utilizadas para analizar la información

Sistema MES

Los sistemas de ejecución de la manufactura (MES) son sistemas que proporcionan la información necesaria para optimizar los sistemas productivos desde el lanzamiento de la orden de fabricación hasta el producto acabado, aportando beneficios específicos que se focalizan en las actividades de producción.

La contribución más importante de los sistemas MES es que unifica los procesos de manufactura centrales con un sistema de valor de entrega enfocado en los requerimientos y demanda de los clientes. Ofrece información acerca de las actividades de producción, brinda apoyo al proceso de decisión a través de la empresa, debido a la flexibilidad, la ejecución de tiempo real, la retroalimentación y control de un extenso rango de procesos relacionados con la manufactura, un mejor encuentro con los requerimientos futuros del mercado.[6][7]

Un producto MES se alimenta en tiempo real y en línea de datos provenientes de otros sistemas (historiadores de proceso, HMI/SCADA, servidores OPC, bases de datos relacionales como Oracle, SQL Server, etc.), y los convierte en información para la toma de decisiones. Algunos de estos productos MES entregan sus resultados también a otros software como los sistemas conexos ERP (SAP, Baan, JDEdwards), Gestión de producción asistida por ordenador (GPAO), Sistemas Avanzados de Planeación (APS) y PGI. [8]

Trazabilidad como herramienta de control

El concepto de trazabilidad es definido como la asignación de un número serial a cada pieza que pasa a través de las estaciones de una línea de producción, con el fin de identificar el resultado de cada uno de los procesos. Éste concepto cobra vida a través de un sistema de información denominado *MES* el cual almacena automáticamente la información referente a los procesos realizados en una pieza. [3]

El Departamento de Pruebas (y en general la mayoría de los departamentos de la empresa) carece de una comunicación directa con el Sistema MES. Si bien, puede realizarse una comunicación intermedia (por medio de herramientas que permitan ésta conexión) entre el usuario final y *MES*:

- Existe una página alojada en la intranet de la empresa que permite conocer datos referentes a las estaciones de pruebas.
- Existen módulos que los técnicos de análisis y reparación utilizan para reportar en MES los resultados de las estaciones *offline* (que no impactan en producción).

Rolled Throughput Yield (RTY)

Cualquier actividad puede beneficiarse de algún sistema simple que provea de advertencia temprana de problemas inminentes y ayude a colocar prioridades en esfuerzos para mejorar la productividad y la calidad. Gráficas de control estáticas y gráficas de análisis de Pareto, han sido usadas para cubrir éstas necesidades por muchos años. Desafortunadamente, a menudo no es muy claro qué datos graficar o qué números utilizar en un análisis de Pareto. Rolled through-put yield, provee una valiosa herramienta para responder a estas necesidades. En términos generales, RTY estima la probabilidad que una unidad, ya sea un servicio o un producto físico, pase a través de un proceso libre de defectos. RTY es recomendado por los líderes de Six Sigma, Harry, Shroeder y Breyfogle porque éste parece estar altamente relacionado con scrap, retrabajo, garantía y satisfacción del cliente. [4]

Archivos CSV

El formato de archivo CSV (Valores Separados por Coma o Comma Separated Values en inglés) es usualmente usado para intercambiar información entre aplicaciones distintas, ver Figura 1. Éste formato utilizado por Microsoft Excel se ha convertido en un pseudo standard dentro de la industria incluso entre las plataformas que distintas a Microsoft. A partir del surgimiento de XML, CSV como la mayoría de formatos de intercambio de información se han convertido en un legado de formato.

A pesar de que éste formato es ampliamente usado por aplicaciones de negocios como aplicaciones científicas, aun no existe una especificación del formato CSV universalmente aceptada (aunque existen estándares abiertos que intentan brindar una descripción del formato como el estándar *CSV-1203*). [5]

```
Temporal, IDType, Dia Hora, Orden, Estacion, Material, TestPlan, Version, TestID, Valor, Descripcion,
A010D7AD4, T76_SMD, 15/11/2012 07:18:57, t76_semi_052, T76 ICT_L01S01, A2C7329570000, T76 ICT, 17,
A010D7B0F, T76_SMD, 15/11/2012 07:38:56, t76_semi_052, T76 ICT_L01S01, A2C7329570000, T76 ICT, 17,
A010D7B4F, T76_SMD, 15/11/2012 08:02:36, t76_semi_052, T76 ICT_L01S01, A2C7329570000, T76 ICT, 17,
A010D7B63, T76_SMD, 15/11/2012 08:08:16, t76_semi_052, T76 ICT_L01S01, A2C7329570000, T76 ICT, 17,
A010D7BB9, T76_SMD, 15/11/2012 09:02:42, t76_semi_052, T76 ICT_L01S01, A2C7329570000, T76 ICT, 17,
A010D7C17, T76_SMD, 15/11/2012 09:41:19, t76_semi_052, T76 ICT_L01S01, A2C7329570000, T76 ICT, 17,
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Temporal	IDType	Dia Hora	Orden	Estacion	Material	TestPlan	Version	TestID
2	A010D7AD4	T76_SMD	15/11/2012 07:18	t76_semi_052	T76 ICT_L01S01	A2C7329570000	T76 ICT	17	44
3	A010D7B0F	T76_SMD	15/11/2012 07:38	t76_semi_052	T76 ICT_L01S01	A2C7329570000	T76 ICT	17	116
4	A010D7B4F	T76_SMD	15/11/2012 08:02	t76_semi_052	T76 ICT_L01S01	A2C7329570000	T76 ICT	17	186
5	A010D7B63	T76_SMD	15/11/2012 08:08	t76_semi_052	T76 ICT_L01S01	A2C7329570000	T76 ICT	17	186
6	A010D7BB9	T76_SMD	15/11/2012 09:02	t76_semi_052	T76 ICT_L01S01	A2C7329570000	T76 ICT	17	85
7	A010D7C17	T76_SMD	15/11/2012 09:41	t76_semi_052	T76 ICT_L01S01	A2C7329570000	T76 ICT	17	126

Figura 1 Archivo CSV visualizado en una hoja de cálculo

Tiempo de Análisis (STOCK)

El usuario realiza una consulta en la aplicación de escritorio, y ésta envía una petición al sistema MES (en el cual se almacena la información con respecto a la trazabilidad de las piezas). Una vez que MES manda una respuesta, la aplicación genera la métrica solicitada por el usuario, mostrando de manera gráfica el resultado.

A su vez, la aplicación almacena la información en formatos CSV y HTML, para su posterior consulta. (Figura 2)

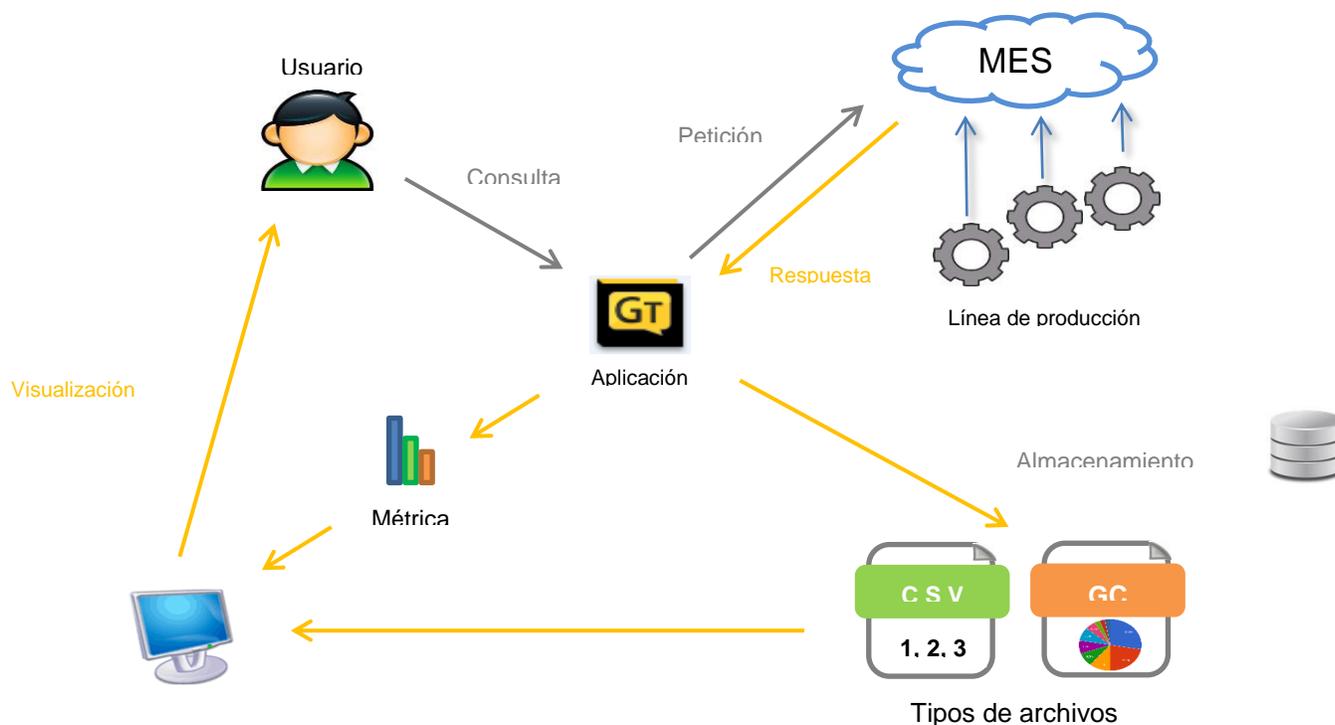


Figura 2 Sistema generador de métricas

Diagrama de flujo de Analysis & Repair

Existen distintos tipos de fallas que pueden producirse durante un proceso. Como se observa en la figura 3, cuando se produzca un error en la estación de prueba, la pieza debe analizarse para determinar qué tipo de falla presenta o si es que ésta tiene reparación. En algunas ocasiones, no existe ningún problema con la pieza, sino que hubo un caso especial en el probador, en este caso se determina que la falla es *falsa* de manera que la pieza debe volver a la línea de producción. Cuando las fallas no son reparables, o la pieza queda obsoleta mientras se repara, debe ser desechada y reportada en el sistema como *SCRAP*. Existe un límite de tiempo preestablecido para darle solución a las fallas producidas. Si transcurre este tiempo sin que la pieza haya sido analizada, se dice que la pieza está dentro de *STOCK*. De igual manera, si una pieza ya cuenta con un análisis, pero no existe una acción inmediata después de éste, dicha pieza también se encuentra en *STOCK*.

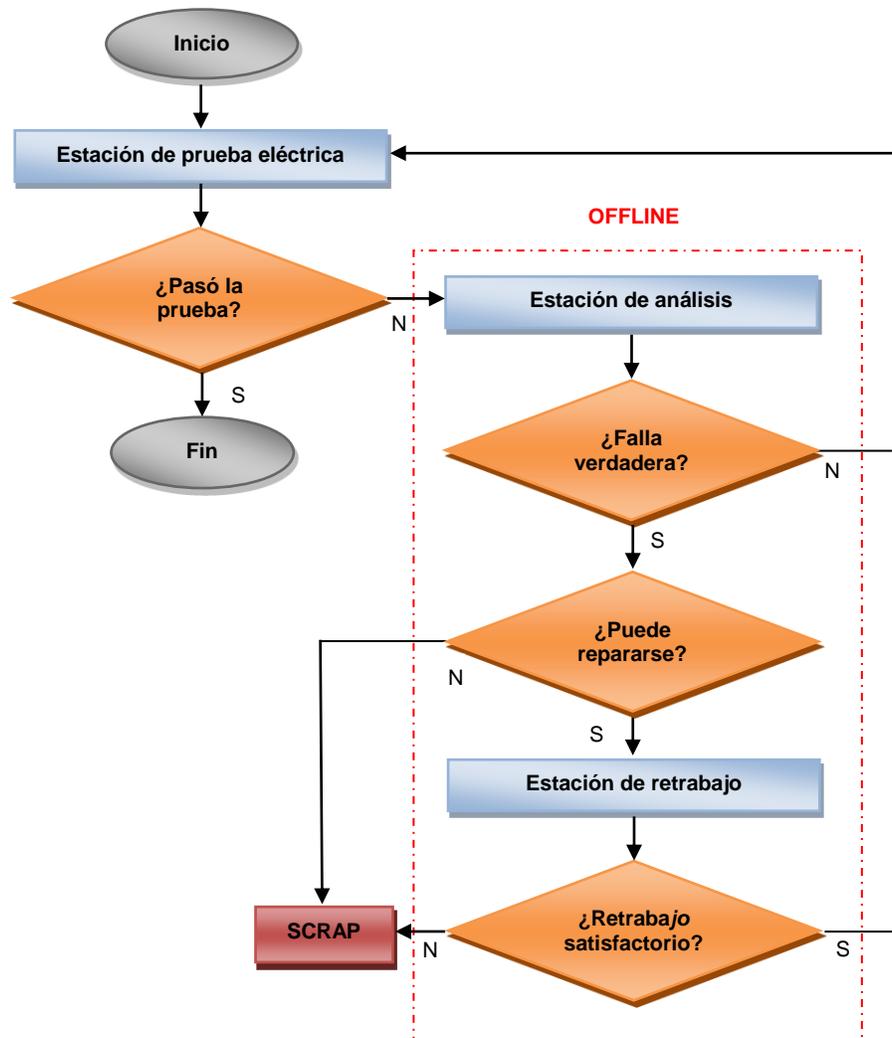


Figura 3 Diagrama de flujo de failure/analysis de piezas de estaciones de pruebas

Resultados

En la figura 4 se puede observar la interfaz de la herramienta computacional generada en el presente trabajo. Además se muestran en las tablas 1,2 y 3 los rangos establecidos para cada una de las métricas y el peso que les fue asignado. Los resultados fueron satisfactorios ya que se obtuvo información de relevancia de pudo detectar las fallas de las pruebas a los producto eléctricos.

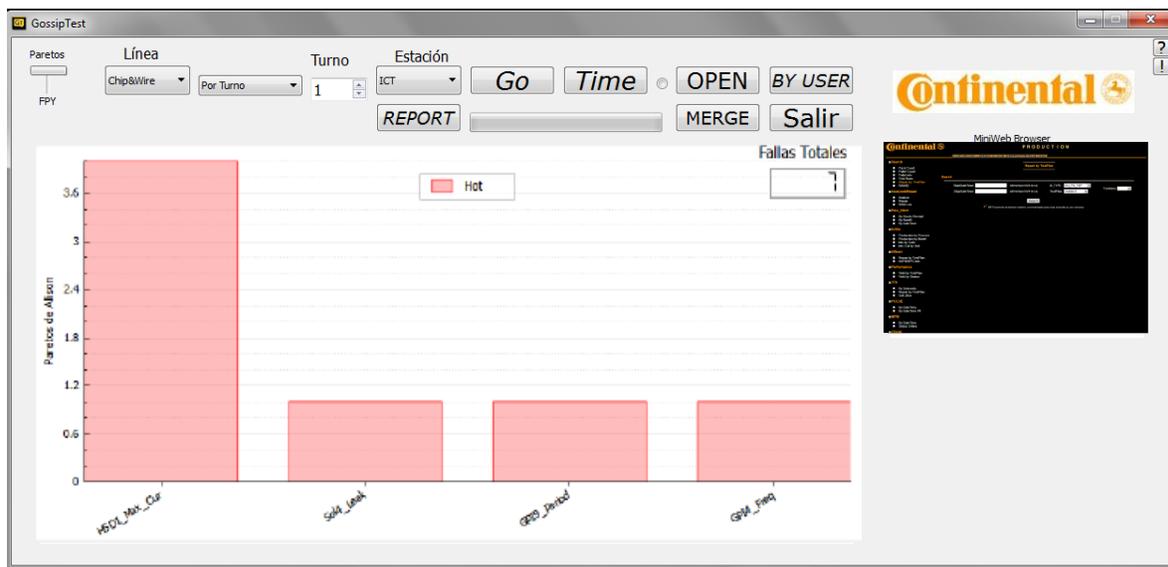


Figura 4 Interfaz del sistema generador y consultas de métricas

En base a estadísticas obtenidas mediante pruebas en el sistema, se obtuvo como resultado un 50% de mejora del control de la calidad.

Stock

La cantidad de piezas de Stock depende del número de fallas sin análisis. Esta métrica es monitoreada cada día, pero se evalúa cada semana.

Tabla 1: Parámetros de métrica Stock

Métrica	Cantidad	Nivel
Stock	0 piezas	Óptimo
	1 - 5 piezas	Aceptable
	6 o más piezas	Crítico

RTY

El RTY es un indicador global de una línea de producción (así como de cada estación de pruebas) mostrado mediante una cifra. Al igual que el Stock, esta métrica es monitoreada por períodos de tiempo cortos, pero es evaluada cada semana.

Tabla 2: Parámetros de métrica RTY

Métrica	Cantidad	Nivel
RTY	X > 98	Óptimo
	96 - 98	Aceptable
	X < 96	Crítico

PARETO

Esta métrica es relevante para monitorear el número de fallas ocurridas sometidas a un límite de tiempo (dicho límite suele ser un turno de 8 horas). A menos de que la estación de prueba se haya desestabilizado, no se verá impacto mayor semanalmente.

Cuando una línea no es estable o comienza a desestabilizarse, lo esperado es que exista una falla indicadora (es decir, la falla que más veces ocurre). Pero es posible que se susciten hasta dos fallas de éste tipo.

Tabla 3: Parámetros de métrica *Paretos*

Métrica	No. Indicadores	Cantidad	Nivel
Pareto	0	-	Óptimo
	1	X < 10	Esperado
		X >= 10	Crítico
	2	X1 + X2 < 10	Esperado
		X1 + x2 >= 10	Crítico

Una vez obtenido un alto nivel funcional del sistema, se realizó una presentación del departamento de Pruebas de la empresa *Continental de Cuautla*, donde se impartió una demostración de las herramientas que brinda y se les proporcionó a los usuarios.

A partir de dicha liberación del software, se estableció un tiempo aproximado de un mes para detectar posibles bugs, así como determinar sugerencias que permitieran hacer más cómoda la experiencia de interacción del usuario con el software. Cuando transcurrió el mes de prueba, se recolectaron todas las peticiones por parte de los usuarios, y se sometieron a una evaluación, eligiendo los cambios que podrían implicar una mejora significativa tanto en interacción como en la parte funcional. Así mismo, se corrigieron algunos bugs que hasta la fase de evaluación del sistema, no pudieron ser detectados.

Después de efectuar las correcciones y las mejoras, se realizó una actualización del sistema. El sistema realizado en éste proyecto, fue elegido para llevar a cabo las mediciones de las métricas del departamento de Pruebas de Powertrain durante el año 2013.

Debido al alto impacto que el sistema tiene en el departamento donde se desarrolló (así como impacto indirecto en otros departamentos), se demuestra que los sistemas de consulta de desempeño, pueden ser aplicados a aquellos sectores de la industria donde se tenga implementado algún sistema de trazabilidad; y de ésta manera ser una herramienta que aumente la eficiencia de las tareas de recolección de información.

Referencias

1. R. Zamacona, Lic. Tesis, Universidad de las Américas Puebla, 2003.
2. Hansen y Mowen, Administración de costos contabilidad y control. México 2000.
3. Elise Golan, Barry Krissoff, Fred Kuchler, Linda Calvin, Kenneth Nelson, and Gregory Price Traceability in the U.S. Food Supply: Economic Theory, United States Department of Agriculture (USDA) Economic Research Service Agricultural Economic Report Number 830
4. Spencer Graves Six Sigma Rolled Throughput Yield Quality Engineering Volume 14, Issue 2, 2002
5. Gutiérrez Pulido, H. D. (s.f.). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México, DF: Mc Graw Hill.
6. Gartner Group y CXP (2004). “Jusqu’en 2008: évolution des ERP, PGI et SCM”. Convergence Informatique Et Industrie: Cap Sur L’entreprise Industrielle Intégrée. Paris
7. Salvendy Gavriel (2001) “Handbook of Industrial Engineering. Technology and Operations Management” 3rd edition. Institute of Industrial Engineering. pp. 1782 – 1787
8. Sepúlveda José (2004). “MES: Sistemas de ejecución de manufactura. Administrando la producción”. Revista Electroindustria, Octubre.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) APLICADOS EN LA INGENIERÍA

A. Suárez, C. Astudillo

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua- msuarez@tlaloc.imta.mx; xitlae@gmail.com

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Mor

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen- Cada vez cobra mayor importancia el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en los centros de investigación, educativos y laborales. Los SIGs son herramientas diseñadas para la ubicación y despliegue de información espacial como el ESRI ArcGIS que es el más conocido pero también costoso. Existen otros, que cumplen con este fin como el GRASS GIS, GvSIG, Idrisi TAIGA, GeoMedia, Open JUMP y Sextante. Los ejemplos presentados en este trabajo se realizaron con el software ArcGIS en su categoría ArcViwe 9.3, y están relacionados con la ingeniería civil específicamente en hidrología, como: delimitación de información de una zona específica; ubicación de zonas de riesgo, elaboración de mapas; filtrado de datos; elaboración de líneas de igual magnitud; generación de polígonos y compatibilidad con Google Earth, entre otros. Como conclusión se destaca que el uso de los SIG facilita el análisis de información y agiliza la obtención de resultados. La consulta del uso, herramientas y aplicaciones se obtuvieron de la página <http://www.esri.com>

Introducción

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una nueva tecnología diseñada para la ubicación y despliegue de información espacial, lo que ayuda a disponer inmediatamente de la información, permitiendo un mejor análisis de la misma, obteniendo mejores resultados y contestando preguntas de modo inmediato.

En este artículo se presentan ejemplos diversos en los que se utilizan los SIG en la gestión integrada de los recursos hídricos.

Fundamentos teóricos

Los datos del SIG pueden representar infraestructura de carreteras, obras hidráulicas, estaciones climatológicas, áreas de usos del suelo, líneas de igual magnitud (elevaciones, presiones, temperaturas y de lluvias) por citar algunas. Para su fácil acceso y análisis, los datos se almacenan en un raster (imagen digital representada en mallas) o de forma vectorial (información representada en vectores).

En el mercado hay gran variedad de software que interpretan datos georeferenciados tales como:

- ESRI ArcGIS. Constituye un sistema integrado completo, que comparte la misma arquitectura de componentes (ArcObjects) con el fin de poder manipular, distribuir, crear y analizar la información geográfica, en él se puede realizar la visualización de datos espaciales a través de mapas, el análisis espacial, la manipulación y edición de shapfiles y geodatabases, también cuenta con algoritmos matemáticos que identifican la proximidad, conectividad y adyacencia de los objetos contenidos en el proyecto.
- GRASS GIS. Herramienta eficiente en análisis de datos geoespaciales, procesamiento de imágenes, mapas y modelos espaciales, que si bien es un programa dirigido a la gestión de terrenos y modelización, permite la integración de datos espaciales, procesamiento de datos raster, procedimientos de datos vectoriales, “sites” e imágenes satelitales, entre otras.
- GvSIG. Herramienta para efectuar análisis alfanuméricos con una componente espacial diseñado para capturar, almacenar, y manipular la información geográfica.
- Idrisi TAIGA. Paquete de software integrado para el análisis de imágenes y modelización temporal de sucesos con datos raster, orientado a la Teledetección y Fotointerpretación. Posee heramientas para el procesado de imágenes multiespectrales e hiperespectrales.
- GeoMedia®. Aplicación que se compone por instrumentos para capturar y corregir datos espaciales, agrega flexibilidad, adaptabilidad y productividad para recoger y modificar datos y bases de datos SIG. Permite hacer conexiones vivas a múltiples depósitos de base de datos GIS simultáneamente.
- Open JUMP. Sistema de información geográfico desarrollado bajo tecnología Java, Visualizador de datos.
- Sextante. Sistema de información geográfica orientado a facilitar el análisis espacial de la información forestal en los proyectos autonómicos, está desarrollado y distribuido como programa de código abierto bajo licencia GNU, General Public License (GPL).

Ejemplos de uso de Sistemas de Información Geográfica

Los ejemplos que a continuación se muestran fueron elaborados utilizando el software ArcGIS en su categoría ArcViwe 9.3. Estos ejemplos están relacionados con la delimitación de información de una zona específica; ubicación de zonas de

riesgo, elaboración de mapas; filtrado de datos; elaboración de líneas de igual magnitud; generación de polígonos y compatibilidad con Google Earth.

- ✓ Selección de información de una zona específica

Un GIS permite visualizar una zona de estudio así como los datos específicos de alguna variable dentro y fuera de la misma, el usuario podrá seleccionar los datos que necesite. En la figura se puede observar como de una zona grande (República mexicana) se seleccionaron sólo los datos que afectan a una zona pequeña (Morelos)

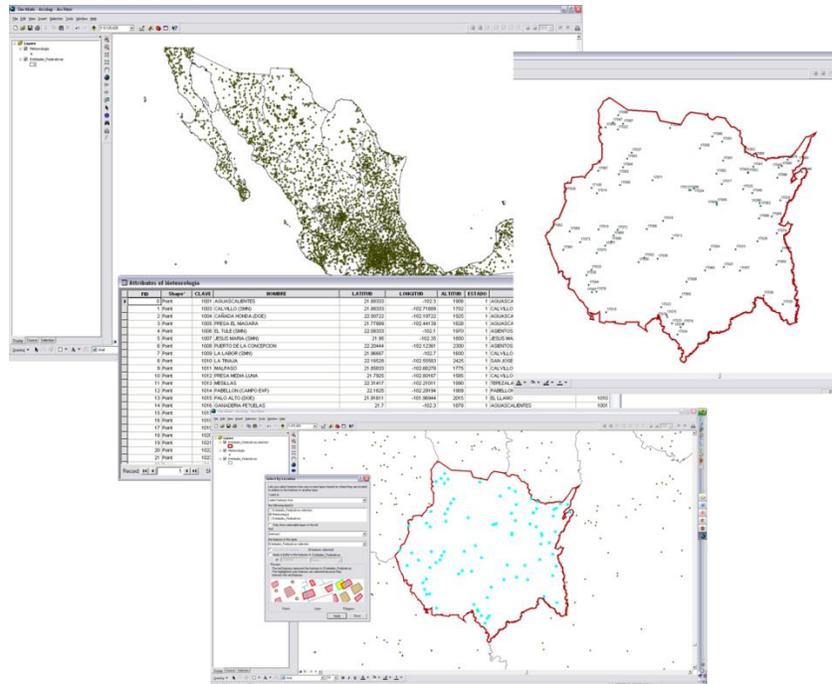


Figura 1. Selección de información de una zona específica

- ✓ Ubicación de zonas de riesgo.

Los SIG permiten ver de manera visual las zonas que podrían estar en riesgo ya sea de inundaciones, deslaves, huracanes, incendios, permitiendo manejar la información de manera general o al detalle en zonas específicas. En la figura se puede observar el estado de Campeche y un acercamiento de una zona de inundación en una de sus ciudades más grandes.

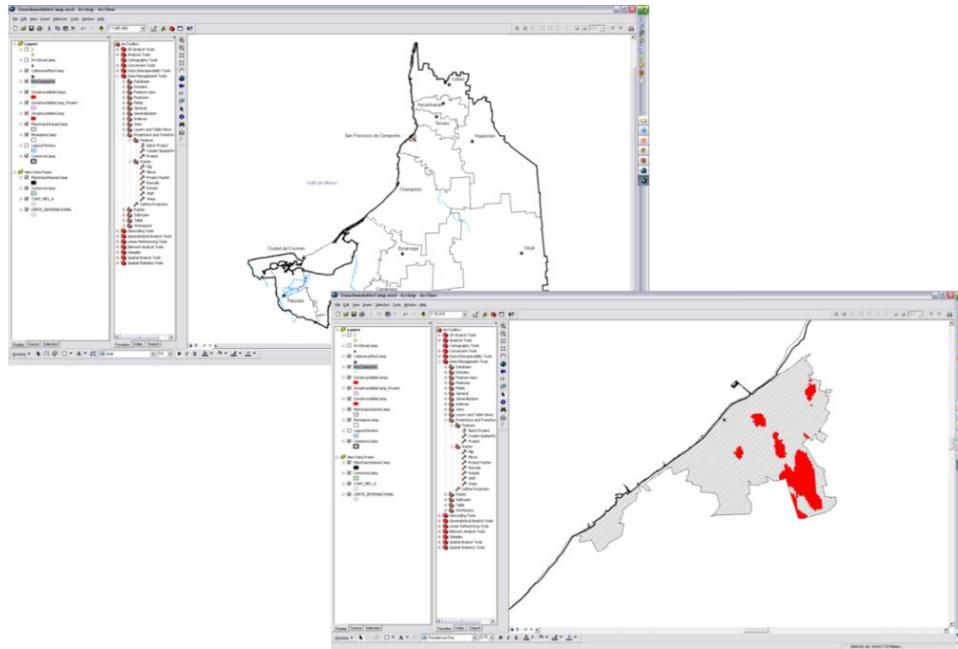


Figura 2. Visualización de una zona de riesgo

✓ Creación de mapas

Cuando se generan reportes de estudios realizados, o presentaciones de los mismos, es conveniente mostrar los resultados obtenidos de manera visual, los SIG pueden crear mapas que resumen la información a través de una simbología.

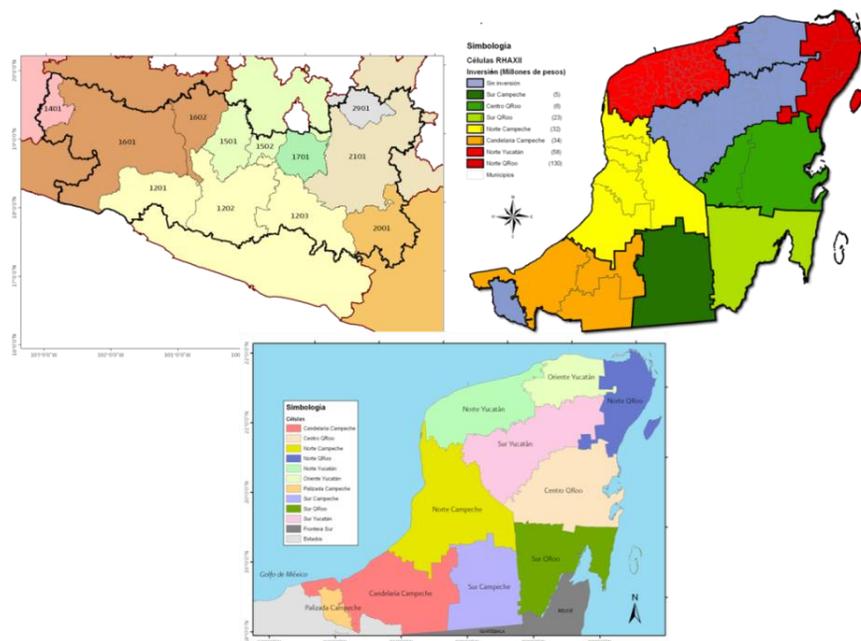


Figura 3. Mapas

✓ Filtros de información

Los SIG también permiten visualizar sólo información específica de algún tema indicado por el estudio realizado. En la figura se puede observar algunos municipios pertenecientes al Alto-Lerma, en donde se resaltan los municipios que están considerados en la cruzada contra el hambre.

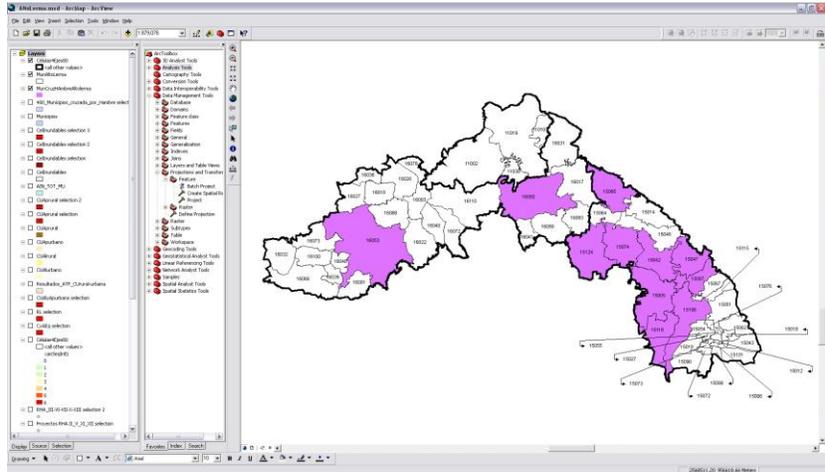


Figura 4. Selección de información a través de filtros

✓ Creación de isólinas

Con los SIG y teniendo la información correspondiente a la precipitación media anual de la zona en estudio, se pueden generar isólinas.

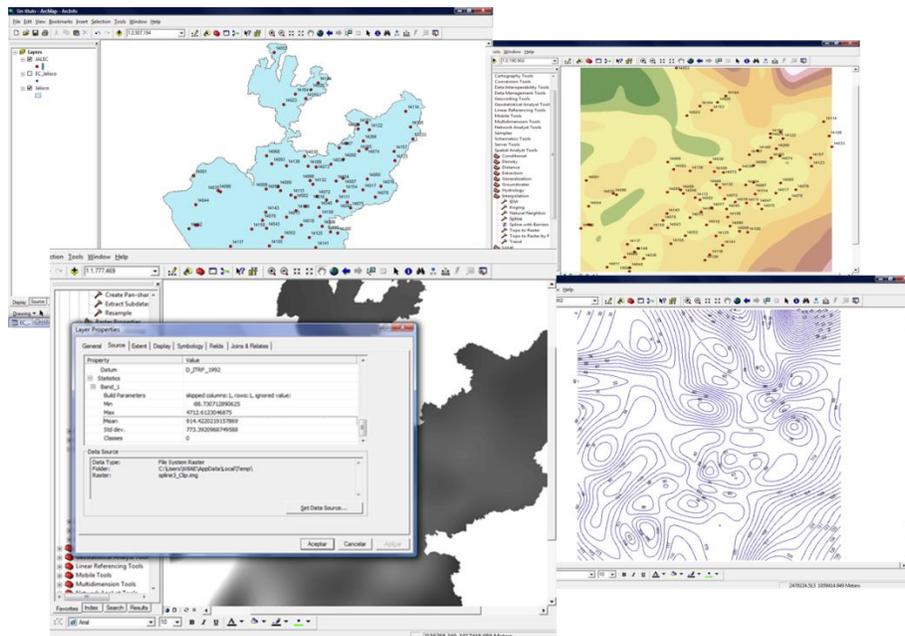


Figura 5. Generación de isoyetas

✓ Generación de polígonos de Thiessen
Algunas aplicaciones que manejan información geográfica cuentan con herramientas que permiten la generación de los polígonos de Thiessen, dicha información ayuda a determinar las zonas de mayor precipitación de acuerdo a información obtenida de estaciones climatológicas ubicadas dentro y alrededor de la misma.

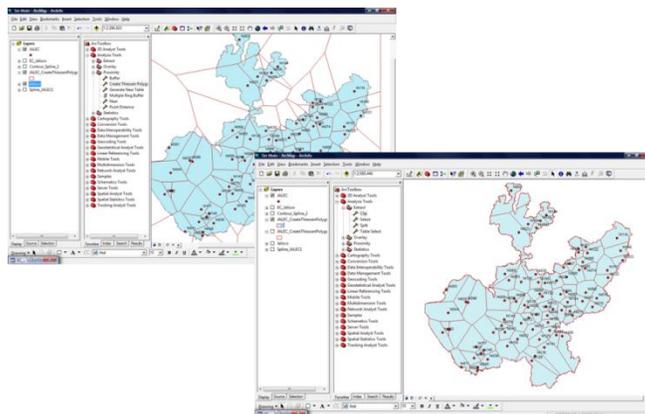


Figura 6. Generación de polígonos de Thiessen

✓ Compatibilidad con Google Earth
Los SIG permiten la interacción con Google Earth debido a que esta aplicación es utilizada para representar datos geográficos. Un shapefile de puntos, líneas o polígonos en ArcGIS puede ser transformado a un archivo kml para su visualización en Google Earth. Lo que facilitan la ubicación y visualización de la información que se desea desplegar, permitiendo dar mejor contexto del punto objetivo y por tanto, una mejor toma de decisiones.

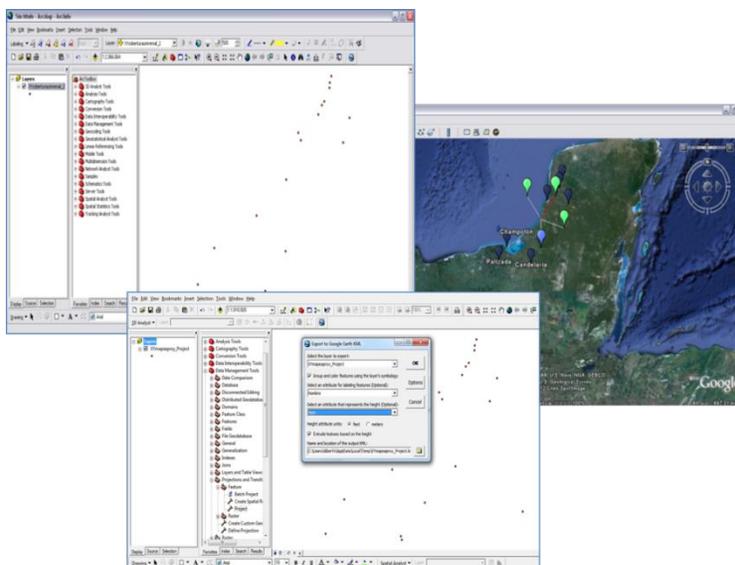


Figura 7. Visualización de archivo shapefile con geometría de puntos en Google Earth

Resultados

Con los SIG se pueden obtener resultados de:

- ✓ Zonas susceptibles a inundaciones
- ✓ Rutas de evacuación
- ✓ Ubicación de proyectos específicos
- ✓ Delimitación de cauces de ríos
- ✓ Delimitación de zonas federales o zonas de reserva
- ✓ Ubicación de infraestructura hidráulica como presas, PTAR
- ✓ Filtrado de información como de municipios, localidades o estados.
- ✓ Mapas semáforo de variables de interés como por ejemplo sequías

Conclusiones

El uso de los SIG facilita el análisis de información y agiliza la obtención de resultados. Existen actualmente diferentes aplicaciones que permiten la consulta y el análisis de información georeferenciada, la selección del mismo depende del tipo de estudio realizado.

Agradecimientos

Se expresa el agradecimiento a los doctores Javier Aparicio Mijares y Carlos Patiño Gómez del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, por haber proporcionado las facilidades para difundir los trabajos realizados en la subcoordinación de Gestión Integrada del Agua. El software, las imágenes y los resultados expuestos son propiedad del Instituto.

Referencias

1. Clark Labs, C. U. (2012). Clark Labs. Recuperado el Enero de 2013, de <http://www.clarklabs.org/products/idrisi.cfm>
2. ESRI. (s.f.). ESRI. Recuperado el Enero de 2013, de <http://www.esri.com/>
3. Group, I. C. (2013). INTERGRAPH. Recuperado el Enero de 2013, de <http://geospatial.intergraph.com/products/GeoMedia/Details.aspx>
4. gvSIG, G. (s.f.). Recuperado el Enero de 2013, de gvSIG: <http://www.gvsig.org/web/>
5. Sarria, F., & Palazón ferrando, J. A. (Septiembre de 2004). Software libre para GIS. Recuperado el 6 de Enero de 2013, de [http://es.scribd.com](http://es.scribd.com: http://es.scribd.com)
6. SL, C. (2011). Open Jump. Obtenido de <http://www.openjump.org/>

7. TodoSIG.ES, G. (s.f.). TodoSIG.ES. Recuperado el Enero de 2013, de <http://www.todosig.es/programas-sig.html>
8. Suárez – L. Peñuela – C. Astudillo. Metodología para la ubicación y consulta de proyectos en Google Earth utilizando los Sistemas de Información Geográfica. XXII Congreso Nacional de Hidráulica, Acapulco, Guerrero, México, noviembre 2012.
9. Suárez –C. Astudillo. Metodología para definir rutas de evacuación ante la presencia de inundaciones. XXI Congreso Mexicano y VI Congreso Internacional de Meteorología. Mérida, Yucatán, noviembre 5, 2012
10. Suárez –C. Astudillo. Desarrollo del Módulo “ISOLÍNEAS” en ArcGIS. Aplicación “Cálculo de isoyetas en el estado de Guerrero”. V Congreso Internacional de Meteorología y XX Congreso Mexicano de Meteorología. Acapulco, Guerrero, noviembre 2011.

MAPEO DE CONSULTA VISUAL A TEXTUAL EN VXQUERY

**F.J. Cartujano Escobar¹, M. Ménez Esquivel¹, C. Noguero González¹,
H. Flores Salazar¹ y C.G. Bustillos Gaytán¹.**

¹*Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos, México –
javier.cartujano@gmail.com; madaimenez@gmail.com; cnoguero@gmail.com;
homero_f18@hotmail.com; clayhab@yahoo.com.mx*

Área de participación: *Ciencias de la Computación*

Resumen – Actualmente XML se ha convertido en el formato universal para representar e intercambiar datos en el Web. La idea básica de XML es muy simple: en lugar de definir etiquetas que definen el formato de los datos, se establecen etiquetas que definen el significado de los datos. Establecido de esta forma, un documento XML puede ser visto como una base de datos. Debido a esta similitud con las bases de datos, se han desarrollado lenguajes para consultar documentos XML, tales como XQuery y XPath. Dichos lenguajes son textuales y requieren de personas con experiencia en programación. Por otro lado, los lenguajes visuales han surgido como una alternativa para desarrollar programas de computadoras más fácilmente aún por personas sin experiencia en programación. El presente artículo describe el proceso de transformar una consulta visual a su equivalente consulta textual en la herramienta VXQuery, una herramienta que nos permite consultar documentos XML mediante el lenguaje visual VXQuery.

Introducción

XML ha emergido como una solución tecnológica para representar e intercambiar datos en Internet. La idea básica de XML es muy simple: en lugar de definir etiquetas que definen el formateo de los datos (como en HTML), se establecen etiquetas que definen el significado de los datos.

El propósito fundamental de XML empieza a ser claro si uno piensa en las etiquetas de marcado como campos de una base de datos [1]. Es decir, un documento XML permite almacenar la información que deseemos, similar a una base de datos, pero con la versatilidad de estructurar dicha información como la necesitemos. Esta forma de ver a un documento XML proporciona un formato universal para almacenar casi cualquier tipo de dato.

Teniendo claro que un documento XML puede ser visto como un repositorio de datos, es necesario tener lenguajes de consulta que nos permitan consultar documentos XML para extraer, sintetizar y analizar su contenido.

Actualmente los lenguajes que han sido establecidos como lenguajes estándares para consultar documentos XML son: XPath y XQuery. Las versiones actuales de XPath y XQuery son la 2.0 y la 1.0 respectivamente [2] [3].

XQuery ha sido diseñado con un poder de recuperación bastante grande. Es también extremadamente flexible para consultar un amplio espectro de fuentes de información XML, incluyendo documentos estructurados y no estructurados. Las personas que hagan uso de este lenguaje necesitan de un nivel de programación medio. De aquí, la necesidad de tener un lenguaje más sencillo de utilizar pero con características similares de recuperación.

Por otro lado, podemos definir a la programación visual como el uso de información visual en el proceso de programación y donde la especificación del programa se efectúa a través de manipulaciones espaciales de elementos visuales en la pantalla [4]. Los elementos visuales pueden formar expresiones visuales tales como iconos, diagramas, gráficos o formas.

La programación visual ha sido un área de investigación activa en los últimos años resultando en muchos lenguajes de programación visual [5]. Tales lenguajes pueden sustituir a los lenguajes convencionales de programación. Actualmente, los lenguajes de programación visual son cada vez más comunes en varios dominios [6].

El presente artículo describe el diseño de la herramienta computacional que implementa el lenguaje visual VXQuery [7]. Tal herramienta permite editar una consulta visual de acuerdo a la especificación de VXQuery y generar una consulta equivalente en XQuery. La expresión generada es ejecutada por un motor de consulta XQuery. Lo reportado en este escrito se enfoca en la transformación de la consulta visual en VXQuery a la consulta textual en XQuery.

Antecedentes

En esta sección se establecen los antecedentes del presente proyecto de investigación. Primeramente se da una breve descripción del lenguaje XQuery. Posteriormente se describe de manera general al lenguaje VXQuery.

XQuery

Las expresiones más comunes en XQuery son las siguientes: expresiones de trayectoria, elementos constructores, expresiones FLOWR, expresiones condicionales y expresiones involucrando operadores y funciones.

Las expresiones de trayectoria nos permiten definir una ruta desde cualquier elemento origen a un elemento destino dentro del árbol que define a un documento XML. Cada elemento de la ruta es separado por "/". Un ejemplo de expresión de trayectoria es la siguiente: /bib / book/ title.

Los elementos constructores nos permiten generar nuevos elementos. Una forma de generar un nuevo elemento es embeber los elementos directamente en una consulta usando notación XML. Un ejemplo es mostrado en la Figura 1a.

<pre><emp noEmp = "123"> <nombre> Carlos Ramírez </nombre> <trabajo> Químico </trabajo> </emp></pre> <p style="text-align: center;">a)</p>	<pre>FOR \$b IN document("biblio.xml") //book WHERE \$b/publisher = "Prentice Hall" AND \$b/year >= "2000" RETURN <book> {\$b/@year}{\$b/title} </book></pre> <p style="text-align: center;">b)</p>
--	---

Figura 1. Ejemplos de expresiones en XQuery

Es posible utilizar una expresión XQuery que sea evaluada dentro de un elemento constructor. Para hacerlo la expresión XQuery debe ir entre llave ({}). Esto indica que la expresión deber ser evaluda y no tratada como texto.

La expresión más representativa en XQuery es la expresión **FLOWR** (pronunciada como "flower"). Esta expresión está constituida por los estatutos **FOR**, **LET**, **ORDER BY**, **WHERE** y **RETURN**.

La cláusula **FOR** nos permite hacer iteraciones. En cada iteración se recupera y se ata, a una variable auxiliar, cada uno los elementos que forman al resultado de evaluar una expresión. Posteriormente, dicha variable puede ser manipulada de la forma que se desee.

LET también me permite atar a una variable el resultado de una expresión. A diferencia de la cláusula **FOR**, el **LET** ata a la variable todo el conjunto de valores regresados por la expresión, sin iterar sobre cada uno de los elementos del resultado.

Cada elemento considerado en una de las iteraciones del **FOR** puede ser filtrado. Esto se hace por medio de la cláusula **WHERE**, la cual establece una condición que decide si el elemento se selecciona o se descarta.

La cláusula **RETURN** genera el resultado de la expresión **FLOWR**, siendo éste una secuencia de nodos o un valor escalar. La cláusula **RETURN** es ejecutada por cada elemento generado por la cláusula **FOR** que satisface la cláusula **WHERE**. La cláusula **RETURN** puede contener elementos constructores, referencia a variables atadas por el **FOR** o **LET**, o subexpresiones. Cada resultado generado por la cláusula **RETURN** es concatenado preservando su orden.

Un ejemplo de expresión FLWR es mostrado en la Figura 1.b. La consulta lista los títulos de libros publicados por "Prentice Hall" a partir del año 2000.

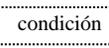
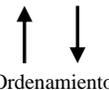
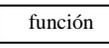
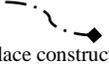
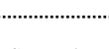
Si deseamos ordenar un conjunto de nodos utilizamos la función *ORDER BY*

XQuery provee una variedad de operadores que puede ser usado en expresiones, tales como operadores aritméticos (+, -, *, div, mod), operadores relacionales (=, !=, ==, >, <, >=, <=) y operadores lógicos (or, and y la función not()).

Descripción de VXQuery

El lenguaje visual propuesto para consultar documentos XML, el cual ha sido bautizado con el nombre VXQuery, tiene los elementos de construcción visual mostrados en la Tabla 1. Para una mayor referencia del lenguaje ver [7].

Tabla 1: Elementos visuales definidos en VXQuery

Elemento Visual	Descripción
	Representa a un elemento del documento XML.
	Representa a un atributo de un elemento del documento XML.
	Establece una expresión lógica a cumplir por el elemento XML.
	Enlaza dos elementos visuales para establecer la jerarquía entre elementos de la consulta visual.
	Establece el ordenamiento del resultado de la consulta. Flecha hacia arriba: ascendente, flecha hacia abajo: descendente.
	Establece un operador relacional, aritmético o lógico dentro del triángulo para aplicarlo a elementos del documento XML.
	Permite establecer una serie de funciones predefinidas tales como distinct, exists y las de agregación, entre otras.
	Selecciona elementos visuales que estarán presentes en el resultado de la consulta.
	Separa el espacio visual de la consulta en la sección de especificación y la sección de construcción del resultado.

```

<?xml version="1.0" ?>
<bd>
  <tabla_s>
    <tupla_s>
      <snum> ... </snum>
      <nombre> ... </nombre>
      <status> ... </status>
      <ciudad> ... </ciudad>
    </tupla_s>
    .....
  </tabla_s>
  <tabla_p>
    <tupla_p>
      <pnum> ... </pnum>
      <nombre> ... </nombre>
      <color> ... </color>
      <peso> ... </peso>
    </tupla_p>
    .....
  </tabla_p>
  <tabla_sp>
    <tupla_sp>
      <snum> ... </snum>
      <pnum> ... </pnum>
      <cantidad> ... </cantidad>
    </tupla_sp>
    .....
  </tabla_sp>
</bd>
    
```

Figura 2: Documento XML que representa una base de datos referente a proveedores partes y embarques.

Diseño

En el presente trabajo se describe principalmente el proceso de transformar una consulta visual en VXQuery en su correspondiente consulta equivalente en XQuery, por lo que el diseño se centra en esta funcionalidad. Para mostrar dicha transformación se establecen una serie de ejemplos, los cuales toman como referencia el documento XML mostrado en la Figura 2.

Estructura de datos

La estructura de datos principal para representar internamente a la consulta visual es un árbol multicamino. En la Figura 3.a se muestra un diagrama de clases de dicho árbol.

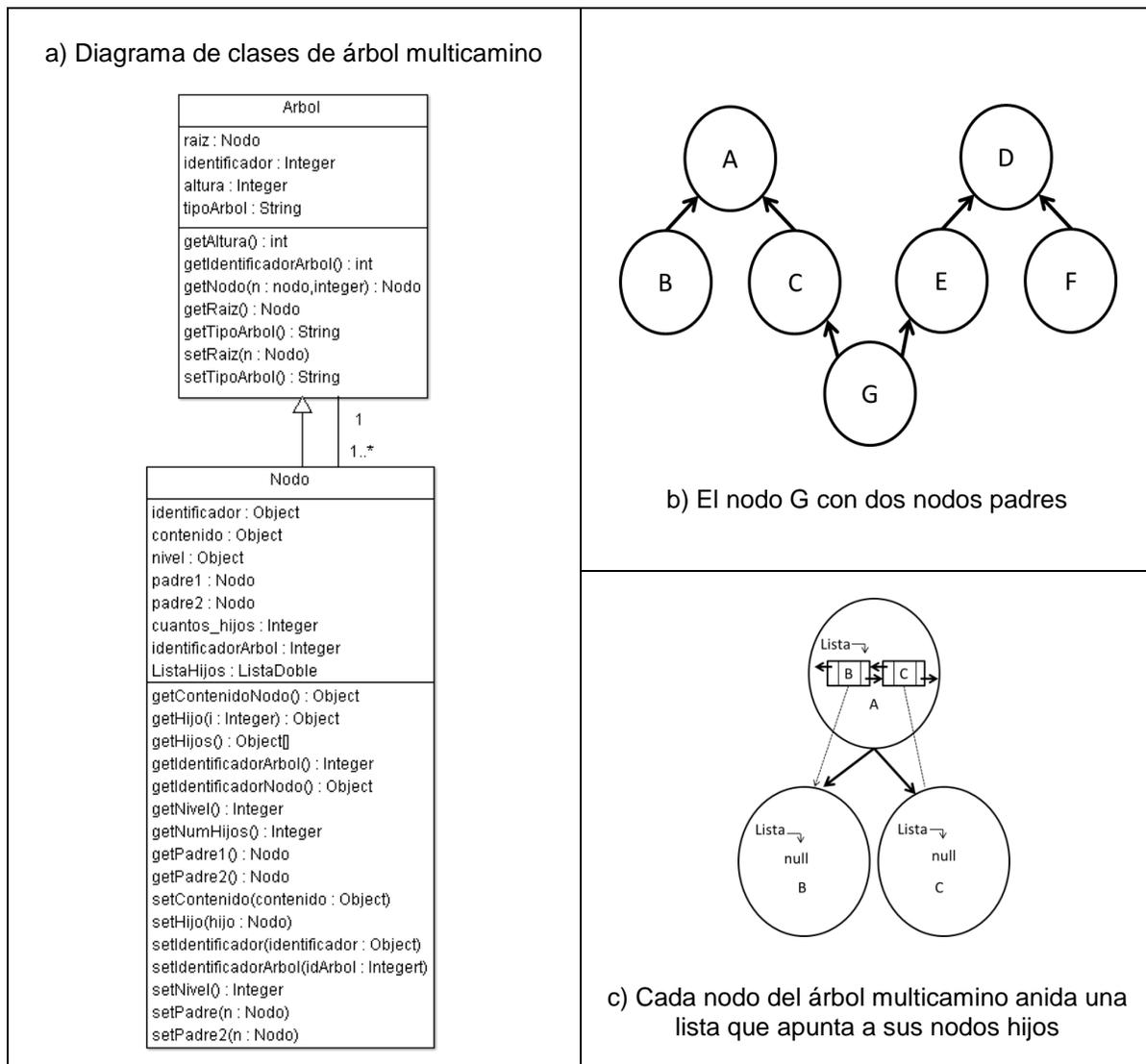


Figura 3. Estructuras de datos utilizadas en VXQuery

En cuanto a los atributos y métodos del árbol mostradas en la Figura 3.a, la gran mayoría son autos descriptivos, así que únicamente se explican aquellos que se considera necesario hacerlo.

Atributos de la clase Árbol

Raíz: El nodo raíz es utilizado para referirse a un árbol. Cada árbol cuenta con un solo nodo raíz.

- **Tipo árbol:** Debido a que la definición de una consulta visual está compuesta por 2 secciones es necesario saber que árboles se encuentran en cada sección. Así que el *tipo de árbol* dependerá de la sección en la que esté ubicado dicho árbol. Es decir, si el árbol está ubicado en la sección de construcción del resultado el *tipo de árbol* será “Árbol Resultado”, ahora bien si dicho árbol está ubicado en la sección de especificación el *tipo de árbol* será “Árbol Principal”.

Atributos de la clase Nodo

- **Identificador:** Cada nodo posee un identificador único que no se repite en cualquier otro árbol. Lo cual quiere decir que no habrá ningún nodo repetido en todos los árboles existentes.
- **Contenido:** El contenido no es más que la etiqueta de cada nodo.
- **Nivel:** Se define para cada nodo del árbol como la distancia entre este y la raíz. El nivel de la raíz es 0.
- **Padre 1 y Padre 2:** En algunas ocasiones será necesario unir dos o más árboles. Para este caso en particular un nodo podrá apuntar a dos padres, de otro modo cada nodo solo apunta a un único padre. Ver Figura 3b.
- **Lista de Hijos:** Cada Nodo tendrá anidada una estructura de datos de tipo lista doblemente ligada, la cual apunta a todos sus nodos hijos. Ver Figura 3c.

Métodos de la clase Nodo

Existen dos formas para obtener los hijos de cada nodo. La primera forma es obtener todos sus hijos con la operación *getHijos()*. Esta operación regresará un *array* con todos los hijos del Nodo. La segunda forma es obtener un solo hijo. Esto se logra haciendo uso de la operación *getHijo(i)* donde *i* representa el número de hijo. Esto es útil cuando se conoce el número de hijo.

Proceso de transformación de la consulta Visual a XQuery

Para explicar el proceso de transformación de la consulta visual a XQuery, primeramente se describe una estrategia de transformación general que se aplica en todas las consultas. Posteriormente se establecen una serie de ejemplos, cada uno de ellos estableciendo un caso a particular en el proceso de transformación y describiendo para dicho caso particular, el proceso adicional que se debe realizar a la transformación genérica. Dichos ejemplos son establecidos de acuerdo al modelo de datos XML de la Figura 2. Finalmente, se establece un pseudocódigo del algoritmo genérico de todo el proceso de transformación.

Esquema general para transformar la consulta visual a XQuery

Como parte inicial de nuestro análisis, se recuerda que toda consulta visual está formada por dos secciones principales: (1) la sección de especificación y (2) la sección de construcción del resultado [8]. De manera general, primeramente se accede a la sección de construcción del resultado y se obtiene el nodo raíz del árbol asociado a dicha sección. Tal elemento raíz representa la etiqueta a generar que contendrá a todo el resultado. Además, a partir de dicho nodo se recorre cada nodo del árbol hasta encontrar un nodo que se enlaza a su segundo padre por medio de un enlace de tipo constructor, dicho segundo padre representa a la expresión de especificación. De dicho árbol se localiza la raíz y a partir de ahí se recorre todos los nodos hasta encontrar un nodo que tenga dos hijos, tal recorrido permite generar la expresión XPath asociado a la cláusula *for* de la expresión FLWOR de XQuery. Posteriormente se busca en el árbol uno o más nodos condición, los cuales permiten generar la cláusula *Where* de la expresión FLWOR. A continuación se busca en el árbol de construcción si existe un nodo de ordenación, si es así se genera la cláusula *Order By*. Finalmente, en el árbol de construcción se buscan todos los nodos que están ligados con los árboles de la sección de especificación, ya que estos son los elementos que serán generados dentro de la cláusula *return*.

Ejemplos:

Consulta 1: Obtener embarques cuya cantidad este entre 500 y 750.

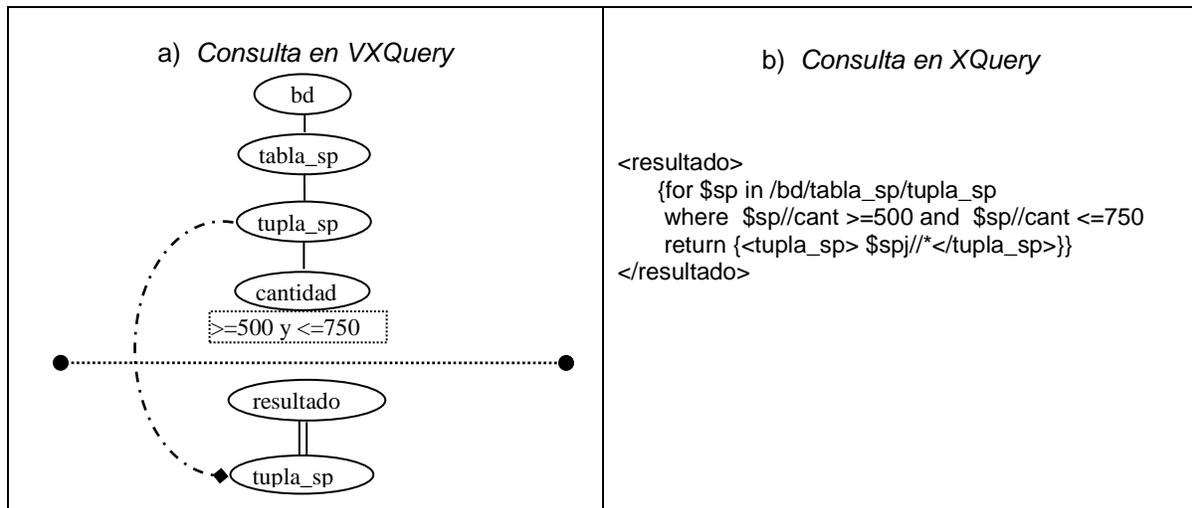


Figura 4. Ejemplo de consulta genérica.

Para la expresión visual de la Figura 4, se genera una expresión XPath `/bd/tabla_sp/tupla_sp`, la cual es la ruta definida en el *for* de la expresión FLOWR. Cabe aclarar que el elemento *tupla_sp* tiene dos nodos hijos (cantidad y *tupla_sp*, éste último de la sección de construcción) por lo que dicha expresión XPath queda definida hasta dicho elemento. La cláusula *where* se genera al obtener la condición establecida en el nodo condición (≥ 500 y ≤ 750). La expresión de

construcción define un elemento resultado que anida a un elemento *tupla_sp*, por lo tanto el *return* se genera con una estructura que anida a dichos elementos.

Consulta 2: Obtener el número de proveedor y estatus de aquellos proveedores que vivan en París. Ordenar por estatus en orden descendente.

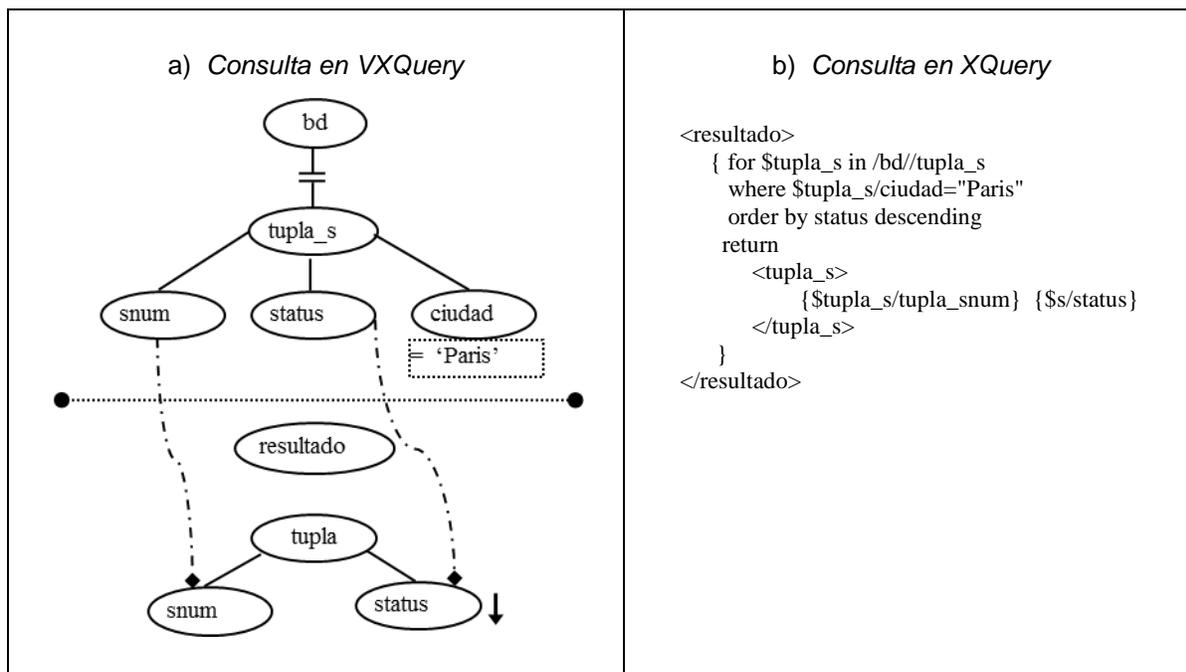


Figura 5. Ejemplo de consulta involucrando un ordenamiento

Una variante del elemento *enlace* es el mostrado en la sección de especificación, este variante del enlace une el elemento *bd* con el elemento *tupla_s*. Mediante esta variante del enlace se genera una expresión XPath `bd//tupla_s`, la cual es la ruta definida en la cláusula *for* de la expresión FLOWR. La cláusula *where* se genera con el elemento condición (`= 'Paris'`) y su padre el elemento *ciudad*. Se debe notar el elemento visual *ordenamiento*, a la derecha del elemento *status*, este elemento genera la cláusula *order by* con un ordenamiento descendente. Ver Figura 5.

Consulta 3: Obtener nombres de proveedores que suministren la parte cuyo *pnum* es igual a 'p2'.

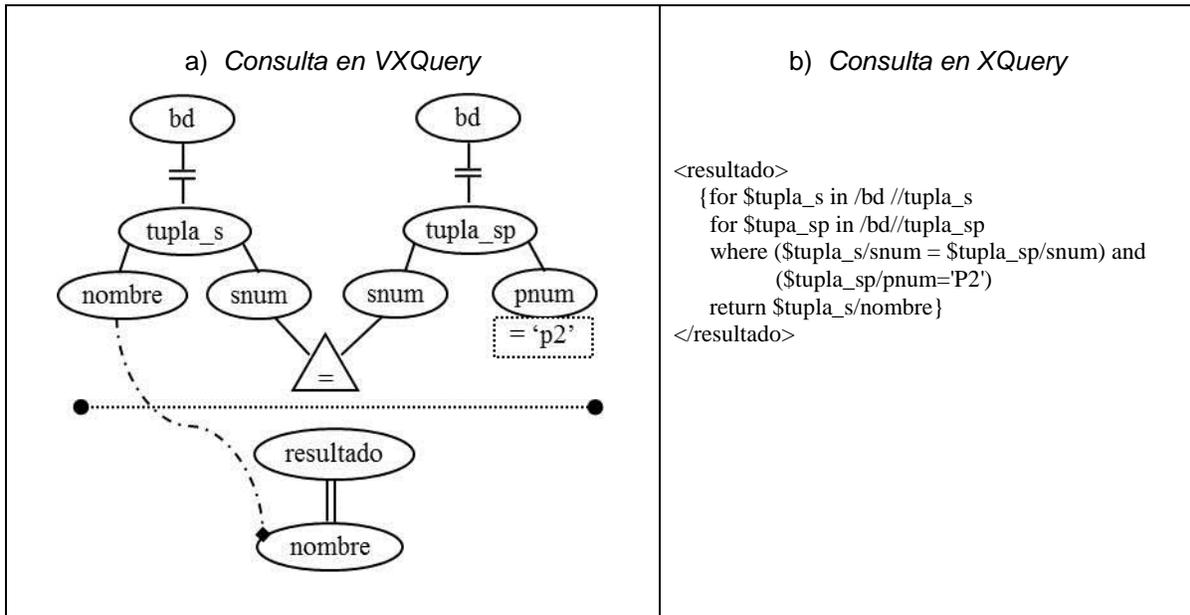


Figura 6. Ejemplo de consulta involucrando un *join*

En este ejemplo (Figura 6) se muestra como realizar un *join* en VXQuery. En esta ocasión lo primero que se debe notar es que existen tres árboles, para su comprensión se nombran de la siguiente manera: (1) El árbol ubicado en la sección de construcción de resultado se nombra *árbol resultado*, los árboles ubicados en la sección de especificación se llaman (2) *árbol especificación uno* y (3) *árbol especificación dos*, respectivamente. Ahora bien, después del recorrido para obtener la ruta XPath del *árbol especificación uno*, se continúa el recorrido para buscar un elemento *operador*, encontrar dicho elemento nos permite realizar las dos siguientes acciones: (1) generar la segunda cláusula *for* con la ruta XPath *bd//tupla_sp* y (2) generar la parte de la cláusula *where* correspondiente a la condición *equijoin* entre los elementos *snum* de los árboles de especificación.

Consulta 4: Obtener el total de partes embarcadas por el proveedor con *snum* igual a 's1'.

Al realizar el recorrido del árbol de construcción y encontrar un nodo de tipo variable (en este caso *\$cuenta*, ver Figura 7), el cual es apuntado por un enlace constructor, se procede a recorrer su árbol de especificación buscando un elemento visual del tipo *función*, en el ejemplo es la función de agregación *count()*, con dicha información se genera la cláusula *let* (sin atar todavía una expresión). A continuación se procede a recorrer desde la raíz del árbol de especificación y se genera la expresión FLWOR de la cláusula *let*. La cláusula *return* se genera con la función de agregación *count* definida en el árbol de construcción.

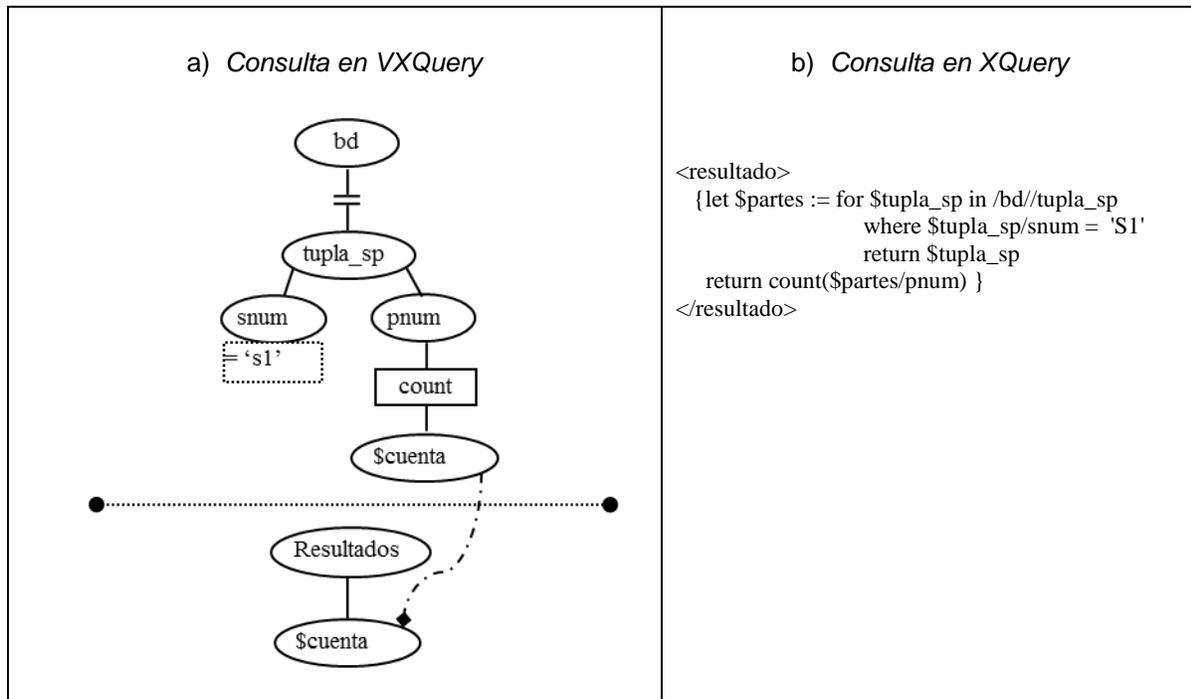


Figura 7. Ejemplo de consulta involucrando una función de agregación

Consulta 5: Obtener nombres de parte suministrados por más de un proveedor.

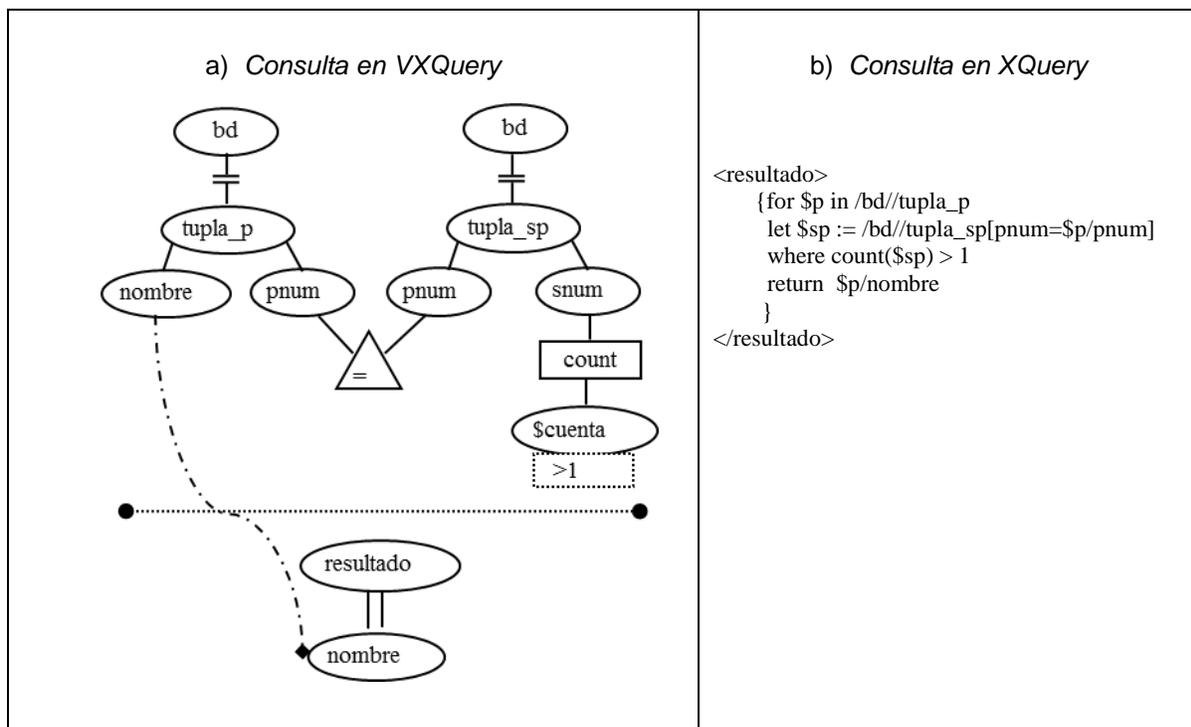


Figura 8. Ejemplo de consulta que define un *Group By- Having*

Esta consulta es un ejemplo de un *Group By* con un *Having*. La manera en que VXQuery establece una agrupación, es detectando si en la consulta se establecen funciones de agregación y que en la sección de construcción se selecciona al menos un elemento de la sección de definición. Los elementos seleccionados serán considerados como los atributos de agrupación y por cada grupo formado se procederá a evaluar las funciones de agregación especificadas. Ver Figura 8.

La estrategia de cómo se procede a la transformación a XQuery es una combinación de las estrategias para generar un *equijoin* con una función de agregación. Esta combinación de estrategias genera el *let* en la expresión XQuery, dicho *let* especifica el *Group By* deseado, formando cada grupo por cada valor diferente del elemento *pnum*. La parte correspondiente al *Having* es generado por la cláusula *where* considerando que la función *count()* aplicada a cada grupo es mayor que 1.

Algoritmo general de transformación

En esta sección se muestra un algoritmo general de cómo se lleva a cabo la transformación de la consulta visual VXQuery a la consulta textual en XQuery.

```

Método construir () //Método principal para la construcción{
  Si existe árbol resultado Entonces
    Generar (“<”+etiqueta de raíz árbol resultado+”>”)
    Generar (“{”); Llamar a método FLWORExpr() con los arboles resultado y especificación; Generar (“}”)
    Generar (“>”+etiqueta de raíz árbol resultado+”>”)
  Si_No Error (“Falta información”)
}

Método FLWORExpr (árbol, árbol) // Método que construye un expresión FLWOR{
  Buscar elementos tipo operador
  Buscar elementos tipo condición
  Llamar a método clausulaFor() con variable árbol especificación
  Llamar a método forAnidado() con cola de operadores
  Si existe elemento condición o elemento operador o ambos Entonces
    Llamar a método clausulaWhere() con cola operadores
  Si Existe elemento ordenamiento Entonces Llamar a método clausulaOrderBy()
  Llamar a método clausulaReturn()
}

Método clausulaFor(variable, árbol){
  Si existe elemento función Entonces
    Generar (“let” + VarName + “ := ” + Llamar a método FLWORExpr() con árbol especificación en turno)
  Si_No Mostar (“for $”+varName+” in” + PathExpr() con árbol especificación en mturmo)
}

Método forAnidado (array árboles){
  Mientras existan arboles{
    Si existe elemento operador Entonces
      Si existe elemento función Entonces Llamar método FLWORExpr() con árbol en turno
      Si_No Llamar método clausulaFor() con variable y árbol en turno
    }
  }
}

Método clausulaWhere (variable, cola operadores){
  Generar (“where”)
  Buscar elementos condición
  Mientras existan operadores Generar (condición operadores)
  Mientras existan elementos condición Generar (condición)
}

```

```

Método clausulaOrderBy (variable){
  Generar ("order by $" + varName + "/" + padre1.etiqueta + tipo ordenamiento
}

Método clausulaReturn(){
  Generar ("return")
  Si existe etiqueta return Entonces
    Generar ("<" etiqueta return ">")
    Mientras existan nodos cuyo padre2 esté ligado con enlace constructor
      Generar ("{" + "$ "variable + "}" nodo.etiqueta)
    Generar ("<" etiqueta return ">")
  En caso contrario
    Si es un elemento y padre 2 tiene hijos Entonces Generar ("{" + "$ "variable + "/*")
    Si_No
      Mientras existan nodos cuyo padre2 esté ligado con enlace constructor
        Generar ("{" + "$ "variable + "}" nodo.etiqueta)
}

```

Conclusiones

El alcance tradicional de programación requiere de un gran esfuerzo, conocimiento y experiencia en el tópico por parte de las personas encargadas de esta actividad. Este hecho se debe a que los lenguajes de programación han sido diseñados principalmente para una interpretación eficiente de los programas por parte de las computadoras. Sin embargo, el paradigma tradicional de programación debe cambiar, es decir, los lenguajes de programación deben ser diseñados de tal forma que ofrezcan características que permitan agilizar y facilitar la construcción de programas aún por personas no expertas en el área. El paradigma de programación visual tiene como objetivo satisfacer esta necesidad.

Por otro lado, XML se ha convertido en la principal tecnología para intercambiar datos en el Web, por lo que repositorios de datos en XML necesitan ser accedidos por medio de consultas definidas en XPath y en XQuery. Ambos lenguajes especifican a la consulta de una manera tradicional, es decir, usando una especificación textual.

En el presente artículo describe el proceso de transformación de una consulta visual a una consulta en XQuery con el fin de recuperar información de un documento XML. La implementación de este lenguaje permitirá, a usuarios sin experiencia en programación, consultar documentos XML de una manera fácil, intuitiva y rápida.

Referencias

1. R. Standefer. *Enterprise XML: Clearly Explained*. Academic Press, San Diego, California, USA 2001
2. XSL Working Group and W3C XML Query Working Group, *XML Path Language (XPath) 2.0 (Second Edition)*, W3C recommendation, 14 December 2010. <http://www.w3.org/TR/2010/REC-xpath20-20101214/>
3. XSL Working Group and W3C XML Query Working Group, *XQuery and XPath Full Text 1.0*, W3C recommendation, 17 March 2011. <http://www.w3.org/TR/2011/REC-xpath-full-text-10-20110317/>

4. M. Hirakawa, T. Ichikawa , *Advances in Visual Programing*, IEEE Computer Sc. Press, 1992, pp 538-543
5. O. Banyasad. *A Visual Programming Environment For Autonomus Robots*, Master in Computer Sciences Thesis, Dalhousie University ,Faculty of Computer Science, Halifax, Nova Scotia, 2000.
6. D. Brown, M. Burnett, G. Rothermel, H. Fujita, F. Negoro. Generalizing WYSIWYT Visual Testing to Screen Transition Languages, IEEE Symposium on Human Centric Computing Languages and Environments, Auckland, New Zealand, 2003.
7. F.J. Cartujano, M. Ménez, C. Noguerón; M.A.J. Lagunas Martínez, J.A. Solano Medellín. VXQuery. X Congreso Internacional sobre Inovación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos. 2013.

MINI GRID MORELOS, INFRAESTRUCTURA DE CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL ESTADO DE MORELOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN E-CIENCIA

**P. Moreno-Bernal¹, M. A. Cruz-Chávez², A. Martínez-Oropeza¹, M. Flores-Pichardo¹,
M. Á. Córdova-Serrano³**

¹Posgrado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas UAEM – {pmoreno, alinam, mireya}@uaem.mx;

²CIICAp-UAEM, – mcruz@uaem.mx; ³DTICs-UAEM – mcordova@uaem.mx

Avenida Universidad 1001 Col. Chamilpa, C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos, México

Área de participación: Grid Computing, Cómputo paralelo y distribuido, MPI, VLANs

Resumen – En la actualidad, el uso de tecnologías Grid Computing ha tomado un gran auge para el tratamiento de problemas científicos e industriales, muchos de ellos clasificados como problemas muy difíciles de resolver. La Mini Grid Morelos es un proyecto en producción y único en su tipo en el país, para proyectos de investigación de e-Ciencia. Este proyecto conjunta los esfuerzos entre importantes instituciones educativas como son la UAEM, UPEMor y el ITVer. Durante la última etapa del proyecto, se realizó la configuración de la conectividad de la Mini Grid Morelos a través de VLANs, incrementando el ancho de banda y reduciendo significativamente la latencia, para poder ejecutar algoritmos con paso de mensajes con procesos distribuidos y paralelos en todos los núcleos de procesamiento de la Grid.

Introducción

Las supercomputadoras han sido ampliamente utilizadas en la investigación científica y en el desarrollo industrial en la actualidad para el tratamiento de problemas difíciles de resolver [1]. Las arquitecturas para este tipo de sistemas, han tomado formas diferentes con base a las necesidades computacionales y tecnológicas. Ejecutar aplicaciones paralelas y distribuidas es una de las grandes fortalezas de la computación de alto rendimiento o supercómputo. Utilizar herramientas como un clúster de computadoras o conjuntos de éstos para realizar supercómputo, de manera local o distribuidos geográficamente, nos permite obtener un mayor rendimiento en la realización de cálculo científico. Una guía rápida de la lista de las computadoras más rápidas y poderosas del mundo [2], muestra los clústeres de computadoras construidos a partir de componentes estándar, que se han convertido en la arquitectura de elección para muchos laboratorios de investigación e industrias, en términos de los objetivos predefinidos. La introducción de componentes de hardware estándar, está acompañada por una tendencia similar en software, principalmente por un sistema operativo, disponible como software libre, llamado Linux. Estandarizar los componentes de supercomputadoras es un efecto secundario de un proceso de normalización acelerada en tecnologías de la información [3]. Como consecuencia de este proceso de normalización se ha visto una mayor integración de los componentes de Tecnologías de la Información (TI) en los últimos años en todos los niveles.

En el cómputo de alto rendimiento, el concepto de Grid que mejor refleja esta tendencia, a pesar de no ser una definición científica oficial es la descrita en [4]. En el año 2001 Foster, Kesselman y Tuecke [5] describen la Grid como una red computacional flexible, segura, con recursos coordinados, compartidos entre colecciones dinámicas de individuos e instituciones. La Grid, no es más que otra forma de computación distribuida que permite la integración de recursos heterogéneos de organizaciones distribuidas geográficamente, utilizando Internet como una plataforma de servicios de computación y no sólo como una fuente de información [6].

Grids y Supercomputadoras

En la actualidad los principales elementos involucrados para crear una red científica real o Grid, se enfocan principalmente en el lugar geográfico. Redes WAN de alta velocidad proveen el rendimiento necesario de comunicación con diferentes costos según la tecnología empleada. Los procedimientos de seguridad han sido establecidos para cumplir ciertos requerimientos para el acceso a los recursos computacionales, la mayoría de ellos con fines científicos. La administración de los datos permite gestionar una gran cantidad de información generada a partir de la resolución de diferentes tipos de problemas y las limitantes de las tecnologías de telecomunicaciones, un ejemplo de estas características se puede apreciar en la comunidad de física de altas energías del CERN, con su infraestructura de Grid Nacional, el LHC [7]. Coordinación y consolidación son aspectos que han sido ignorados por mucho tiempo por parte de la comunidad de supercómputo, en donde un sólo sistema de cómputo está disponible para un pequeño número de usuarios, regularmente no utiliza recursos libres dado que los proveedores de supercomputadoras implementan sus propias tecnologías y los usuarios normalmente deben esperar cierto tiempo para utilizar los recursos de cómputo. Utilizar supercomputadoras en muchos casos implica utilizar servicios no estandarizados, además no se toman medidas específicas para proporcionar supercómputo a un nivel comparable de servicios dados por otros recursos y servicios de TI que se apegan a ciertos estándares. La Grid sin embargo, ha cambiado la visión de supercomputadoras, pasando de ser sistemas autónomos a grandes nodos de cómputo de una enorme y amplia malla de recursos disponibles que están distribuidos geográficamente.

Grid Morelos

La construcción de una Mini Grid en el estado de Morelos [8], México, es el resultado de un proyecto de investigación propuesto por el Dr. Marco A. Cruz Chávez [9] a través del cuerpo académico de Optimización y Software de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, para investigación en e-Ciencia [10], de la cual se derivan una serie de tesis y proyectos que realizan pruebas experimentales para resolver problemas reportados en la literatura como complejos o difíciles de resolver, así como problemas reales de las industrias en México y el mundo. El objetivo del proyecto, es la creación y fortalecimiento de

una infraestructura de red de datos de alta velocidad para cómputo intensivo, en el que se involucra la formación de recursos humanos altamente capacitados en tecnologías de cómputo paralelo, distribuido y vectorial, en simulación de procesos y resolución de problemas complejos a través de la optimización combinatoria y la programación matemática. El objetivo primario de la teoría de la complejidad, es asistir a los diseñadores de algoritmos en dirigir los esfuerzos para resolver problemas intrínsecamente intratables a un enfoque de grandes probabilidades a una afirmación o solución a satisfacer [11]. El tamaño de un problema es obtenido especificando los valores particulares para todos los parámetros del problema, lo que se denomina instancia del problema. Una instancia de un problema son los datos de entrada y estos deben ser concretos y conocidos, y el tamaño de una instancia, es el número de símbolos necesarios para codificar los datos de entrada de la instancia [12]. Se conoce problemas considerados intratables o duros, los cuales pueden ser divididos en subproblemas y tratados mediante métodos de solución paralelos y distribuidos, donde la Grid es una muy buena opción para resolverlos. Un gran número de enfoques han sido desarrollados entre los que BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) [13] y la comunidad mundial de Grids son algunos de los más importantes. Ambos proveen acceso a los recursos distribuidos para problemas que pueden ser divididos en subproblemas. Estos subproblemas son enviados hacia la grid a través de un nodo maestro, a un conjunto de nodos de cómputo, para que estos puedan resolver localmente el subproblema, posteriormente se regresa una solución del subproblema tratado por la grid a el nodo maestro o supervisor. En la literatura se ha demostrado que con el uso de tecnologías Grid, el tiempo en encontrar una solución a problemas de gran escala, mejora significativamente haciendo que los algoritmos que se ejecutan sobre Grid sean más eficientes [14-16]. En la figura 1 se muestra la infraestructura actual y los socios participantes en proyectos de e-Ciencia de la Mini Grid Morelos, que son la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMor) y el Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVer).

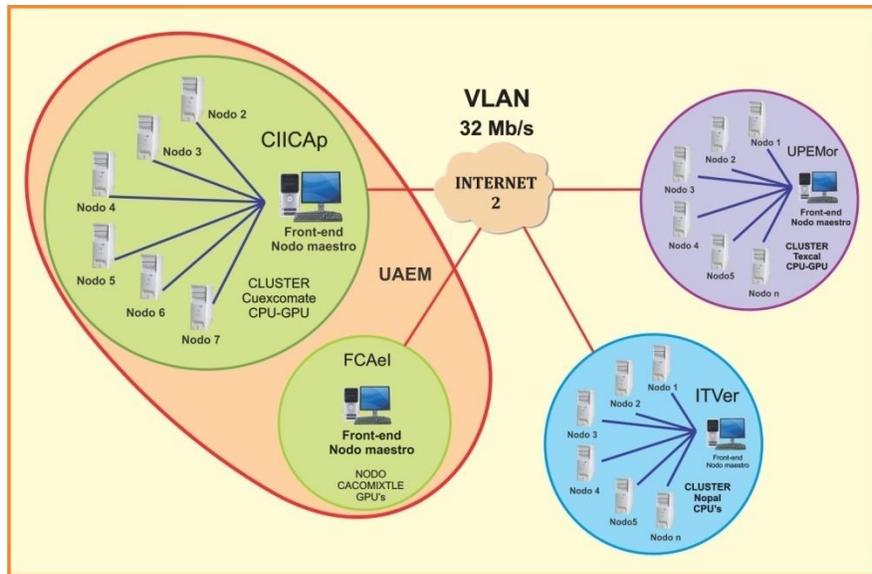


Figura 1. Infraestructura actual de la Mini Grid Morelos

En la figura 2 se muestra el escenario ideal de crecimiento a mediano plazo y los posibles socios participantes para proyectos de e-Ciencia son, la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata (UTEZ) y el Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), ambas instituciones se encuentran geográficamente dentro del estado de Morelos, México.

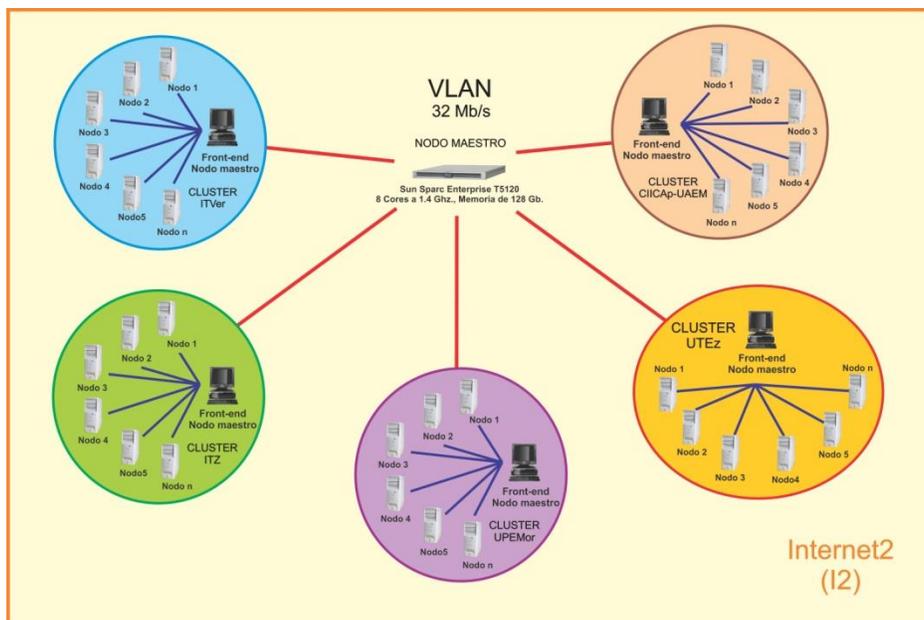


Figura 2. Infraestructura a futuro de la Mini Grid Morelos

La Mini Grid Morelos es una infraestructura computacional sobre la cual se ejecutan algoritmos computacionales de tipo estocástico, basados en meta heurísticas, empleados para resolver problemas de optimización para aplicaciones

académicas y del mundo real, que implican ahorros de recursos humanos, materiales y financieros. Estos problemas evalúan una función objetivo que busca minimizar o maximizar uno o múltiples objetivos, donde no hay garantías de que la solución encontrada sea la mejor posible, pero las alternativas encontradas por los algoritmos resultan mejores que las reportadas o utilizadas previamente.

Componentes y Aplicaciones de la Mini Grid Morelos

Ejecutar aplicaciones con el estándar MPI (Message Passing Interface) [17], en redes WAN y multi-clúster se ha considerado impráctico. Una de las razones es la heterogeneidad, donde utilizar múltiples clústeres con diferentes componentes de software y hardware resulta difícil para los usuarios de las aplicaciones típicas. Otra razón es considerar el bajo rendimiento de las redes WAN, imponiendo un overhead sobre la comunicación entre multi-clúster. También, el tráfico de datos en las redes asimétricas causadas por firewalls y NATs hacen que la ejecución de aplicaciones MPI multi-clúster sean difícil de ejecutar. La Mini Grid Morelos es la primera Grid en su tipo a nivel laboratorio en el país, que se encuentra en funcionamiento. Esta Mini Grid permite la ejecución de un programa computacional en el total de los clústeres que la componen, mediante el diseño de procesos distribuidos con MPI y en paralelo, para que estos se puedan repartir en el total de núcleos de procesamiento CPU's y GPU's. Los algoritmos se ejecutan en todos los nodos que pertenecen a la Grid, es decir, en los clústeres de la UAEM, UPEMor y el ITVer. La ejecución utiliza todos los recursos de cómputo permitiendo tener una mayor eficiencia en el desempeño de los algoritmos, aunado a una mayor exploración del espacio de soluciones del problema tratado. Para mejorar la eficiencia de las aplicaciones MPI multi-clúster se ha implementado una VLAN (Virtual Local Area Network) sobre la conexión del sistema a CUDI [18] o Internet 2, esto ha permitido un incremento de ancho de banda, reducción de costos de ISP, transporte de tráfico diferenciado mediante VLANs y una construcción del centro de datos con las mejores prácticas ICREA [19].

Actualmente están en producción las aplicaciones: Gridification Ant Colony Optimization For Flow Shop as Parallel Algorithm Using Collective Intelligence (GridFSAnt), Parallel Simulated Annealing algorithm for the weighted Unrelated Parallel Machines Problem (PSAUPMP), Recocido Simulado Paralelizado con Memoria Distribuida para el Problema de Máquinas Paralelas no Relacionadas para minimizar el tiempo total de término ($R_m \parallel \sum C_j$), algoritmo Genético Híbrido Paralelizado con Memoria Distribuida para el Problema de Calendarización de Trabajos en Talleres de Manufactura (JSSP), Algoritmo Genético Híbrido Paralelizado con Memoria Distribuida para el Problema de Ruteo Vehicular con Ventanas de Tiempo (VRPTW) y en desarrollo se encuentran las tesis: Solución al Problema de Calendarización en Talleres de Manufactura Mediante una Hiperheurística con Programación en Paralelo para Ambiente Grid, Hiperheurística con Programación en Paralelo para Ambiente Grid aplicada a la Asignación de trabajos en Talleres de Flujo Continuo, Solución al Problema de Distribución de Agua en una Red Hidráulica Mediante un Algoritmo Híbrido Genético Aplicando Programación en Paralelo para Ambiente Grid, Algoritmo Genético Híbrido para

Maximizar la Resistencia Mecánica en Aceros Micro aleados Aplicando Programación en Paralelo para Ambiente Grid, Algoritmo Genético Paralelizado en Ambiente Grid para la Programación de Cursos Universitarios, Algoritmo Genético Cooperativo Paralelizado en Ambiente Grid para el Problema de Ruteo Vehicular con Ventanas de Tiempo, Colonias de Hormigas en Ambiente Grid, para Talleres con Flujo Flexible de Trabajos en un Sistema de Estados de Producción en Serie, Algoritmo Evolutivo en Ambiente Grid para el Problema de Redes de Distribución de Agua y Diseño e instalación de la Conectividad e Infraestructura del Centro de Datos de la Mini Grid UAEM-UPEMOR.

Pruebas experimentales

Las pruebas experimentales se realizan utilizando el clúster Cuexcomate en el laboratorio de supercómputo del CIICAp-UAEM con el clúster Texcal en la UPEMOR y el clúster Cuexcomate en CIICAp-UAEM con el clúster Nopal del ITVer, teniendo un total de 152 núcleos de procesamiento, 334 GB de memoria RAM y 16 TR de almacenamiento en toda la Mini Grid. Una red LAN giga Ethernet definida por el estándar IEEE 802.3-2008, es utilizada para servicios entre los nodos de cómputo y el nodo maestro de cada clúster, una LAN infiniband para comunicación de datos de las aplicaciones y algoritmos y un enlace WAN punto a punto por microondas de 30 Mbps. Ver figura 3.

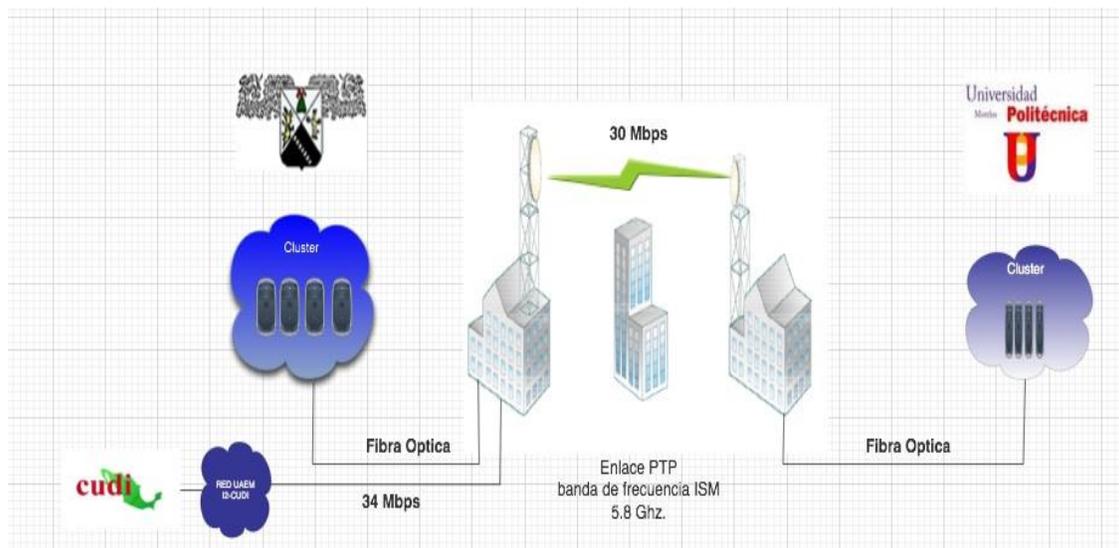


Figura 3. Esquema de la conexión entre la UAEM y UPEMOR

La comunicación entre el clúster Cuexcomate y Nopal se realizó por Internet 2., a diferencia del ITVer, que sólo cuenta con un enlace de 2 Mbps sobre la red de CUDI, por lo que la comunicación de datos entre ambas instituciones es mucho menor que el existente entre la UAEM y la UPEMOR.

Resultados

En el gráfico que se muestra en la figura 4, se puede apreciar el promedio de latencia en milisegundos entre el clúster Cuexcomate en la UAEM y el clúster Texcal en la UPEMor, utilizando un paquete de 64 bytes, el cual es transferido vía ftp de un punto a otro, en el período de julio-agosto del año 2012.

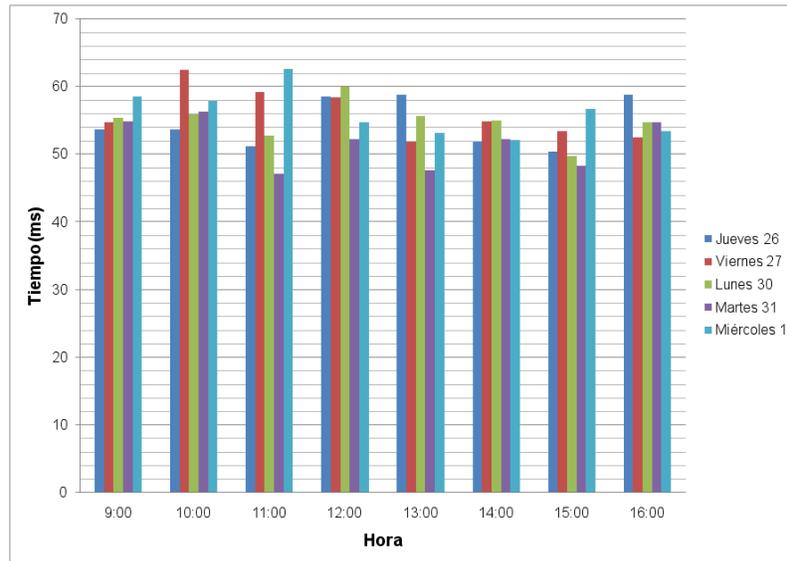


Figura 4. Promedio de latencia (ms) UAEM-UPEMor

En el gráfico que se muestra en la figura 5, se puede apreciar el tiempo de comunicación de datos entre el nodo maestro del clúster Cuexcomate y un nodo de cómputo llamado ciicap01, a través de la red infiniband, enviando un paquete de datos de 64 bytes por ftp.

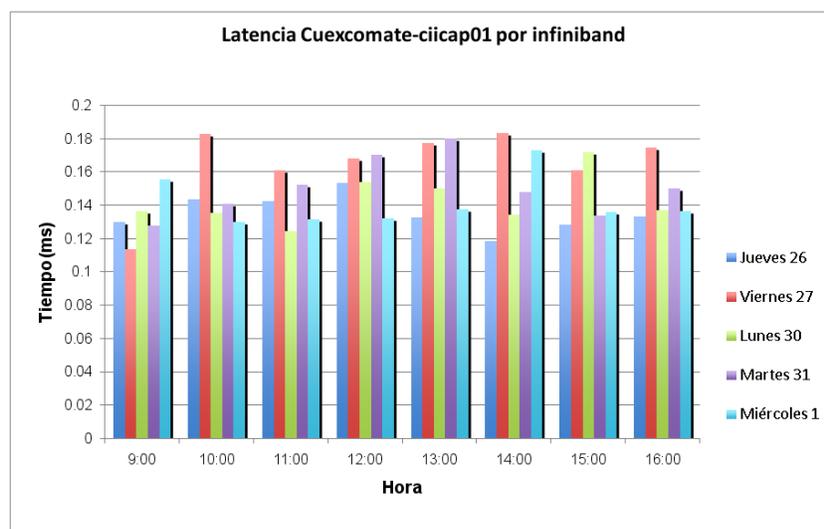


Figura 5. Promedio de latencia (ms) por infiniband

Conclusiones y trabajos futuros

Con la implementación de VLANs en la infraestructura de la Mini Grid Morelos, se logra realizar el transporte de tráfico diferenciado para separar los datos de servicios por un canal de comunicación y por otro los datos propios de los algoritmos, de esta forma se obtiene una reducción en el tiempo de latencia y el overhead. Además se logra un incremento del ancho de banda al utilizar la red de CUDI o Internet 2, ampliando el canal de comunicación a 30 Mbps. Con la reducción de la latencia e incremento del ancho de banda, se ha logrado que los algoritmos que actualmente se encuentran en producción en la Grid, sean más eficientes. En un futuro próximo se implementará una librería llamada MPICH-G2 para ejecutar algoritmos distribuidos y paralelos en infraestructuras heterogéneas que utilicen Internet comercial o Internet 2.

Referencias

1. Nagel, W. E., Kröner, D. B., Resch, M. M., High Performance Computing in Science and Engineering, Springer 2007.
2. Top 500 Supercomputers sites. <http://www.top500.org/lists/2012/11/>
3. Edoh, E., Cloud, Grid and High Performance Computing: Emerging Applications, Indiana Institute of Trechnology, USA, IGI Global, ISBN 978-1-60960-604-6, 2011.
4. Foster, I., Kesselman, C., The Grid – Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
5. Foster, I., Kesselman, C, Tuecke, S., The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. The International Journal of Supercomputer Applications, 15(3), 200-222. Doi: 10.1177/109434200101500302, 2001.
6. Hamar, V., Grid Computing, CICos2009, ISBN: 978-607-00-1970-8, pp. 144 - 152, 2009
7. LHC – Large Hadron Collider Project. <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>
8. Grid Morelos, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CIICAp-UAEM. <http://www.gridmorelos.uaem.mx>
9. Cruz, Chávez, M. A., Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas UAEM. <http://www3.uaem.mx/posgrado/mcruz/>
10. Hypatia, Mini Grid Morelos una sinergia interinstitucional, revista de divulgación Científico-Tecnológica del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, No. 41, Enero/Marzo 2012 http://hypatia.morelos.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=747&Itemid=692
11. Garey, M. R., Johnson, D. S., Computers and Intractability A Guide to the Theory of NP-Completeness, W. H. Freeman and company, New York, ISBN 0-7167-1044-7, Bell Telephone Laboratories, 1979.

12. Salazar, González, J. J., Programación Matemática, Ediciones Díaz de Santos S.A., ISBN 84-7978-504-7, España, 2001.
13. BOINC – Berkeley Open Infrastructure for Network Computing. 2008 <http://boinc.berkeley.edu/>
14. Aida, K., A Case Study in Running a Parallel Branch and Bound Application on the Grid, IEEE/IPSJ, The 2005 Symposium on Applications and the Internet, p.p. 164-173, Feb 2005.
15. Melab, N., Mezmaç, M., Talbi, E.G., Parallel Cooperative Meta-heuristic on the Computational Grid. A Case study: the bi-objective Flow-Shop Problem, Elsevier parallel computing, doi:10.1016/j.parco.2006.01.003, p.p. 643-659, Oct 2006.
16. Kouki, S., Jemni, M., Ladhari, T., Solving the Permutation Flow-Shop Problem with Makespan Criterion using Grids, International Journal of Grid and Distributed Computing, Vol. 4, No. 2, p.p. 53-64, June 2011.
17. MPI- Message Passing Interface. <http://www.mpi-forum.org/>
18. CUDI – Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C. Internet 2 – México. <http://www.cudi.edu.mx/>
19. ICREA – International Computer Room Experts Association A.C. <http://www.icrea-international.org/>

MODELO PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS BASADO EN EL PATRÓN MODELO-VISTA-CONTROLADOR.

N. Lara-Acono, L. Villavicencio-Gómez, L. Santa Olalla-Ocampo, E. Rodríguez-Zavaleta, B. A. Aranda-Benítez

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), Calzada Tecnológico No. 27, C.P. 62780, Zacatepec, Morelos. México - nlara.itz@gmail.com; lvillavicencio_2000@yahoo.com; leticia_soo@yahoo.com.mx; erodriguezzavaleta@gmail.com; baaranda@yahoo.es

Área de participación: Ciencias de la computación.

Resumen – El presente trabajo presenta un modelo para la construcción de Sistemas Expertos basado en el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), tomando en cuenta los distintos componentes de un sistema experto. Se describen los fundamentos conceptuales y teóricos correspondientes a la arquitectura MVC.

Introducción

En la actualidad el desarrollo de sistemas exige rapidez, eficiencia, optimización de recursos y la completa satisfacción de los requerimientos del cliente, con una estructura clara que permita el futuro crecimiento o mantenimiento del sistema.

Durante el desarrollo de un sistema puede caerse en la desorganización en la búsqueda del cumplimiento de metas. El problema puede resultar grave si es que en algún momento se decide por cambiar alguna de las herramientas de desarrollo, sea el lenguaje de programación, motores de bases de datos, plataforma, etc.

El incremento y la influencias de nuevas tecnologías a lo largo de estos últimos años en aplicaciones Web, “la aparición de nuevos lenguajes de programación de alto nivel y el uso masivo de nuevas herramientas de desarrollo hicieron que el proceso de ingeniería de software fuese mucho más ágil, optimizando notoriamente el tiempo de desarrollo”¹.

Fundamento Teórico

Frameworks.

Junto al desarrollo del software surge un nuevo concepto denominado Framework² como una estructura de soporte definida para proyectos de software en donde su principal actividad es organizar el desarrollo. Un Framework puede incluir soporte para programas, librerías, lenguajes de programación y otras aplicaciones que acompañan al desarrollo de alguna aplicación y proyectos complejos.

En el desarrollo de software participan dos tipos de programadores:

1. Los programadores de sistemas.
2. Los programadores de aplicaciones.

La Ingeniería de Software señala que “los programadores de sistemas escriben el código que utilizarán los programadores de aplicaciones”¹. Los programadores de sistemas desarrollan los lenguajes Java, PHP, C++, etc. y los programadores de aplicaciones utilizan estos lenguajes y herramientas para crear valor agregado con fines comerciales o empresariales. Los programadores de aplicaciones se concentran en sus proyectos sin preocuparse de las técnicas y las mecánicas de bajo nivel. Los programadores de aplicaciones utilizan una serie de bibliotecas o herramientas que reciben el nombre de framework.

Los frameworks permiten la reutilización de código, la estandarización del desarrollo y la utilización del ciclo de desarrollo de tipo interactivo-incremental (especificación, codificación, mantenimiento y evolución). En la actualidad, existen muchos frameworks en una gama amplia de dominios de aplicación y los encontramos prácticamente en cualquier idioma. Lo anterior nos invita a integrar el uso de frameworks con el desarrollo de Sistemas Expertos.

Patrón de Desarrollo Modelo Vista Controlador.

Es un patrón o modelo de abstracción de desarrollo de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de negocio en tres componentes distintos. El patrón de llamada y retorno MVC, se ve frecuentemente en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El modelo es el Sistema de Gestión de Base de Datos y la lógica de negocio, y el controlador es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista (ver Figura 1).



Figura 1. Patrón MVC

Modelo estructurado de un Sistema Experto.

Durante el proceso de implementación de Sistemas Expertos, existe el hábito natural que la mayoría de los estudiantes tienen de solucionar los problemas en largas, desordenadas, incomprensibles y enormes cantidades de código y mezclan algoritmos de procesamiento de datos, combinaciones de colores, mensajes para el usuario, íconos animados, acceso a las bases de datos y otras

cosas más que dificultan la lectura de esos programas, y por tanto, al revisar el código para realizar algunas mejoras sobre la funcionalidad se hace difícil de comprender, modificar, mantener y extender.

La figura 2 muestra la el modelo del programa estructurado de un Sistema Experto, un ejemplo claro de la inadecuada forma de realizar la implementación. La razón de ello es la imperante forma tradicional de desarrollar aplicaciones bajo el paradigma estructurado de programación en el cual los algoritmos y las operaciones son lo más importante. En cambio, el paradigma orientado a objetos presta especial atención a los datos, los cuales se encapsulan junto con los algoritmos u operaciones que es posible realizar con dichos datos.

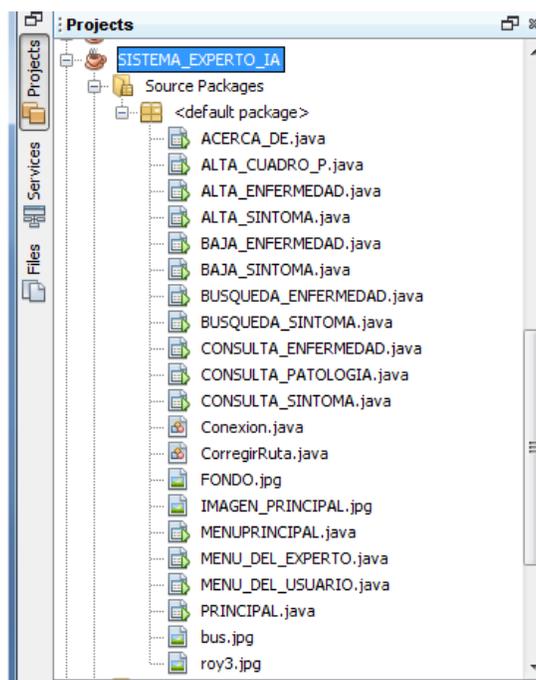


Figura 2. Estructura típica de un Sistema Experto

Modelo de un Sistema Experto con arquitectura MVC.

Objetivo del proyecto:

Poner a disposición de la comunidad tecnológica y de la población interesada en el tema, un modelo para el desarrollo de Sistemas Expertos basado en el patrón MVC.

Objetivos específicos:

- Analizar la lógica de negocios (lógica funcional) y el flujo de datos que existe en los Sistemas Expertos.
- Proponer un diseño organizado en capas que se adapte a la estructura de los Sistemas Expertos.

- Establecer la interoperabilidad de los módulos que forman parte de la arquitectura de los Sistemas Expertos.

La propuesta presentada en este trabajo se realizó bajo el enfoque del paradigma de programación orientada a objetos. Se realiza un análisis de los componentes de la arquitectura de Sistemas Expertos y su correspondencia con el patrón MVC. Finalmente se propone una arquitectura para Sistemas Expertos basada en el patrón MVC.

Los Sistemas Expertos tienen una arquitectura básica con elementos constantes muy específicos, esto permite tener una visión clara de su estructura, compuesta por objetos básicos y sus interacciones (ver fig. 3).

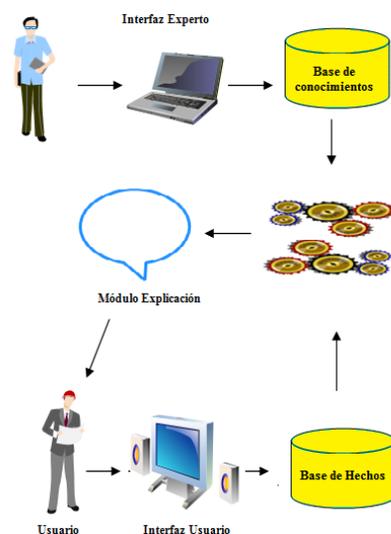


Fig. 3. Mapa conceptual de un Sistema Experto.

En el patrón MVC, el Modelo se refiere a dos elementos centrales de los sistemas: la lógica de negocios y la persistencia. La lógica de negocios se refiere a la lógica funcional de un sistema. A continuación se describe la lógica funcional y la persistencia que tradicionalmente se define para un Sistema Experto. El experto usa la interfaz de experto y desde ésta se crea y actualiza la base de conocimientos. El motor de inferencias realiza las inferencias con encadenamiento hacia adelante o hacia atrás, dependiendo de la información que se suministre al sistema. El módulo de explicación informa al usuario final los resultados de las búsquedas. El usuario final proporciona la información que constituye la base de hechos a través de la interfaz de usuario. En esta descripción se consideran las interfaces, sin embargo, éstas no forman parte del Modelo del Sistema Experto, sino de la Vista. Finalmente, las interacciones entre la Vista y el Modelo serán responsabilidad del Controlador, encargado de despachar las peticiones y enviar las respuestas. La figura 4 muestra la arquitectura de capas propuesta para construir un Sistema Experto con base en el patrón MVC.

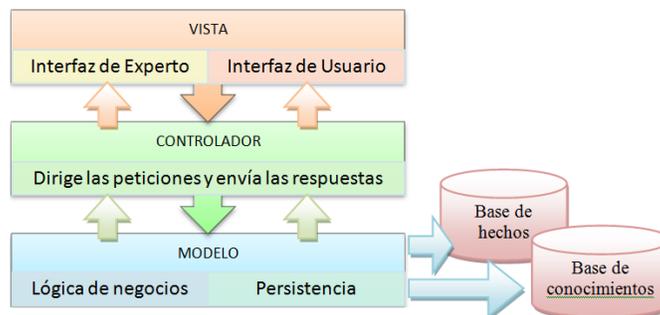


Figura 4. Arquitectura de un Sistema Experto bajo el patrón MVC

Se sugiere organizar el proyecto en paquetes distintos, uno para cada capa de la arquitectura MVC. Esta es una de las estrategias más utilizadas entre los equipos de desarrollo de aplicaciones. Esta estructura difiere mucho de la tradicional debido a que en la Programación orientada a objetos, los elementos relevantes son los datos con sus interacciones y no los algoritmos aislados de los datos. Los elementos que deben declararse en cada una de las capas se describen en los siguientes párrafos.

A. Modelo

El modelo representa los datos y las reglas que rigen el acceso y actualización de estos datos. En el software de la empresa, “un modelo a menudo sirve como una aproximación de un proceso de software del mundo real”². Encapsula los datos y reglas específicos de la aplicación (lógica de negocio + persistencia). Al hablar de persistencia en el Sistema Experto debemos de considerar a la base de datos formada por la base de hechos y la base de conocimientos, así como a otras tablas y catálogos necesarios para contar con información más amplia o bien para realizar la autenticación de usuarios.

El modelo aporta métodos para el manejo de datos y servicios, métodos para acceder al estado del sistema y mantiene registro de las diferentes vistas y controladores para notificar los cambios (Modelo de eventos).

Capa de Negocio:

- Implementa procesos funcionales del Sistema Experto.
- Control de acceso a los servicios funcionales desde otras capas.
- Publicación de los servicios de negocio hacia la Vista.
- Invocación de la capa de persistencia.

Capa de persistencia:

- Ofrece servicios de persistencia y recuperación de información a las capas superiores.
- Es totalmente independiente de la capa de negocio

La capa de persistencia, es la encargada de interactuar con la base de datos. Sabiendo esto, podemos decir que DAO (Data Access Object) es un patrón de diseño utilizado para crear esta capa de persistencia. Por lo que cuando la capa de lógica de negocio necesite interactuar con las bases de hechos o de conocimientos, va a hacerlo a través de la API que le ofrece DAO. “Generalmente esta API consiste en métodos CRUD (Create, Read, Update and Delete)”³.

En el Sistema Experto, al igual que en otras aplicaciones, hay tantos DAOs como modelos. Es decir, por cada tabla en la base de hechos o de conocimientos, habría un DAO.

Los DTO (Data Transfer Object) son utilizados por DAO para transportar los datos desde las bases de hechos y de conocimientos hacia la capa de lógica de negocio y viceversa. Podría decirse que un DTO es un objeto común y corriente, que “tiene como atributos los datos del modelo, con sus correspondientes accesores (getters y setters)”³.

B. Vista

“Es el mecanismo necesario para mapear los datos provenientes del modelo al renderizado de la interfaz”⁴. La vista es responsable de llamar el modelo cuando se necesita recuperar los datos más actuales. Cuando el modelo cambia, la vista es informada:

- La vista solicita los datos al modelo.
- Se responsabiliza de actualizar la pantalla:
 - Detectar áreas defectuosas (las que quedan descubiertas cuando estuvieron ocultas por otra ventana, por ejemplo).
 - Redibujar la pantalla cuando se solicite.

Así, es posible crear múltiples vistas a las que se les puede incorporar de manera sencilla un conjunto preestablecido de estilos a la medida de los usuarios, o dependiendo del contexto. Por ejemplo, colores, fuente, tamaño de fuente y elementos gráficos acordes con el entorno del Sistema Experto, a la vez que se resuelve el envío y recepción de datos con las bases de hechos y de conocimientos.

C. Controlador

El controlador “traduce las interacciones del usuario con la vista en las acciones que el modelo va a realizar”⁵. En un cliente independiente GUI, las interacciones del usuario podrían ser clics de botón o selecciones de menú, mientras que en nuestro modelo de Sistema Experto, aparecen como solicitudes HTTP GET y POST. Dependiendo del contexto, un controlador puede también seleccionar una nueva vista, por ejemplo, una página web de resultados presentada al usuario.

De esta manera la transición del Sistema Experto a aplicación web será más sencilla una vez que se haya probado la funcionalidad completa de la aplicación.

Conclusiones

Una característica básica de los nuevos Frameworks de programación es que utilizan la programación en tres capas **MVC (Modelo, Vista y Controlador)**, un patrón de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos.

En este artículo se presume que la arquitectura de los Sistemas Expertos presenta rasgos claramente identificados bajo el paradigma orientado a objetos los cuales pueden ser representados de manera muy sencilla mediante un modelo de clases cuya estructura esté definida con base en el esquema que establece el patrón MVC.

Referencias

1. R. S. Pressman, *Ingeniería del Software-Un enfoque práctico*. McGraw Hill. Madrid, España. 2002.
2. R. Eckstein, *Java SE Application Design with MVC*. Oracle. 2007.
3. S. Govind, *Java, JSP y MVC*. Java World Inc. 2010.
4. J. Kuipers, *Beans annotation configuration*. IOC Container, SpringSource. 2007.
5. S. Ladd, *Expert Spring Web MVC and Web Flow*. IOC Container, SpringSource. 2012.

RECONOCIMIENTO DE RASGOS FACIALES PARA CONTROL DE ACCESO ENTRADA/SALIDA DE USUARIOS.

**B. A. Aranda Benítez¹, L. Villavicencio Gómez²,
R. Carranza Sotelo³, E. Rodríguez Zavaleta, N. Lara Acono**

*Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) baaranda@yahoo.es¹, villavicencio_2000@yahoo.com;²
ramon.carranza@hotmail.es³, marzomayo@hotmail.com⁴, nlara.itz@gmail.com⁵, Calzada
Tecnológico No.27 Col. Centro Zacatepec Morelos.*

Área de participación: Ciencias de la computación.

Resumen-- La realización de este proyecto está enfocada a la implementación de un sistema de control de entrada/salida de personal mediante el reconocimiento facial, que ayuda a agilizar el proceso de registro y al mismo tiempo saber si cumple con un horario establecido, está diseñado para generar reportes de las anomalías e incidencias que se generan automáticamente al momento del registro de los usuarios.

Introducción

El Reconocimiento Facial es una tecnología basada en técnicas de Visión Artificial que determina la ubicación y el tamaño de la cara de las personas en imágenes digitales. Dado que el rostro incluye varias cualidades, es posible identificar a cada persona por medio del reconocimiento facial [2].

Este tipo de sistema ofrece varios beneficios que bien vale la pena tener en mente. Lo primero es que se trata de un sistema fácil de utilizar porque no hay contacto entre el usuario y el escáner, con lo que el primero no debe manipular ningún aparato.

La precisión de un sistema de Reconocimiento Facial es otra de las ventajas a mencionar, ya que si se le compara con otros mecanismos de identificación biométrica, éste ofrece mejores resultados.

Planteamiento del problema

En la mayoría de los trabajos realizados de Reconocimiento Facial se producen errores debidos principalmente al cambio de aspecto que pueden presentar los rostros de una captura a otra a debido a movimientos, variaciones en la escala de la captura, intensidad de los píxeles, presencia de sombras ocasionadas por la fuente de luz o el tipo de iluminación que recibe la escena. Los problemas anteriores afectan negativamente a numerosas técnicas aportadas para resolver el problema de reconocimiento facial automático. La extracción de este tipo de características de las caras, exige en primer lugar una etapa previa de localización en la escena, tarea difícil cuando el fondo de la imagen contiene otros objetos. Por esto, estas aplicaciones requieren que el entorno de adquisición sea restringido.

En la actualidad las pequeñas y grandes empresas requieren de un sistema automatizado utilizando herramientas biométricas que permitan optimizar el proceso de registro de empleados.

Objetivo del proyecto

Implementar el uso de reconocimiento facial como un método de seguridad y autenticación de los empleados obteniendo así un registro de captura el cual será guardado en una base de datos, realizado mediante un sistema de reconocimientos de rostros. Se buscó comparar distintas formas de reconocimiento en dos dimensiones, partiendo de imágenes a escala de grises y así poder implementar una aplicación que permitió el control sobre los registros de entrada/salida de los empleados de pequeñas y grandes empresas.

Objetivos específicos.

- Implementar una técnica de reconocimiento facial.
- Realizar el reconocimiento al momento de los registros de entrada/salida para la autenticación de los usuarios
- Crear una Base de datos que contenga la información laboral de los usuarios y sus registros base para la comparación del rostro.
- Generar reportes individuales de los trabajadores en los que serán reportadas las infracciones o anomalías presentadas en un periodo determinado.
- Permitir el acceso al usuario que podrá administrar los reportes únicamente como consulta.
- Permitir el acceso al administrador encargado administrar el sistema (altas, bajas consultas y modificaciones).

Metodología

Procesamiento de rostro.

El proceso consta de cuatro módulos principales. ^[2]

1. Detección de la cara: detecta que hay una cara en la imagen, sin identificarla. Proporciona la localización y la escala a la que encontramos la cara.
2. Alineación de la cara: localiza las componentes de la cara y mediante transformaciones geométricas, la normaliza respecto propiedades geométricas, como el tamaño y la pose, y fotométricas, como la iluminación. Para normalizar las imágenes de caras, se pueden seguir diferentes reglas, como la distancia entre las pupilas, la posición de la nariz, o la distancia entre las comisuras de los labios. También se debe

definir el tamaño de las imágenes y la gama de colores. Normalmente, para disminuir la carga computacional del sistema, se acostumbra a utilizar imágenes pequeñas en escala de grises. A veces también se realiza una ecualización del histograma.

3. Extracción de características: proporciona información para distinguir entre las caras de diferentes personas según variaciones geométricas o fotométricas.
4. Reconocimiento: el vector de características extraído se compara con los vectores de características extraídos de las caras de la base de datos. Si encuentra uno con un porcentaje elevado de similitud, nos devuelve la identidad de la cara; de lo contrario, nos indica que es una cara desconocida. Ver figura 1.

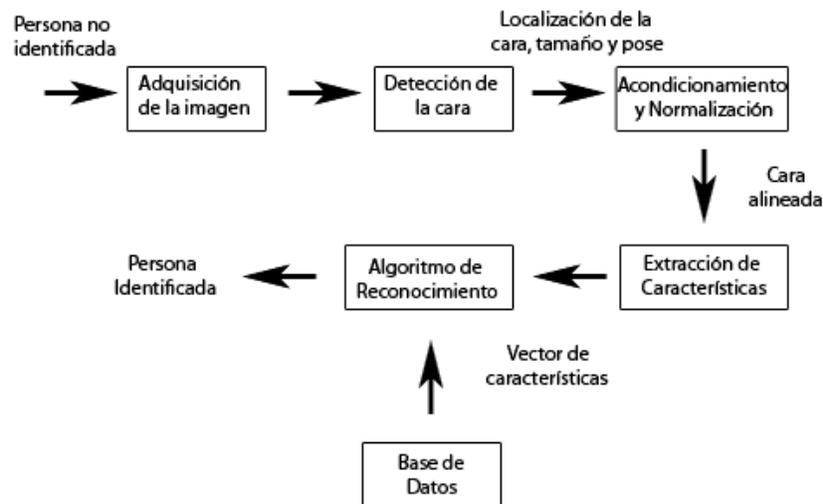


Fig. 1 Procesamiento de Rostro facial.

DCT

DCT es utilizado como un sistema de clasificación basado en la apariencia, en este caso la matriz de transformación es fija e independiente de la imagen. Este método no necesita de un entrenamiento previo del sistema con otras imágenes. [2]

Lo que se hace es aplicar DCT sobre bloques de 8x8 píxeles de la imagen. Una vez calculada la DCT sobre cada uno de estos bloques de 8x8 píxeles, se selecciona un determinado número de coeficientes por bloque con el fin de crear la nueva representación de la imagen (Fig. 2).

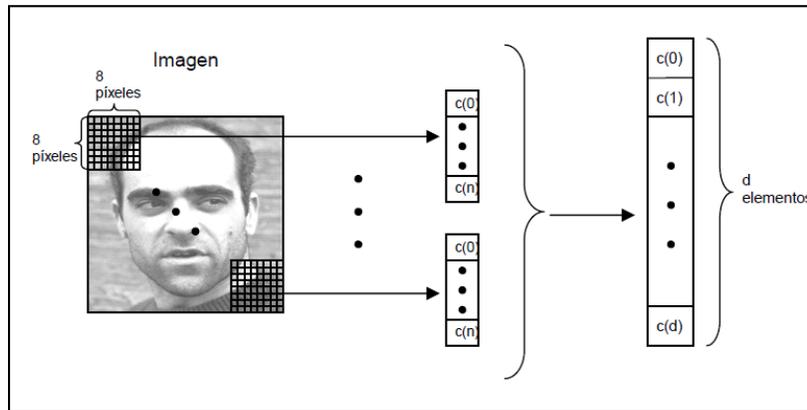


Fig. 2 Esquema de funcionamiento del sistema DCT por bloques.

Este sistema hace uso parcial de los sistemas basados en modelos porque requiere de la localización de alguna característica facial. En este caso para el buen funcionamiento del sistema se necesita que las imágenes estén recortadas y totalmente alineadas. Por esta razón previamente al aplicar el algoritmo, se debe detectar la posición de los ojos y alinear la imagen según un criterio (Fig. 3). En caso de que no se realice esta alineación previa de las imágenes, el sistema no funcionará correctamente.

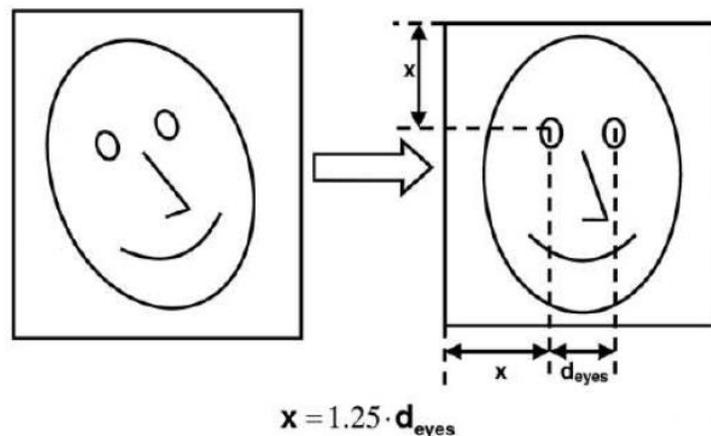


Fig. 3 Alineación de las caras usando DCT por bloques.

Reconocimiento

Cuando el sistema recibe una nueva imagen de test se realizan los siguientes pasos para llevar a cabo el reconocimiento:

- 1) Se escala la imagen a un cierto tamaño predefinido.
- 2) Se calcula la DCT de la imagen original escalada (Fig. 4).

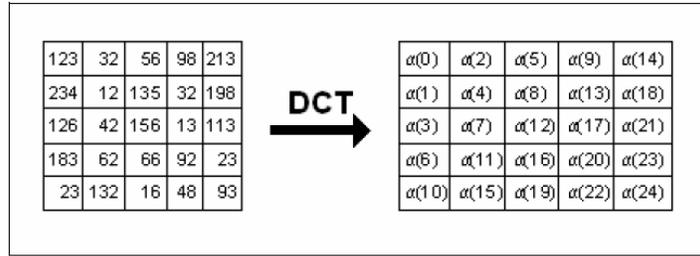


Fig. 4 Ejemplo de aplicación de la DCT sobre una imagen.

3) Se seleccionan en zigzag los d coeficientes que se utilizarán para el reconocimiento y se forma un vector columna (figura 5).

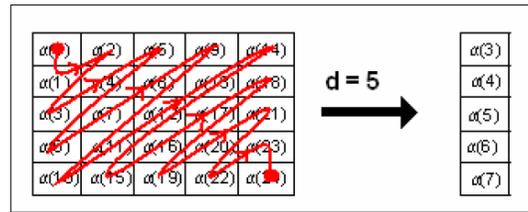


Figura 5. Ejemplo de selección en zigzag de los elementos

4) Se compara la imagen de test con la imagen de referencia y se decide. Para ello se utiliza el criterio de decisión de distancia mínima.

Diagrama general de casos de uso

En la fig. 6 se muestra el diagrama general de casos de uso de las actividades que puede realizar cada uno de los Usuarios.

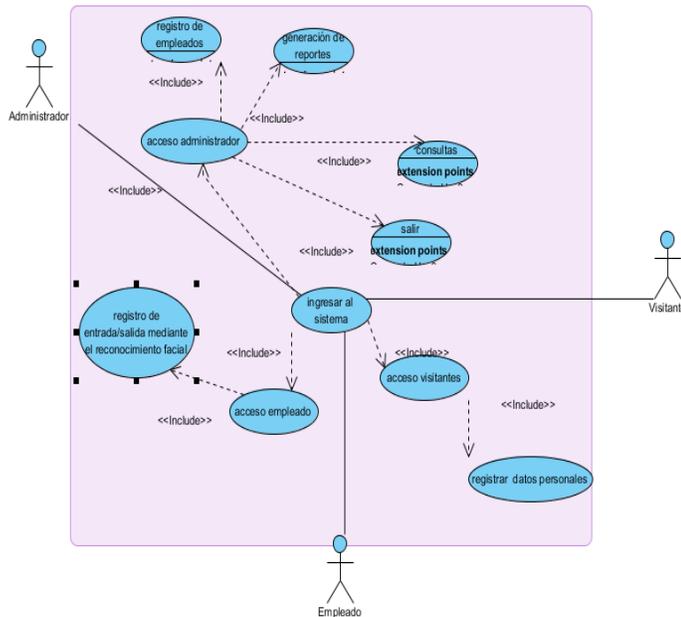


Fig. 6 Diagrama de caso de usos general.

Resultados del reconocimiento de Rasgos Faciales para control de acceso entrada/salida de Usuarios.

Pantalla principal del sistema

En la figura 7 se muestra la pantalla de inicio del sistema de Reconocimiento de Rasgos Faciales para Control de Acceso Entrada/Salida de Usuarios, para ingresar al proyecto donde se puede escoger opción de usuario o Administrador del sistema.



Figura 7. Ingreso al Sistema Usuario

Pantalla del menú del Administrador.

En la Fig. 8 se observan las tareas del Administrador.

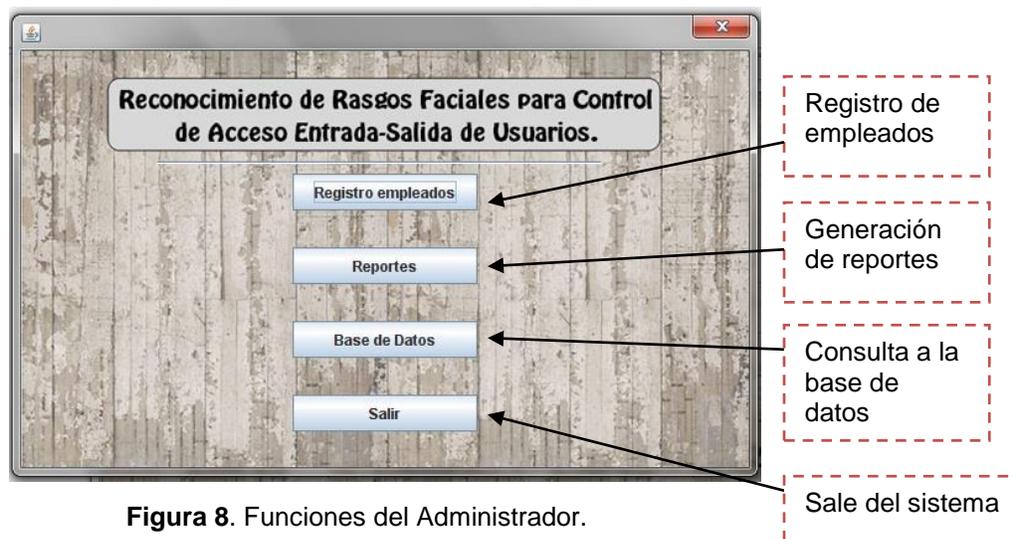


Figura 8. Funciones del Administrador.

Pantalla del registro de Empleados

En la Figura 9 se muestra el formulario para el registro de empleados donde se capturan los datos importantes así como la hora de entrada/salida del empleado donde los datos son capturados por el Administrador del sistema.

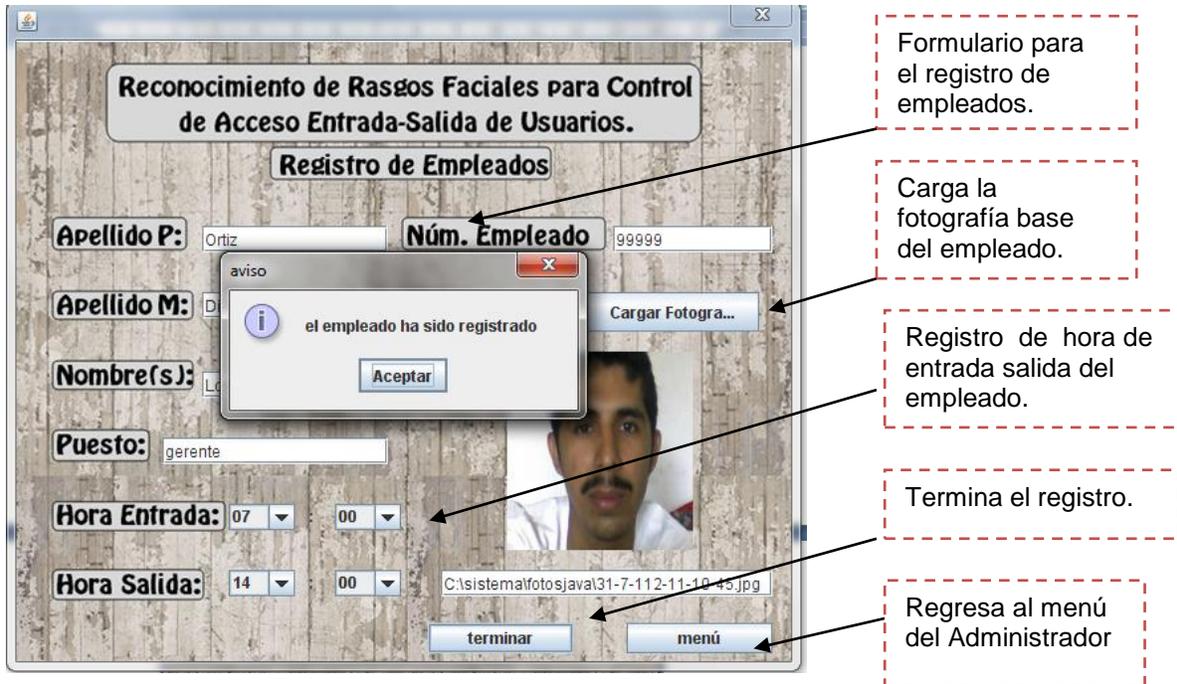


Fig. 9 Registro de Empleados.

Pantalla de registro de horarios del Empleado

En la figura 10 se muestra la pantalla donde el empleado captura su entrada y salida de trabajo, donde ingresa su número de empleado y se le toma una foto los cuales son guardados en la Base de Datos para futuras referencias.

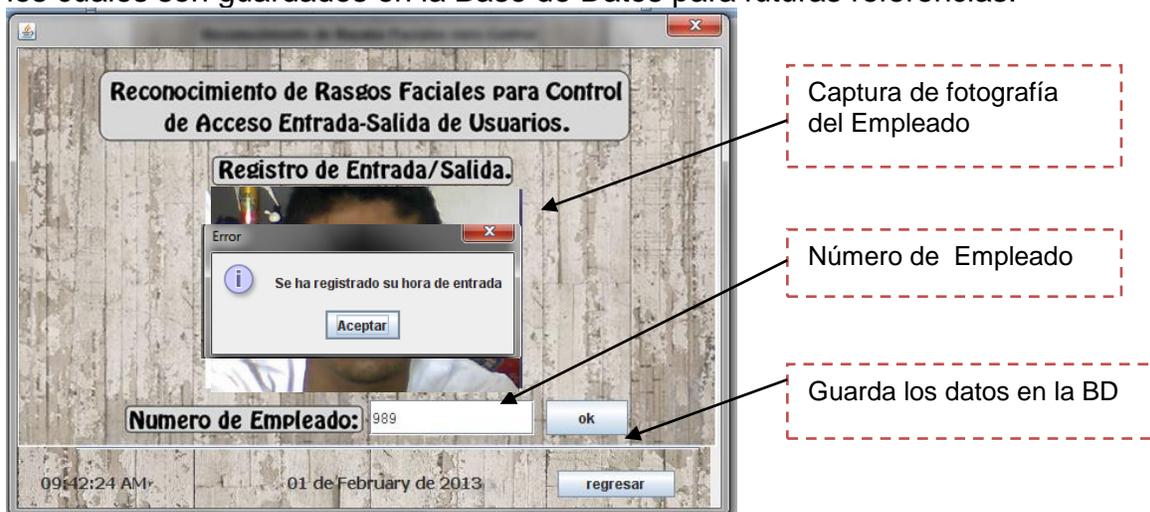


Figura 10 Registro de horario de

Conclusiones.

Con lo anteriormente presentado se concluyen satisfactoriamente los objetivos planteados, ya que el sistema está en funcionamiento, se almacena correctamente la información en la base de datos y se tiene acceso a la información que se requiere. El sistema facilita el registro de horarios y control de las incidencias cometidas por los empleados así como el control de los visitantes.

Referencias bibliograficas

1. <http://directoriofacil.net/negocio/identificacion-por-rasgos-faciales-3/>
2. http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_reconocimiento_facial
3. http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9782/1/PFC_RogerGimeno.pdf
4. Ing. Ramón Carranza Sotelo, Reconocimiento de rasgos faciales para control de acceso entrada/salida de usuarios, Tesis de licenciatura, Zacatepec, Morelos, 2013.

RECONOCIMIENTO FACIAL (BASADO EN EL REGISTRO DE PERSONAL)

A. E. Díaz Domínguez¹, C. J. Cardona Hernandez², O. R. Montero Reynoso³, J. E. Olivares Hernandez⁴, A. Peña Garcia⁵, V. Rivera Rodriguez⁶

¹Instituto Tecnológico de Cuautla (ITC) Metalmecánica, sección Mecatronica, fut_nike_10@hotmail.com, rocks1404@hotmail.com, tomy_neytor@hotmail.com; axel_onor@hotmail.com, cedro – vk.123@hotmail.com. artur_diaz_dom@hotmail.com. Libramiento Cuautla-Oaxaca s/n, Col. Juan Morales C.P.62745, Yecapixtla, Morelos.

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – La presente investigación trata de un sistema tecnológico de reconocimiento facial por medio de algunas aplicaciones como lo es el manejo de software, apoyándonos de herramientas como una laptop y una cámara. Algunas de sus aplicaciones son la seguridad de empresas que sirve para controlar accesos, aunque también tiene sus desventajas al momento de capturar los rostros, esto se podrá arreglar con un modo interactivo de comparar diferencias y semejanzas en las imagenes que se encuentran en la base de datos en el área de rostros. En la actualidad ya es manejado este tipo de reconocimiento facial, su aplicacion principal es en laptops inteligentes, como por ejemplo al iniciar una sesión del sistema operativo de windows, algunas laptop ya traen esto por defecto, se basa en que no todas las personas puedan tener acceso al sistema y algunas veces poder interactuar con lábios. El presente trabajo realiza algo semejante, la desventaja de las laptops es de que nada mas puede reconocer a un solo usuario. Este proyecto puede reconocer a varios usuarios, ya que puede guardar algunos reconocimientos faciales, para llevar un seguimiento en forma de base de datos y asi mismo poder guardar las imagenes con diferentes resoluciones.

Muchos de los sistemas de reconocimiento facial por ordenador han sido enfocados hacia la detección de características tales como ojos, nariz, boca, contorno de cabeza, definiendo un modelo facial mediante posición, tamaño y relaciones entre éstas, es decir, distancia entre ojos, distancia entre orejas, tamaño de la frente, etc. Sin embargo, estos sistemas presentan una gran dificultad a la hora de extenderse a múltiples y diferentes vistas, convirtiéndose en sistemas frágiles, requiriendo un buen entrenamiento inicial. Además estos tienen un elevado costo computacional y por lo tanto un elevado tiempo de procesado.

Introducción.

El sistema de reconocimiento facial es una aplicación dirigida por un ordenador que identifica automáticamente a una persona en una imagen digital.

Esto es posible mediante un análisis de las características faciales del sujeto extraídas de la imagen o de un fotograma clave de una fuente de vídeo, y se van comprobando los resultados obtenidos en una base de datos.

El sistema de reconocimiento facial se ha convertido en uno de los sistemas más utilizados en los últimos años para varios propósitos, por ejemplo, en el área de seguridad de una empresa o institución, para controles de acceso, y uno de los más utilizados en la biometría.

En nuestro caso este sistema lo vamos a utilizar o a emplear para el ingreso a una institución o empresa, para agilizar la entrada, ya que en ocasiones es muy tardada y muy poco eficiente, la forma actual de recabar la información de hora de

entrada y salida es por medio de reloj checador de tarjeta, tarjetas de código de barras y lector de huella.

El reconocimiento facial es un sistema que involucra varias áreas de investigación o de estudio para poder llevarlo a cabo, ya que no es un sistema fácil de elaborar y mucho menos resulta ser barato.

Marco Teórico

Innovador sistema de reconocimiento facial para seguridad bancaria. En el sitio web del diario Las Provincias de España, desarrolla una noticia que puede mejorar la seguridad a través de la utilización de Biometría: La empresa F7 Corporation (Instituto Biométrico de Reconocimiento Facial), creada en Alicante y con presencia también en Nueva York, ha desarrollado un innovador software de biometría por reconocimiento facial que prevé implantar en las principales entidades financieras para garantizar la seguridad de los clientes. La compañía de capital 100% alicantino llevará a cabo su primera aplicación en unos meses en Caja canarias, con quien ya prueba la tecnología para su servicio de banca online. La Confederación Española de Cajas de Ahorro (CECA) reconoce la ventaja que representa esta tecnología y valida su implantación en otras entidades.

La cara se convierte así en la única llave de acceso que permitiría a cada usuario operar por Internet, sin el riesgo de la suplantación personal con sus datos, o que se hagan con la clave de acceso mediante prácticas de fraude.

En segundo lugar, se puede observar en el aumento en el número de soluciones comerciales y el crecimiento de este mercado. Ejemplo de ello son los sistemas basados en el reconocimiento para identificación civil/criminal y los sistemas de video vigilancia desarrollados por empresas como Cognitec, Eyematic, Viisaje e Identix. Desde el punto de vista económico, los beneficios asociados a la industria dedicada al reconocimiento facial, crecieron de 50 millones de dólares en 2003 a 802 millones en 2008 y se espera que abarque un 17% del mercado dedicado a sistemas biométricos.

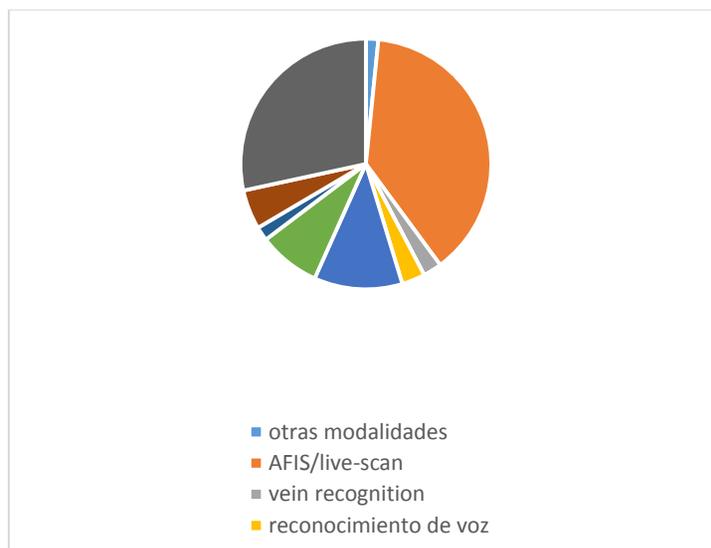


Figura 1. Desglose del porcentaje que ocupa cada técnica biométrica dentro del mercado.

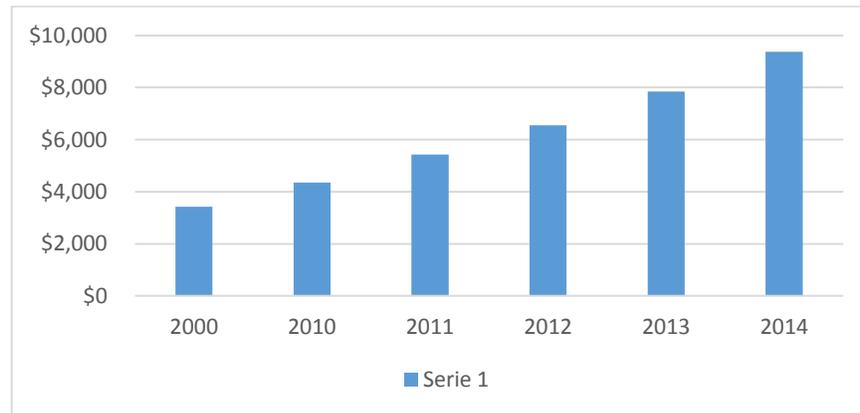


Figura 2. Previsión económica de la industria biométrica 2009-2014.

Reconocimiento de rostros.

El reconocimiento de rostros es un área que ha sido estudiada desde hace varios años, durante este tiempo han propuesto diferentes técnicas para poder lograr esto, como lo son:

- Igualamiento de plantillas
- Cálculo de eigen-caras características geométricas
- Métodos que utilizan redes neuronales

Dependiendo de la técnica que se utilice hay dos conjuntos de datos:

- El primero es utilizando siempre para la etapa de aprendizaje el cual es llamado conjunto de entretenimiento. Se debe tratar de que los patrones que integran este conjunto sean lo más diferente entre si y que represente el problema para poder tener un gran porcentaje de generalización.
- El según conjunto de patrones es llamado conjunto de prueba y es utilizado en el conjunto de prueba.

Para que el programa pueda reconocer un rostro se debe realizar los siguientes pasos:

- Procesamiento de la imagen: ya que por los diferentes ángulos o posición que se encuentre la cámara y la intensidad de la luz que le da diferente profundidad al rostro, es necesario procesar las imágenes, entre las tareas más comunes de procesamiento se pueden mencionar.
 - Extracción de información de la imagen de un rostro que sea irrelevante
 - Normalización del tamaño de la imagen
 - Aplicación de un método de filtrado

- Extracción de las características: esta etapa depende del desempeño del programa de reconocimiento. El objetivo de este paso es extraer los rasgos más importantes del rostro. Las técnicas más comunes son:
 - Extracción de componentes básicos del rostro.
 - Relación entre la distancia entre ojos, nariz, boca y cejas.
 - Descriptores invariantes y vectores de características

- Entrenamiento: consiste en utilizar un sistema de aprendizaje que le permita reconocer al sistema rostros que formarán el conjunto de reconocimiento. El tipo de entrenamiento dependerá de la técnica que se utilice.

- Reconocimiento: consiste en alimentar el sistema con imágenes de rostros diferentes a las utilizadas en el entrenamiento.

Métodos de aprendizaje.

Aprendizaje de redes neuronales:

Durante la operación de una red neuronal podemos distinguir claramente dos fases o modos de operación: la fase de aprendizaje o entrenamiento, y la fase de operación o ejecución.

Durante la primera fase, la fase de aprendizaje, la red es entrenada para realizar un determinado tipo de procesamiento. Una vez alcanzado un nivel de entrenamiento adecuado, se pasa a la fase de operación, donde la red es utilizada para llevar a cabo la tarea para la cual fue entrenada.

Fase de entrenamiento.

Una vez seleccionada el tipo de neurona artificial que se utilizará en una red neuronal y determinada su topología es necesario entrenarla para que la red pueda ser utilizada. Partiendo de un conjunto de pesos sinápticos aleatorios, el proceso de aprendizaje busca un conjunto de pesos que permitan a la red desarrollar correctamente una determinada tarea. Durante el proceso de aprendizaje se va refinando interactivamente la solución hasta alcanzar un nivel de operación suficientemente bueno.

El proceso de aprendizaje se puede dividir en tres grandes grupos de acuerdo a sus características [Isasi Viñuela y Galván León, 2004], [Yao, 1999]:

- Aprendizaje supervisado. Se presenta a la red un conjunto de patrones de entrada junto con la salida esperada. Los pesos se van modificando de manera proporcional al error que se produce entre la salida real de la red y la salida esperada.

- Aprendizaje no supervisado. Se presenta a la red un conjunto de patrones de entrada. No hay información disponible sobre la salida esperada. El proceso de entrenamiento en este caso deberá ajustar su peso con base a la correlación existente entre los datos de entrada.
- Aprendizaje por refuerzo. Este tipo de aprendizaje se ubica entre medio de los dos anteriores. Se le presenta a la red un conjunto de patrones de entrada y se le indica a la red si la salida obtenida es o no correcta. Sin embargo, no se le proporciona el valor de la salida esperada. Este tipo de aprendizaje es muy útil en aquellos casos en que se desconoce cuál es la salida exacta que debe proporcionar la red.

Resultados y Discusión

Se ha demostrado con investigaciones anteriores que el método de reconocimiento facial es muy eficiente tanto en seguridad y control, también se ha llegado a la conclusión de que además de ser muy costoso, y al necesitar ser muy preciso en cuanto a la posición del rostro en la cámara; debido a esto se han desarrollado sistemas de localización de cabeza y rostros en imágenes con cabeza y hombros, basados en detectores de bordes, otra contra, es el fallo del sistema debido al paso del tiempo ya que con él, los rostros cambian y la base de datos no puede predecir estos cambios, una solución a este problema es la actualización constante de la base de datos.

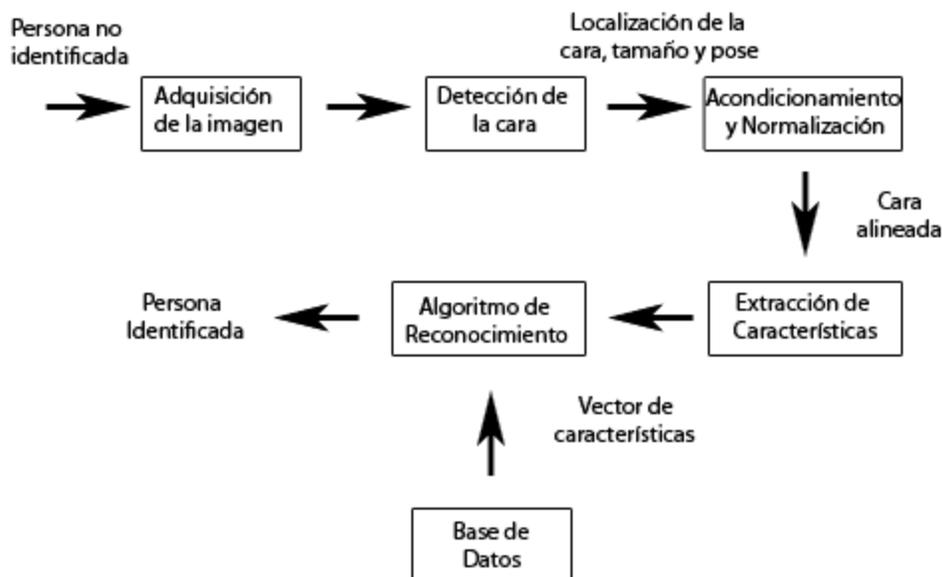


Figura 3. Proceso de un sistema de reconocimiento facial

Otro sistema muy usado es uno de identificación interactiva, en el que se comparan diferencias y semejanzas en las imágenes de la base de datos de rostros. Este sistema supera mayores inconvenientes que afectan a otros sistemas informáticos ya disponibles y proporciona un número ilimitado de variantes del rasgo y una estimación cuantitativa de similitud de la imagen.

Las pruebas realizadas en el primer programa se empezaron con el análisis de un solo rostro ya que no se podían almacenar más rostros, después de varias pruebas en el transcurso de las semanas el programa dejó de reconocerlo.

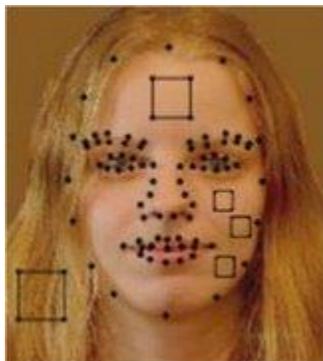


Figura 4. Proceso de reconocimiento

Actualmente se sigue llevando a cabo la recopilación de mayor información para lograr el objetivo planteado en este proyecto, que es, el de lograr guardar y reconocer distintos rostros.

Conclusiones

En el presente trabajo integra distintas ramas de investigación nuevas e interesantes y gracias a esta investigación estamos comprendiendo y adentrándonos al mundo de la tecnología la cual nos llena de conocimiento, que es la herramienta hoy en día.

Esperamos que nuestro proyecto sea de gran utilidad y beneficio, ya que permitirá llevar un mejor control en el registro y seguridad del personal.

Este proyecto se pretende implementar en primera instancia, en el acceso a la Institucion, mismo que permitirá reducir tiempo, tanto de entrada como de salida y así como llevar un control mas gráfico y estadístico del personal.

Referencias

1. <http://es.scribd.com/doc/28778540/11/Historia-del-reconocimiento-facial>.
2. Conde Vilda, Cristina; Biometría: reconocimiento facial mediante fusión 2d y 3d; Dykinson, S.L

RECORRIDO VIRTUAL INTERACTIVO EN 3D CON REALIDAD AUMENTADA UTILIZANDO EL MOTOR DE VIDEOJUEGOS “UNITY 3D” RV-UTEZ

E. Adán-Moreno¹, M. Luna-Ortiz¹, E. Damián-Solis¹

¹Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, ernestoadan@utez.edu.mx, marthaluna@utez.edu.mx, eldadamian@utez.edu.mx

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – La realidad aumentada, sin duda alguna, es una tecnología que se ha ido adoptando e insertando en diversos sectores, debido a su amplia versatilidad. Otra herramienta tecnológica ampliamente utilizada para la promoción de diversos lugares, son los recorridos virtuales, ambas tecnologías, tienen sus fundamentos en la Realidad Virtual.

El presente trabajo se enfoca en la creación de una aplicación denominada RV-UTEZ, que involucra el desarrollo de un recorrido virtual interactivo en 3D con Realidad Aumentada de las instalaciones de la UTEZ, para el beneficio de la comunidad universitaria y de las personas que deseen conocer las instalaciones de la misma. Para ello se utiliza el motor de videojuegos Unity3D, así como también el SDK Vuforia para la implementación de Realidad Aumentada. El prototipo parte de la premisa de un modelado en 3D que será importado a un motor de videojuegos para realizar el recorrido virtual interactivo con un enfoque de visualización de una tercera persona. Posteriormente se utilizarán las imágenes de referencia, las cuales contienen ciertos patrones, que servirán para realizar la visualización de información mediante realidad aumentada.

Introducción

El ser humano vive hoy en día una vida llena de ocupaciones y se ha visto inmerso en el uso de las nuevas tecnologías de tal manera que un equipo de cómputo o un dispositivo móvil no le son tan ajenos y los han aprendido a utilizar en su beneficio. Una de las tendencias tecnológicas que vienen con mucha fuerza es la Realidad Aumentada (RA), ya que gracias a ella, los usuarios pueden crear experiencias interactivas desde dispositivos digitales, que les permiten recrear aprendizajes sobre lo que están visualizando en el momento. Otra herramienta tecnológica muy socorrida por los usuarios, son los recorridos virtuales, los cuales les permiten conocer lugares a los cuales no podrían acceder por diferentes cuestiones, sin necesidad de moverse de la comodidad de su hogar u oficina.

Por otra parte, la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos (UTEZ), recientemente ha incrementado su población estudiantil, así como también su infraestructura. Debido a estos factores, se ha detectado, tanto en alumnos de cuatrimestres avanzados como en los de nuevo ingreso, un desconocimiento de las áreas y hacia donde se tienen que dirigir y cuáles son los

principales departamentos de la Universidad, así como también las personas que en ellas laboran.

Es por ello, que existe la necesidad imperativa de la creación de una aplicación que permita guiar al alumnado, al visitante, y a los usuarios de Internet que requieren información sobre la UTEZ, en una plataforma virtual, esto mediante la elaboración de un Recorrido Virtual Interactivo con Realidad Aumentada.

Fundamento Teórico

Para comprender mejor el funcionamiento del prototipo de “RV-UTEZ” (Recorrido Virtual – UTEZ), es necesario poner en el contexto dicha aplicación.

El presente trabajo tiene su fundamento en la Realidad Virtual, la cual se define como un medio tecnológico compuesto por una simulación tridimensional por computadora, donde el participante utiliza varios sentidos sensoriales para interactuar con dicha simulación, dando en ésta la sensación de estar mentalmente inmerso (presente). A la simulación tridimensional se le ha llamado ambiente o “mundo” virtual (Sherman y Craig, 2003).

Para la elaboración de los ambientes virtuales se utilizan herramientas de modelado en 3D para diferentes Sistemas Operativos, en la tabla 1 se mencionan los más populares de acuerdo a la plataforma sobre la que trabajan.

Tabla 1. Listado de Software para modelado en 3D

Sistema Operativo	Software de Modelado en 3D
Linux	Blender
Mac	Maya
Windows	3D Studio Max Rhinoceros Light Wave

La creación de un modelo tridimensional sigue una serie de pasos, que según (Moreno, 2010), son los siguientes: primero se le da la forma al objeto por medio del uso de polígonos y otros elementos geométricos; segundo se pasa a las etapas de texturizado e iluminación, que son propiedades visuales del comportamiento del objeto frente a la luz, fundamentales para que el grafico sea llamado modelo 3D; y tercero la animación y renderizado del objeto en una escena.

Para la creación de un recorrido virtual, es necesario que las herramientas de modelado en 3D, cuenten con el manejo de fotogramas en una línea de tiempo, y de esta forma obtener un volcado en cualquier formato de video. Esto significa que la mayoría de los recorridos virtuales generados con éste tipo de herramientas se

encuentran limitados en términos de interactividad con el usuario, el cuál no puede elegir a dónde o qué parte del recorrido desea observar en un determinado momento, sino que se encuentra limitado a seguir la secuencia de fotogramas programado para el recorrido virtual.

Debido a lo anterior, existen recorridos virtuales interactivos que requieren de un renderizado en tiempo real, y han sido creados mediante un motor de videojuegos (Game Engine). Un “Game Engine” es un sistema compuesto por varias herramientas para la creación y desarrollo de videojuegos. Dicho sistema incluye funcionalidad para la compilación, renderización de gráficos 2D y 3D, sonido, animación, inteligencia artificial, sistema distribuido, paralelización, asignación de memoria y gráficos (Marchante, 2012).

Por otra parte, el uso de tendencias tecnológicas innovadoras, como la RA, permite enriquecer trabajos como los recorridos virtuales, debido a que amplía las imágenes de la realidad, a partir de su captura por la cámara de un equipo informático o dispositivo móvil avanzado que añade elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se le han sumado datos informáticos. La RA es una potente herramienta que ha demostrado su gran versatilidad en diferentes ámbitos, uno de ellos, los recorridos virtuales interactivos, en donde el usuario además de tener la sensación de presencia real en un medio virtual, obtiene información adicional en tiempo real en el lugar en el que se ubique, reforzando su aprendizaje mediante un estímulo visual.

Hay tres formas de presentar la tecnología de Realidad Aumentada (Fombona, 2012), véase la figura 1:

- a) con la computadora,
- b) tradicional, con dispositivos portátiles,
- c) con equipos específicos de realidad aumentada

El caso de estudio de éste trabajo, se enfoca en las primeras dos formas.



Figura 1. Formas de presentar la RA

Existen diferentes plataformas específicas tanto para la creación de RA cómo de Recorridos virtuales, sin embargo no muchas de ellas permiten la creación de ambas. La herramienta de desarrollo Unity3D es un motor gráfico 3D para PC y Mac que viene empaquetado como una herramienta para crear juegos,

aplicaciones interactivas, visualizaciones y animaciones en 3D y tiempo real. Unity puede implementar contenido para múltiples plataformas como PC, Mac, Nintendo Wii y iPhone. Sin embargo, para la creación de aplicaciones de RA con Unity3D, requieren del uso de una plataforma adicional denominada Vuforia, la cual contiene librerías que permiten manipular la cámara de un dispositivo móvil o una computadora y utilizan imágenes de referencia (Códigos QR e imágenes impresas o digitales) para proyectar información en tiempo real.

Es por ello que, para la creación del prototipo *RV-UTEZ*, el cual tiene las características de ser un recorrido virtual en 3D con interactividad y manejo de RA, es necesario contar con una herramienta de modelado en 3D para crear el ambiente virtual y una herramienta de motor de juegos para incluir controles que permitan que el usuario pueda desplazarse por cualquier lugar del ambiente virtual y obtener la información detallada y en tiempo real de los espacios y lugares mediante estímulos visuales mediante RA, en este caso Unity 3D.

Resultados

Para llevar a cabo una simulación tridimensional, es importante generar primeramente el modelado del ambiente real que será posteriormente virtualizado. En el caso de la UTEZ, se cuenta con un croquis, que incluye los 4 Edificios de Docencia, 2 edificios denominados Taller Pesado1 y Taller Pesado2 respectivamente, el edificio de Rectoría, el edificio de Biblioteca, el edificio de CECADEC (Centro de Comunicación, Aprendizaje y Desarrollo del Conocimiento) y el edificio de CEVISET (Centro de Vinculación y Servicios Tecnológicos), véase figura 2. Para el modelado de los espacios se ha utilizado una herramienta de modelado denominada 3DsMax.

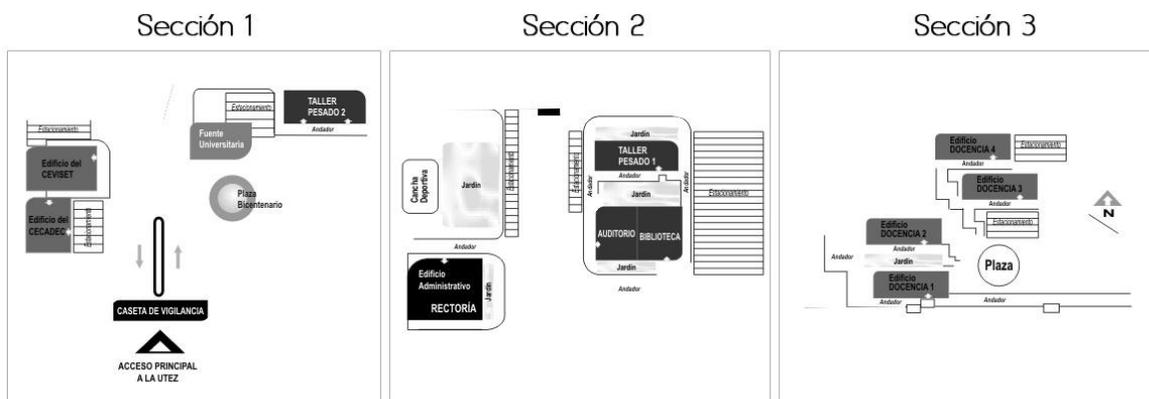


Figura 2. Plano-Croquis de las instalaciones de la UTEZ

En una primera etapa del proyecto *RV-UTEZ*, solamente se modeló el Edificio de CECADEC, guardándolo en un formato de archivo “.fbx”, que se utilizará en Unity 3D, debido a que éste formato de archivo es independiente de la plataforma de animación que se utilice.

Para realizar el recorrido virtual interactivo RV-UTEZ, con Unity 3D, se determinaron los siguientes requerimientos del sistema:

- a) Ambientación de los exteriores e interiores.
- b) Creación de escenarios.
- c) Uso de cámaras para determinar las vistas del usuario. Existen dos formas:
 - I. Primera persona. Las cámaras se colocan para que el usuario de la aplicación tenga la perspectiva de ser el protagonista del recorrido. La ventaja de éste enfoque es que se le da mayor realismo y sensación de presencia en el recorrido virtual. La desventaja es que sólo tiene la vista frontal, por lo que se requieren de rotaciones para que el usuario conozca el entorno que lo rodea.
 - II. Tercera persona. Las cámaras se colocan de tal manera, que enfocan la vista de un personaje controlado (una tercera persona distinta al usuario que maneja el recorrido), el cual es observado de cuerpo entero y de espaldas, por lo que el usuario tiene a la vista todo lo que rodea al personaje.
- d) Interactividad. Uso de controles para los movimientos y el enfoque de la cámara. Además de ubicar en el escenario puntos de información, a los cuales se puede acceder a través de los controles interactivos, un ejemplo sería que al acercarse a un determinado espacio, se muestre la información correspondiente como el nombre del edificio, el área a la que pertenece, un directorio, etc.
- e) Creación de imágenes de referencia. Estas imágenes contienen patrones que permiten proyectar la información en tiempo real, es decir, generan la RA. Este proceso lo realiza el SDK denominado Vuforia mediante de una librería que incluye la imagen de referencia con sus patrones y otros archivos adicionales para el manejo de RA. En la figura 3 se muestra una imagen de referencia con sus respectivos patrones, la cual hace referencia al edificio CECADEC de la UTEZ.



Figura 3. Edificio CECADEC, imagen de referencia con patrones para RA.

Con respecto a los requerimientos de hardware, se debe contar con un equipo adecuado, ya que el uso de éste tipo de herramientas consume una cantidad considerable de recursos de memoria y gráficos.

En la figura 4, se muestra la imagen del prototipo de la aplicación RV-UTEZ, capturada con un dispositivo móvil en donde se observa la manipulación de un recorrido virtual interactivo, con Realidad Aumentada, para nuestro caso de estudio: el Edificio CECADEC.

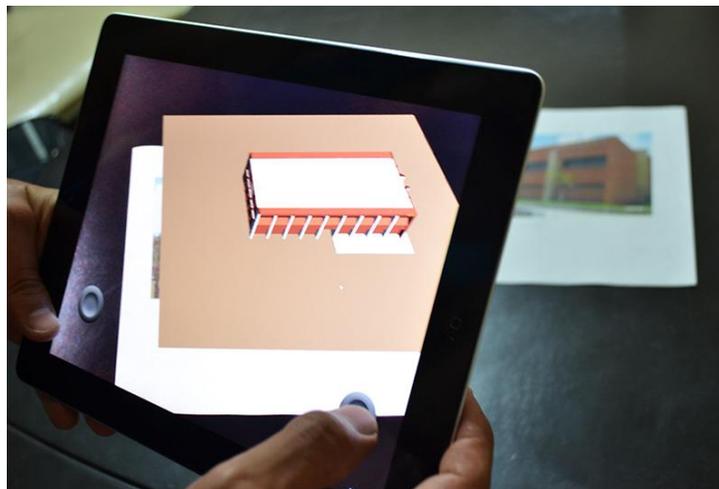


Figura 4. RV-UTEZ mostrando el Edificio CECADEC con Realidad Aumentada

Conclusiones

Como se pudo observar en éste trabajo, la tecnología relacionada al uso de los recorridos virtuales interactivos que añaden la innovación que ofrece la realidad aumentada, se puede utilizar para la generación de productos multimediales que proporcionen a los usuarios de las mismas, la sensación de protagonismo en diversos escenarios, por los cuales se puede transitar de manera virtual, con la sensación de estar presente en el lugar y tiempo reales. Cabe aclarar que este tipo de aplicaciones no son más que ilusiones ya que se trata de una realidad perceptiva sin ningún contacto físico y que únicamente se da a través de una computadora o de diversos dispositivos móviles.

La RA en conjunto con un recorrido virtual interactivo, son una excelente opción para proporcionar información de la Universidad y a la vez promocionarla. Esto gracias a que los alumnos, visitantes, y personas interesadas en ingresar a la misma, contarán con una herramienta tecnológica innovadora que les permitirá conocer la información clara y precisa de las instalaciones.

Agradecimientos

Se valora el apoyo de los miembros del Cuerpo Académico Redes Convergentes Seguras de la UTEZ para la realización del presente proyecto.

Referencias

1. Sherman, W.R. y Craig, A.B.(2003). Understanding Virtual Reality. San Francisco,
2. CA:Morgan Kaufmann.
3. Moreno Sáenz, J., y Molina Vilchis, M. A. (2010). Panorama de los ataques en los modelos 3D. Telematique, , 51-63.
4. Marchante de la Dueña, Julián. Tesis, Universidad Carlos II de Madrid. Escuela Politécnica Superior, 2012.
5. Fombona, Javier y Pascual, María. “Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles”. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación. ISSN:1133:8482. No. 41. Julio 2012. pp.197-210

SISTEMA CONSTRUCTOR DE APLICACIONES EN LENGUAJE C MEDIANTE COMANDOS DE VOZ (C-VOZ).

J. Cortés-Galicia¹, D. Degollado-Hernández¹ y A. G. Juárez-Carrión¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, Av. Juan de Dios Batiz s/n, México D.F. – jcortesg@ipn.mx; ¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo – ddhernandez@hotmail.com; ¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo – juca38_alina@hotmail.com

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – El presente artículo describe el sistema constructor de aplicaciones en lenguaje C mediante comandos de voz (C-Voz), el cual tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación que aproveche la voz como fuente de entrada de datos para la programación de aplicaciones en lenguaje C, omitiendo el uso del teclado para la escritura del programa relacionado a la aplicación a desarrolla. Además describe los algoritmos utilizados en el procesamiento y reconocimiento de voz, que representan una parte importante del sistema.

Introducción

En la actualidad, existen muchos programas computacionales conocidos como Ambientes de Desarrollo Integral (IDE) enfocados a la programación, la mayoría de ellos incluyen funcionalidades que involucran apoyo a los usuarios, dichas funcionalidades son de gran ayuda, ya que representan una guía ante la estructura desconocida (por el usuario principiante) de los diferentes lenguajes de programación existentes hoy en día, apoyando en la correcta escritura de programas. No es un secreto que parte de los errores cometidos al momento de programar están relacionados con la manera equivocada de escribir su estructura, o bien la sintaxis incorrecta, principalmente estos errores son cometidos cuando el usuario se está familiarizando con algún lenguaje de programación.

Hablemos ahora de otro tipo de aplicaciones, de las que han buscado otro enfoque en la entrada de información a la computadora, aquellas que, además del teclado y el ratón, han aprovechado otra fuente de información, misma con la que todo ser humano está íntimamente relacionado por ser ésta parte integral de él: la voz.

Pocas son las aplicaciones que aprovechan la voz como medio de entrada de información, la mayoría de ellas son de propósito general, es decir, se enfocan a escribir en su interfaz lo que el usuario dice, y es que, al ser la voz una fuente tan compleja, el procesamiento no es sencillo. ¿Cómo podemos representar la voz en datos que la computadora pueda entender y procesar? Para ello existen algunos algoritmos matemáticos que involucran el tratamiento de señales de este tipo.

La voz como medio de comunicación es hasta cuatro veces más rápida que el medio escrito, en promedio el ser humano puede pronunciar 160 palabras por minuto, mientras que puede teclear 40 palabras en el mismo tiempo [1], es decir, mientras escribimos una palabra podemos pronunciar cuatro. ¿Por qué no aprovechar este recurso en la generación de código en C?

Otro aspecto muy importante que no debe olvidarse es la interfaz con el usuario, muchas aplicaciones son eficientes y muy buenas funcionalmente hablando pero pierden la atracción del usuario si son tediosas o muy complejas. El presente artículo analiza algunos de los algoritmos utilizados para el procesamiento de la voz así como plantea el reconocimiento de comandos de voz, enfocándonos a la programación en el lenguaje C, es decir, identifica comandos relacionados con estructuras sintácticas de C. Es así como surge el sistema constructor de aplicaciones en lenguaje C mediante comandos de voz (C-Voz).

Sección Experimental

La arquitectura del sistema C-Voz consiste de tres módulos fundamentales, los cuales son: el procesamiento de voz, la extracción de parámetros CLPC, y el reconocimiento de comandos.

Procesamiento de voz

En la naturaleza, todo tipo de señal relacionada con el sonido (entre otras fuentes) se representan de manera analógica, sin embargo no es posible representar dicha señal en la computadora, para atender este problema existe el muestreo, mediante el cual una señal analógica [2] puede ser representada con un número determinado de muestras, es decir, llevarla a una forma digital [3] sin que se pierda la forma original.

Cada muestra de la nueva señal representa el valor de la señal original en algún instante del tiempo, por lo tanto, entre más muestras se tengan, la señal analógica estará mejor representada, por otro lado, estos datos sí pueden ser representados en la computadora, haciendo posible el procesamiento de los mismos.

El teorema de Nyquist [4] [5] o de muestreo nos dice que la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual al doble de la frecuencia de la señal original.

Por otra parte, las señales de voz tienen frecuencias que van desde los 500Hz hasta los 8KHz, sin embargo la mayor parte de la información se encuentra en las frecuencias bajas, por debajo de los 3.5 KHz [1]. Para el sistema C-Voz se eligió una frecuencia de muestreo de 12 KHz, con lo que será posible, de acuerdo al teorema de muestreo, recopilar información hasta los 6 KHz de la señal de voz.

Para procesar la señal es necesario segmentarla en intervalos pequeños de tiempo, cada intervalo proporcionará información suficiente para saber si conviene o no descartar dicho segmento de la señal original (en la figura 1 se muestra un ejemplo de señal de voz relacionada con el comando "Cadena").

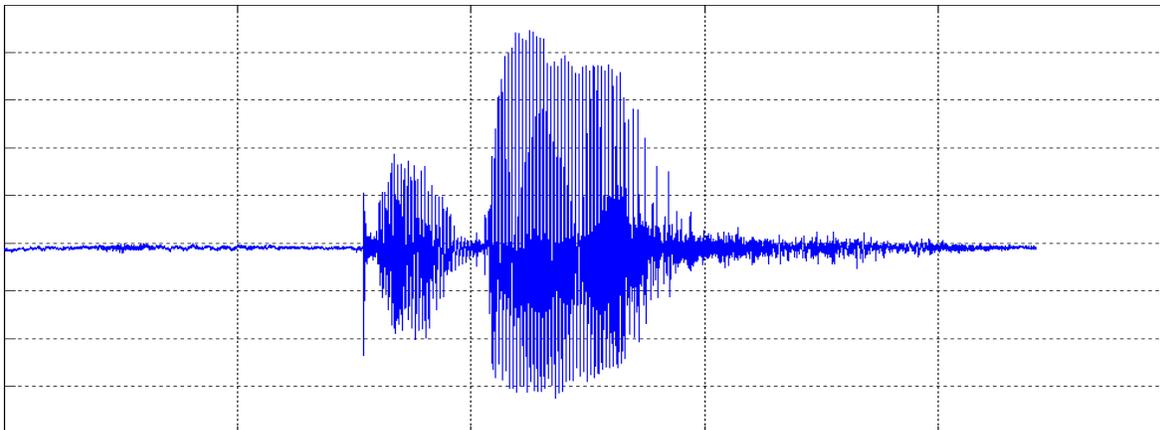


Figura 1 - Ejemplo de señal de voz relacionada con el comando "Cadena".

La segmentación de la señal no debe ser muy grande ya que podría contener partes de la señal que se deban considerar y otras que no sean útiles (ruido o silencio). Los intervalos tampoco deben ser muy pequeños porque consumirían más recursos. Intervalos de 20ms son aceptables para el objetivo del sistema C-Voz.

Existen dos formas de saber si en un instante de la señal hay datos que representen a una palabra:

- a) Detección de cruces por cero. Consiste en detectar la cantidad de ceros que hay en cierto segmento de la señal. Si dicho segmento contiene muchos cruces por cero (ceros no continuos) es posible asumir que se trata de un segmento con sonidos silbantes.
- b) Detección de energía. Consiste en detectar los valores más altos en cierto segmento de la señal, la energía detectada en intervalos totalmente vacíos es cercana a 0, para el caso del sistema C-Voz se consideran a partir de 10 la energía perteneciente a cualquier sonido tonal o vocal.

A continuación se muestran en la figura 2 (de segmentos de 480 muestras), los niveles de "ceros" detectados en una grabación con absoluto silencio utilizando el sistema C-Voz. La figura 3 muestra la misma prueba, esta vez pronunciando la palabra "Cadena".

De las figuras se observa que en la parte intermedia la energía aumenta, sugiriendo que aquí se encuentra la información útil.

40 mS, Ceros: 479
80 mS, Ceros: 479
120 mS, Ceros: 479
160 mS, Ceros: 479
200 mS, Ceros: 479
240 mS, Ceros: 479
280 mS, Ceros: 479
320 mS, Ceros: 479
360 mS, Ceros: 479
400 mS, Ceros: 479
440 mS, Ceros: 479
480 mS, Ceros: 479
520 mS, Ceros: 479
560 mS, Ceros: 479
600 mS, Ceros: 479
640 mS, Ceros: 479
680 mS, Ceros: 479
720 mS, Ceros: 479
760 mS, Ceros: 479
800 mS, Ceros: 479
840 mS, Ceros: 479
880 mS, Ceros: 479

600 mS, Ceros: 479
640 mS, Ceros: 479
680 mS, Ceros: 479
720 mS, Ceros: 466
760 mS, Ceros: 246
800 mS, Ceros: 196
840 mS, Ceros: 269
880 mS, Ceros: 396
920 mS, Ceros: 396
960 mS, Ceros: 410
1000 mS, Ceros: 412
1040 mS, Ceros: 401
1080 mS, Ceros: 431
1120 mS, Ceros: 427
1160 mS, Ceros: 469
1200 mS, Ceros: 479
1240 mS, Ceros: 479
1280 mS, Ceros: 479
1320 mS, Ceros: 479
1360 mS, Ceros: 456
1400 mS, Ceros: 449
1440 mS, Ceros: 454
1480 mS, Ceros: 371
1520 mS, Ceros: 343
1560 mS, Ceros: 438
1600 mS, Ceros: 479
1640 mS, Ceros: 479
1680 mS, Ceros: 479

Figura 2 - Cantidad de ceros para silencio.

Figura 3 - Cantidad de ceros grabando "Cadena".

Una vez eliminados los silencios, se aplicará el filtro de preénfasis, el objetivo es mantener una relación constante a través de toda la señal, el filtro aplicado en este paso se define por la siguiente ecuación:

$$y_n = x_n - kx_{n+1}$$

Donde y_n es la señal de salida y k puede valer entre 0.9 y 0.95.

Extracción de parámetros CLPC

La extracción de parámetros constituye un conjunto de técnicas de procesamiento de datos orientada a representar un conjunto grande de éstos mediante un número reducido de parámetros característicos. Permite disminuir considerablemente la cantidad de información, reduciendo la complejidad del problema y el tiempo de procesamiento.

La predicción lineal es una técnica que modela al sistema traqueal para la producción de la voz humana, dando lugar al modelo de codificación de predicción lineal (LPC), el cual se basa en el hecho de que una señal que contiene un mensaje (como es el caso de las señales de voz), nunca es totalmente aleatoria ya que es posible que exista una correlación (relación entre dos o más fonemas) entre el muestreo sucesivo de dicha señal [6].

Para comenzar con la extracción de parámetros LPC, se aplica una autocorrelación a la señal de voz definida por $x(n)$:

$$a_i = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{n-i} x_k x_{k+1}$$

Donde a son los coeficientes LPC y x la señal de entrada. Para i desde 1 hasta 16 (serán 16 coeficientes los que se obtengan).

El siguiente paso es aplicar el método de Levinson-Durbin [6], el cual es un método recursivo. El método consiste en armar una matriz cuadrada en la que los coeficientes se acomodan de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} C_0 & C_1 & \dots & \dots & C_{p-1} \\ C_1 & \ddots & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ C_{p-1} & \dots & \dots & \dots & C_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ x \\ x \\ x \\ x \\ x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_0 \\ x \\ x \\ x \\ x \\ x \end{bmatrix}$$

Donde C_0, C_1, \dots, C_{p-1} son los coeficientes obtenidos con la autocorrelación, inicialmente a_0 tiene un valor de 0, el resto de los coeficientes no se conocen, estos se calculan de manera iterativa y se actualizan en cada iteración.

Los coeficientes LPC cepstrales (CLPC) aprovechan los beneficios de la predicción lineal, eliminando ciertos aspectos de ruido y perturbación incluidos dentro de las tramas de datos. Estos coeficientes pueden ser calculados mediante un proceso iterativo, tomando en cuenta los coeficientes LPC como datos de entrada. Los coeficientes CLPC se calculan de la siguiente manera:

$$C_n = -a_n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)a_i C_{n-1}$$

Donde C representa los coeficientes CLPC y a representa los coeficientes LPC de entrada. Para n desde 1 hasta 16.

Para comprobar si los parámetros están correctos podemos comparar la transformada de Fourier (figura 4) de los coeficientes con la transformada de Fourier de la señal original (figura 5), si la primer transformada envuelve a la segunda entonces habremos obtenido coeficientes correctos (o muy aceptables).

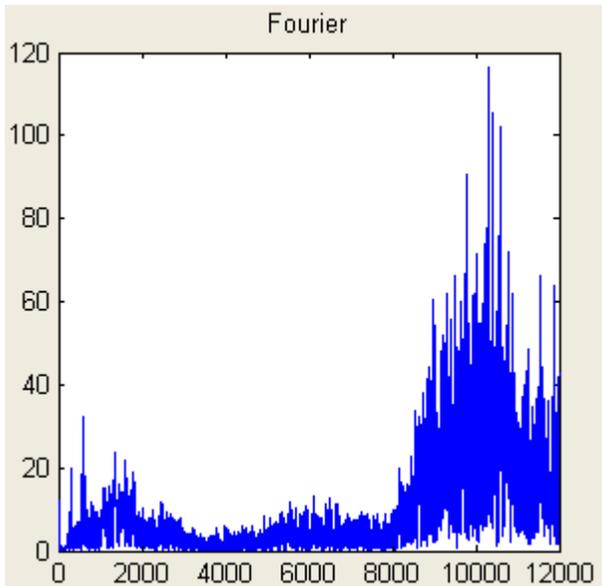


Figura 4 – T. de Fourier de la palabra (“Cadena”).

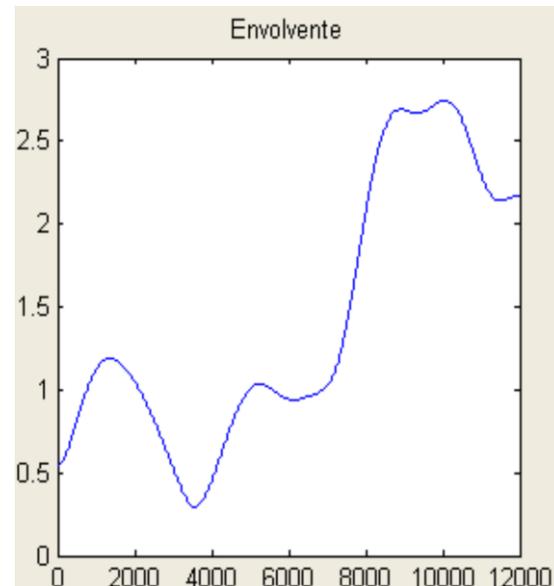


Figura 5 – T. de Fourier de los CLPC.

Reconocimiento de comandos

Las redes neuronales son modelos que intentan reproducir el comportamiento del cerebro humano y sus elementos principales son las neuronas [6]. A partir de ellas se pueden generar representaciones, de tal manera que un conjunto de estados de ellas puede significar algo, como una letra o un número.

Existen neuronas que se encargan de tomar la información de entrada, para el caso del sistema C-Voz los parámetros CLPC.

La información recibida se transmite a otras neuronas internas que se encargan del procesamiento, se envía la información a las neuronas de salida, cada neurona de salida representará una de las palabras que se quieren identificar.

Una de las redes neuronales que más se utiliza en el procesamiento de voz es la red neuronal de propagación hacia atrás (BPN). Este tipo de redes funcionan a partir de un conjunto predefinido de pares de entradas-salidas (fase de entrenamiento). Primero se estimulan las neuronas de entrada, se propaga la información por las siguientes capas hasta llegar a la capa de salida.

Una vez que se tiene un resultado, se compara con el valor que realmente se deseaba y se calcula un valor (error) para cada neurona de salida. Los errores se transmiten hacia atrás partiendo de la capa de salida hacia la capa anterior. Este proceso se repite, capa por capa, hasta que todas las neuronas tienen un error que describe su aportación al error total.

Con los errores que cada neurona tiene se recalculan los pesos [6] para cada neurona, con esto, las siguientes salidas estarán más cerca de la salida deseada. Para el sistema C-Voz, la red neuronal utilizará la función de transferencia

sigmoidal en la capa intermedia y la función lineal en la capa de salida, la tasa de ajuste será de 0.1, los pesos y las ganancias se inicializarán con valores aleatorios desde -0.5 hasta 0.5, el error objetivo es de 0.2 y para acelerar el aprendizaje se utilizarán los pesos y ganancias anteriores en la actualización de los mismos.

Lenguaje de programación C

C es un lenguaje de programación creado en 1972 y está orientado a la implementación de sistemas operativos. Entre sus ventajas se encuentran la eficiencia del código que produce y que es el más utilizado en la creación de software de base [7].

Es un lenguaje débilmente tipificado y de nivel medio. Ofrece las estructuras básicas de selección e iteración. Existen alrededor de 48 palabras reservadas [7] que se utilizan para definir estructuras de control y tipos de datos básicos, además de esto existe una amplia gama de funciones para llevar a cabo una acción específica. Son justamente estas palabras reservadas las que el sistema C-Voz relacionará con comandos de voz para la generación de un programa en C, por ejemplo para una estructura de selección “if-else” de C, el sistema C-Voz le asocia el comando de voz “si-entonces”; para una estructura de iteración “for”, C-Voz asocia el comando de voz “para”.

Resultados y Discusión

Como primera prueba del sistema C-Voz, se muestra el reconocimiento de 9 comandos, se realizaron 5 intentos para cada comando, los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 - Reconocimiento de 9 comandos del sistema C-Voz.

Palabra	Aciertos	Eficiencia
Cadena	5	100%
Doble	5	100%
Para	5	100%
Si	5	100%
Regresa	5	100%
Caso	5	100%
Rompe	5	100%
Letra	5	100%
Demás	5	100%

Una segunda prueba del sistema consistió en el reconocimiento de 28 palabras, el procedimiento es el mismo que en el caso anterior, variando únicamente las neuronas ocultas y de salida para ajustarla a las 28 palabras (los resultados obtenidos de la prueba se muestran en la tabla 2).

Tabla 2 - Reconocimiento de 28 comandos del sistema C-Voz.

Palabra	Prueba 1	Prueba 2
Cadena	4	5
Doble	2	5
Para	5	4
Si	3	4
Regresa	3	5
Caso	5	4
Rompe	5	4
Letra	5	5
Demás	5	2
Selecciona	5	4
Vacío	3	2
Imprime	5	5
Añade	5	4
Estándar	5	2
Equis	4	5
Uno	5	1
Dos	1	5
Sumar	2	3
Por	5	4
Dividir	2	4
Igual	5	3
Menor que	5	2
Abrir	3	4
Compilador	4	5
Ayudar	3	5
Guardar	4	4
Número	5	5
Cierra	5	5
Eficiencia	Aprox. 81%	Aprox. 78%

Después de las pruebas realizadas al sistema C-Voz, se ha encontrado que la red neuronal empieza a tener algunos problemas cuando los comandos tienen similitudes (en su pronunciamiento), lo que genera confusión en la red. Sin embargo, de manera general la eficiencia del sistema se encuentra alrededor del 80 %.

Conclusiones

El procesamiento de la señal, desde la grabación hasta la extracción de parámetros CLPC, pasando por detección de silencios y muestreo se logró con buenos resultados. Su implementación no fue de lo más sencillo y cada etapa requirió sus propias pruebas y comparaciones a fin de que los resultados fueran los más apropiados para ingresarlos posteriormente a la red neuronal.

En el sistema se incluyó un módulo de apoyo al usuario, su implementación fue acorde con los requisitos del sistema, incluso al probar la aplicación, se pudo apreciar que realmente era de mucha utilidad para la escritura de comandos y estructuras.

El reconocimiento de voz, el cual jugó un papel importante en el sistema y cuya implementación requirió análisis y tiempo, se consiguió con buenos resultados. Sin embargo, existen algunos problemas de reconocimiento cuando las palabras son muy similares en su pronunciación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por su apoyo en la realización del presente trabajo.

Referencias

1. C. A. de Luna; J.C. Martínez; M. Mora Redalyc. 2005, 32, 200.
2. L. W. Couch, *Sistemas de Comunicación Digital y Analógicos*, Pearson Education, México, 2008.
3. V. Kontorovich, *Fundamentos de Comunicaciones Digitales*, Limusa, México, 2009.
4. A. Bateman, *Comunicaciones Digitales: Diseño para el Mundo Digital*, Marcombo, España, 2003.
5. M. Tomásí, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, Pearson Education, México, 2003.
6. S. Haykin, *Neural Networks a Comprehensive Foundation*, Prentice Hall, Canadá, 1998.
7. B. W. Kernighan, *El Lenguaje de Programación C*, Pearson Education, México, 1991.

SISTEMA DE APOYO PARA EL TRATAMIENTO DE NIÑOS CON DIFICULTADES DE LECTO – ESCRITURA (SATLEES).

J. Cortés-Galicia¹, C. E. Rubio-Orozco¹ y A. G. Juárez-Carrión¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, Av. Juan de Dios Batiz s/n, México D.F. – jcortesg@ipn.mx; ¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo – erubio@hotmail.com; ¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo – juca38_alina@hotmail.com

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – El presente artículo describe el sistema de apoyo para el tratamiento de niños con dificultades de lecto – escritura (SATLEES), el cual es un asistente computacional para la ayuda en el tratamiento de niños de entre 4 y 6 años de edad con estas dificultades, permitiendo que el alumno pueda realizar la asimilación de las letras del abecedario con su fonética presentándolo de una forma gráfica buscando que sea atractivo para el menor por medio de colores, animación y sonido.

Introducción

El desconocimiento y la confusión en torno a la dislexia generan la incertidumbre de profundizar en los pocos conocimientos en este trastorno neuro-psicológico tan estudiado en los últimos tiempos.

Etimológicamente la palabra dislexia proviene del griego *dys*, que significa dificultad o anomalía y *lexis*, que significa habla o dicción [1], por lo que etimológicamente la dislexia es la dificultad para hablar. A pesar de esto, hoy en día nos referimos a la dislexia como un trastorno de la lectura que imposibilita su realización correcta. Aunque convencionalmente el término se aplique también a la dificultad para una correcta escritura, en este caso el término médico apropiado es el de digrafía. La dislexia es una condición crónica que afecta al sujeto durante toda su vida, y que puede participar en el desarrollo posterior de otros problemas y trastornos.

La dislexia es una grave dificultad con la forma escrita del lenguaje, que es independiente de cualquier causa intelectual, cultural y emocional. Se caracteriza porque las adquisiciones del individuo en el ámbito de la lectura, la escritura y el deletreo, están muy por debajo del nivel esperado en función de su inteligencia y de su edad cronológica. Es un problema de índole cognitivo, que afecta a aquellas habilidades lingüísticas asociadas con la modalidad escrita, particularmente el paso de la codificación visual a la verbal, la memoria a corto plazo, la percepción de orden y la secuenciación [1].

En un estudio realizado por la Universidad de La Laguna cuya muestra fue de 1050 alumnos de educación primaria de entre 7 y 12 años de edad pertenecientes a tres escuelas públicas y una privada, se encontró que la prevalencia de la dislexia es del 3.2% [2].

Dado que la lectura y escritura son los mediadores de la enseñanza, hay gran cantidad de niños que presentan problemas de rendimiento por esta causa.

Para el tratamiento de la dislexia se requiere de un profesor o tutor especializado en el área, que enseñe estrategias especiales para el aprendizaje de la lectura [3]. Thomson recomienda el sobre aprendizaje, volver a aprender la lecto-escritura, de una forma adecuada a las posibilidades del niño, trabajando con el principio rector del aprendizaje sin errores [1], es decir, reaprender las técnicas de lecto-escritura de un modo agradable y útil para el niño, cosechando el éxito y no el usual fracaso.

La idea de crear este sistema, proviene de la preocupación por la sociedad actual, ya que lo más importante en nuestros días es apoyar a la educación de los ciudadanos, aunque el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) no tiene un número oficial de personas que sufran de dislexia, se sospecha que existe un porcentaje muy elevado y según estadísticas presentadas, un 90% de estudiantes presenta un abandono escolar del orden de 40% causado por la falta de motivación, además, el porcentaje de baja comprensión de lectura llega a un 50% en México.

Por otra parte, este es un problema que debe atacarse desde edades tempranas para que pueda ser corregido con mayor facilidad, siendo que a mayor edad es mucho más difícil la recuperación de estos déficit [4].

Por lo anteriormente descrito, el sistema computacional que se propone en el presente artículo se centra en el apoyo a niños con problemas de aprendizaje como lo es la dislexia evolutiva, se busca que el niño tenga un mayor desenvolvimiento en la educación académica ya que a través de la resolución de los problemas de lectura, podrá aprender o expresarse de una manera independiente.

Sección Experimental

Dentro de nuestra sociedad hay muchas personas que presentan dificultades al momento de aprender a leer ya que tienen dificultad al asociar el sonido de una letra con el símbolo, es decir, confunden una letra con el sonido de otra letra, este problema se da principalmente a nivel cognitivo, en consecuencia al no saber leer correctamente, de igual forma se le hará difícil escribir. Este problema no sólo afecta en el hecho de saber leer, sino que también afecta directamente otros ámbitos o materias, ya que si una persona, en este caso hablando de un niño

presenta estas dificultades, se ve reflejado en un retraso importante al no poder aprender de manera independiente a través de la lectura y por lo tanto no le permite plasmar en una hoja de papel lo que ha aprendido [5].

Hablar de tener dificultades en la lectura, representa para muchos con el tiempo, un cierto desinterés en querer aprender, sobre todo si se trata de aspectos que involucren leer, por lo tanto son muchos aspectos los que llevan a una pérdida de interés en el aprendizaje, esto se debe a que muchas veces cuando alguna actividad cuesta trabajo, o una persona piensa que no es buena al realizarla, regularmente siente cierto rechazo o no disfruta su realización, provocando que en vez de mejorar el problema sólo ocasione que disminuya su autoestima.

Existen diferentes técnicas para atacar este problema de dislexia evolutiva por medio de juegos o dinámicas y a través de repetición de letras, sílabas, palabras y frases.

En base a la problemática mencionada surge el interés por crear una herramienta que sirva de apoyo para el especialista al aplicar el tratamiento de la dislexia evolutiva en niños con esta dificultad.

La solución propuesta es crear el sistema SATLEES, que apoye al tratamiento para que un niño de entre 4 y 6 años de edad asocie primero las letras con sus respectivos sonidos y luego las sílabas que se forman con las vocales, de tal manera que con la práctica y algunos ejercicios se mejore notablemente su capacidad de lectura, y por lo tanto no presente dificultades de este tipo al escribir.

Es necesario hacer notar que el sistema no puede sustituir a un especialista en esta área, más bien, el sistema pretende ser una herramienta que los apoye para dar un tratamiento con más alternativas ya que cada persona es diferente, por lo tanto, no a todos los niños y los que están en tratamiento les servirá de igual forma.

El sistema puede ser una alternativa innovadora, ya que con sus resultados se pretende que llame la atención de un niño, tomando en cuenta el hecho de que el tratamiento se realiza a través de una computadora con letras que están animadas, diseñadas en 3D, con colores y frases motivadoras para que el niño quiera seguir aprendiendo, bajo el hecho de que a la mayoría de los niños les gusta aprender a través de juegos, o bien con cosas que les sean agradables e interesantes.

En la figura 1 se muestra el diagrama a bloques del sistema SATLEES, haciendo notar su funcionamiento general.

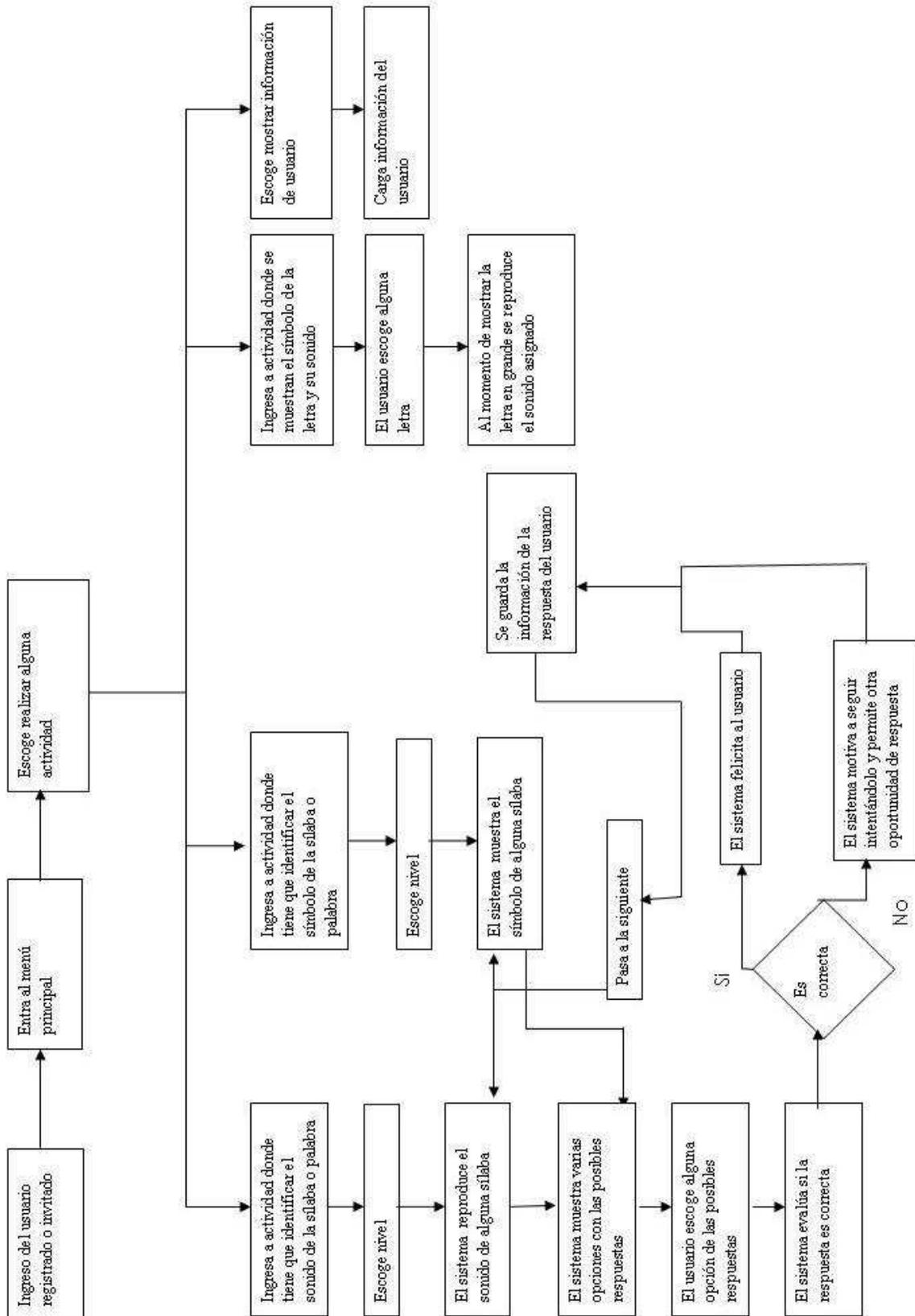


Figura 1 - Diagrama a bloques del sistema SATLEES.

Para desarrollar un sistema de este tipo, se necesita trabajar en conjunto con varias herramientas, estas son: lenguaje de programación, visor 3D y modelado 3D. Para el sistema SATLEES se utiliza como lenguaje de programación a Java, como visor 3D a JMonkey, y como paquete de modelado 3D a Blender.

Pensando en que es necesario que se puedan visualizar los modelos realizados en Blender e interfaces así como sincronizarlos y que puedan cambiar de manera ágil entre un modelo y otro, se eligió este motor de juegos que se escribe en Java y utiliza una capa de abstracción para comunicarse de forma nativa con el hardware de la plataforma. Además permite la inserción de sonido y la utilización de interacción con el teclado o el ratón.

El hecho de que sea un motor de juegos, permite trabajar de forma más fácil a comparación que si sólo se trabaja con Java3D y OpenGL.

Por otra parte, JMonkey Engine (JME) está basado en una arquitectura de escenas de tipo árbol [6], esto permite la organización de los datos del juego en un grafo de nodos, donde un nodo padre puede contener cualquier número de nodos hijos, pero un nodo hijo sólo contiene un único padre. Estos nodos están organizados espacialmente para permitir sencillamente descartar ramas de la estructura.

En el sistema se busca diseñar e implementar animación en tercera dimensión. Entre las herramientas que trabajan en ambiente 3D se encuentra Blender, que es una herramienta de modelado en 3D, multiplataforma, libre, gratuita y con un tamaño de origen realmente pequeño, comparada con otros paquetes de 3D, dependiendo del sistema operativo en el que se ejecuta.

Blender es una herramienta de código abierto disponible para todos los sistemas operativos más importantes bajo la GNU (General Public License) [7]. En este ambiente se hace el modelado de las letras que son utilizadas en el sistema para al final exportarlas a JME y así ser manipuladas dentro de la aplicación final.

El modelado del abecedario que se realiza en el sistema SATLEES, se hizo con la ayuda de la herramienta Blender. Es necesario tomar en cuenta que el motor de juegos JME consume recursos del equipo y para hacer menor la carga se generaron los modelos con una cantidad de vértices reducida además de que se produce un mejor manejo del modelo para hacer modificaciones fácilmente.

Todas las letras que se modelaron en 3D se crearon con un cubo como base agregándole el modificador Subsurf en nivel 3 para que parezca redondeado y un Smooth para que la figura se suavice. Además se aplicaron operaciones como lo son la extrusión, rotación y desplazamiento para el armado de cada letra. La figura 2 muestra un ejemplo de una letra modelada.

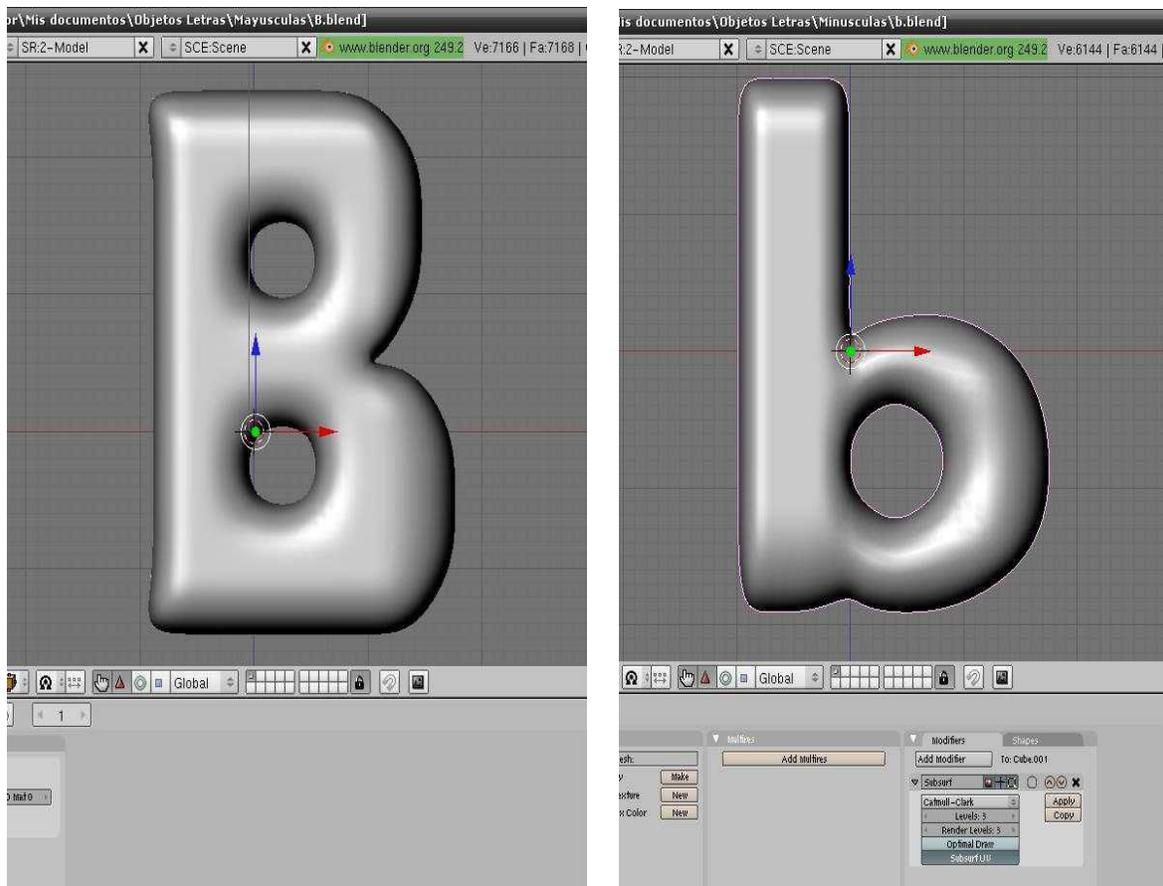


Figura 2 – Modelado de letras del sistema SATLEES.

Una vez realizados los modelos de las letras en 3D con la herramienta Blender se procedió a exportarlos al formato OBJ que es compatible con el lenguaje de programación Java y usando JMonkey que está basado en este lenguaje, gracias a este motor de juegos 3D, el cual es un API que permite manipular los objetos en 3D y aplicar efectos visuales. Se utilizó el “plug-in” que trae por defecto Blender (Wavefront .obj) para exportar los modelos junto con los materiales y la posición de los vértices.

Para que el usuario pueda, interactuar con los modelos de las letras en 3D, se utiliza JMonkey que como ya se mencionó es un API que cumple dicha función. A través de este API podemos construir el ambiente virtual que estaría conformado por los objetos en 3D, un “skybox” (entorno que consta de 6 imágenes consecutivas, colocadas en cierto orden formando un cubo), las cámaras y la iluminación que nos servirán para tener una mejor vista de los modelos, con los que se va a interactuar. En la figura 3 se muestra uno de los “skybox” creados para el sistema SATLEES.



Figura 3 – “Skybox” creados para el sistema SATLEES.

Para la realización de los sonidos utilizados en el sistema fue necesario utilizar una herramienta que permite hacer modificaciones de la voz, esta herramienta es MorphVOX Pro, la cual permitió hacer el cambio a voz de niño para que fuera más agradable para el menor que use el sistema.

Se crearon sonidos para diferentes propósitos que a continuación se mencionan:

- Felicitar al niño si acierta en sus respuestas.
- Animar al niño para contestar correctamente en su segunda oportunidad.
- Motivar al niño para que siga a pesar de haberse equivocado.
- Mensajes de bienvenida en las actividades.
- Frases para enseñarle las letras.
- Frases para las acciones de los botones de la interfaz.
- Explicaciones para algunas letras y su combinación con las vocales.
- Explicaciones teóricas sobre algunos términos.

Durante la fase de desarrollo se transformó directamente cada uno de los objetos modelados en tiempo de ejecución, sin embargo, esto generaba un retraso importante al iniciar el sistema y también durante la ejecución del mismo. Por esta

razón se optó por convertir esos modelos del tipo OBJ a objetos del tipo JME binario, esto se realizó con ayuda de las clases de Java FileOutputStream y FileInputStream, así al momento de ejecutar el sistema ya no hay necesidad de convertir los OBJ a JME sino que se cargan directamente los modelos. De esta manera se aumentó el rendimiento del sistema.

Una parte innovadora del sistema SATLEES es el proceso de evaluación que realiza en relación a las respuestas a las actividades que da el niño, para esta evaluación se emplea una red neuronal perceptron multicapa mediante la cual se valora el grado de avance que ha tenido el niño, y permite seleccionar que contenidos de la siguiente actividad podrían ser de utilidad para su tratamiento. Estos contenidos son sugeridos al especialista, el cual puede aceptar la sugerencia del sistema o retroalimentarlo con otros contenidos que el especialista juzgue convenientes. Esta retroalimentación le permite al sistema ajustar la red neuronal para mejorar las futuras sugerencias de contenidos.

Resultados y Discusión

Una vez desarrollado el sistema, se obtuvo un producto que conjuntaba múltiples elementos, entre estos se encuentran imágenes, sonidos modificados, música, elementos para la interfaz visual, y archivos de datos.

Estos diferentes elementos, fueron modificados y creados teniendo como objetivo trabajar en varios aspectos, no sólo en el modelado y programación de los elementos. Por ejemplo, para el sonido se implementó una clase llamada ReproductordeSonidos, esta se utiliza para reproducir algún sonido, y con sus diferentes métodos se logró reproducir algún sonido a nuestro gusto, o bien calcular cuánto tiempo dura un sonido, de tal manera que no se encimen unos con otros. De este modo se invoca en el momento que se requiera, ya sea cuando se está ejecutando una animación, o bien cuando se da clic en un botón.

Las imágenes llamadas en el “skybox”, son ocupadas como fondos de pantalla que irán cambiando cada vez que el usuario cambie de actividad o bien cambie de nivel, de tal manera que las vistas sean diferentes.

Otro tipo de imágenes que se ocuparon son aquellas con formato PNG, para la creación de botones en el sistema, ya que si se cargaban las letras (los modelos en 3D), en vez de los botones, el sistema bajaba el rendimiento.

Para la interfaz visual se busco una vista amigable y que contara con una facilidad de uso para el usuario.

Como se menciona anteriormente, el sistema tiene tres niveles de aprendizaje para el niño, al ingresar en el sistema el nivel 1 es el único que se encuentra

activado ya que se debe cubrir el 100% en puntaje para poder avanzar al siguiente nivel, en este primer nivel el usuario deberá aprender las vocales.

Para el segundo nivel el usuario podrá aprender las consonantes menos complicadas de entender para un menor con dislexia evolutiva haciendo ejercicios con las combinaciones de consonantes y vocales, en este nivel se debe cubrir al menos el 80% en puntaje para poder avanzar al nivel 3, donde el niño se enfrentará con las consonantes que son más complicadas de asociar, como son las letras con espejo y los dígrafos.

Dentro del nivel 2 y 3 se agregaron dos actividades complementarias, una de ellas permite que el menor identifique la palabra del sonido que se le está presentando y la segunda es donde el niño puede identificar el sonido de la palabra que se le está mostrando, esto con el fin de que vaya asociando en conjunto las sílabas directas y tener un mayor avance en su tratamiento. En las figuras 4 y 5 se muestran algunas de las actividades implementadas en el sistema SATLEES.



Figura 4 – Actividad “Busca el sonido de la palabra”.



Figura 5 – Actividad “Encontrar la sílaba”.

Actualmente el sistema SATLEES está siendo probado por un grupo de 50 especialistas en el tratamiento de la dislexia evolutiva. El período de prueba al que se someterá el sistema será durante un año, recabándose resultados parciales de efectividad cada cuatro meses.

Conclusiones

La dislexia evolutiva tiene fuertes implicaciones en el logro académico y en la historia de fracaso escolar de quien la padece. A pesar de que existen tratamientos diversos para la dislexia muchos de estos son tradicionales y en ocasiones poco atractivos para el infante.

Es por ello que el sistema SATLEES plantea un aprendizaje atractivo del alfabeto que permite relacionar el símbolo de cada letra y las combinaciones en sílabas directas con su sonido respectivo. Con este trabajo se espera contribuir al tratamiento de la dislexia evolutiva y dar pie a la creación de nuevas herramientas que se sumen a esta labor.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por su apoyo en la realización del presente trabajo.

Referencias

1. M. E. Thomson, *Dislexia. Su Naturaleza, Evaluación y Tratamiento*, Alianza, México, 1984.
2. J. E. Jiménez, R., C. Rodríguez, C. Artilés, *Prevalencia de las Dificultades Específicas de Aprendizaje: La Dislexia en Español*. Educación, Universidad de La Laguna, España, 2000.
3. Estudios de psicología: Tratamiento de la dislexia. (Disponible en: <http://www.apuntesdepsicologia.com/estudios-de-psicologia/tratamiento-de-la-dislexia.php>. Consultado el: 9 de agosto de 2009).
4. V. Oltra-Abarca. Dislexia: Información, Diagnóstico y Tratamiento de la Dislexia. (Disponible en: <http://www.psicopedagogia.com/dislexia>. Consultado el: 9 de agosto de 2009).
5. R. Pearson. Tratamiento de la Dislexia. (Disponible en: <http://blog.jelaprendizaje.com/tratamiento-de-la-dislexia/>. Consultado el: 11 de agosto de 2009).
6. Java. (Disponible en: <http://java.sun.com/>. Consultado el: 15 de agosto de 2009).
7. Blender. (Disponible en: <http://www.blender.org/>. Consultado el: 15 de agosto de 2009).

REPRESENTACION XML DE UNA CONSULTA VISUAL EN VXQUERY

**F.J. Cartujano Escobar¹, M. Ménez Esquivel¹, C. Noguero González¹,
M.A.J. Lagunas Martínez¹ y A.C. Campos Hernández¹.**

¹*Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos, México –
javier.cartujano@gmail.com; madaimenez@gmail.com; cnogueron@gmail.com;
ocram_4_3@hotmail.com; anacmx@gmail.com*

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – La tecnología XML (*eXtensible Markup Language*) cuenta con un vasto conjunto de características para representar, almacenar e intercambiar datos a través de la web. Un documento XML está compuesto por una serie de etiquetas y opcionalmente una serie reglas que juntos definen los datos a almacenar, la estructura y relación que guardan dichos datos entre sí. Desde este punto de vista, XML es un metalenguaje, es decir, XML nos permite especificar nuestras propias etiquetas para representar y almacenar la información que deseamos. En particular este artículo describe el diseño del formato XML utilizado para representar, almacenar y recuperar una consulta visual de acuerdo al lenguaje VXQuery, un lenguaje visual para consultar documentos XML.

Introducción

La tecnología XML (*eXtensible Markup Language*) cuenta con una amplia gama de características de apoyo a la representación e intercambio de datos a través de la Web [DoRaTo 2011]. De tal forma que se ha convertido en un estándar de representación entre las empresas globales, donde un gran número de organizaciones han comenzado a desarrollar estándares basados en XML para el intercambio de datos dentro de sus dominios [1]. Un documento XML está compuesto por una serie de etiquetas y opcionalmente una serie reglas que juntos definen los datos a almacenar, la estructura y relación que guardan dichos datos entre sí. XML permite a los usuarios crear cualquier nueva etiqueta para describir el marco de sus propias aplicaciones [2].

XML es una tecnología esencial para cualquiera que trabaje con datos, ya sea públicamente en la web o en privado, dentro de su propia organización [3]. XML puede ser muy apropiado para la expresión de datos heterogéneos.

Con la creciente cantidad de datos XML, el manejo y consulta de datos XML se ha convertido en un punto de suma importancia en la actualidad [4].

Actualmente los lenguajes que han sido establecidos como lenguajes estándares para consultar documentos XML son: XPath y XQuery. Las versiones actuales de XPath y XQuery son la 2.0 y la 1.0 respectivamente [5] [6].

XQuery ha sido diseñado con un poder de recuperación bastante grande. Es también extremadamente flexible para consultar un amplio espectro de fuentes de información XML, pero las personas que hagan uso de este lenguaje necesitan de un nivel de programación medio. De aquí, la necesidad de tener un lenguaje más sencillo de utilizar pero con características similares de recuperación.

Por otro lado, podemos definir a la programación visual como el uso de información visual en el proceso de programación y donde la especificación del programa se efectúa a través de manipulaciones espaciales de elementos visuales en la pantalla [7]. Los lenguajes de programación visual (VPL) están dirigidos a usuarios con poca experiencia en programación [8].

El presente artículo presenta parte del diseño de la herramienta computacional que implementa el lenguaje visual VXQuery [7]. Tal herramienta, que lleva el mismo nombre que el lenguaje, permite recuperar información de documentos XML ejecutando una consulta que se apega a la sintaxis visual del lenguaje VXQuery. Para la ejecución de la consulta, la herramienta transforma la consulta visual a una equivalente en XQuery, la cual finalmente es ejecutada por un motor de consulta XQuery. Lo reportado en este escrito se enfoca en describir el proceso de representar, almacenar y recuperar la consulta visual en el ambiente de desarrollo de VXQuery. Tal proceso, de manera general, involucra transformar una representación de elementos visuales en formato XML para que posteriormente dicho formato XML se serialice y deserialice por medio de un documento XML.

Antecedentes

En esta sección se establecen los antecedentes del presente proyecto de investigación. Primeramente se da una breve descripción general del lenguaje VXQuery. Posteriormente se aborda el concepto de serialización de objetos de manera general. Finalmente se explica la serialización de objetos utilizando la tecnología XML.

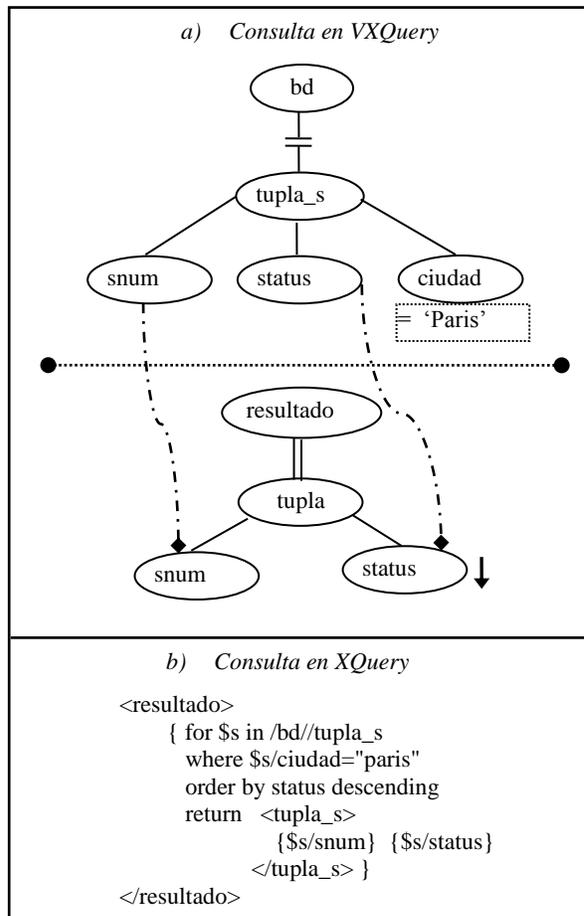
VXQuery

El lenguaje visual propuesto para consultar documentos XML, el cual ha sido bautizado con el nombre VXQuery [14], tiene los elementos de construcción visual mostrados en la Tabla 1.

La definición de una consulta visual en VXQuery se establece en un espacio visual compuesto por dos secciones: la sección de especificación y la sección de construcción del resultado. En la primera se establece la "lógica" de la consulta, es decir, se especifica los elementos y las condiciones que satisfacen los requerimientos de la consulta. En la segunda sección se definen los elementos que son regresados como parte del resultado y se establece la estructura XML con la que serán regresados. El elemento visual *separador* de la Tabla 1, deslinda estas dos secciones.

Tabla 1: Elementos visuales definidos en VXQuery

Elemento Visual	Descripción
	Representa a un elemento del documento XML.
	Representa a un atributo de un elemento del documento XML.
	Establece una expresión lógica a cumplir por el elemento XML.
	Enlaza dos elementos visuales para establecer la jerarquía entre elementos de la consulta visual.
	Establece el ordenamiento del resultado de la consulta. Flecha hacia arriba: ascendente, flecha hacia abajo: descendente.
	Establece un operador relacional, aritmético o lógico dentro del triángulo para aplicarlo a elementos del documento XML.
	Permite establecer una serie de funciones predefinidas tales como distinct, exists y las de agregación, entre otras.
	Selecciona elementos visuales que estarán presentes en el resultado de la consulta.
	Separa el espacio visual de la consulta en la sección de especificación y la sección de construcción del resultado.



En la Figura 1, se esquematiza a grandes rasgos el proceso de serialización de objetos y su almacenamiento, ya sea en un archivo, base de datos o en memoria. Para el presente trabajo de investigación se consideró un archivo.

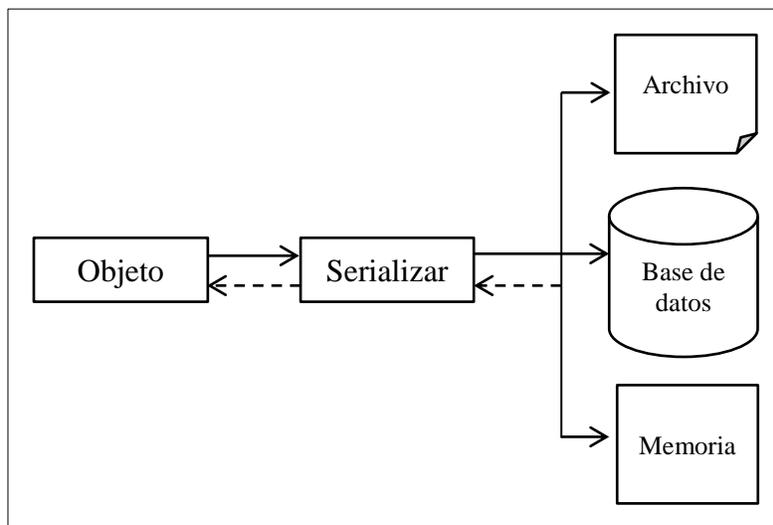


Figura 2: Proceso de serializar y deserializar objetos

El proceso de reconstruir o recuperar el estado del objeto (deserializar) es esquematizado en la Figura 2 por el flujo de las flechas punteadas.

Serializar objetos utilizando XML

La tecnología eXtensible Markup Language (XML) tiene una amplia gama de características de apoyo a la representación global de los datos e intercambio a través de la web. En consecuencia, los datos XML se han convertido en una expansión significativa [1]. XML es un formato simple basado en texto para representar información estructurada: documentos, datos, transacciones, facturas y mucho más [12].

Los desarrolladores tienen una gran variedad de opciones cuando se trata de serializar y deserializar objetos, XML es un simple ejemplo, que ofrece una serie de ventajas sobre sus competidores [11]. Algunas de las ventajas son las siguientes:

- Gran versatilidad para compartir e intercambiar objetos
- Persistencia a largo plazo
- Una vez que el objeto ha sido serializado, el documento XML puede ser actualizado con un editor de texto.
- No depende de un tipo binario estricto
- Legible por humanos

XML es uno de los formatos más extendidos en el mundo, al ser un formato de texto es fácilmente manipulable, es posible editarlo sin la necesidad de una herramienta específica, tan solo basta un editor de textos. Su nivel de complejidad es aceptable, podemos hacer que sea tan complejo y almacene tanta información como lo deseemos [13].

Para serializar objetos en XML básicamente se siguen los siguientes pasos: se obtiene el valor de cada uno de los atributos del objeto y su valor se almacena en el contenido de un elemento XML. Para volver a obtener el estado del objeto, se va leyendo el documento XML y cada contenido del elemento se asigna a los atributos del objeto, todo esto es representado en la Figura 3.

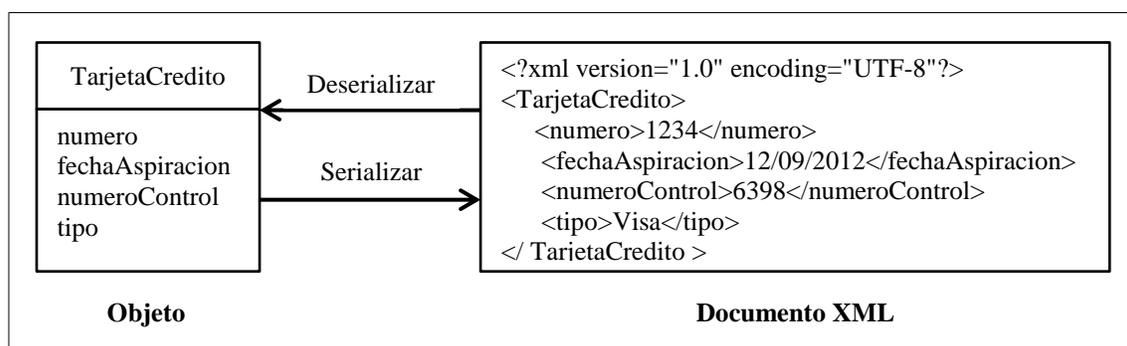


Figura 3. Representación de un objeto serializado

Diseño

Para cualquier herramienta utilizada en el ámbito computacional, es indispensable satisfacer las funciones que permitan almacenar y recuperar datos del trabajo realizado en cualquier instante dado. Sin estas capacidades, los programas de computadora no serían más eficientes que una máquina de escribir, es decir, los usuarios tendrían que escribir nuevamente los datos para realizar modificaciones una vez que se cierre la aplicación.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación describe principalmente la manera de como almacenar y recuperar las consultas visuales de la herramienta visual VXQuery mediante la serialización/deserialización de un documento XML, de tal forma que dicho documento XML almacene todos los datos necesarios para mantener el estado de una consulta visual, una vez que la herramienta se deja de utilizar.

Segmentación de los datos almacenados

Se considera almacenar los datos dentro de un documento XML, debido a que la tecnología XML es un formato simple basado en texto para representar información estructurada. Además se tomó en cuenta que es necesario almacenar la parte exterior e interior de la consulta visual. Es decir, la que puede visualizar el usuario y la que no, respectivamente.

El documento XML, teóricamente están dividido en dos secciones, a las que llamaremos:

1. *Exterior de la consulta visual*: Los datos que se encuentran dentro de dicha sección, hacen referencia a los valores de los atributos que ayudan a la construcción de cada uno de los elementos visuales que componen la consulta visual.
2. *Interior de la consulta visual*: En dicha sección, se encuentran los valores los cuales ayudaran a reconstruir el último estado almacenado de la estructura de datos que representa internamente la consulta visual.

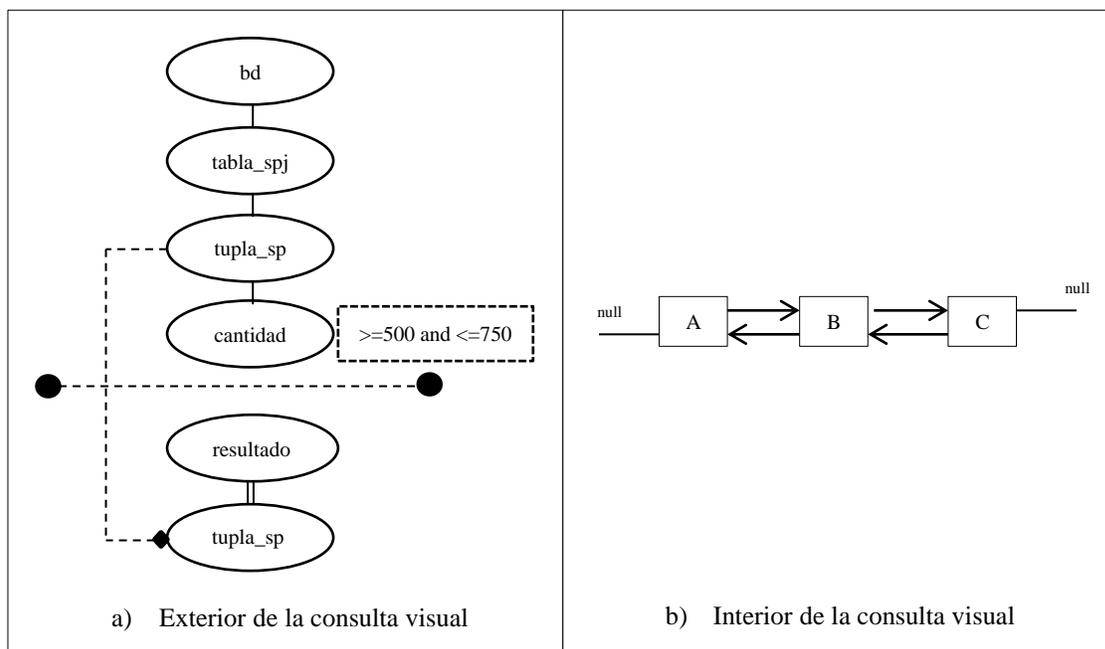


Figura 4. Esquemas de segmentación de los datos almacenados

En la Figura 4a se muestra a lo que llamaremos exterior de la consulta visual, es decir, dentro de dicha sección están todos los datos que contribuyen a la construcción de cada uno de los elementos visuales. Datos como id, style, value, por mencionar algunos, se encuentran en dicha sección.

Por otro lado, la Figura 3b representa una estructura de datos que representa los datos que se encuentran dentro de la sección interior de la consulta visual,

La estructura general del documento XML que almacena los datos de la especificación visual es la siguiente:

```
<mxGraphModel>
  <exterior>
    <!-- Datos de los elementos visuales -->
    .....
  </exterior>
  <interior>
    <!-- Datos del último estado de la estructura de datos -->
    .....
  </interior>
</mxGraphModel>
```

Datos para almacenar el exterior de la consulta visual

A continuación se describen los atributos que se almacenan en la sección exterior del documento XML.

Tabla 2. Descripción de los datos relacionados con la sección del exterior de la consulta visual

Atributo	Descripción
Id	Es el identificador único para cada uno de los elementos visuales.
Style	Es el estilo que está establecido para el elemento visual
Value	Es la cadena que se establece al elemento visual
Vertex	Indica que se creara e insertara un elemento visual, que no es un enlace
Height	Es la altura del elemento visual
Width	Es el ancho del elemento visual
X	Es la posición del elemento visual en X
Y	Es la posición del elemento visual en Y
source	Es el id del elemento visual padre
Target	Es el id del elemento visual hijo
Edge	Indica que se creara e insertara un elemento visual de tipo enlace

En la Tabla 2 se presenta una lista de todos los atributos relacionados a la recuperación de cada uno de los elementos visuales. Con estos atributos se puede almacenar el estado exterior de la consulta visual, dicho de otra forma, todo lo que el usuario puede visualizar.

Es necesario mencionar que los atributos presentados en la Tabla 1 no aplican para todos los elementos visuales.

Datos para almacenar el interior de la consulta visual

Es necesario almacenar la estructura de datos que representa internamente una consulta visual, ya que con ella se podrá llevar a cabo la transformación a una consulta textual de tipo FLWOR. La estructura de datos principal que representa internamente a la consulta visual es un árbol multicamino.

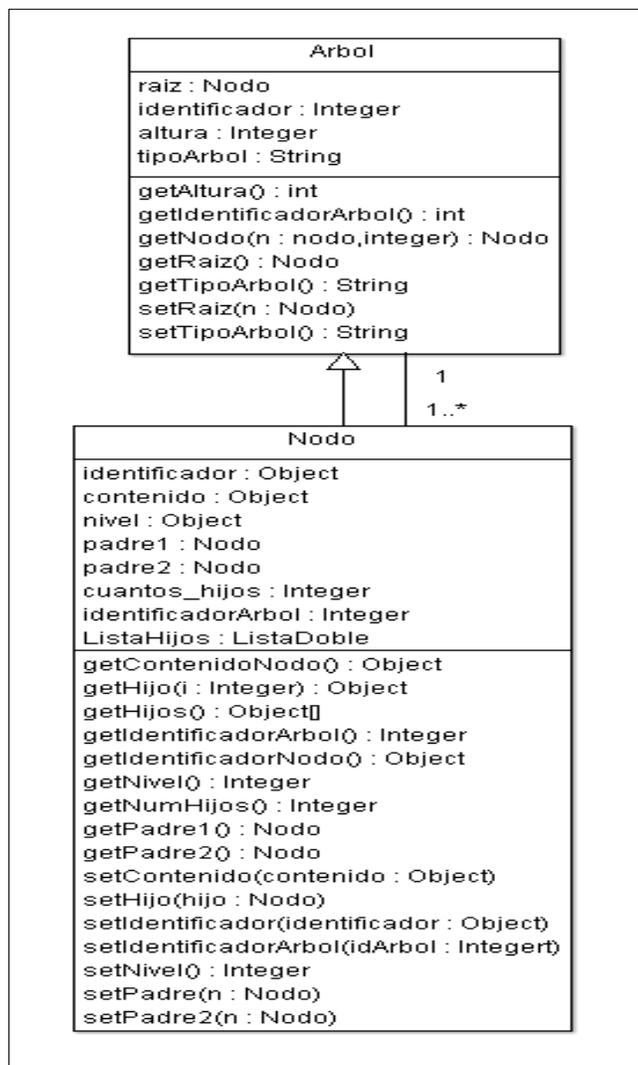


Figura 5. Diagrama de clases de árbol multicamino

En Figura 5 se muestra un diagrama de clases del árbol multicamino. Para el presente trabajo de investigación nos enfocaremos a los atributos de cada clase, ya que estos nos permitirán recuperar el estado interno de la consulta visual.

Los valores de los atributos antes mencionados tendrán que ser almacenados dentro de la sección interior del documento XML.

Proceso para almacenar y recuperar una consulta visual

El proceso que se describe en esta sección está ligada a los conceptos, serialización y deserialización de objetos utilizando XML.

Una vez que se especificaron los diferentes datos que serán almacenados en cada una de las secciones del documento XML, toca el turno de conocer el proceso que se lleva a cabo para la recuperación y almacenamiento del estado de la consulta visual.

Estrategia general utilizada para almacenar y recuperar una consulta visual

Se explica por separado la forma genérica de cada una de las funciones almacenar y recuperar consultas visuales.

Almacenamiento: De manera general, cuando se elige almacenar, primeramente se obtiene el conjunto de los elementos visuales que componen a la consulta visual y para cada elemento visual se obtienen todos los valores de los atributos descritos en la tabla 1. Dichos valores se almacenan de forma organizada en un documento XML en la sección exterior de la consulta visual. Posteriormente se realiza un recorrido completo de la estructura de datos, de manera que los valores de los atributos que se encuentren establecidos en ese momento, sean obtenidos para almacenarlos en el mismo documento XML pero dentro de la sección interior de la consulta visual. Como resultado de todo este proceso queda almacenado un archivo XML.

Recuperación: De manera general, cuando se decide recuperar una consulta visual el archivo que se obtuvo como resultado del anterior proceso, es utilizado para obtener y asignar cada uno de los valores de los atributos. De manera que la parte exterior e interior de la consulta visual retomen el mismo estado con el que fue almacenado.

De manera teórica en la rama de la programación, a estos dos procesos utilizados se les llama serialización y deserialización de objetos.

Pseudocódigo general para el almacenamiento y recuperación

A continuación se establece el pseudocódigo que permite almacenar los datos englobados por una consulta visual.

```

Funcion exteriorCV(){
    Obtener consulta visual
    Si la consulta visual existe
        Crear un documento XML
        Generar el elemento raíz <mxGraphModel/>
        Generar el elemento <exterior/>
        Para cada elemento visual
            Obtener los valores de sus atributos
            Almacenar los valores dentro del elemento <exterior/>
        Fin_Para
        Generar el elemento <interior/> al nivel del <exterior/>
        Obtener el nodo raíz de la estructura de datos
        Lllamar a la función interiorCV(documento_xml, nodo_raiz)
    Fin_Si
    Si_No
        Mostrar un mensaje
}
    
```

```

Función interiorCV(documento_xml, Nodo){
    Obtener los valores de los atributos del nodo
    Almacenar los valores de los atributos, dentro del elemento <interior/>
    Obtener hijos de Nodo
    Si existen hijos
        Para cada hijo en turno
            Lllamar interiorCV(documento_xml, nodo_hijo_en_turno)
        Fin_Para
    Fin_Si
}
    
```

A continuación se establece el pseudocódigo que permite recuperar los datos englobados por una consulta visual.

```

Funcion recuperarCV(){
    Elegir el archivo XML
    Localizar al elemento <exterior/>
    Obtener la lista de los elementos hijos de <exterior/>
    Para cada elemento de la lista
        Recuperar el valor de cada atributo
        Establecer el valor a cada uno de los atributos del objeto
    Fin_Para
    Localizar al elemento <interior/>
    Obtener la lista de los elementos hijos de <interior/>
    Para cada elemento de la lista
        Recuperar el valor de cada atributo
        Comenzar con la reconstrucción de la estructura de datos
        Crear un nodo
        Establecer los valores a los atributos del nodo
    Fin_Para
}
    
```

Conclusiones

XML se ha convertido en la principal tecnología para representar, almacenar e intercambiar datos en la web, de tal forma que muchas herramientas computacionales almacenan y recuperan datos a través de un documento XML con el fin de poder exportarlo o importarlo a otros programas de cómputo.

Por otro lado, las herramientas de programación visual han sido creadas con el fin de facilitar el proceso de programación, aún por personas no expertas en tal dominio. En particular, el presente proyecto implementa un lenguaje visual llamado VXQuery para la consulta de documentos XML.

Con la finalidad, de que la especificación visual de una consulta pueda ser almacenada o recuperada en VXQuery, es necesario almacenar dicha especificación visual en un documento XML. A este proceso de almacenar/recuperar un documento XML, se le llama serialización/deserialización del documento XML.

En el presente artículo se describe el proceso de serialización y deserialización del documento XML que representa la especificación visual de la consulta en VXQuery. Tal proceso permite que un usuario pueda almacenar las consultas diseñadas en una sesión de trabajo y posteriormente, en otra sesión de trabajo, recuperar tales consultas para su ejecución.

Finalmente, se comenta que la implementación del lenguaje visual VXQuery, permitirá que usuarios sin experiencia en programación, consulten documentos XML de una manera fácil, intuitiva y rápida.

Referencias

1. N. Do, W. Rahayu and T. Torabi. *Conflict Detection Method in Adopting Global XML Standard for Database Systems*. Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, 2011
2. L. Quanzhong, M. Bongki. *Indexing and Querying XML Data for Regular Path Expressions*. Proceedings of the 27th VLDB Conference, Roma, Italy, 2001
3. D. Hunter, J. Rafter, J. Fawcett, E. van der Vlist, D. Ayers, J. Duckett, A. Watt, & L. McKinnon. (2007). *Beginning XML*, (4th Ed.). John Wiley Publishing, Inc., Indianápolis, Indiana, USA 2007
4. G. Liu, M. Yao, D. Wang, E. & Chen. *A Novel Three-Phase XML Twig Pattern Matching Algorithm Based on Version Tree*. Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). vol. 3, pp. 1678-1688, 2011.
5. XSL Working Group and W3C XML Query Working Group, *XML Path Language (XPath) 2.0 (Second Edition)*, W3C recommendation, 14 December 2010. <http://www.w3.org/TR/2010/REC-xpath20-20101214/>

6. XSL Working Group and W3C XML Query Working Group, *XQuery and XPath Full Text 1.0*, W3C recommendation, 17 March 2011. <http://www.w3.org/TR/2011/REC-xpath-full-text-10-20110317/>
7. M. Hirakawa, T. Ichikawa , *Advances in Visual Programing*, IEEE Computer Sc. Press, 1992, pp 538-543
8. M. Farid, M. Hasan, and A. Abdul A, *Test Case Markup Language for Visual Programming Language*. Faculty of Computer Science and Information Technology, University Putra Malaysia, MALAYSIA. Vol. 7, pp. 45-52, 2007.
9. J. Steven. *Introduction to Java Programming, Part 2: Constructs for real-world applications*. 2010. <http://www.ibm.com/developerworks/java/tutorials/jintrotojava2/index.html>
10. T Neward, "5 things you didn't know about... Java Object Serialization", 2010.
11. M Brian, "Using Simple for XML serialization", 2009.
12. W3C XML Working group, <http://www.w3.org/standards/xml/core>, Feb 2013.
13. R. Jose, "Serializacion estilo Web 2.0", Linux Magazine. No. 73, pp 47-50, 2011.
14. F.J. Cartujano, M. Ménez, C. Noguerón; M.A.J. Lagunas Martínez, J.A. Solano Medellín. VXQuery. X Congreso Internacional sobre Inovación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos. 2013

ACCESO VEHICULAR PARA EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC

A. Díaz Villegas¹, A. E. Díaz Domínguez², E. Ramírez Thomain³, D. Montes Barrios⁴ & L. A. Serrano Delgado⁵

Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) a_dvillegas@hotmail.com, thoomaiin@gmail.com, davemoba@hotmail.com, riseof_luis@hotmail.com, artur_diaz_dom@hotmail.com, Calzada Tecnológico N° 27 Col. Centro. A.P.45, C.P. 62780.

Área de participación: Ciências de la computacion

Resumen – Actualmente nuestra institución ha sido víctima de la delincuencia, ha sido participe de actos vandálicos a plena luz de día, esto es generado por el control inadecuado de acceso que se tiene, esto es porque cualquier persona ajena a la institución puede entrar.

La aplicación en el control de acceso a cualquier sitio ha sido muy innovador en nuestra década, que va desde un simple sistema mecánico o hasta el sistema mas sofisticado automatizado. Sin embargo cuando se habla del acceso de un vehículo a un estacionamiento, cambia la dinámica ya que se pueden emplear varias técnicas, desde pasar una tarjeta de auto acceso, presionar un botón, o lo más básico consistente en que un guardia o auxiliar permita el acceso al área.

Todas estas acciones toman tiempo, sin mencionar que en ocasiones no se encuentra al guardia en turno, o se dañó el botón de acceso; para ahorrar tiempo y evitar algunos de los problemas mencionados, es posible permitir el acceso de manera automática mediante la aplicación de técnicas en este caso aprovechar materiales y herramientas con las que contamos en nuestra institución.

El proyecto consiste en identificar y aprovechar el código de barras que se tiene en las credenciales escolares, para que el usuario se identifique en el acceso con un lector para verificar que pertenece a la institución, el sistema cuenta en su base de datos características principales de los usuarios puede mostrar en una pantalla, nombre del conductor, ocupación, color del automóvil, placa y tipo.

Este tipo de reconocimiento se implementa en el control de acceso vehicular. Con este sistema, se demuestra que un computador puede identificar los caracteres guardados.

Introducción.

En la actualidad los instrumentos automatizados son más comunes en nuestra vida diaria. De ésta manera dan una mayor confiabilidad y confortabilidad a la humanidad. Existen miles de sistemas autónomos en el planeta; desde un abrelatas automático hasta robots programados para realizar trabajos de gran dificultad ó simplemente imposibles para la capacidad humana.

Dentro de éste proyecto podremos observar la practicidad de un sistema de acceso vehicular automatizado, en el cuál analizaremos la gran importancia de su funcionamiento dentro de un plantel educativo donde su comunidad (estudiantil, administrativa y docente) es numerosa.

En el presente trabajo se verá reflejada una investigación para llevar a cabo el diseño y construcción de un sistema digital detector de vehículos para el ingreso a un estacionamiento, en el trabajo se realizaron investigaciones para desarrollar este prototipo.

Se verán las opciones ya existentes que se optaron para poder sentir la presencia de un automóvil, dichos sistemas quedan sobrados para la solución del planteamiento del problema, dando así en la justificación al problema un tipo de comparación que satisface y resuelve el problema establecido, aplicando conocimientos rasos para la perfecta solución al problema planteado.

Este proyecto surge de la necesidad de un acceso vehicular seguro y funcional. Las barreras vehiculares ofrecen por mucho la mejor solución en control de acceso vehicular al brindar los factores más importantes: un mecanismo sumamente robusto.

Dentro del mercado de la Seguridad, existe una palabra clave del principio básico, y ésta es "identificación". La identificación es el medio que permite que un individuo se valide ante una persona, autoridad o sistema electrónico. La forma más común de identificación es una credencial, misma que todos utilizamos y requerimos.

Fundamento teórico

A continuación se definen algunos conceptos para adentrarse más al proyecto:

Base de datos (en ocasiones abreviada con la sigla *BD* o con la abreviatura *b. d.*): Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. En este sentido, una biblioteca puede considerarse una base de datos compuesta en su mayoría por documentos y textos impresos en papel e indexados para su consulta. Actualmente, y debido al desarrollo tecnológico de campos como la informática y la electrónica, la mayoría de las bases de datos están en formato digital (electrónico), que ofrece un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos.

Existen programas denominados sistemas gestores de bases de datos, abreviado: SGBD, que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Las propiedades de estos SGBD, así como su utilización y administración, se estudian dentro del ámbito de la informática.

Las aplicaciones más usuales son para la gestión de empresas e instituciones públicas. También son ampliamente utilizadas en entornos científicos con el objeto de almacenar la información experimental.

Puerto paralelo: Es una interfaz entre una computadora y un periférico, cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos, enviando un paquete de byte a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus. Mediante el puerto paralelo podemos controlar también

periféricos como focos, motores entre otros dispositivos, adecuados para automatización.

Cable paralelo: Es el conector físico entre el puerto paralelo y el dispositivo periférico. En un puerto paralelo habrá una serie de bits de control en vías aparte que irá en ambos sentidos por caminos distintos.

En contraposición al puerto paralelo está el puerto serie, que envía los datos bit a bit por el mismo hilo.

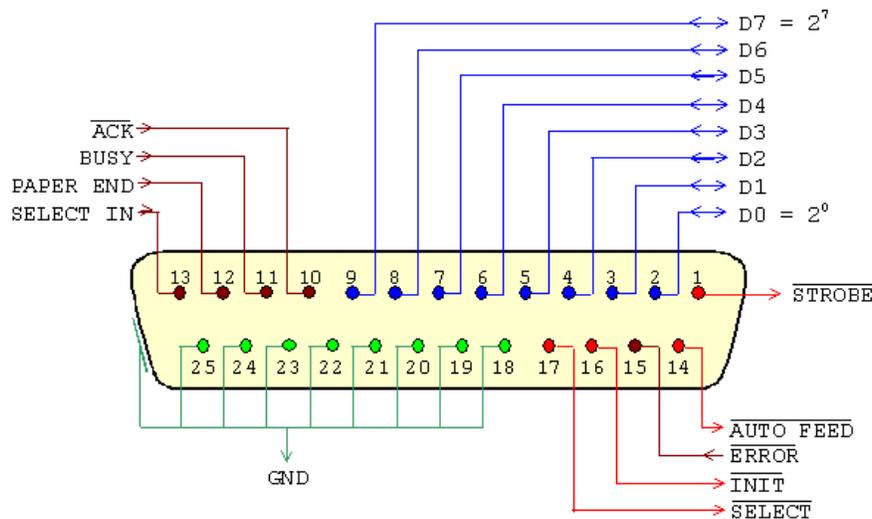


Figura 1. Puerto paralelo

Neumática (del griego "aire"): Es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales.

Resultados y discusión

La primera parte que compone a este sistema es la de un detector de código de barras la cual detectara si el automovilista pertenece o no a la institución. La ventaja con la que se cuenta es de que toda la base estudiantil y trabajadores cuenta con una credencial la cual autentifica a cada uno y agregándole más factores cada una de ellas cuanta personalmente con su número de control o número de checada a través del código de barras que dispone cada una de ellas.



Figura 2. Sistema detector

Posteriormente este sistema cuenta con una base de datos acoplada a una computadora en la cual el sistema corrobora los datos del código de barras, los compara y procesa para su análisis para determinar si está incorporada a la institución

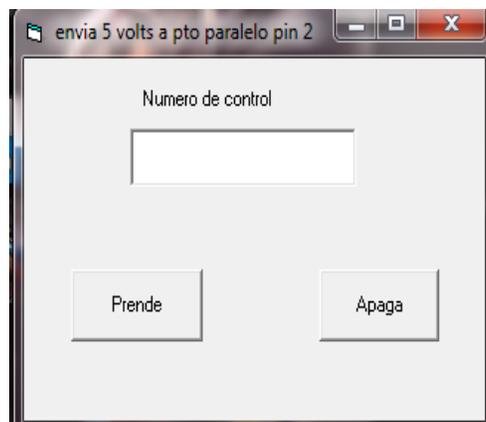


Figura 3. Base de datos



Figura 4. Base de datos que se acoplará

La interfaz que empezamos a crear fue basada gracias al programa de visual Basic 6.0, los primeros pasos que empezamos fue la planeación de lo que querías lograr, el programa gracias a sus herramientas nos facilitó la creación de la interfaz para nuestro proyecto “acceso vehicular del ITZ”, algunas puntos que tomamos en cuenta era el tiempo del pulso eléctrico que le ordenábamos a voluntad propia al computador debería de ser aproximadamente 9,600,000 ciclos, esto sería equivalente aproximadamente de un segundo, mediante el puerto paralelo que gracias a sus 25 pines que dispone podemos mandar el pulso por alguno de ellos, nosotros lo programamos para que sea por el #02, para así conectarlo al sistema eletroneumatico que hemos elaborado. Tomamos en cuenta un acceso manual, para que los policías tengan acceso a poder abril la puerta ya sea por ser invitados o simplemente visitantes para el Tecnológico, las autoridades de seguridad, ya emplearían el método de hacer manualmente el registro de la gente ajena al Instituto y así pedir una identificación y motivo de su visita.

Otro programa que utilizamos fue Access para la fabricación de la base de datos de la interfaz que creamos, la base de datos que creamos pusimos datos de prioridad uno de ellos son:

- * Numero de control
- * Nombre completo
- * Clasificación (alumno, profesor)
- * Email
- * Vehículo
- * Marca
- * Modelo
- * Color
- * Placas
- * Genero
- * Foto

Con estos datos proporcionados podemos crear, reportes por día o buscar por número de control de alguna persona, por las autoridades que quiera pedir informes sobre ellas, todo esto se llevó a cabo para llevar un mejor control de seguridad, o por cualquier percance que pueda suceder en el ITZ.

Terminando la base de datos llamada “usuarios” nos toca hacer que la interface la tome en cuenta y la admita, esto se logra haciendo un pequeño hipervínculo entre la base de datos y la interfaz.

Terminando el proceso de programación solo falta hacer el ejecutable y poder instalarlo en el computador deseado, pequeños percances que se tubo y que a veces suceden son, que debemos dar de alta un pequeño ejecutable o más bien un pequeño parche que nosotros nombramos io.dll en la carpeta deWindows y darlo de alta en todo el sistema operativo en el archivo que se encuentra en system32 este archivo se llama regsur32.exe

Terminando esto solo instalamos la aplicación y empieza a funcionar directamente

Después de verificar en el sistema si los datos proporcionados por la credencial coinciden con los que se encuentran en la base de datos por medio del puerto paralelo se mandara a activar un circuito

Un punto de gran importancia y además un nuevo alcance es que podemos implementar no sólo un control de vehículos interno. Si no que también facilitar a la comunidad del ITZ un confortable acceso a los lugares disponibles del estacionamiento. Todo esto mediante una interfaz móvil que le permita al usuario conectarse a la red de la institución para así tener una mayor fluidez vehicular y una mayor seguridad, ya que si se nos autoriza podríamos tener acceso a las cámaras de seguridad que se encuentran únicamente en el estacionamiento para poder asegurarnos de que nuestro vehículo no ha sido robado. Lo anterior mencionado será posible mediante una aplicación realizada en la plataforma android. Que estará disponible en la página del ITZ

Conclusión

Este proyecto ya se encuentra monitoreado por el Ing. Roberto Ortiz Delgadillo que es el director de nuestra institución el cual ya nos autorizó su desarrollo y posteriormente se estará implementando en los accesos a los estacionamientos a lo cual nos llena de satisfacción ya que se está haciendo un proyecto que es en beneficio de toda la comunidad estudiantil y brindara mayor seguridad.

En el proyecto hemos aprendimos cosas que no se adquieren en el aula, esto nos a permitido participar en concursos internos, logrando vencer nuestros miedos a lo cual logramos obtener un primer lugar en el IV Concurso de Ciencias Básicas Experimentales

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Zacatepec que nos ha dado las bases de nuestra ingeniería.

A la academia de Ciencias Basicas que gracias a su motivacion desarrollamos este proyecto para su concurso y hoy estamos publicando este presente articulo

Referencias

1. Jerry D. Wilson, Física con aplicaciones, McGraw-Hill, 1993.
2. Ramón Pallas Areny, Sensores y acondicionadores de señal, McGraw-Hill, 1993.
3. Benjamín C. Kuo, Sistemas de control digital, CECSA, 2003

ATAQUES MAN IN THE MIDDLE WIRELESS EN LA APLICACIÓN DE PROTOCOLOS(HTTP,HTTPS)

S. A. Chavarria Puga y J. Á. Peña Ramirez

Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec Morelos, C.P. 62780–
sergioachavarria@yahoo.com.mx; penita14@hotmail.com; .

Área de participación: Ciencias de la Computación

Resumen – En este artículo se presenta la demostración de como un atacante debe ser capaz de observar e interceptar mensajes o contraseñas entre las dos o más víctimas mediante Man in The Middle Wireless. Para dicha demostración se utilizaron ciertas herramientas entre ellas la distribución de un sistema operativo “BACKTRACK 5 R3”, lenguajes de programación(c,java).

Introducción

Hoy en día cuando se habla de realizar un ataque Middle Wireless en redes LAN a todos se nos viene a la cabeza el término “ARP Poisoning”. La técnica, a grandes rasgos, consiste en obtener y alterar la cache ARP de un cliente de una red LAN para hacerle creer que la MAC de la puerta de enlace es la dirección MAC del equipo atacante, pudiendo de este modo situar la máquina del atacante en medio de las comunicaciones efectuadas entre el equipo víctima y la puerta de enlace.

Cuando la víctima realiza las peticiones al servidor durante la trayectoria el atacante aprovecha esos momentos para extraer los paquetes (HTTP o HTTPS) como pueden ser contraseñas o mensajes importantes, donde a veces no se tiene la necesidad de poder descifrar si no se toma tal cual para entrar a los servidores.

Se realiza captura el mapeo de victimas en una zona geográfica local, nacional o internacional (vía satélite) para obtener las direcciones TCP/IP (MAC), con un propósito de extraer información no autorizada y a su vez interceptando mensajes o contraseñas.

Tipos de Ataques y Vulnerabilidades

A continuación se presenta los diferentes tipos de ataques:

Ataques de intromisión: Este tipo de ataque es cuando alguien abre archivos, uno tras otro, en nuestra computadora hasta encontrar algo que le sea de su interés. Puede ser alguien externo o inclusive alguien que convive todos los días con nosotros. Cabe mencionar que muchos de los ataques registrados a nivel mundial, se dan internamente dentro de la organización y/o empresa.

Ataque de espionaje en líneas: Se da cuando alguien escucha la conversación y en la cual, él no es un invitado. Este tipo de ataque, es muy común en las redes inalámbricas y no se requiere, como ya lo sabemos, de un dispositivo físico conectado a algún cable que entre o salga del edificio. Basta con estar en un rango donde la señal de la red inalámbrica llegue, a bordo de un automóvil o en un edificio cercano, para que alguien esté espiando nuestro flujo de información.

Ataque de interceptación: Este tipo de ataque se dedica a desviar la información a otro punto que no sea la del destinatario, y así poder revisar archivos, información y contenidos de cualquier flujo en una red.

Ataque de modificación: Este tipo de ataque se dedica a alterar la información que se encuentra, de alguna forma ya validada, en computadoras y bases de datos. Es muy común este tipo de ataque en bancos y casas de bolsa. Principalmente los intrusos se dedican a cambiar, insertar, o eliminar información y/o archivos, utilizando la vulnerabilidad de los sistemas operativos y sistemas de seguridad (atributos, claves de accesos, etc.).

Ataque de denegación de servicio: Son ataques que se dedican a negarles el uso de los recursos a los usuarios legítimos del sistema, de la información o inclusive de algunas capacidades del sistema. Cuando se trata de la información, esta, se es escondida, destruida o ilegible. Respecto a las aplicaciones, no se pueden usar los sistemas que llevan el control de la empresa, deteniendo su administración o inclusive su producción, causando demoras y posiblemente pérdidas millonarias. Cuando es a los sistemas, los dos descritos anteriormente son inutilizados. Si hablamos de comunicaciones, se puede inutilizar dispositivos de comunicación (tan sencillo como cortar un simple cable), como saturar e inundar con tráfico excesivo las redes para que estas colisionen.

Ataque de suplantación: Este tipo de ataque se dedica a dar información falsa, a negar una transacción y/o a hacerse pasar por un usuario conocido. Se ha puesto de moda este tipo de ataques; los "nuevos ladrones" ha hecho portales similares a los bancarios, donde las personas han descargado sus datos de tarjetas de crédito sin encontrar respuesta; posteriormente sus tarjetas de crédito son vaciadas. [1,2,3]

Durante los primeros años de internet, los ataques a sistemas informáticos requerían pocos conocimientos técnicos. Por un lado, los ataques realizados desde el interior de la red se basaban en la alteración de permisos para modificar la información del sistema. Por el contrario, los ataques externos se producían gracias al conocimiento de las contraseñas necesarias para acceder a los equipos de la red. [1,2,3]

Con el paso de los años se han ido desarrollando nuevos ataques cada vez más sofisticados para explotar vulnerabilidades tanto en el diseño de las redes TCP/IP como en la configuración y operación de los sistemas informáticos que conforman las redes conectadas a internet. Estos nuevos métodos de ataque se han ido automatizando, por lo que en muchos casos solo se necesita un conocimiento técnico muy básico para realizarlos. Cualquier usuario con una conexión a internet

tiene acceso hoy en día a numerosas aplicaciones para realizar estos ataques y las instrucciones necesarias para ejecutarlos. [2,3]

La seguridad en redes informáticas podemos encontrar clasificadas las tres generaciones de ataques siguientes:

Primera generación: ataques físicos. Los ataques que se centran en componentes electrónicos, como podrían ser los propios ordenadores, los cables o los dispositivos de red. Actualmente se conocen soluciones para estos ataques, utilizando protocolos distribuidos y de redundancia para conseguir una tolerancia a fallos aceptable.

Segunda generación: ataques sintácticos. Se trata de ataques contra la lógica operativa de los ordenadores y las redes, que quieren explotar vulnerabilidades existentes en el *software*, algoritmos de cifrado y en protocolos. Aunque no existen soluciones globales para contrarrestar de forma eficiente estos ataques, podemos encontrar soluciones cada vez más eficaces.

Tercera generación: ataques semánticos. Finalmente, podemos hablar de aquellos ataques que se aprovechan de la confianza de los usuarios en la información. Este tipo de ataques pueden ir desde la colocación de información falsa en boletines informativos y correos electrónicos hasta la modificación del contenido de los datos en servicios de confianza, como, por ejemplo, la manipulación de bases de datos con información pública, sistemas de información bursátil, sistemas de control de tráfico aéreo, etc.

Antes de pasar a hablar detalladamente de cómo evitar estos ataques desde un punto de vista más técnico, introduciremos en este módulo algunas de las deficiencias típicas de los protocolos TCP/IP y analizaremos algunos de los ataques más conocidos contra esta arquitectura.[2,3]

Seccion experimental

Material. Para el ataque utilizaremos las siguientes herramientas: *wireshark *nmap *EtherApe *Firefox con el complemento instalado de "cookie Manager, scripts, lenguaje de programación java y lenguaje c.

Equipo. Se utiliza una Computadora(atacante) AMD *turión*TM 64 *mobile Technolgy* MK-38 2.20 Ghz 4 Gb de memoria RAM, Celular, modem inalámbrico , computadora de la víctima y un servidor web.

Metodología.

El atacante permite crear una conexión adicional entre la víctima y el servidor web con la finalidad de interceptar los mensajes o cualquier movimiento que realice la víctima Ver figura no.1

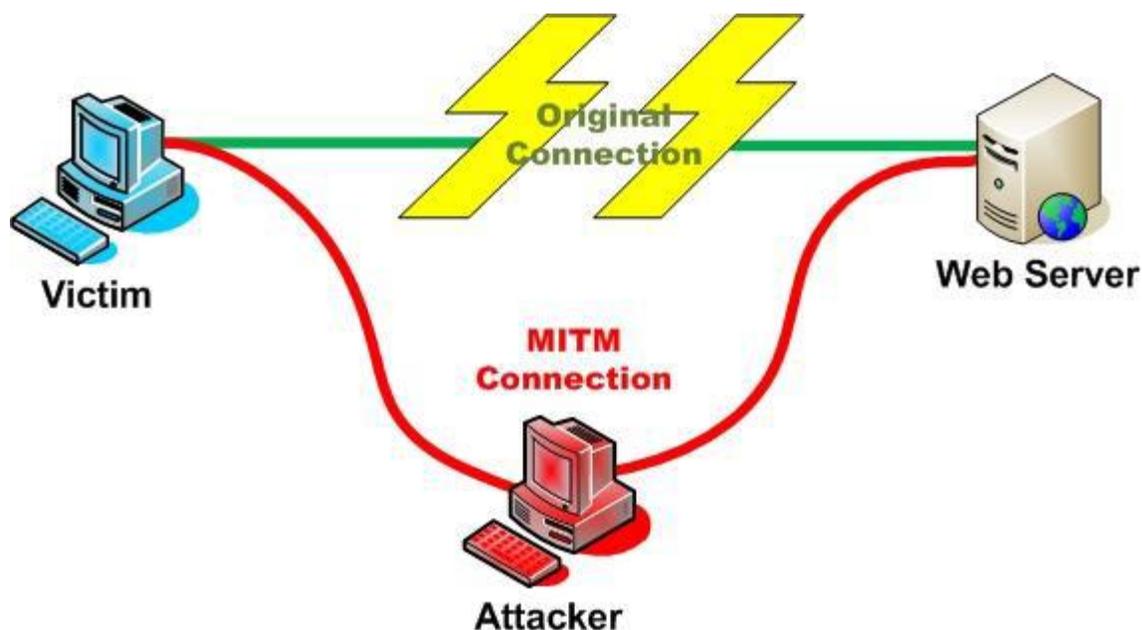


Figura 1 nueva conexión entre la víctima y el servidor web

La **exploración de puertos** puede permitir el reconocimiento de los servicios ofrecidos por cada uno de los equipos encontrados en la red escogida. Con esta información, el atacante podría realizar posteriormente una búsqueda de *exploits* que le permitiera un ataque de intrusión en el sistema analizada.

Herramientas para realizar la exploración de puertos

La aplicación por excelencia para realizar exploración de puertos es *Nmap* (*Network Mapper*). Esta herramienta implementa la gran mayoría de técnicas conocidas para exploración de puertos y permite descubrir información de los servicios y sistemas encontrados. *Nmap* también implementa un gran número de técnicas de reconocimiento de huellas identificativas, como las que hemos visto anteriormente.

Búsqueda de huellas identificativas

Aparte de la utilización de herramientas de administración y servicios de internet, existen técnicas más avanzadas que permiten extraer información más precisa de un sistema o de una red en concreto.

La utilización de estas técnicas se conoce con el nombre de ***fingerprinting***, es decir, obtención de la huella identificativa de un sistema o equipo conectado a la red

Escuchar la red

Uno de los primeros ataques contra las dos primeras capas del modelo TCP/IP son las escuchas de red. Se trata de un ataque realmente efectivo, puesto que permite la obtención de una gran cantidad de información sensible. Mediante aplicaciones que se encargan de capturar e interpretar tramas y datagramas en entornos de red basados en difusión, conocidos como escuchas de red o *sniffers*, es posible realizar el análisis de la información contenida en los paquetes TCP/IP que interceptan para poder extraer todo tipo de información.

Un *sniffer* no es más que un sencillo programa que intercepta toda la información que pase por la interfaz de red a la que esté asociado. Una vez capturada, se podría almacenar para su análisis posterior.

De esta forma, sin necesidad de acceso a ningún sistema de la red, un atacante podría obtener información sobre cuentas de usuario, claves de acceso o incluso mensajes de correo electrónico en el que se envían estas claves. Este tipo de técnica se conoce como *sniffing*. Las técnicas de *niffing* también se conocen como técnicas de *eavesdropping* y técnicas de *snooping*. La primera, *eavesdropping*, es una variante del *sniffing*, caracterizada por realizar la adquisición o interceptación del tráfico que circula por la red de forma pasiva, es decir, sin modificar el contenido de la información.

Por otra parte, las técnicas de *snooping* se caracterizan por el almacenamiento de la información capturada en el ordenador del atacante, mediante una conexión remota establecida durante toda la sesión de captura. En este caso, tampoco se modifica la información incluida en la transmisión.

La forma más habitual de realizar técnicas de *sniffing* en una red, probablemente porque está al alcance de todo el mundo, es la que podríamos denominar *sniffing software*, utilizando las aplicaciones que ya mencionadas

Suplantación de ARP

El protocolo ARP es el encargado de traducir direcciones IP de 32 bits, a las correspondientes direcciones hardware, generalmente de 48 bits en dispositivos Ethernet. Cuando un ordenador necesita resolver una dirección IP en una dirección MAC, lo que hace es efectuar una petición ARP (*arp-request*) a la dirección de difusión de dicho segmento de red, FF:FF:FF:FF:FF:FF, solicitando que el equipo que tiene esta IP responda con su dirección MAC. ver figura no.2

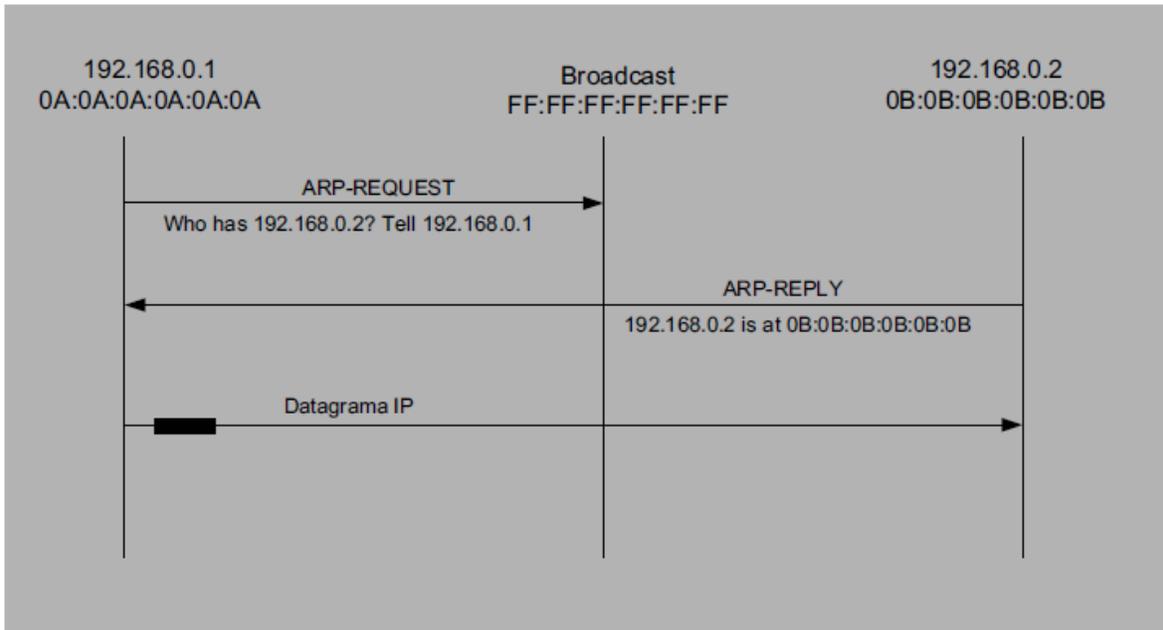


Figura 2 Dos maquinas incluyendo MAC

Una máquina A, con IP 192.168.0.1 y MAC 0A:0A:0A:0A:0A:0A solicita por difusión que dirección MAC está asociada a la IP 192.-168.0.2. La máquina B, con IP 192.168.0.2 y MAC 0B:0B:0B:0B:0B:0B debería ser la única que respondiera a la petición. Con el objetivo de reducir el tráfico en la red, cada respuesta de ARP (arp-reply) que llega a la tarjeta de red es almacenada en una tabla caché, aunque la máquina no haya realizado la correspondiente petición. Así pues, toda respuesta de ARP que llega a la máquina es almacenada en la tabla de ARP de esta máquina. Este factor es el que se utilizara para realizar el ataque de suplantación de ARP*. El objetivo de un ataque de suplantación de ARP es poder capturar tráfico ajeno sin necesidad de poner en modo promiscuo la interfaz de red. Envenenando la tabla de ARP de los equipos involucrados en la comunicación que se quiere capturar se puede conseguir que el conmutador les haga llegar los paquetes. Si el engaño es posible, cuando las dos máquinas empiecen la comunicación enviarán sus paquetes hacia la máquina donde está el sniffer. Este, para no descubrir el engaño, se encargaría de encaminar el tráfico que ha interceptado. En la siguiente figura se puede ver cómo la máquina C se coloca entre dos máquinas (A y B) y les envía paquetes de tipo arp-reply. De esta forma, toda comunicación entre las máquinas A y B pasaría por la máquina C (ya que tanto A como B dirigen sus paquetes a la dirección MAC 0C:0C:0C:0C:0C:0C). El flujo de arp-reply sería constante, para evitar que la tabla de ARP de las máquinas A y B se refresque con la información correcta. Este proceso corresponde al envenenamiento de ARP comentado. A partir del momento en que el envenenamiento se haga efectivo, los paquetes enviados entre A y B irían encaminados a C. Como vemos en la siguiente figura, al intentar realizar el envenenamiento de ARP podría producirse una condición de carrera (race condition). ver figura no.3

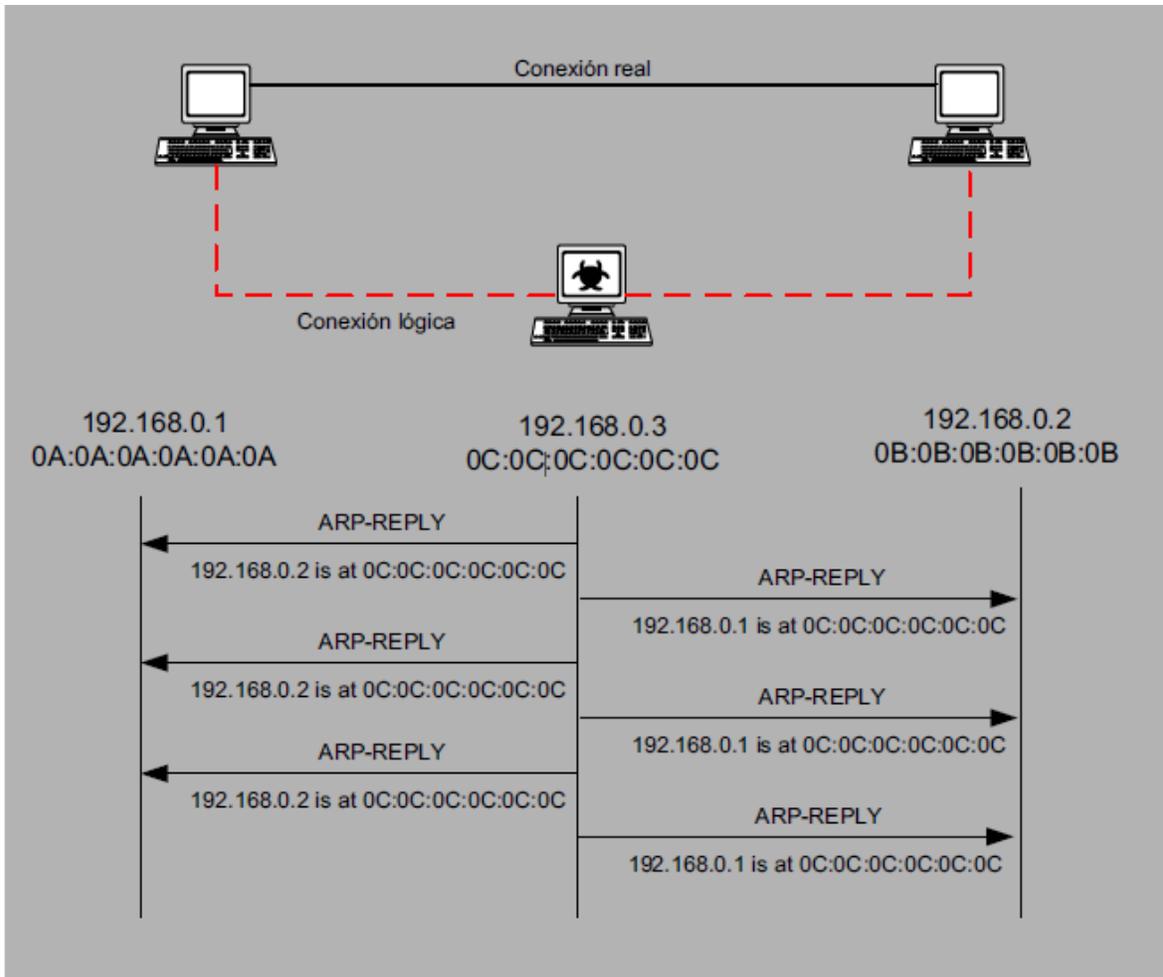


Figura 3. Comunicación entre computadoras y el atacante.

Si la máquina C responde al arp-request antes que el servidor principal, su arpreplay sería sobre escrito por el de la máquina verdadera. Por otra parte, si fuera al contrario (figura 3), sería el arp-reply verdadero el que sería eliminado por el de la máquina C (produciéndose en este caso el envenenamiento de ARP). Una posible solución para evitar ataques de suplantación de ARP es la utilización de direcciones MAC estáticas, de manera que no puedan ser actualizadas. En este caso, los arp-reply enviados por el atacante serían ignorados. El principal inconveniente de esta solución es la necesidad de almacenar en la tabla ARP la asociación entre la dirección IP (con sus correspondientes direcciones MAC) de cada equipo de la red y la necesidad de actualización manual en el caso de cambios de tarjetas Ethernet en los equipos involucrados. ver figura no.4

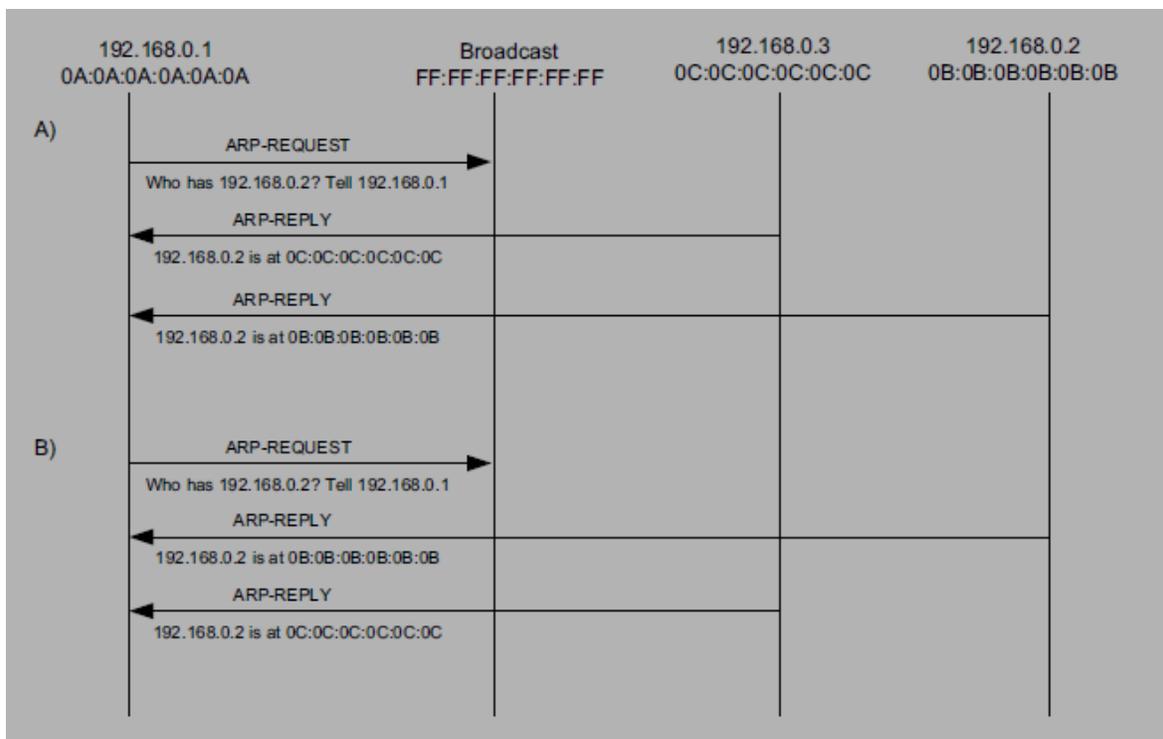


Figura 4. Envenenamiento de ARP

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen herramientas para detectar un ataque man in the middle para realizar el mapeo en una zona geográfica “EtherApe (as root)” ver figura no. 5

Una vez hecho eso el EtherApe empezara a capturar todo el tráfico de red wireless mostrando las direcciones de origen destino. Para generar tráfico y que el EtherApe muestre la dirección de destino de la petición.

Sin embargo no basta solo con eso pues para facilitarnos el analizar las peticiones que se envían desde la victima al router y de regreso nos apoyaremos en una utilidad llamada “wireshark”. ver figura no. 6

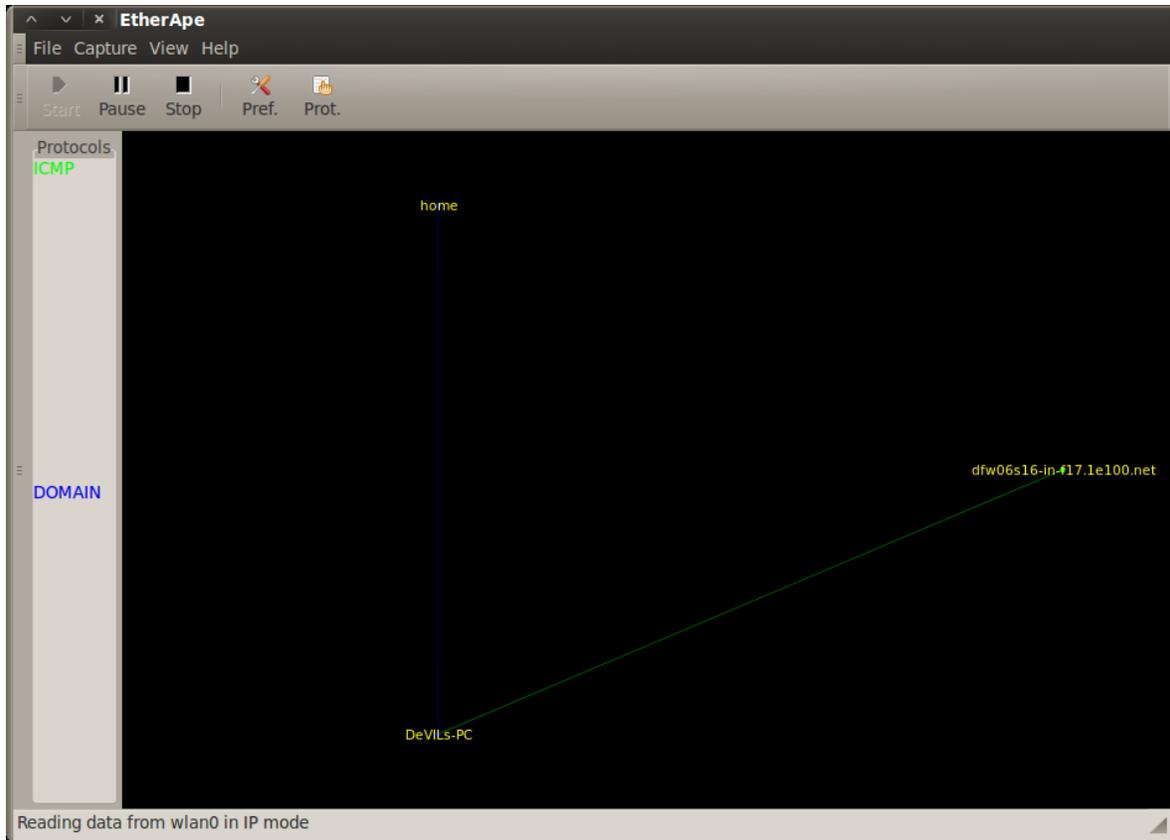


Figura 5 captura de mapeo de las víctimas.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
114	8.443481800	192.168.1.64	192.168.1.64	HTTP	510	[TCP Retransmission] HTTP/1.1 200 OK (application/javascript)
115	8.649742800	148.208.210.7	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.65? Tell 192.168.1.254
116	8.649742800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	510	HTTP/1.1 200 OK (application/javascript)
117	8.669883800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	1506	[TCP segment of a reassembled PDU]
118	8.669883800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	1506	[TCP Retransmission] http > 38772 [ACK] Seq=46104 Ack=3535 Win=20960 Len=1440 TSval=854170290 TSecr=13165909
119	8.688910800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	1506	[TCP segment of a reassembled PDU]
120	8.688926800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	1506	[TCP Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
121	8.688926800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	675	[TCP Previous segment not captured] [TCP segment of a reassembled PDU]
122	8.689314800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	675	[TCP Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
123	8.689343800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	74	http > 53183 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=0 Win=14480 Len=0 MSS=1452 SACK_PERM=1 TSval=854170290 TSecr=13165909 WS=16
124	8.689343800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	74	http > 53183 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=0 Win=14480 Len=0 MSS=1452 SACK_PERM=1 TSval=854170290 TSecr=13165909 WS=16
125	8.782918800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	1506	[TCP Retransmission] HTTP/1.1 200 OK (application/x-javascript)
126	8.782918800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	1506	[TCP Retransmission] [TCP segment of a reassembled PDU]
127	8.782978800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	74	http > 54788 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=0 Win=14480 Len=0 MSS=1452 SACK_PERM=1 TSval=854170293 TSecr=13165909 WS=16
128	8.782983800	148.208.210.7	192.168.1.64	TCP	74	http > 54788 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=0 Win=14480 Len=0 MSS=1452 SACK_PERM=1 TSval=854170293 TSecr=13165909 WS=16
129	8.956833800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	187	HTTP/1.1 304 Not Modified
130	8.956848800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	187	[TCP Retransmission] HTTP/1.1 304 Not Modified
131	8.978463800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	187	HTTP/1.1 304 Not Modified
132	8.978475800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	187	[TCP Retransmission] HTTP/1.1 304 Not Modified
133	8.980489800	148.208.210.7	192.168.1.64	HTTP	187	HTTP/1.1 304 Not Modified

Figura 6 paquetes capturados dentro de la zona.

Ahora podemos ver bien los paquetes que se envían, la dirección de origen y la de destino. Las peticiones que nos interesan ahora son las “HTTP” porque los cookies se envían por esas direcciones. Para este ataque se necesita o bien tiempo y paciencia, o bien ingenio para denegar un servicio y engañar al cliente para que vuelva a conectarse a la red y volver a acceder a cierta pagina. Ahora supongamos que la victima ingresa a cualquier sitio web, el wireshark muestra dicha petición.

Una vez localizado los paquetes encriptados incluyendo sus cookies-secciones lo utiliza el atacante para poder loggear y entrar al servidor con una finalidad realizar los cambios pertinente en su propia sección sin que se dé cuenta dicha víctima ver figura no. 7 y no. 8



Figura 7. Cookie-Sección cifrada.



Figura 8. loggeo en una sección de la victima

Protocolos HTTP Y HTTPS

Para trabajar con el protocolo HTTPS seguro, se puede realizar ataque Middle Wireless en redes LAN, pero se tiene que convertir de HTTPS a HTTP se tiene que desencriptar el tráfico de la red de paquetes, quedando normalmente libre al público.

Conclusiones

El área de informática, la mayoría del software libre existen programas o desarrollarlo a nuestra convención que permiten alterar o otros programas con un propósito extraer la información pertinente conveniente para un beneficio positivo o negativo para nuestra comunidad. Existe software que pueden dañar a los servidores o protegerlos configurando los parámetros adecuados para darle mayor seguridad como pueden ser los que monitorea una red local o nacional (detector de intrusos “**Snort**”).

Bibliografía

1. Anonymous (1998). Maximum Security: A Hacker's Guide to Protecting Your internet Site and Network. Sams.
2. Cheswick, W. R.; Bellovin, S. M.; Rubin, A. D. (2003). Firewalls and Internet Security: Repelling the Wily Hacker, 2nd ed. Addison-Wesley Professional Computing.
3. Northcutt, S. (2000). Network Intrusion Detection. An analyst's handbook. New Riders.
4. Scambray, J.; McClure, S.; Kurtz, G. (2001). Hacking Exposed: Network security secrets and solutions, 2nd ed. Osborne-McGraw Hill.
5. Siles Peláez, R. (2002). Análisis de seguridad de la familia de protocolos TCP/IP y sus servicios asociados.

SISTEMA DE MONITOREO DE PROCESOS MEDIANTE LA TÉCNICA CRC (CYCLIC REDUNDANCY CHECK) PARA DETECCIÓN DE CÓDIGO MALICIOSO.

S. A. Chavarria Puga y J. Á. Peña Ramirez

Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27 Zacatepec Morelos, C.P. 62780–
sergioachavarria@yahoo.com.mx; penita14@hotmail.com; .

Área de participación: Ciencias de la Computación

RESUMEN – El objetivo de este artículo es presentar algunos resultados de una implementación de CRC (*Cyclic Redundancy Check*) bajo *Windows*, para detectar códigos maliciosos. El sistema de monitoreo de procesos SISMON proporciona ciertas soluciones *antimalware*, así como protección contra virus informáticos (gusanos, troyanos, *rootkit*, *sypware* y otros elementos dañinos).

Introducción

Virus informáticos

El objetivo de los virus informáticos es reproducirse, dañar y extraer información, donde es enviada a su destino en cual fue programado por el delincuente informático.

¿Qué técnicas utilizan los virus?

Cada tipo de virus emplea diferentes técnicas, tanto para realizar sus infecciones como para llevar a cabo sus objetivos. Cada tipo de virus emplea diferentes mecanismos, tanto para realizar sus infecciones como para llevar a cabo sus objetivos. En ocasiones, incluso utilizan combinaciones de varias técnicas como son las siguientes:

- **Ocultamiento.** Los virus que utilizan esta técnica intentan pasar desapercibidos ante los ojos del usuario (se camuflan), no levantando ninguna sospecha sobre la infección que ya ha tenido lugar. Los virus residentes son los que más la utilizan, aunque no es exclusivamente este tipo de virus quienes la aplican. [1, 2, 3,5]
- **Auto cifrado.** Los programas antivirus se encargan de buscar determinadas cadenas de caracteres (denominadas firmas del virus) que siempre se encuentran como una característica particular de cada uno de ellos. Estos, debido a la técnica de auto cifrado, infectan de forma diferente en cada ocasión. Es decir, el virus emplea una cadena concreta para

realizar una infección, mientras que en la siguiente infección utilizará otra distinta. Por otro lado, el virus codifica sus cadenas para que al antivirus le sea difícil encontrarlo. Sin embargo, los virus que utilizan este tipo de técnicas, emplean siempre el mismo formato de cifrado, con lo que es posible su detección. [1, 2, 3,5]

- **Polimorfismo.** Basándose en la técnica de auto cifrado, el virus se codifica o cifra de manera diferente en cada infección que realiza (su firma variará de una infección a otra). Si sólo fuese así estaríamos hablando de un virus que utiliza la encriptación, pero adicionalmente el virus cifrará también el modo (rutina o algoritmo) mediante el cual realiza el cifrado o la codificación de su firma. Para su detección, los programas antivirus emplean técnicas de simulación de descifrado. [1, 2, 3,5]

El sistema de monitoreo (SISMON), es un *software* que detecta códigos maliciosos. El sistema incluye soluciones **antimalware** que proveen protección contra gusanos, **troyanos**, **rootkit**, **spyware** y otros elementos dañinos; es decir, varios tipos de códigos maliciosos. Así, el sistema también puede identificar amenazas, esto se refiere a su capacidad no sólo de detectar un *malware*, sino también de identificar el tipo de amenaza (virus, troyano, gusano, etc.) y su nombre (por ejemplo **Michelangelo**, **Conficker**, **QHost**, **Nuwar**, etc.). Cuando se descubre el *malware* en una computadora que ya está infectada, el sistema debe eliminar la amenaza (desinfectar). Sin embargo, tal como se describe en este sencillo proceso de funcionamiento del sistema, el primer paso es la detección de un código malicioso. Para este fin el sistema analiza los archivos (puede ser en tiempo programado o a petición del usuario) en búsqueda de *malware*.

En su versión simplificada, el antivirus examina cada archivo respondiendo a la pregunta: ¿es un código malicioso?

El presente texto describe cómo la técnica de CRC se usa para determinar si un archivo es o no una amenaza, siguiendo los clásicos procedimientos de detección reactivos, basados en firmas.

Sección experimental

Material. El sistema de monitoreo cuenta con varias librerías elaboradas en tres lenguajes de programación. En ensamblador 8088/86 de 16 bits, se desarrolló la funcionalidad para la exploración externa, con *Visual Basic* de 32 bits se desarrolló la interfaz del sistema SISMON y con *Visual C++* se desarrollaron las *API's* (librerías). Como ejemplo de librerías están, *cBinaryFileStream* para la búsqueda de archivos, *cCommonDialog* para seleccionar unidades de almacenamiento (A, B, C, etc.) o carpetas. Es por esto que su ambiente de desarrollo y operación es bajo la plataforma de *Windows*.

Equipo. Se utiliza una Computadora AMD *turión™ 64 mobile Technology MK-38* 2.20 Ghz 4 Gb de memoria RAM. Por supuesto el sistema podrá ejecutarse en cualquier PC compatible.

Metodología.

Aplicación sobre la técnica Comprobación de suma o CRC (*Cyclig Redundancy Check*): El algoritmo CRC es conocido y permite el análisis para detectar código malicioso. Este método utiliza una operación matemática que abarca a cada byte del archivo, generalmente de 16 ó 32 bytes para cada archivo. Una vez obtenido el resultado de la operación matemática, las posibilidades de que una modificación del archivo alcance el mismo número, son muy remotas. Por lo general se guarda para cada directorio, un archivo con los CRC de cada archivo y se comprueba periódicamente o al ejecutar cada programa. Durante la generación del CRC, se efectúa una operación booleana OR exclusivo (XOR) a cada carácter de 8 bits del archivo que se está analizando con un byte de la base de datos de las firmas de los virus. Entonces al resultado se le aplica un desplazamiento de bits en la dirección del bit menos significativo (LSB), rellenando la posición del bit más significativo (MSB) con un cero. Este proceso se repite hasta haber cumplido 8 desplazamientos.

El cuadro de la Fig. No. 1. presenta parte fundamental del algoritmo CRC que consiste en realizar una operación matemática mediante el uso de la operación XOR entre la Firma Registrada (FR) y la Firma Codificada (FC) obteniendo una matriz de 255 x 8, la cuál se compara con el archivo infectado, si son iguales se determina que está infectado. La longitud de la matriz es de 255, que es el número mayor que puede representarse en 8 bits. Posteriormente se busca en la base de datos, el nombre específico del virus para enviar un mensaje indicando el virus que detectó. Si no encuentra un virus continúa con el escaneo.

```

dwCrc = ((dwCrc And &HFFFFFFE) \ 2) And &H7FFFFFFF
si (dwCrc And 1) entonces
    dwCrc = dwCrc Xor dwPolynomial
fin si
    
```

Fig. 1. Algoritmo CRC.

El funcionamiento del sistema SIMON se clasifica en:

- 1.- Módulo de identificación o de control
- 2.- Programa de vigilancia
- 3.- Exploración externa

Módulo de identificación o de control

Este módulo registra los cambios realizados por un *malware* en los programas ejecutables o en áreas críticas del disco duro, utilizando la técnica de verificación de integridad. De esta forma se controla la información en el disco duro, previniendo su modificación de acuerdo a los requerimientos del usuario. Ver. Fig. No.2

La figura No.2 muestra la pantalla del sistema SISMON que le permite al usuario realizar varias operaciones, entre ellas, la opción SCAN que realiza el escaneo por unidad de almacenamiento (disco A, B, C, etc.) o por carpetas específicas en forma rápida y con un análisis más profundo. Lo anterior quiere decir, que primero se verifica que el encabezado de arena de los archivos esté completo y no tenga ningún cambio, etc. después entra en acción el escaneo basado en CRC.

La opción de STATUS se muestra en la fig. No.2 donde aparece un resumen del escaneo, indicando si hay archivos en cuarentena y la lista de archivos ignorados.

La opción de MONITOREO de procesos, inicia escaneando los archivos del sistema (system32) ya cargados en memoria y luego busca en las demás carpetas. Desde que se selecciona la opción se aplica el CRC y al final envía un mensaje de los virus detectados. La opción de configuración “Activar Bandeja”, activa como bandeja el antivirus apareciendo un cuadro pequeño en la parte del escritorio de *Windows*. También permite cargarse al iniciar *Windows*, pero si no se elige esta opción, no aparecerá la bandeja ni se cargará en la barra de *Windows*. Una de las ventajas de SISMON es que consume muy poca memoria, 2260 kb.



Fig. 2. Análisis del sistema SISMON

Programa de vigilancia

Este programa es capaz de detectar actividades que podrían realizarse típicamente por un código malicioso, tales como: la sobre escritura de archivos o el formateo del disco duro. Estas técnicas establecen capas por las que debe pasar cualquier orden de ejecución de un programa dentro del caparazón de integridad, se ejecuta automáticamente una comprobación de suma y si se detectan programa infectados, no se permite que se ejecuten.

Existen varios métodos para identificar si un archivo tiene un virus, a estos métodos se les llama algoritmos para la detección de virus, los siguientes son ejemplos de métodos de verificación de virus:

Verificación de patrones: Con el propósito de encontrar un virus específico, este *software* tiene que tener un patrón (*signature*) específico del mismo. Si el patrón que busca no es encontrado, significa que no tiene virus.

Algoritmo heurístico: Heurística genérica: se analiza cuán similar es un objeto a otro, que ya se conoce como malicioso.

Filtro del contenido: Este es una versión más flexible del método de verificación de patrones. Un programador puede escoger una variedad de formas diferentes de ejecutar la misma instrucción, ejemplo: para modificar el registro, el método de verificación de patrones solamente busca por una secuencia de bytes para hacer esa instrucción.

Exploración externa: El sistema utiliza un módulo de exploración externa desarrollada en lenguaje ensamblador sobre la arquitectura del procesador Intel 8088-8086 con 16 bits. Las firmas se clasifican en virus informáticos de sectores de arranque, archivos mutantes, heurísticos y dichas firmas se encuentran dentro del programa ejecutable. Se cuenta con más 10,000 mil líneas de código fuente para el desarrollo de la exploración externa.

Arquitectura del sistema. A continuación se presenta la arquitectura del sistema SISMON, el cual es autoexplicativo.

Cada antivirus tiene su propia técnica para detectar códigos maliciosos, en este trabajo se presenta una técnica CRC (*Cyclic Redundancy Check*) para detectar virus informáticos, para ésto se realizan varias comparaciones, entre ellas se solicita el archivo anfitrión y la firmas de la base datos donde el algoritmo CRC funciona como intermediario, dando un resultado de firmas codificadas, si se cumple la condición, esto quiere decir que se ha detectado un código malicioso. Ver Fig. No. 3.

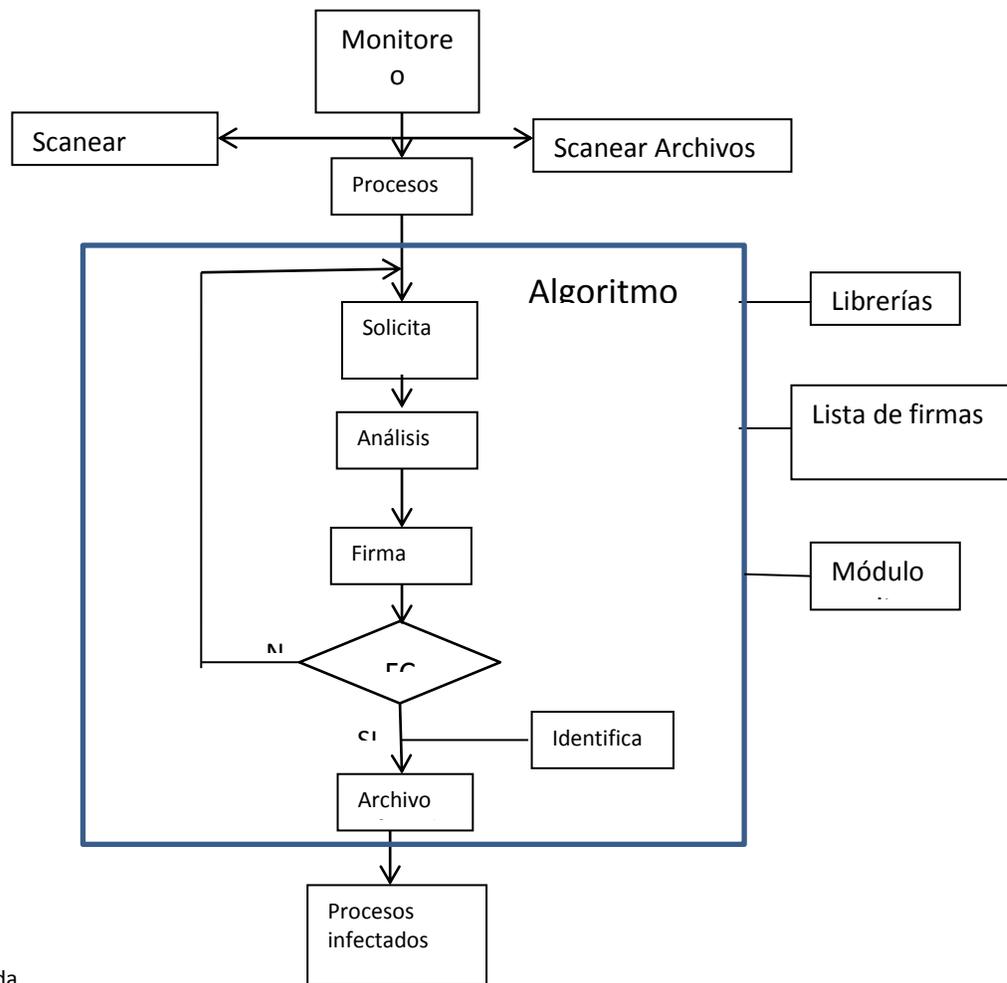


Fig 3. Arquitectura del SISMON.

Resultados y discusión

Cada sistema operativo (*Windows 95,98, XP, Vista, 7, Linux, Red Hat, Centos, Ubuntu* y otros), tienen su propia arquitectura sobre el planificador y control de procesos.

Exploración interna.

¿Qué es un proceso?

El concepto de proceso es básicamente un programa en ejecución. Cada proceso tiene asociado un espacio de direcciones, una lista posiciones de memoria desde un mínimo (usualmente 0) hasta algún máximo que el proceso puede leer y escribir. El espacio de direcciones contiene el programa ejecutable, los datos del programa y su pila. Cada proceso se asocia un conjunto de

registros, que incluya el contador del programa, el apuntador de la pila y otros de registros de hardware, así como toda la demás información necesaria para ejecutar el programa. [4]

Cuando se instala un antivirus, éste verifica que sistema operativo se encuentra en la computadora, para poder inyectarse en el *kernel* y realizar solicitudes y configuraciones con respecto a sincronización de procesos. Esto permite seleccionar los procesos activos en la memoria con el fin de localizar códigos maliciosos. A continuación se muestra el funcionamiento de los programas desarrollados. Ver Fig. No. 4 a la 8.

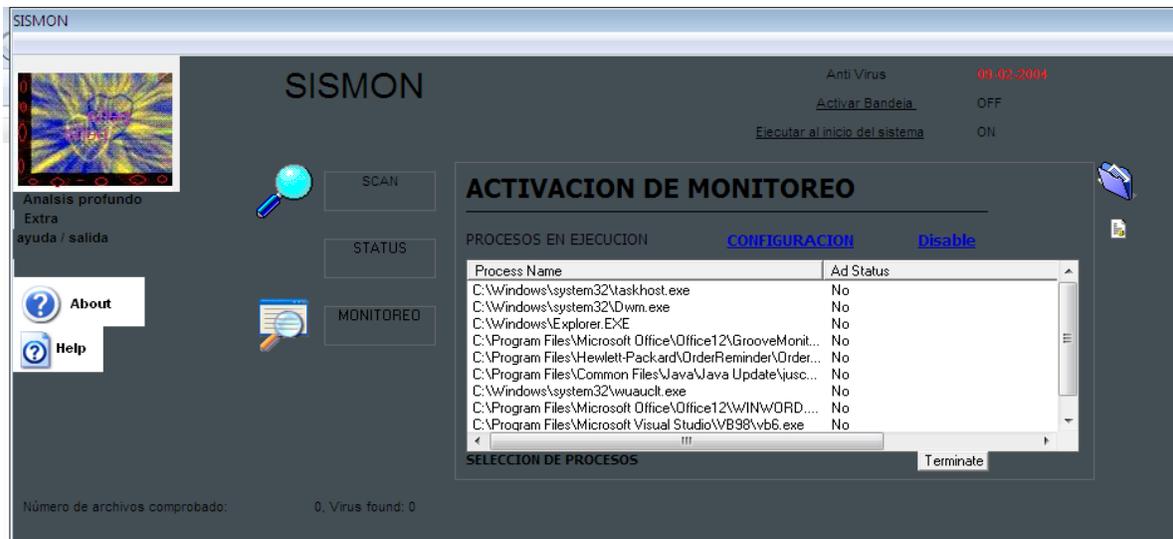


Fig. 4. Monitoreo de procesos SISMON.

La fig. No. 4 muestra el monitoreo de procesos, iniciando por system32, archivos de programas y después las demás carpetas. La fig. No. 5 presenta un resumen del escaneo de los virus localizados.

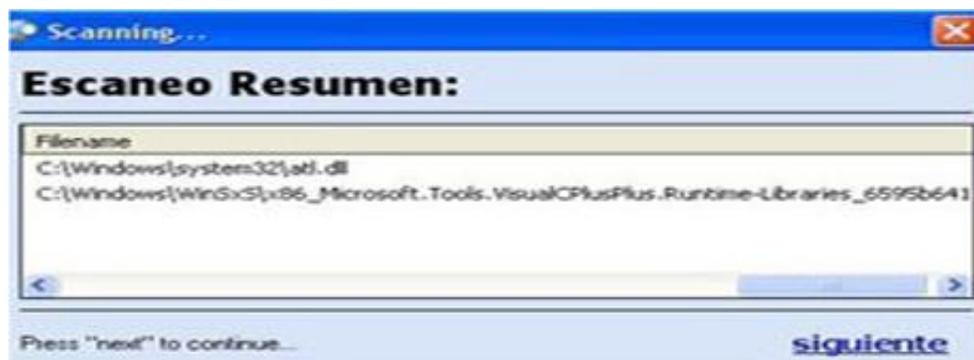


Fig. 5. Eliminación de virus informáticos

La Fig. No. 6. Permite localizar *malware* estableciendo un resumen del escaneo, pero con los nombres específicos de virus.

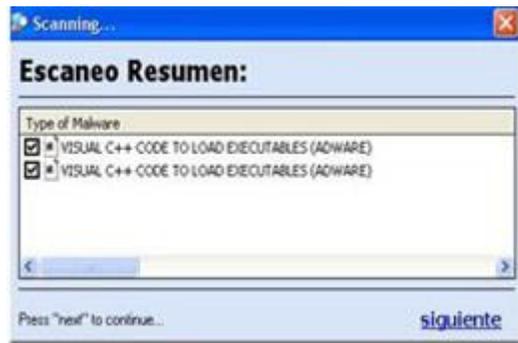


Fig. 6. Resumen escaneo de virus informáticos.

Exploración externa.

Localizar archivo por archivo infectado, extraer información de programa infectado en la parte que se denomina encabezado de arena o estructura, para identificar si es ejecutable "MZ" u otro archivo de otra aplicación. Una vez encontrada la parte infectada se elimina dejando sólo el código original. Si el sector de arranque es el que está infectado, se reemplaza por otro codificado en ensamblador 8088/86 de 16 bits.

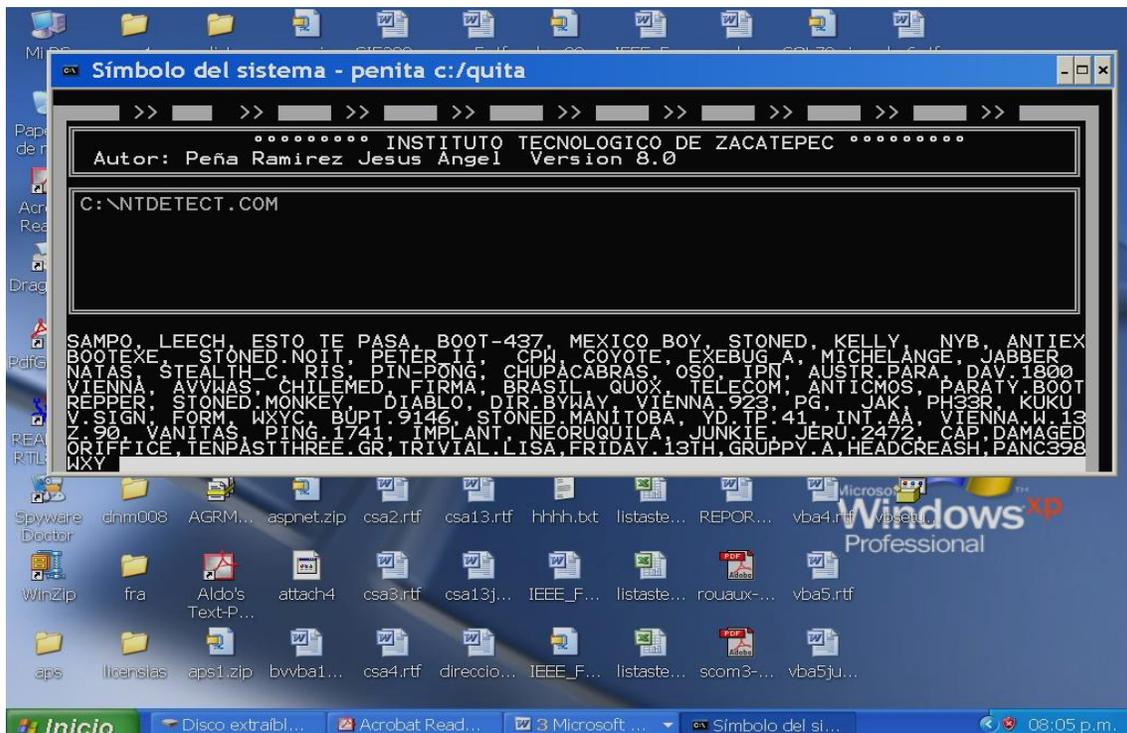


Fig. 7. Scanner sobre la unidad c:

La exploración externa se realizó para la arquitectura 8080/86, en lenguaje ensamblador de 16 bits, este programa corre en todos los procesadores posteriores.

La exploración externa permite escanear el sector de arranque que es donde se alojan los virus en lenguaje de máquina. Otra actividad es que permite escanear los archivos del disco duro, pero con la característica de que sus firmas se encuentran encriptadas mediante el operador XOR pero están adentro del programa ejecutable, otra consiste que la misma exploración verifica su propio encabezado de arena si se encuentra alterada se dice que lo altero el virus y se autodestruye para que no se siga utilizando, otra consiste cuenta con 66 firmas de todo mundo para la detección de virus. Ver Fig. No. 7.

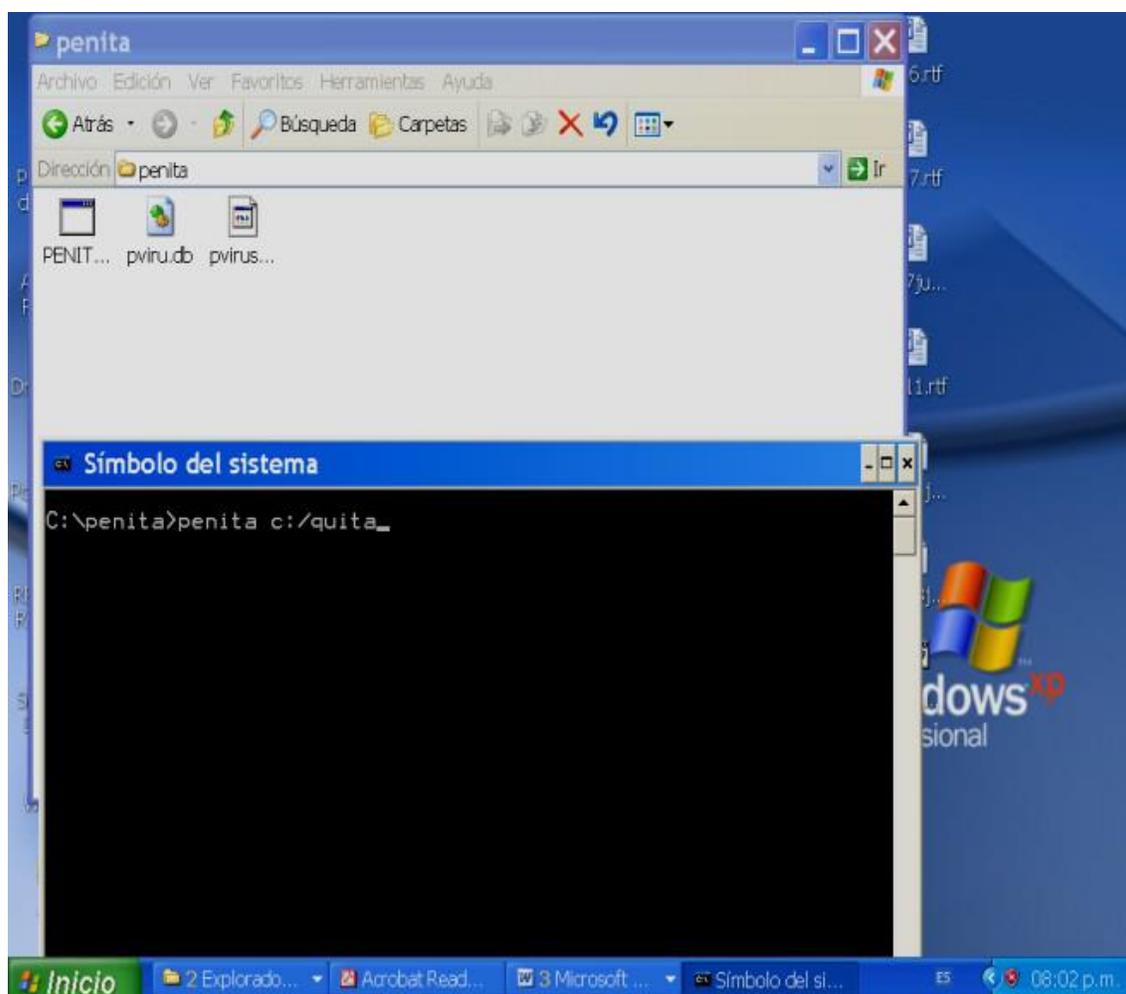


Fig. 8. Scanner de la unidad c:, para la eliminación de virus.

Se permite realizar una exploración en la unidad c del disco duro. Ver Fig. No. 8. y para eliminar se le coloca la opción c:/quita.

Conclusiones

El presente trabajo presenta algunos resultados del esfuerzo de analizar y realizar una implementación de la técnica CRC ya existente y reproducir su comportamiento. Este trabajo ha sido de utilidad para adquirir conocimientos de algunas de las técnicas y conceptos que soportan los sistemas de antivirus. El conocimiento adquirido es valioso y útil en un ambiente académico y que puede ser transmitido a la población estudiantil.

Existen varias actividades hacia futuro que pueden completar este trabajo y más importante que permitirá conocer más técnicas ya existentes para la detección de virus. Entre otros, se pueden mencionar las siguientes:

- Análisis y desarrollo de programas para detección de amenazas mediante el escaneo de puertos.
- Activación y actualización de las firmas en su base de datos a través de Internet, por el momento las firmas se encuentran en un archivo de texto de acceso local.
- Incorporar sensores virtuales el sistema SISMON para el “Sistema de Detección de Intrusos Utilizando Inteligencia Artificial” dando una aplicación en el campo de la detección de escaneos de puertos.

Referencias

1. Ronato de Jesús Marcelo Guía de campos de los virus informáticos Editorial alfaomega Grupo de editor 1997.
2. Richard B. Levin virus informáticos editorial McGraw-Hill 1992.
3. Cohen Frederick B. curso de abreviado de computación de virus editorial limusa 1998.
4. Tenenbaum Andrew S. Sistemas Operativos Diseño e implementación Printice Hall
5. Roger A. Games “Malicious mobile code virus protection for Windows” Computer Virus

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ARENAS PARA CONCRETO HIDRAULICO

E. G. Carrillo-González, R. B. Cervantes-Quintana, O. de la Paz Soto, A. Sedano-Peñaloza,
R.Salgado-Delgado

Instituto Tecnológico de Zacatepec, (I.T.Z.), Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec, Morelos.
México – erica.griselda@gmail.com; cervanteslab@gmail.com, osoto03@gmail.com;
adrian_sedano@hotmail.com, renesalgado@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Civil

Resumen- Las arenas como las gravas, son llamados agregados pétreos y ocupan ambos entre el setenta y cinco al sesenta y cinco por ciento del volumen del concreto, es por ello de vital importancia conocer las propiedades de estos agregados pétreos, pues tienen un efecto determinante en las propiedades del concreto, estando este en estado fresco como en estado endurecido.

Para conocer si una arena es apropiada para utilizarse en la elaboración de un concreto o un mortero, es necesario conocer sus propiedades físicas y químicas, sin embargo no se ha establecido una correlación entre parámetros de forma y características físico-químicas de la arena en el concreto, de manera que la incidencia de estas sean tomadas en cuenta en el diseño de la mezcla. La medición de la forma por los métodos tradicionales es subjetiva, por esta razón últimamente se han utilizado tecnologías de análisis de imágenes para determinar las características de forma y composición química de las partículas. Es por ello que en este estudio se tomaron imágenes con un microscópico de barrido SEM-EDS, con la finalidad de analizar el banco objeto de investigación denominado "Lagunilla" ubicado en el Camino Real a Xoxocotla, del Ejido Santa Rosa 30 del Municipio de Tlaltizapan, en el Estado de Morelos.

Introducción

Las arenas son agregados pétreos, componentes fundamentales del concreto hidráulico, del concreto asfáltico y de las bases granulares. Sus características afectan no solo las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido sino también el costo del mismo. Las arenas junto con la

s gravas, reciben el nombre de agregados y, conforman entre el 65% y el 75% del volumen del concreto, razón por la cual es importante conocer sus propiedades y la influencia de las mismas en las propiedades del concreto para optimizar no solo su uso y explotación, sino también el diseño de mezclas de concreto.

El componente más costoso del concreto es el cemento. La pasta de cemento (cemento y agua) es el elemento que llena los vacíos entre los agregados afectando la trabajabilidad, el sangrado o exudación y la segregación del concreto fresco y por ende la resistencia, la densidad, la permeabilidad y durabilidad del concreto en estado sólido.

El porcentaje de vacíos de una mezcla de agregados está principalmente relacionado con su granulometría, forma y textura. Los vacíos generados en mezclas de agregados con partículas aplanadas y alargadas generalmente son

mayores que en mezclas con partículas redondeadas, por lo tanto la demanda de pasta de estas últimas para alcanzar una trabajabilidad es menor pues se obtiene un adecuado acomodo entre los agregados. El uso de dosificaciones bajas de pasta (dentro de ciertos límites), además de la reducción en costos de producción, tiende a generar menos problemática relacionada con fisuración, calor de hidratación, y durabilidad. En las últimas décadas, técnicas de análisis de imágenes han sido utilizadas para evaluar la forma y la textura de partículas. A partir de estas técnicas se han obtenido índices de forma, angularidad y textura que definen cuantitativamente estas propiedades. Los métodos de diseño de mezclas de concreto usados en la actualidad no consideran de una manera directa el efecto de la forma y de la textura de los agregados, por ejemplo en el caso del método de diseño del ACI 211.1 (1991) se tiene en cuenta parcialmente el efecto de la forma al involucrar el módulo de finura y masa unitaria compacta de las arenas, sin embargo este método no establece variaciones en la cantidad de agua debido a estos factores. Esta problemática sumada a las limitaciones con las que se cuentan en algunas ciudades en cuanto al suministro de agregados por fuentes de explotación insuficientes, el alto costo económico y el impacto ambiental generado por la explotación, hacen que sea necesario conocer de manera precisa las características físico-químicas de las arenas y la influencia de las mismas en las propiedades del concreto de tal manera que esta información sea considerada de manera explícita y racional en el proceso de diseño de mezclas de concreto.

Fundamento teórico

Los agregados son materiales que abarcan fundamentalmente a las arenas y gravas naturales o procedentes de bancos de rocas. En términos generales, los agregados ocupan aproximadamente el 75% del volumen del concreto, es obvio que constituyen uno de los materiales más utilizados en la construcción, oscilando su consumo anual entre 5 y 10 toneladas por habitante en los países industrializados y llegando, en casos específicos, hasta 20 toneladas por habitante. Por lo tanto su calidad es de considerable importancia, no solamente desde el punto de vista económico sino también desde otros, no menos importantes, como la resistencia, durabilidad, trabajabilidad y en general del comportamiento estructural del concreto.

A mayor contenido de vacíos el concreto requiere más pasta de cemento. Se ha encontrado que el requerimiento de pasta de cemento se reduce alrededor de 4% a 5% cuando se utiliza agregado cúbico en vez de agregado alargado y aplanado, así mismo, como la forma de las partículas afecta la compacidad de la mezcla de agregado, esta tiene una alta incidencia en la demanda de pasta de cemento y por lo tanto en los costos del concreto, y afecta también la trabajabilidad y las propiedades mecánicas del concreto. La forma y textura de los agregados afectan la masa unitaria compacta y por lo tanto juegan un papel importante en el desempeño del mortero y del concreto en estado fresco y puede afectar indirectamente su resistencia al afectar la colocación y compactación del concreto.

Las características de los agregados, en particular las arenas, tienen un efecto significativo en el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido. Las principales características físico-químicas de las arenas que afectan las propiedades del concreto son forma y textura, absorción, mineralogía, resistencia y módulo de elasticidad, tamaño máximo, gravedad específica, resistencia al ataque de sulfatos y la reacción álcali- agregado. En la medida en que se determine la influencia de cada una de estas propiedades en el comportamiento del concreto, será posible realizar diseños de mezclas más económicos.

Resultados y Discusión

Se analizó una arena procedente del banco denominado “Lagunilla” ubicado en el Camino Real a Xoxocotla, del Ejido Santa Rosa 30 del Municipio de Tlaltizapan, en el Estado de Morelos, del cual se extrajo una muestra de 20 kg. Como lo marca la norma NMX-C-030, la cual fue llevada al laboratorio de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Zacatepec, para reducir el tamaño de la misma a 500 gr de acuerdo como lo marca la norma MNX-C-170- ONNCCE (Industria de la Construcción – Agregado- Reducción de muestras de agregados, obtenidas en campo al tamaño requerido para las pruebas)

Las pruebas físicas que se realizaron a la muestra para determinar la calidad de la misma fueron:

1. Granulometría
2. Peso específico
3. Absorción

Las pruebas químicas que se realizaron a la muestra para conocer sus componentes químicos fueron:

- A) Impurezas orgánicas

Además con el microscopio de barrido SEM-EDD se observó la forma y textura de las partículas de la arena.

Composición Granulométrica:

La composición granulométrica de la arena, es la característica que resulta de la distribución de tamaños de las partículas que la constituyen, cuya influencia se hace sentir notablemente en el comportamiento de las mezclas de concreto fresco. Para esta composición que con frecuencia se le denomina granulometría, se acostumbra separar el material por medio de mallas con aberturas cuadradas, de dimensiones establecidas. A esta operación se le suele llamar análisis granulométrico de arenas y con él se obtiene:

- Proporción Grava – Arena
- Granulometría de la Arena
- Módulo de finura

Para determinar la *proporción de grava - arena*, basta con separar el material en dos fracciones empleando la malla No. 4 (4.8 mm).

Para la determinación de la *granulometría de la arena*, es necesario separarla en fracciones empleando un juego de mallas, cuyas denominaciones y aberturas se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Denominación de mallas para Granulometría de Finos

Denominación	Abertura (mm)
#4	4.8
#8	2.48
#16	1.19
#30	0.595
# 50	0.297
#100	0.149

El "Módulo de Finura" de la arena, que es igual a la suma de los porcentajes retenidos acumulados de cada una de las cinco mallas mencionadas en la tabla anterior, dividida entre 100. De acuerdo con el módulo de finura, las arenas se pueden clasificar como sigue:



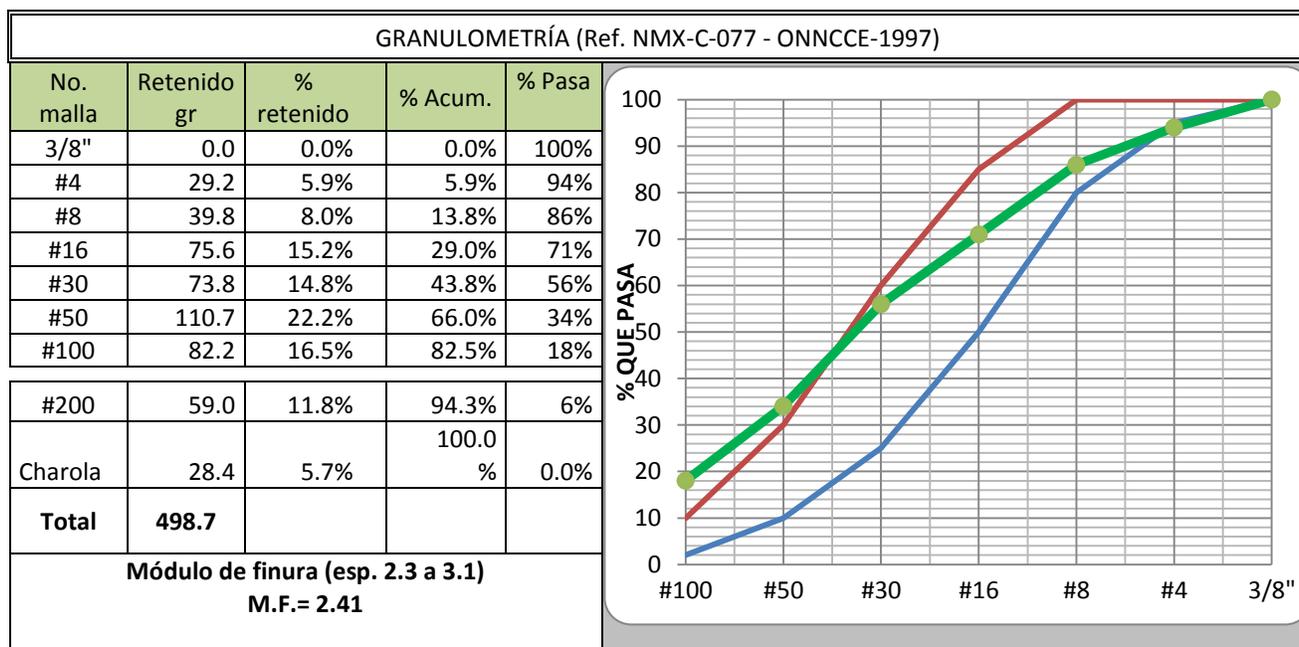
Módulo de Finura Clasificación

- Menor 2.0 Muy fina
 - 2.0 a 2.3 Fina
 - 2.3 a 2.6 Medio fino
 - 2.6 a 2.9 Media
 - 2.9 a 3.2 Medio grueso
 - 3.2 a 3.5 Gruesa
 - Mayor de 3.5 Muy gruesa
- Sólo son aceptables, como arenas para concreto, las arenas que presentan módulos de finura entre **2.3 y 3.1**.

Se realizó la práctica de Granulometría y se obtuvo el Módulo de finura de la arena de "Lagunilla" de acuerdo a la especificación NMX C-077-ONNCCE, que establece para cada fracción de la arena los límites que debe tener ésta, dando los resultados mostrados en la Tabla 2

Como podemos observar en la Tabla 2, El Módulo de Finura está dentro del rango 2.3 a 3.1, para establecer que es una arena apta para ser utilizada en un concreto, aunque debemos aclarar que en relación a los límites establecidos por la ASTM-C33, mostrados en la gráfica, la arena de "Lagunilla", contiene una cantidad mayor de finos (%que pasa la malla No. 100).

Tabla 2. Resultados de Prueba de Granulometría a la Arena de “Lagunilla”



Peso Específico

Con frecuencia las especificaciones para algunas obras de concreto, al referirse a los agregados, establecen que deben ser densos, sin mayor definición.

Tratándose de agregados para concreto en el medio nacional, se acostumbra llamar densidad a lo que en la literatura técnica, se le conoce como peso específico en masa o peso específico aparente, en condición saturada y superficialmente seca.

El peso específico de un material, se define como la relación entre el peso del material y el peso de un volumen igual de agua destilada que esté libre de aire y a una temperatura especificada. Por tratarse de una relación de conceptos con unidades iguales, este peso específico, no tiene unidades.

Para el diseño de mezclas de concreto y el cálculo de los consumos de los materiales por metro cúbico de concreto, interesa determinar el volumen de cada uno de los componentes, lo cual resulta posible al conocer la densidad o peso específico aparente de cada uno de los ingredientes del concreto.

En caso de los agregados, la determinación se hace por inmersión en agua y con el material en condición saturada y superficialmente seca.

El peso específico de los agregados no siempre es un buen índice de su calidad; de ahí que no se acostumbre limitarlo, en especificaciones, excepto en el caso en que el peso de las estructuras sea importante. En la Tabla 3, Se incluyen valores

de pesos específicos que son comunes en agregados que se utilizan en concretos para usos diversos.

Tabla 3 . Pesos específicos de algunas rocas utilizadas para concreto

Clase de Roca	Peso Específico	Aplicación
Pómez	1.2 - 1.8	Concreto Ligero
Escoria Volcánica	1.6 - 2.2	
Caliza	2.3 - 2.8	
Arenisca	2.3 - 2.6	
Cuarzo	2.4 - 2.6	
Granito	2.4 - 2.7	Concreto Normal
Andesita	2.4 - 2.7	
Basalto	2.5 - 2.9	
Limonita	3.0 - 3.8	
Barita	4.0 - 4.5	Concreto Pesado
Magnetita	4.5 - 5.0	

El procedimiento para determinar la densidad está marcado en la norma mexicana NMX-C-165-ONNCCE-2004, o por la A.S.T.M. C-128, utilizadas para determinar la Masa específica de la arena de “Lagunilla”, la cual arroja una **Masa específica de 2.77** comparando este resultado con la tabla 3, está a la arena se considera apropiada para utilizarla en un Concreto normal.

Absorción

La capacidad de los diferentes agregados para absorber agua, suele depender del tamaño, continuidad y cantidad total de huecos permeables que contenga.

El agua de absorción, corresponde a la que un agregado es capaz de absorber por inmersión durante 24 horas y eliminándole el agua superficial, o sea que se lleva a la condición de saturado y superficialmente seco (SSS).

Cuando en el momento del empleo de un agregado, se encuentra subsaturado, se supone que tiene capacidad para absorber agua del concreto y si se encuentra sobre saturado, se considera que es capaz de ceder agua al concreto.

Para la estimación del consumo de cemento por metro cúbico de concreto, así como de los agregados, se acostumbra considerar que antes de que el concreto llegue a fraguar, los agregados absorben o ceden el agua faltante o sobrante, para quedar teóricamente en la condición de saturado y superficialmente seca, y que solo contienen su agua de absorción.

La prueba para determinar la absorción del agregado fino se rige por las especificaciones NMX C-165-ONNCCE o por la A.S.T.M. C-128, utilizadas para determinar la Absorción de la arena de “Lagunilla”, la cual arroja una absorción de 13.32%, el cálculo esta mostrado en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de absorción de la arena “Lagunilla”

ABSORCIÓN (Ref. NMX-C-165- ONNCCE-2004)			
%Absorción= $\frac{\text{masa muestra SSS(g)} - \text{masa muestra seca(g)}}{\text{masa muestra seca (g)}} \times 100$			
% Absorción=	566.6 g - 500.0 g	X 100	13.32%
	————— 500.0 g	=	—————

Impurezas Orgánicas

Algunos tipos de materia orgánica que pueden causar interferencia, en la hidratación normal del cemento, son los compuestos derivados de la descomposición de materia vegetal que puede estar presente más frecuentemente en la arena que en la grava por lo que la prueba usual para cuantificar el contenido de materia orgánica, se acostumbra realizarla en la arena.

La prueba más común es la colorimetría basada en el método descrito en la Norma NMX C-88- ONNCCE ó ASTM C-40, en la cual, el procedimiento consiste en diluir 3 partes de Hidróxido de sodio (sosa al 3 %) en 97 partes de masa de agua destilada en un vaso de precipitado; después se pesa una muestra de 200 gr de arena, y se afora poco a poco con la solución de Hidróxido de sodio en un recipiente de vidrio, se agita y se deja reposar durante 24 horas. Para obtener el color normal, con el cual se comparará las muestras realizadas a las arenas, la norma establece dos procedimientos:

- A) Realizando una solución normalizada con Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$)
- B) Mediante una tabla de colores patrón

Se realizaron dos pruebas a la arena de “Lagunilla”, una en estado natural (con humedad del medio) y otra en estado seco (secada al horno por 24 hr). Se utilizó el Procedimiento A) para comparar el color obtenido de las arenas en la solución de sosa y, se observó que la prueba realizada en estado natural, a las 24 hr, mostró un cambio de color, indicando la cantidad de materia orgánica contenida en la arena de “Lagunilla”, mientras que la muestra en estado seco, produjo la misma tonalidad pero después de 3 días (72 hrs). Se concluyó que ambas pruebas (arena estado natural y seco) NO contiene materia orgánica dañina para el concreto. (ver Figura 1)



Figura 1. Prueba de colorimetría realizada a la arena de “Lagunilla”

En la figura 1 podemos observar el color que se obtuvo de la arena “Lagunillas” a las 4 hrs, La muestra de la izquierda es arena en estado seco, la muestra del centro es arena en estado natural (con humedad del medio) y la muestra de la derecha es arena saturada superficialmente seca (sumergida previamente en agua por 24 hrs.). Todas las muestras fueron sumergidas en la solución de hidróxido de sodio a 24 hrs; lo que podemos observar es que la coloración se manifestó en la arena seca y en estado natural, mientras que en la arena saturada se ve la coloración más clara, Sin embargo a las 72 hr, de estar las muestras sumergidas en hidróxido de sodio, las tres muestras alcanzaron la misma tonalidad, lo que quiere decir que debemos utilizar de preferencia para esta prueba, la arena seca o estado natural, para que a las 24 hgr. Como marca la norma se manifieste la coloración real, la cual nos indica el grado de materia orgánica contenida en la arena.

Formas y Texturas.

Estas características de los agregados que posiblemente no han recibido suficiente atención, suelen influir en el comportamiento del concreto en estado fresco o endurecido, ya que actúan en los desplazamientos de las partículas dentro de la masa fluida y en la adherencia que pueden generarse posteriormente sobre las partículas y la pasta endurecida.

La forma de las partículas se califica de acuerdo con su mayor o menor proximidad a la equidimensionalidad, (Ver figura 2) por considerarse que es la más deseable en los agregados.

La forma deseable de las partículas depende de la clase de concreto y del nivel de resistencia que se requiere. Hay ocasiones que las partículas trituradas muy alargadas y las excesivamente esféricas son igualmente indeseables: Las primeras por sus efectos adversos sobre la manejabilidad del concreto y las segundas por falta de adherencia, limitan la posibilidad de obtener resistencias muy altas.

En ambos casos sus agregados son muy susceptibles de mejorarse: en el primero con un equipo adecuado de trituración y en el segundo, triturando una porción de las partículas sobrantes.

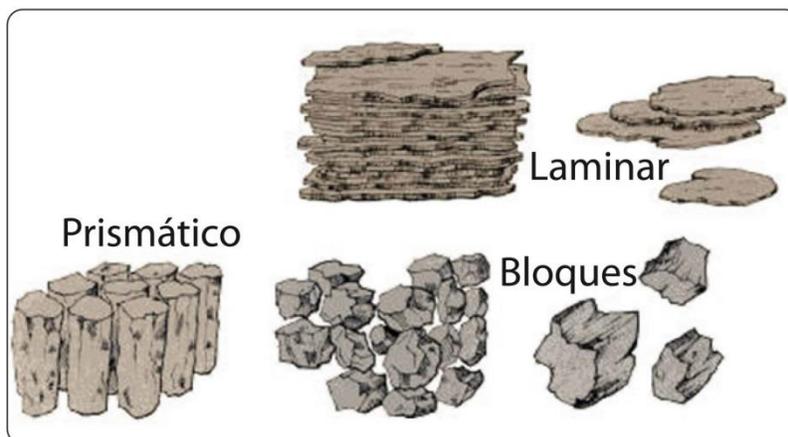


Figura 2. Formas más representativas de los agregados

La textura superficial para fines prácticos, se define como el grado de aspereza o rugosidad que presenta las superficies de las partículas. Esta característica se deriva de la naturaleza de la roca y del origen de los agregados ya sean naturales o manufacturados.

En la Figura 3, podemos observar que la arena de “Lagunilla es más apegada a la forma tipo “Bloque” y la textura es áspera lo que permite una mejor adherencia de las partículas de arena a la pasta (cemento-agua)

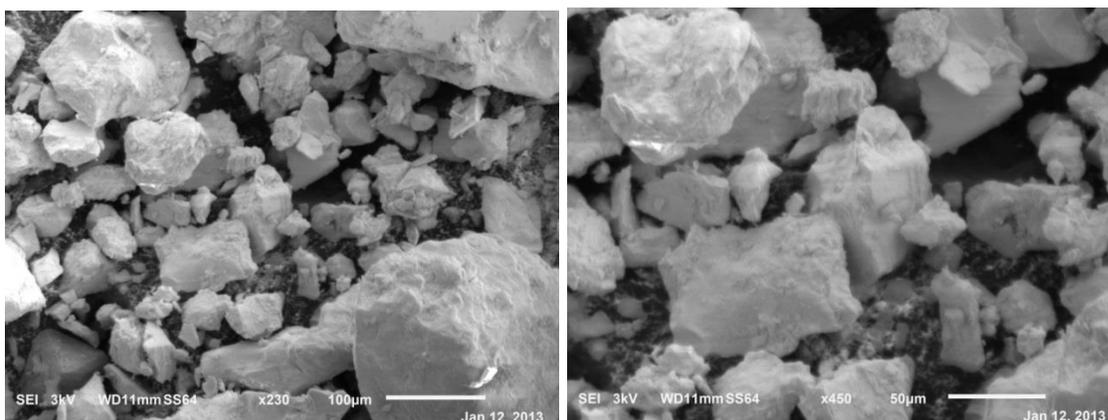


Figura 3. Imagen tomada en el Microscopio SEM- EDD de la arena “Lagunilla”

Las **areniscas** presentan fragmentos con tamaños entre 2 y 0.0625 mm (i.e., tamaño de arena); cuando están compuestas esencialmente por granos de cuarzo se denominan **cuarcitas**, cuando lo están por fragmentos de feldespatos se denominan **arcosas**, cuando lo están por fragmentos de rocas y minerales variados se denominan **grauvacas**, y cuando los fragmentos son esencialmente calizos, se denominan **calcarenitas**

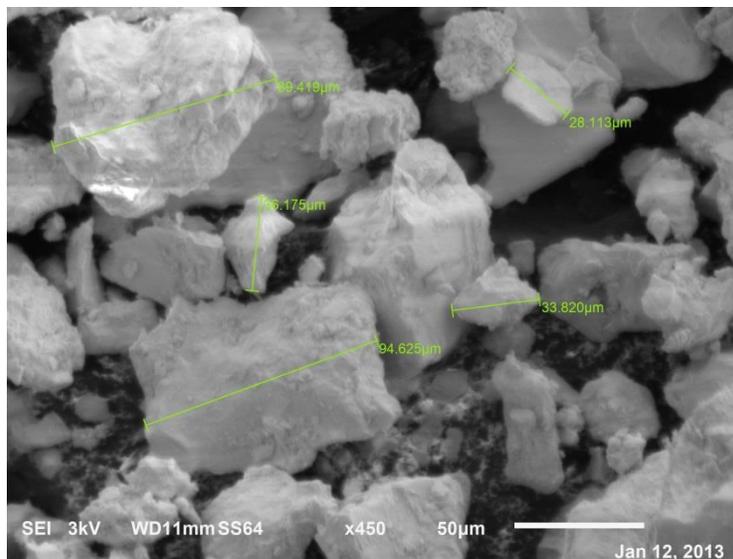


Figura 4. Tamaño de las partículas de arena tomada del microscopio de SEM-EDD

Características Químicas de los Agregados

Un agregado (arena o gravas) puede ser reactivo dentro de una matriz cementante de pasta de cemento.

Existen diversos agregados que pueden manifestar cambios o conducir a reacciones químicas con la pasta de cemento y afectar el comportamiento del concreto. Puede tratarse de reacciones entre los componentes de los agregados con la pasta de cemento.

Existen algunos tipos de agregados que pueden manifestar reacciones químicas con la pasta de cemento y afectar el comportamiento del concreto. Las más conocidas por su frecuencia en dos casos, en los que interviene el ataque de soluciones alcalinas derivadas de la hidratación del cemento, hacia dos clases de agregados: algunas rocas silíceas y ciertas calizas dolomíticas. En el primer caso se trata de una reacción álcali-sílice y en el segundo caso álcalicarbonato.

Durante los últimos 30 años se han reportado numerosos casos de concretos dañados por reacciones químicas ocurridas entre ciertos tipos de rocas sílicas y los álcalis que son óxidos de sodio y potasio contenidos en el cemento. No todas las rocas que contiene sílice se consideran reactivas bajo este aspecto. Las más comunes y perjudiciales, contienen ópalo que es sílice amorfa y calcedonia.

En nuestro país las principales rocas de ésta naturaleza se hayan representadas por rocas ígneas que contiene vidrio volcánico como la riolita, el pedernal, etc. La reacción deletérea, que generalmente se manifiesta a largo plazo requiere para producirse 3 condiciones:

1ª.- que el agregado contenga sílice reconocida como reactiva con los álcalis del cemento.

2ª.- Que el cemento no sea de bajo contenido de álcalis totales o sea que deben tener menos de 0.6%.

3ª.- Que el concreto se encuentre permanentemente húmedo o sometido a periodos frecuentes de humedecimiento.

Existen procedimientos para conocer si un agregado es reactivo o no, como el análisis que realizamos en el microscopio de barrido SEM-EDS, con apoyo del Departamento de posgrado, el cual determino los elementos y compuestos químicos presentes en la superficie de la arena de “Lagunilla”, mostrados en la Tabla 3.1 y 3.2

Tabla 3.1 Elementos químico presentes en la arena “Lagunilla”

Elemento Químico	ms%	mol%	Sigma
C	4.29	7.00	0.21
O	49.81	60.98	0.21
Na	2.24	1.91	0.30
Mg	1.26	1.01	0.34
Al	9.08	6.60	0.39
Si	29.80	20.78	0.49
Ca	3.52	1.72	2.08
Total	100.00	100.00	

Tabla 3.2 Compuestos químico presentes en la arena “Lagunilla”

Compuesto Químico	ms%	mol%	Sigma
Na2O	4.90	2.06	11.46
MgO	3.56	2.30	6.40
Al2O3	15.95	15.38	0.00
SiO2	54.76	50.74	0.00
CaO	9.18	4.26	11.87
Total	100.00	100.00	29.73

Conclusiones

Realizar este proyecto nos permite tener una idea más clara de las características físico-químicas de las arenas utilizadas en la elaboración de concretos hidráulicos. Cabe hacer mención que si el material disponible no cumple con dichos límites o parámetros, se deberán realizar pruebas para corregir los defectos que se presenten como es el caso de la prueba de Impurezas orgánicas, en la cual el color que se obtiene de la arena en la solución debe cumplir con ser más claro que el definido como límite mejor conocida como color normal, si no cumple se pudiera considerar de inmediato que la arena no es aceptable. Entonces si el color es más oscuro, el resultado no se considera concluyente, porque hay sustancias que pueden producir color sin perjudicarles, en este caso, se deben efectuar pruebas comparativas, de resistencia en morteros de acuerdo con el método NMX C-76-ONNCCE o ASTM C-87, con la arena en estudio y arena exenta de posible materia orgánica mediante el lavado en hidróxido de sodio.

Se pretende que este trabajo sea una herramienta para analizar los resultados y obtener parámetros que sirvan a estudios posteriores para evaluar la influencia de las propiedades de las arenas en la zona sur del estado de Morelos.

Referencias

1. M. Monteiro *Concreto, estructura, propiedades y materiales*. IMCYC
2. ACI 211, *Proporcionamiento de mezclas*. IMCYC, 2009
3. ACI 211 R-01, *Guía para el uso de agregados*. IMCYC, 2009
4. R. Muciño *Concreto para técnicos de la construcción*. IMCYC, 2009
5. Páginas de Internet Consultadas:
6. http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_rocas/arena.htm

Agradecimientos

Queremos agradecer el apoyo brindado por la División de Estudios de Posgrado e Investigación del ITZ, en especial a la Ing. Areli Salgado y al Ing. Salvador Torres Peralta, gracias a su buena disponibilidad permitió que este trabajo se enriqueciera con nuevas formas de analizar las arenas utilizadas en el diseño de mezclas.

LA CONGESTIÓN VEHICULAR EN PLAZAS DE COBRO

S. Flores - Hernández

Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) – Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México- chavafloresh@yahoo.com.mx

Área de participación: Transporte

Resumen- En este trabajo se obtuvo una sobretasa de cobro por congestión vehicular para clases vehiculares tipo A (vehículos ligeros) mediante un Modelo no Lineal (MNL). El punto de congestión vehicular corresponde a la caseta de cobro (Plaza de Tlalpan) ubicada en la autopista México – Cuernavaca, La obtención de la sobre tarifa de pago se ha construido mediante el uso de Excel. La relevancia en la obtención del (MNL) para determinar la sobretasa consistió en la inclusión de variables económicas como: a) Costos de gasolina; y b) Costos por demoras. Es necesario mencionar que estas variables, no han sido explotadas en algún modelo cuando se trata aplicar una sobre tasa de pago por transitar en zonas de congestión.

Esta investigación proviene de la recopilación de datos de campo. Datos que sirvieron para alimentar un algoritmo. Esta herramienta a su vez permitió obtener el número de autos que se detienen y se demoran cuando pagan su tarifa de cuota en la caseta de cobro. Por otra parte se ha recurrido a otras fuentes de información para obtener otros datos como: consumos de gasolina por vehículo, número de viajeros por vehículo y el costo de oportunidad que un usuario pierde por demoras.

El propósito de este trabajo es describir, que aun se presentan altas emisiones en las plazas de cobro en el momento de que los usuarios se detienen para ejercer su pago por transitar en autopistas de cuota. Razón por la cual se debe de aplicar una sobretasa de cobro para que estos desistan de viajar en horas críticas.

Introducción

El propósito de este trabajo es describir, que aun se presentan altas emisiones en las plazas de cobro en el momento de que los usuarios se detienen para ejercer su pago por transitar en autopistas de cuota. Razón por la cual se debe de aplicar una sobretasa de cobro para que estos desistan de viajar en horas críticas.

La congestión vehicular en plazas de cobro trae como consecuencias altas emisiones de los vehículos en el momento de ejercer el pago por transitar. Navarro F. (Sistemas de Transporte Inteligente). Los congestionamientos en caseta de cobro provocan fuertes pérdidas económicas para la sociedad, ya que el tiempo perdido por los viajeros a causa de las demoras es tiempo no aprovechado y sin ningún beneficio (provocan pérdidas de productividad). Por otra parte, estas emisiones ya se están reduciendo con la aplicación del Sistema Electrónico de Peajes en las plazas de cobro. (Publicación No. 159. 2002, IMT).

El congestionamiento en las ciudades

De acuerdo con Acevedo j. (2003), el fenómeno de la congestión vehicular en las ciudades es originada por el exceso de la demanda vehicular sobre la oferta vial. Algunos factores que inciden en la congestión corresponden a: violación de normas de tránsito, semaforización dañada, interferencia entre microbuseros para recoger pasajeros, carros varados, infraestructura deficiente (en mal estado o sin pavimentar).

Ortuzar J. (1999), hace un análisis sobre las externalidades que resultan de congestionar aéreas urbanas. Los automovilistas no perciben el verdadero costo de sus viajes. Los costos más visibles de la contaminación son las mayores demoras, además están en menor escala el ruido, contaminación, y accidentes. Sin embargo, cada persona solo percibe el efecto de la congestión sobre su viaje (aumento del costo medio) y no su efecto sobre la congestión, que incide en mayor demora a los demás usuarios (costos marginal o social).

Son muchos los estudios que se han realizado para atacar el problema de la congestión y en opinión de Bull A. (203), la única manera sería la de cobrar por el uso de las vías urbanas y proveer un buen sistema de transporte público (digno, eficiente y seguro). Si ambos elementos no forman parte de la estrategia, seguramente no habrá resultados en la reducción de la congestión.

La posible tarifa debe ser igual a la diferencia entre el costo social y privado. Para esto se han diseñado aproximaciones en varias partes (Singapur, Oslo, Teherán), sobresaliendo Londres. Allí. Aunque en principio la medida parecía impopular, al percibirse sus buenos resultados llevo a que su impulsor, Livingstone K. fuera considerado el político más popular de Inglaterra.

En el caso de casetas de cobro de autopistas, la presencia de congestión vehicular es generada por la necesidad del usuario a detenerse para efectuar su pago por el derecho de circular en la autopista. La Figura 1, indica la congestión vehicular que se genera en una plaza de cobro. Es decir, el usuario detiene su vehículo completamente (fila de espera). Esta congestión se presenta generalmente en las horas pico de transito. Al detenerse los vehículos, aumentan el consumo de combustible y disminuyen los retrasos en las plazas de cuota.



Figura 1. Congestión vehicular en caseta de cobro "Tlalpan". Elaboración propia con datos de campo

Por otra parte, la Figura 2 manifiesta que cuando el usuario detiene su vehículo para efectuar su pago en caseta también se genera congestión. Se observa que la mayoría de los vehículos son de clase “A” (autos, camionetas y vans).

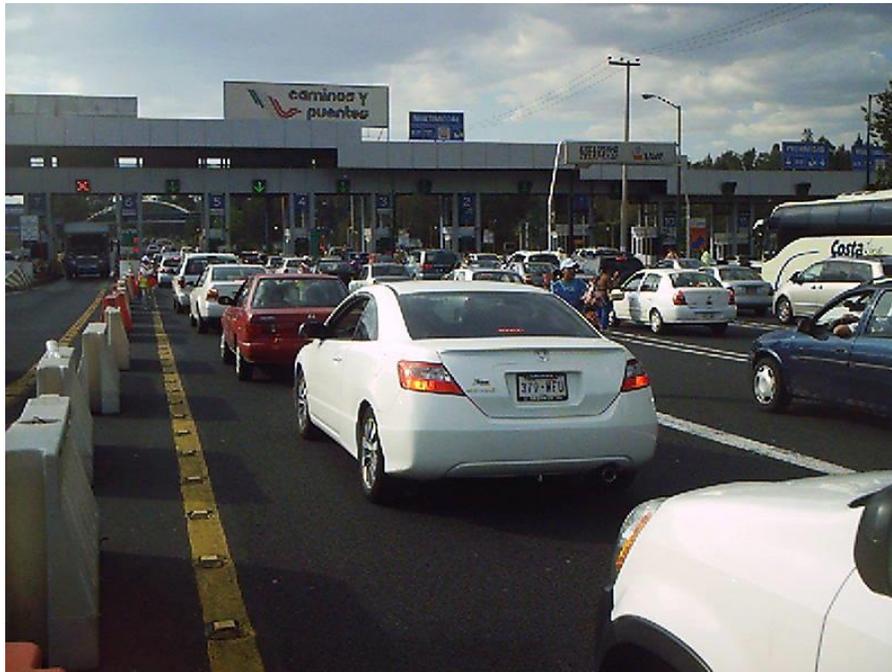


Figura 2. Congestión vehicular en el momento de efectuar pago en caseta. Elaboración propia con datos de campo

El cobro electrónico de peajes

De acuerdo Acha J. (2011), el cobro electrónico de tarifas de cuota se realiza sin necesidad de detener completamente el vehículo del usuario y con la aplicación de otros sistemas de cobro, los vehículos operan a velocidades normales. Al no detenerse los vehículos, el cobro electrónico reduce el consumo de combustible y disminuye los retrasos en las plazas de cuota.

Sección Experimental

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT (por sus siglas), reporta que los días de concentración vehicular en la caseta de cobro de Tlalpan son los fines de semana. En la Tabla 1, se observa que, los viernes, sábado y domingo y en las primeras horas del día lunes presentan alta congestión vehicular en la plaza de cobro de Tlalpan (Km 0 + 24). Esta concentración se genera a partir de las 16:00 horas en los días viernes y termina a las 21:00; Al día siguiente sábado continúa la congestión a partir de las 7:00 hasta las 11:00, este fenómeno se da en el sentido México – Cuernavaca. Esta explicación se debe a que los usuarios buscan el traslado para el asueto de fin de semana. Por otro lado, el regreso del usuario (sentido Cuernavaca – México), también se torna crítica por la congestión que se genera en los días domingo (a partir de las 16:00 horas y lunes desde las 7:00 horas).

Tabla 1. Días y horarios de mayor congestión en plaza de cobro “Tlalpan”. Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

México – Cuernavaca		Cuernavaca - México		Flujo vehicular Vehículos/min.
Días	Horario	Días	Horario	
Viernes	16:00 a 21:00 hrs.			24
Sábado	07:00 a 11:00 hrs.			18
		Domingo	16:00 a 22:00 hrs.	22
		Lunes	7.00 a 10 hrs.	15

De acuerdo con lo reportado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte y utilizando que el día viernes se presenta un flujo de 24 vehículos por minuto en las cuatro casetas, se puede deducir que por cada caseta de cobro pasan seis vehículos por minuto. Lo cual indica que cada vehículo tarda 10 segundos para detenerse y efectuar el pago en ventanilla.

1. Datos obtenidos de una muestra

Para corroborar lo anterior, se ha realizado un conteo de tiempos de cobro en casetas (muestra de 41 mediciones arrojando un promedio de 9.37 segundos), que pierde un usuario en efectuar su pago en caseta. Este dato de 9.37 segundos es prácticamente igual al que reporta la secretaría. Que es de 10 segundos.

Por otra parte, los datos proporcionados por la Tabla 1, han permitido elaborar la siguiente información: a) tiempos perdidos por demoras, y b) Consumo de combustible por autos detenidos y formados en cola.

Tiempos perdidos.

Cal y Mayor, *et al* (1990), indica que el número de persona que ocupan un vehículo que viaja en una autopista es de 2.9. Por otra parte, la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (1985) en un Análisis Comparativo de Costos de Operación considera que el número de personas es de 2.6. Este documento usará para fines de cálculo de tiempos perdidos por demoras el promedio entre ambos. Es decir 2.75

Consumo de gasolina.

Morante G. (2001), en su estudios sobre “Actividad del Transporte”, dice que un vehículo que reduce su velocidad de 90 a 4 Km/H., llegando inclusive a detenerse por efectos de congestionamiento, consume 1000 mililitros de gasolina cada 30 minutos. Esta información indica que por cada segundo de demora se consumen 0.555 mililitros de gasolina. Actualmente un litro de gasolina tiene un costo de 11.40 pesos (2013), lo que equivale a una pérdida de 0.00633 pesos por segundo por consumo de gasolina.

2. Número de autos que llegan a formarse en fila para pago de peaje

En la Tabla 2, se tiene el número de autos en fila cuando el usuario efectúa su pago por transitar. Se observa una variación importante de 75 autos en el día domingo (sentido Cuernavaca – México)

Tabla 2. Autos que se forman en fila para pago de peaje. Fuente: elaboración propia con información del proceso

Día	Promedio de autos por minuto
Viernes	28
Sábado	30
Domingo	75
Lunes	26

Resultados y Discusiones

Con un Programa de Simulación se ha llegado a la siguiente información: los datos de los puntos 1 y 2 han servido de base para generar un total de cuatro escenarios de simulación (Programa de Simulación de Java). La generación de los escenarios de modelación cubre y permite observar el comportamiento de los autos formados en fila (congestionamiento).

Dicho programa proporciona los tiempos perdidos por esta causa y el número de autos que esperan para el pago de peaje, para los días viernes, sábado, domingo y lunes. Esta nueva información se localiza en la Tabla 3.

Tabla 3. Días de congestión en la Plaza de cobro de Tlalpan. Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Escenarios simulados	Día	Número de casetas	Sentido
Escenario 1	Viernes	3	México - Cuernavaca
Escenario 2	Sábado	3	México - Cuernavaca
Escenario 3	Domingo	3	Cuernavaca - México
Escenario 4	Lunes	3	Cuernavaca - México

Análisis de resultados y graficas del Programa de Simulación

Los distintos escenarios de estudio han sido modelizados con la aplicación de un Programa de Simulación para tráfico vehicular. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1. Aquí se indica en el eje vertical los tiempos perdidos en segundo por autos formados en fila. Es decir, a las 7.54 horas un auto consumió 194.79 segundos por demoras (formado en fila antes de llegar a caseta y efectuar su pago de peaje). Por otro lado el programa proporciona el número de autos que permanecen en fila a partir de las 7.00 horas hasta las 11.00 horas del día lunes y corresponde a 3705; Con el mismo programa se obtuvieron graficas para los días viernes, sábado y domingo.

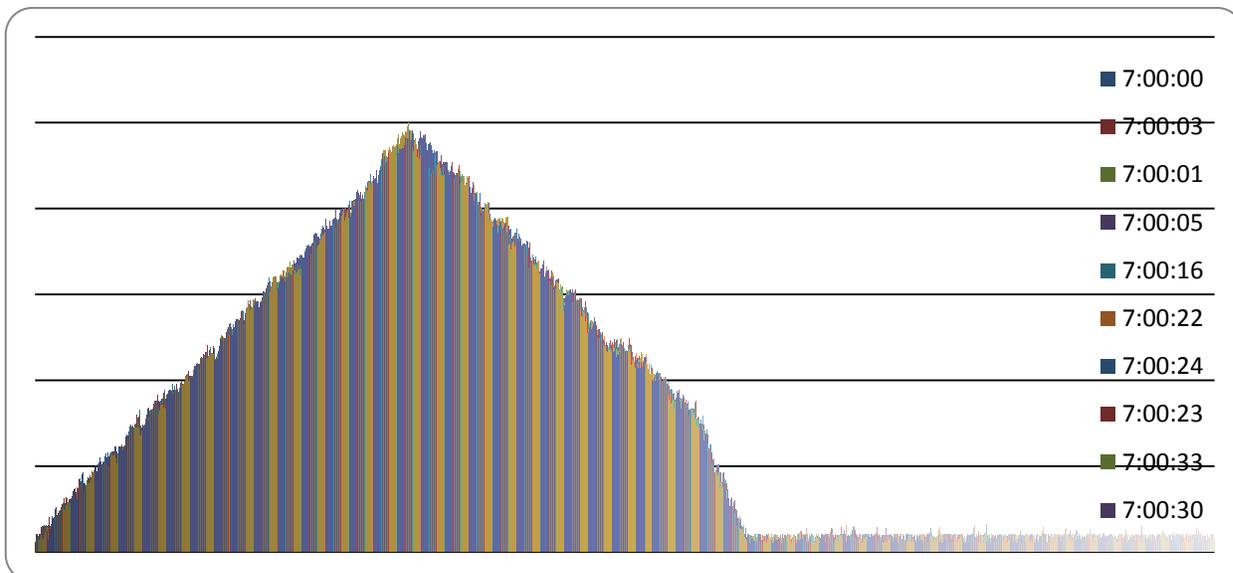


Figura 2. Horario y vehiculos de congestion para un ecenario (dia lunes). Fuente: elaboracion propia mediante programa Java

Utilizando la información proporcionada por las graficas de los escenarios, se han determinado los tiempos totales perdidos por demoras. Estos tiempos perdidos se convierten a pesos mexicanos con la operación siguiente:

$$\text{Costos de demoras} = 10.62 * \$ 64.76 = \$ 87.75$$

Donde:

10.62 = salarios mininos de ingreso medio de la población ocupada en el Distrito Federal para el año 2000. (Gonzales E. “El Costo de oportunidad social de la obra de mano en México”).

\$ 64.76 = salario mínimo diario en el Distrito Federal.

Con los datos proporcionados por el Programa de Simulación, se construye la Tabla 4, donde se muestra el horario de mayor congestión para el día viernes, siendo este a partir de las 16:00 hasta las 20:00.

Tabla 4. Datos finales para obtener la sobretasa de peaje en el día viernes. Fuente: elaboración propia con información del proceso.

Horario (A)	Autos (B)	Monto (\$) (C)	Sobretasa (\$) (D) = C/B
16.00	1, 776	1, 830.99	1.03
17.00	1, 827	64, 713.38	35.42
18.00	1, 752	102, 493.80	58.5
19.00	1, 790	145, 502.80	81.28
20.00	859	42, 181.27	49.31
Sumas	8, 004	356, 722.24	44.57

Datos que contiene la Tabla 4

1. La columna A, muestra el horario de mayor congestiónamiento
2. La columna B, indica el número de autos que permanecen en fila antes de efectuar el pago de peaje
3. La columna C, presenta el monto total perdido en pesos por concepto de tiempos consumidos por los autos y consumo de gasolina
4. La columna D, contiene la sobretasa o tarifa adicional que debería cobrarse al usuario por congestiónamiento y resulta de dividir la columna C entre la columna B. En negrita aparece la **sobretasa promedio**

También se puede determinar el número de autos promedio que están espera antes de efectuar el pago de peaje:

$$\frac{8,004}{5} = 1601 \text{ autos promedio}$$

Con el mismo criterio, se construyen las Tablas 5, 6 y 7 para los días sábado, domingo y lunes, dadas a continuación:

Tabla 5. Datos finales para obtener la sobretasa para el día sábado. Fuente: elaboración propia con información del proceso

Horario	Autos formados en fila	Monto perdido (\$)	Sobretasa (\$)
7.00 A.M.	1, 397	14, 294.50	10.23
8.00	1, 801	15, 372.96	19.20
9.00	444	872.33	1.96
10.00	465	281.90	0.61
Sumas	4, 107	30, 821.69	7.50

La Tabla 5, muestra adicionalmente la sobretasa promedio en negrita siendo de \$ 7.50. También se podrá determinar el número de autos promedio:

$$\frac{4,107}{4} = 1,025 \text{ Autos promedio}$$

Tabla 6. Datos finales para obtener la sobretasa del día domingo. Fuente: elaboración propia con información del proceso del día domingo.

Horario	Autos formados en fila	Monto perdido (\$)	Sobretasa (\$)
16.00	1, 892	1, 190.73	0.63
17.00	2, 612	86, 266.00	33.02
18.00	3, 273	432, 927.00	132.27
19.00	1, 885	370, 369.00	195.44
20.00	1, 668	293, 376.00	175.88
21.00	375	53, 493.52	142.65
Sumas	11, 705	1' 237, 622.25	105.74

La Tabla 6, muestra adicionalmente la sobretasa promedio en negrita siendo de \$ 105.74. Se puede determinar también el número de autos promedio como:

$$\frac{11,705}{6} = 1,951$$

Tabla 7. Datos finales para obtener la sobretasa del día lunes. Fuente: elaboración propia con información del proceso del día lunes.

Horario	Autos formados en fila	Monto perdido (\$)	Sobretasa (\$)
7.00	1, 092	12, 260.72	11.92
8.00	1, 025	19, 258.59	18.79
9.00	850	1, 548.55	1.82
10.00	803	705.83	0.88
Sumas	3, 770	33, 773.58	8.96

Adicionalmente la Tabla 7 propone la sobretasa promedio en negrita de \$ 8.96, otro dato por determinar de la misma tabla es el número de autos promedio:

$$\frac{3,770}{5} = 754$$

Resumen de las Tablas 4, 5, 6 y 7

A continuación se proporciona la Tabla 8, donde se muestra un resumen de sobretasas promedio y el promedio de autos que congestionan.

Tabla 8. Sobretasa promedio por día y autos promedio. Fuente: elaboración propia con información del proceso.

Día (A)	Sobretasa promedio (B) (\$)	Autos promedio
Viernes	44.57	1, 601
Sábado	7.50	1, 025
Domingo	105.74	1, 951
Lunes	8.96	754
SUMAS	166.77	

La Tabla 8, arroja los siguientes resultados:

1. El congestionamiento vehicular en casetas es semejante para los días sábados y lunes ya que la sobretasa estos días es de \$ 7.50 y \$ 8.96 respectivamente y existe una diferencia de \$ 1.46
2. El día domingo representa el crítico con una sobretasa de \$ 105. 74
3. Sumando todas las sobretasas promedio y dividida entre 4 se obtiene un valor de \$ 41.70 como aquella que podrá aplicarse adicionalmente para los cuatro días de congestionamiento (viernes, sábado, domingo y lunes). Estos días no están incluidos en los días feriados de semana santa, descanso obligatorio y/o fin de año

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{\$166.77}{4} = \$ 41.70$$

Con la información de la Tabla 8, se construye la curva representada en la Figura 4

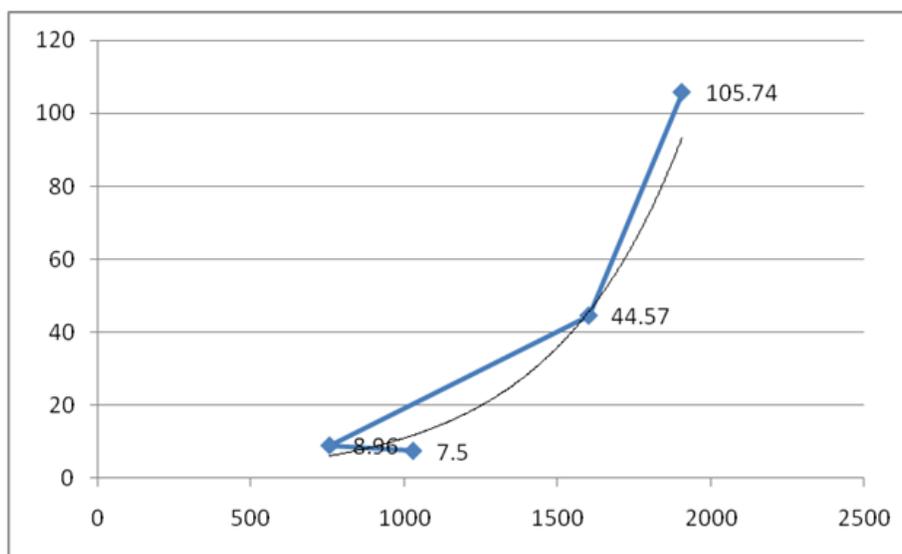


Figura 4. Curva de sobretasas y autos promedio. Fuente: elaboración propia con ayuda de EXCEL

También se proporciona la ecuación con mayor R^2 , teniendo el siguiente formato:

$$Y = 1.0695(e)^{0.0023X} \quad [1]$$

Con: $R^2 = 0.9273$

Donde:

Y, es la sobretasa estimada en pesos a cobrar cuando existe congestionamiento en una caseta de cobro

X, es el número de autos promedio que congestionan

$e = 2.718281828$

De acuerdo con la nomenclatura adoptada, [3.8] se podrá escribir como:

$$Sobretasa. = 1.0695(e)^{0.0023X} \quad [2]$$

Prueba del Modelo

A continuación en la Tabla 9, se dan los valores de autos promedio obtenidos con el Programa de Simulación con el fin de probar el Modelo no Lineal [2] obteniendo con ello la sobretasa de cobro. Los datos de la 1ª columna se sustituyen en [2].

Tabla 9. Datos para probar el Modelo no Lineal. Fuente: Elaboración propia con información del proceso.

Autos promedio	Sobretasa promedio (\$)	Sobretasa estimada (\$)
754	7.50	6.06
1, 025	8.96	11.30
1, 601	44.57	42.50
1, 951	105.74	95.06

De acuerdo con la información proporcionada por la Tabla 9 se puede afirmar que los datos tienen sentido y en consecuencia la ecuación [2] es eficiente.

Conclusiones

Este documento ha cumplido con el objetivo de describir un problema que se presenta cotidianamente en las plazas de cobro de peaje. El problema de la congestión es un fenómeno conflictivo que se puede resolver con la aplicación de una tarifa adicional que cubre los montos por congestión que involucra el consumo de gasolina y tiempos de retraso. La aplicación de una tarifa adicional como la que se propone en este documento concientizara a los usuarios de utilizar la autopista México – Cuernavaca en horas valle (de ser posible utilizar la ruta en toda la jornada de 24 Horas)

Conclusiones particulares

1. El congestionamiento vehicular en casetas es semejante para los días sábados y lunes ya que la sobretasa de cada día es de \$ 7.50 y \$ 8.96 respectivamente y existe una diferencia de \$ 1.46
2. El día domingo representa el crítico con una sobretasa de \$ 105. 74
3. Sumando todas las sobretasas promedio y dividida entre 4 se obtiene un valor de \$ 41.70 como aquella que podrá aplicarse adicionalmente para los cuatro días de congestionamiento (viernes, sábado, domingo y lunes).

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{\$166.77}{4} = \$ 41.70$$

Agradecimientos

El autor agradece al Instituto Tecnológico de Zacatepec las facilidades que brinda a las personas que escriben artículos científicos y que son publicados para elevar el prestigio del instituto.

Referencias

1. Mendoza *Estimación de las inconveniencias externas del tránsito con fines de tarificación de vías nuevas*. 2005.
2. Bull: I Thomson. *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. CEPAL. 2002
3. Ardilla. *Control de la congestión vehicular en Bogotá con herramientas microeconómicas*. Universidad de los Andes.1995.
4. Bull. *Congestión de tránsito. El problema y como enfrentarlo*. CEPAL, Chile, 2003
5. E. Gonzales *El Costo de oportunidad social de la obra de mano en México*. (2000)
6. J. Acha *Determinación del estado del arte en el cobro electrónico de cuotas*. Publicación No.312.Mexico.2008
7. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, *Congestionamiento del flujo vehicular en la gran área de San José 2005*

ANÁLISIS DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR DE DESECHO CON UN PROTOTIPO DE CICLO TERMODINÁMICO POR ABSORCIÓN

J. Ibarra – Bahena¹, L. Velazquez – Avelar¹, C. V. Valdez – Morales¹, Y. R. Galindo – Luna¹,
R. J. Romero²

¹Posgrado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Avenida Universidad 1001 Colonia Chamilpa, C.P 62209, Cuernavaca, México, jibarra@uaem.mx, leticia.v@uaem.mx, carmen.valdez@uaem.mx, yuridiana.galindo@uaem.mx, ²Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, rosenberg@uaem.mx

Área de participación: Termofluidos y Energética

Resumen- Un transformador térmico de una etapa o *SSHT* (por sus siglas en inglés de *Single Stage Heat Transformer*) es un dispositivo que utiliza fuentes térmicas de relativa baja temperatura (alrededor de 80°C) y mediante un ciclo termodinámico, revaloriza la energía suministrada aumentando la temperatura de la fuente térmica para ser reutilizada en otro proceso. En el presente trabajo se describe la evaluación termodinámica de los componentes una unidad experimental de *SSHT*. Las potencias experimentales calculadas fueron de 1.22 kW en el generador, 1.16 kW en el condensador, 1.18 kW en el evaporador y 0.77 kW en el absorbedor. El Coeficiente de Operación (que es una medida termodinámica del potencial de recuperación de energía) calculado fue de 0.32 a un incremento de temperatura o *GTL* (por sus siglas en inglés de *Gross Temperature Lift*) de 18.6°C. Estos dos parámetros son los más representativos para estos ciclos termodinámicos.

Introducción

La recuperación de energía es un tema importante en las industrias donde se desaprovechan grandes cantidades de calor. Muchos sectores industriales, tales como: producción de productos químicos, de alimentos, derivados del petróleo entre otras, consumen significativas cantidades de energía en forma de calor, y ceden al ambiente efluentes calientes a temperaturas relativamente bajas. Una parte de este calor residual se puede revalorizar a niveles térmicos superiores mediante un transformador térmico de una etapa o *SSHT* (por sus siglas en inglés de *Single Stage Heat Transformer*), debido a la relación de recuperación alta (alrededor del 50%) de calor útil, un *SSHT* tiene el potencial de contribuir a proteger el medio ambiente, necesitando solo una pequeña cantidad de energía eléctrica para su funcionamiento [1].

Un *SSHT* es un dispositivo que extrae calor de una fuente térmica a una temperatura determinada y, mediante un ciclo termodinámico, lo revaloriza a una temperatura mayor para ser aprovechado en procesos con requerimientos energéticos más altos que los que podrían ser suministrados por la fuente térmica.

Un *SSHT* consta de 5 componentes principales: Un evaporador, un condensador, un generador, un absorbedor y un economizador como se muestra en la Figura 1.

Este dispositivo utiliza una mezcla de fluido de trabajo – absorbente para realizar la revalorización de la energía que se suministra en el evaporador y en el generador. La mezcla diluida en absorbente, se conduce del absorbedor hacia el generador donde el fluido de trabajo se vaporiza parcialmente utilizando una cantidad de calor Q_{Ge} . El fluido de trabajo evaporado es enviado al condensador donde cambia de fase al rechazar una cantidad de calor Q_{Co} . El condensado obtenido se bombea al evaporador donde se sufre un cambio de fase a una presión mayor que la presión en el generador utilizando una cantidad de calor Q_{Ev} ; por último, el vapor proveniente del evaporador se pone en contacto con la solución concentrada en el absorbedor bombeada desde el generador donde se produce una reacción exotérmica y cede una cantidad de calor Q_{Ab} para iniciar el ciclo nuevamente [2].

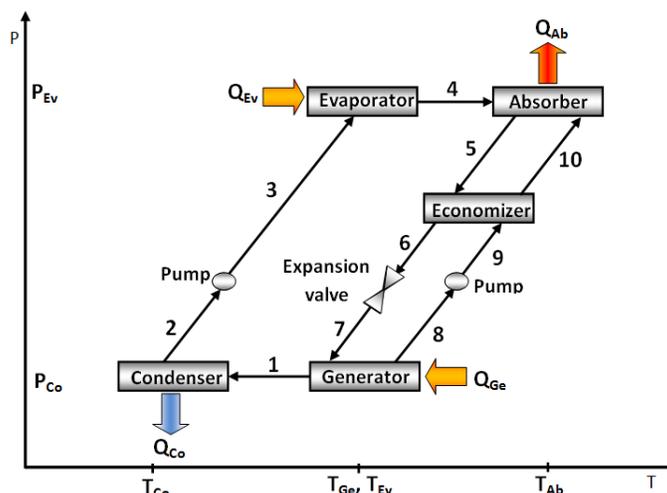


Figura 1.- Diagrama esquemático de un SSHT.

El Coeficiente de operación o *COP* (por sus siglas en inglés de *Coefficient Of Performance*) representa la eficiencia termodinámica de un SSHT y está definido como relación entre la cantidad de energía útil entregada por el absorbedor y la cantidad de energía suministrada en el generador y el absorbedor.

$$COP_{SSHT} = \frac{Q_{AB}}{Q_{GE} + Q_{EV}} \quad (1)$$

Otro parámetro importante en un SSHT es el Incremento de Temperatura o *GTL* (Por las siglas en inglés de *Gross Temperature Lift*), el cual se define como la diferencia entre la temperatura que se obtiene en el absorbedor (en donde se recupera la energía) y la que se mantiene en el evaporador (donde se suministra la energía).

$$GTL = T_{Ab} - T_{Ev} \quad (2)$$

Descripción del equipo experimental

La Figura 2 muestra un diagrama esquemático del prototipo de SSHT, el cual opera con la mezcla Agua/Carrol (que es una mezcla acuosa de bromuro de litio y etilenglicol en una relación de 4.5:1 en peso [3]). Los componentes principales del SSHT son intercambiadores de calor de placas o *PHE* (por sus siglas en inglés de *Plate Heat Exchanger*) hechos de acero inoxidable 316 L. Las fuentes de calor del generador y del evaporador se simularon en laboratorio con resistencias eléctricas que fueron controladas de forma independiente.

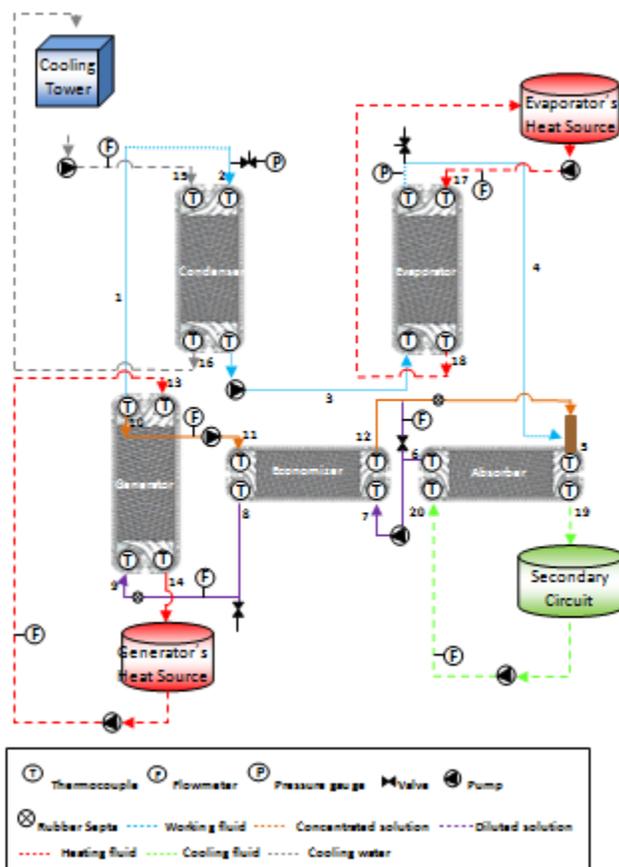


Figura 2.- Diagrama esquemático del prototipo de SSHT.

Los datos de temperaturas, concentraciones y flujos máxicos fueron tomados en estado estable, definiendo éste como el periodo de tiempo de al menos 20 minutos donde las variaciones en las temperaturas no son mayores al 2% de la temperatura promedio [4]. La Tabla 1 muestra las temperaturas y concentraciones de las corrientes de salida de los componentes principales en estado estable.

Tabla 1.- Temperaturas y concentraciones de los componentes principales en estado estable del SSHT.

	Generador	Condensador	Evaporador	Absorbedor
Temperatura (°C)	85.8	24.3	78.9	97.5
Concentración (% w/w)	68.0	0.0	0.0	66.7
Flujo másico (kg/s)	2.38E-02	4.64E-04	4.64E-04	2.43E-02

Resultados y Discusión

Los balances de energía, de acuerdo a la Figura 2, para cada componente del SSHT son los siguientes:

Generador

$$Q_{GE} = m_1 h_1 + m_{10} h_{10} - m_9 h_9 \quad (3)$$

Condensador

$$Q_{CO} = m_1 (h_2 - h_3) \quad (4)$$

Evaporador

$$Q_{EV} = m_1 (h_4 - h_3) \quad (5)$$

Absorbedor

$$Q_{AB} = m_4 h_4 + m_{12} h_{12} - m_5 h_5 \quad (6)$$

Las entalpías de la mezcla Agua/Carrol fueron calculadas por las correlaciones propuestas por Reimman and Beirmann [3]. La Figura 4 muestra las potencias experimentales de los principales componentes del prototipo de SSHT.

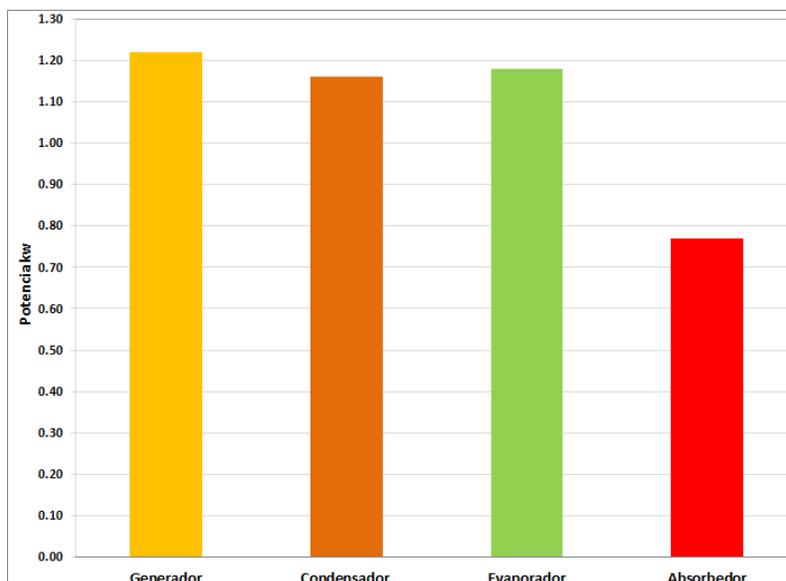


Figura 4.- Potencias experimentales calculadas del SSHT.

Para los datos experimentales reportados en este trabajo, el *COP* fue de 0.32 y el *GTL* de 18.6 °C.

Conclusiones

En el presente trabajo se analizó la evaluación termodinámica de un prototipo de *SSHT construido en acero inoxidable*. Las propiedades utilizadas para ello fueron calculadas en estado estable.

Los potencias experimentales calculadas fueron de 1.22 kW para el generador, 1.16 kW para el condensador, 1.18 kW para el evaporador y 0.77 kW para el absorbedor.

El *COP* experimental fue de 0.32 lo que indica que fue posible revalorizar el 32% de la energía suministrada a una temperatura de 97.5°C. El *GTL* experimental fue de 18.6 °C, lo que demuestra que esta tecnología tiene el potencial de aprovechar fuentes de energía térmica renovables o no convencionales y aumentar el nivel térmico de éstas.

Agradecimientos

Al proyecto 167434 de Ciencia Básica del CONACyT: Análisis de recuperación de energía de desecho y desarrollo sustentable, y a la RED TEMÁTICA DEL CONACYT: FUENTES DE ENERGÍA

Referencias

1. S. Sekar, R. Saravanan. 2011. *Experimental studies on absorption heat transformer coupled distillation system*, Desalination, 274, 292–301.
2. R. Best, W. Rivera, M.J. Cardoso, R. J. Romero, F.A. Holland. 1997. "Modelling of single stage and advanced absorption heat transformer operating with the water/Carrol mixture". Applied Thermal Engineering, Vol. 17, pp 1111 – 1122.
3. Silva Sotelo S., "Perfil Térmico y de Concentraciones Unidimensional en un Generador de Placas para un Transformador Térmico por Absorción de una Etapa". Tesis de doctorado. UAEM, México, 2010.
4. Reimann, R. and Biermann, W. J., "Development of a single family absorption chiller for use in solar heating and cooling system", Phase III Final Report, Prepared for the U. S. Department of Energy under contract EG-77-C-03-1587, Carrier Corporation, 1984.

ANALYSIS OF INTERACTION BETWEEN NATURAL CONVECTION AND SURFACE THERMAL RADIATION IN TILTED SLENDER CAVITIES WITH VARIABLE PROPERTIES

R. Alvarado-Juárez¹, M.C. Domínguez-Ayala¹ and A. Reyna-Ballesteros¹

¹Universidad Internacional (UNINTER), División de Ingeniería, Ciencias, Arquitectura y Diseño – Departamento de Ingeniería, Pradera 80 esq., Col. San Jerónimo, C.P. 62179, robertoalvaradoj@gmail.com, ralvarado@uninter.edu.mx, mcdominguez@uninter.edu.mx, areyna@uninter.edu.mx

Área de participación: Termofluidos y Energética

Abstract – A numerical investigation of the interaction of natural convection and surface thermal radiation in a tilted slender cavity is studied. The bottom and top surfaces of the cavity are heated and cooled at constant temperatures. The sidewalls are thermally insulated. The studied parameters are: the Rayleigh number ($10^4 \leq Ra \leq 10^6$), the aspect ratio ($8 \leq A \leq 16$) and the inclination angle ($15^\circ \leq \lambda \leq 35^\circ$). The study considered two cases: Boussinesq approximation (BA) and variable properties (VP). Streamlines, isotherms and total Nusselt numbers are presented. The results show that for VP the multicellular structures remains because the buoyant forces are stronger than BA. For a Ra constant, when A increase the Nu_{conv} decrease about 5% and the Nu_{rad} increase about 2%. For A constant, when Ra increase the Nu_{conv} increase about 2% and the Nu_{rad} increase about 4%-8%. The results showed that BA could under estimate the Nu_{conv} and Nu_{total} above 50% and 15% respectively.

Introduction

Coupled natural convection and radiation transport processes in cavities arise in many engineering applications, such as solar energy collectors, cooling of electronic devices, multilayered walls (façades) and double windows, etc. The phenomenon of heat transfer in a cavity is as varied as the geometry and orientation of the enclosure. In cavities heated from the side, the problem of natural convection in square cavities heated differentially with adiabatic top and bottom walls has become the classical research problem extensively studied by experimental, analytical and numerical methods to get a better understanding of the governing processes (Ivey 1984, Ostrach 1988, Paolucci and Chenoweth 1988). In other geometries and orientations, natural convection in rectangular cavities for various aspect ratios also has been studied extensively; for example, Ozoë et al. (1974, 1975) dealt with the problem of natural convection in inclined rectangular channels heated on one side and cooled on the opposing side. Their results indicated that the angle of inclination was a strong function of the aspect ratio and a weak function of the Rayleigh number. Later, Rahman and Sharif (2003) studied the laminar natural convection in differentially heated inclined rectangular enclosures of aspect ratios from 0.25 to 4. They considered a rectangular cavity with and without internal heat generation and found that the convection strength increases as the aspect ratio increases. They mention that

shallow or high aspect ratio enclosures are used for solar collectors because minimum heat loss by convection is required.

Other studies considered the effect that surface radiation has on natural convection, but they are focused mainly in square cavities. In cavities heated from the side, combined natural convection, conduction and radiation in a square cavity with opaque walls with a high temperature source, appear in the work of Larson and Viskanta (1976), they found that the radiation dominates the heat transfer in the enclosure and alters the convective flow patterns significantly. Comprehensive correlations for convection and radiation based on the numerical calculation of the coupled problem were given by Balaji and Venkateshan (1994). Later on, gray surfaces and the variation of the emissivities in the cavity were studied by Akiyama and Chong in 1997, they showed that surface radiation significantly altered the temperature distribution and that the Nusselt number increases with the increase of Ra number. In 1999, Mahpatra et al., considered the variable property laminar natural convection finding that the presence of radiation destroys the thermal stratification in the core of the cavity. Ramesh and Venkateshan (1999) presented an experimental study, clearly showing the influence of surface radiation when suppressing the natural convection for all walls highly polished (highly emissive walls).

In cavities heated from below, Soong et al. (1996) studied the mode transition and reported that a hysteresis phenomenon appears for $A = 4$ and $Ra > 2000$. Later, a transient study showing the effect of the inclination angle on the surface radiation is reported by Tzeng et al. (1997); the study revealed that at some critical situations, natural convection in inclined enclosures is very sensitive to the change of tilt angle; Ridouane et al. (2004) studied the effect of surface radiation on natural convection in square cavities heated from below and found that surface radiation alters significantly the existence range of the solution and the average heat transfer through the horizontal walls of the cavity. In the same year, a three dimensional numerical study of the interaction between radiation and natural convection in a differentially heated cubic cavity considering both transparent and participating media was reported by Colomer et al. (2004). They made a comparison between the 3-D simulations and the 2-D results. Their results indicated that, in a transparent medium, the radiation significantly increases the heat flux. Ridouane et al. (2006) reported the effects of radiation on natural convection in a Rayleigh–Benard square enclosure with unsteady conditions. Their results showed periodic solutions during the transition from the bicellular flows to the unicellular flow. Alvarado et al. (2005, 2008) made a numerical investigation of the interaction between natural convection and surface thermal radiation in tilted slender cavities with aspect ratio of 8, 12 and 16. Their steady state results indicated that the radiative surface radiation coupled with natural convection modifies appreciably the flow patterns and the average heat transfer in the slender cavity. The total heat transfer increases when the inclination angle increases, except when the flow structure changes from the multi-cell to the unit-cell pattern. However, the total heat transfer decreases when the aspect ratio increases. Also some correlations for the total Nusselt number were proposed.

The above literature review shows that the effect of the inclination angle on natural convection in square and slender cavities has been studied, but the effect of the inclination angle on the interaction between surface radiation and natural convection is mostly related with square cavities. In the work reported herein, our objective is to present the effect of variable properties in tilted slender cavities heated from a side by considering the interaction between surface radiation and natural convection for $10^4 \leq Ra \leq 10^6$, aspect ratios (A) of 8, 12 and 16, and inclination angles (λ) range from 15° to 35° .

Problem Statement

Physical model

A rectangular cavity with a length L and a height H considered in this study is shown in Figure 1. Two sidewalls are thermally insulated, and the other walls are heated and cooled at constant temperatures T_h and T_c , respectively. Air, radiatively non-participating, inside the cavity is considered. Steady state and laminar flow is considered. The Rayleigh numbers are between $10^4 \leq Ra \leq 10^6$, and the aspect ratios of 8, 12 and 16 are considered in the computations. Two cases are considered for this study: a) all physical properties are assumed constant at a reference temperature of $T_0=330K$ so the Boussinesq approximation is assumed and b) all physical properties are assumed variables. All walls are assumed to be gray diffuse emitters and reflectors of thermal radiation. The inclination angles are in the range of $15^\circ-35^\circ$. Table 1 shows the dimensions (length L and height H) for different aspect ratios and the Rayleigh numbers considered in this study. Others parameters selected are $T=47K$ (which corresponds to the temperature difference between the absorber plate, T_h , and the glass cover, T_c , in solar collectors) and the surface emissivities $\epsilon_N=0.850$, $\epsilon_S=0.975$ and $\epsilon_E=\epsilon_W=0.900$; which correspond to the glass surface, the black paint and the insulating materials respectively for typical solar collectors (Modest, 1993).

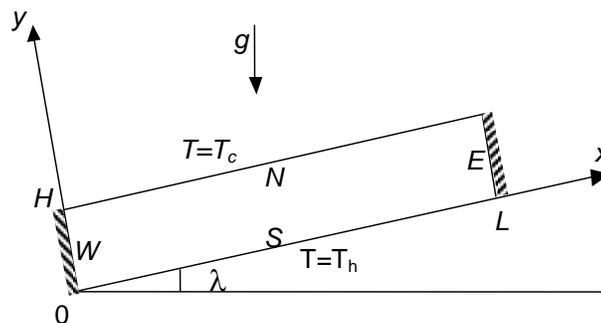


Fig. 1 Physical model of the cavity.

Table 1. Rayleigh numbers and equivalent cavity dimensions.

Ra	H (m)	L (m)		
		A = 8	A = 12	A = 16
1 x 10 ⁴	0.015	0.121	0.181	0.242
1 x 10 ⁵	0.032	0.261	0.391	0.522
1 x 10 ⁶	0.070	0.562	0.843	1.125

Governing equations

Taking into account the about considerations, the steady state governing equations for 2-D, incompressible and laminar flows are the conservation of mass, momentum and energy equations inside the cavity are (Zhong et al., 1985):

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[2\mu \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3}\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \rho g_x \tag{2}$$

$$\frac{\partial(\rho vu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[2\mu \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3}\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \rho g_y \tag{3}$$

$$\frac{\partial(\rho c_p T)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho c_p T)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) \tag{4}$$

Boundary conditions

The non-slip condition is applied for the hydrodynamic boundary conditions at the solid walls ($u = v = 0$). Two opposite walls are maintained at constant temperatures ($T=T_h$ for $y=0$, $T=T_c$ for $y=H$, with $T_c < T_h$). While the other two are adiabatic:

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) + q_r = 0 \quad \text{for } x=0 \text{ and } \quad k \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) - q_r = 0 \quad \text{for } x=0.$$

2.4. Net radiation method

The radiative heat flux for the j_{th} element on each wall is given by the following energy balance:

$$q_{radj} = q_{outj} - q_{inj} \tag{5}$$

where the radiosity for the j_{th} element is defined as:

$$q_{outj} = \epsilon_j \sigma T_j^4 + \rho^*_j q_{inj} \tag{6}$$

the irradiation is given by:

$$q_{inj} = \sum_{k=1}^m \int_{A_k} q_{outk} F_{Aj-Ak} \quad (7)$$

where the summation over the surface element k is to be taken for all the elements of the boundary with which j can interact radiatively.

2.5 Boussinesq approximation and variable properties

In the present formulation, two cases are considered:

a) All physical properties are assumed constant at a reference temperature of $T_0=330K$, and the Boussinesq approximation is assumed.

b) All physical properties are dependent with temperature. The air density (ρ) was obtained from the ideal-gas equation:

$$\rho(p, T) = \frac{p}{R \cdot T} \quad (8)$$

The dynamic viscosity of air was computed from Zhong et al. (1985):

$$\mu(T) = \frac{14.58 \times 10^{-7} T^{3/2}}{1104 + T} \quad (9)$$

The thermal conductivity of air (k) and the specific heat capacity (C_p) were calculated from the following empirical relationships:

$$k(T) = \frac{2.6482 \times 10^{-3} T^{1/2}}{1 + 245.4 \times 10^{-(1/2T)}/T} \quad (10)$$

$$C_p(T) = 9551141 + 6.7898 \times 10^{-2} T + 1.6576 \times 10^{-4} T^2 - 6.7863 \times 10^{-8} T^3 \quad (11)$$

in above fluid properties equations p is the fluid pressure in Pa, T is the absolute temperature in K, R is the ideal gas constant for air equal to 287J/kg.K, μ is viscosity in Pa.s, k is in W/m.K and C_p in J/kg.K.

2.6. Heat transfer

The total heat transfer across the hot wall is given by the Nusselt numbers. The total heat transfer involves the contribution of the convective and radiative Nusselt numbers. Thus, the total, convective and radiative Nusselt numbers can be expressed as by Akiyama and Chong (1997):

$$Nu_{total} = Nu_{conv} + Nu_{rad} \quad (12)$$

where:

$$Nu_{conv} = \frac{q_{convection}}{q_{conduction}} = \frac{-\int_0^L k_{wall} \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) dx}{k_0(T_h - T_c)/W} \tag{13}$$

$$Nu_{rad} = \frac{q_{radiation}}{q_{conduction}} = \frac{\int_0^L q_{rad} dx}{k_0(T_h - T_c)/W} \tag{14}$$

k_{wall} was computed at T_h , and k_0 was computed at the reference temperature T_0 .

Numerical procedure

The governing equations (1)–(4) were solved by the finite volume method suggested by Patankar (1980). A non-uniform staggered grid was used, which was built using tangent hyperbolic functions. Thin grids were considered next to the boundary layers. The convection terms were approximated by a hybrid scheme and the diffusive terms by central space differences. The SIMPLEC algorithm (Van Doormaal et al., 1984) was used to couple continuity and momentum equations. The resulting algebraic equation system was solved using the Line Gauss–Seidel Alternating Direction Implicit (LGS-ADI) method. Under relaxation was considered. In order to obtain good convergence solutions, the convergence criterion for the residuals was set at 1×10^{-10} .

In the coupling between natural convection and surface thermal radiation at the boundaries, the radiative balance at the walls was solved using an iterative approach. The view factors between the elements were determined by the Hottel’s crossed string method; since the view factors are only a function of the geometry, their calculation was performed before the beginning of the main iteration procedure. The radiosity equations were solved by the Simpson’s rule (Modest, 1993).

The accuracy of the numerical results was checked through numerous tests on the grid size effect. The grids used were 176×31, 176×41, 176×51, 176×61, 101×41, 126×41, 151×41, 176×41 and 201×41 for $Ra=10^6$, $A=16$ and $\lambda=15^\circ$ for surface radiation coupled with the natural convection flow and variable properties. Based on the numerical experiments, the computational grid that renders grid independent solutions was 176×41. Therefore, a 176×41 grid was used for all cases herein considered.

Verification

In order to verify the numerical code, the numerical model was reduced to the classical case of natural convection and surface thermal radiation in a square cavity heated from below, reported in the work of Ridouane et al. (2004). The convective and radiative Nusselt numbers of the hot wall were compared with the

ones of Ridouane et al. (2004), obtaining good agreement. Table 2 shows the comparison results for $Ra=10^6$ and $\varepsilon=0.5$, for Nu_{rad} , the maximum percentage difference was 5.31%; and for Nu_{conv} , the minimum percentage difference was 0.63% for $Ra=2 \times 10^6$ and $\varepsilon=0$.

Table 2. Comparison between the present study and the reported results in the literature of natural convection and radiation in a square cavity.

	Ra	ε	Nu_{conv}	Nu_{rad}	Nu_{total}
Ridouane et al. (2004)	2×10^6	0	7.617	0	7.617
Present estudy			7.665 (0.63%)	0	7.665 (0.63%)
Ridouane et al. (2004)	10^6	0.5	6.267	6.599	12.866
Present estudy			6.107 (2.56%)	6.249 (5.31%)	12.356 (3.97%)
Ridouane et al. (2004)	4×10^5	1	4.722	11.462	16.183
Present estudy			4.591 (2.78%)	10.871 (5.16%)	15.462 (4.46%)

Note. The values in () are the absolute difference in %.

Results and discussion

In order to highlight the interaction between natural convection and surface thermal radiation with variable properties in tilted slender cavities, two cases were considered:

The first case considers the Boussinesq approximation (BA) in tilted slender cavities where all properties are assumed constant at the reference temperature T_0 except the density in the buoyancy term in the momentum equations.

The second case considers all properties vary with the temperature (VP).

Both cases are compared in the following results. Figure 2 shows the streamlines for the case of $A=16$, $Ra=10^6$ and $\lambda=15^\circ-35^\circ$ for the cases BA and VP. Visual examination of the flow patterns reveals that for the case of BA (left side) a five-cell structure is presented for the angles $15^\circ < \lambda < 25^\circ$. As the inclination angle increases to $\lambda=30^\circ$ the number of cells decreases to three cells. For $\lambda=35^\circ$ three-in-one cell structure streamline is observed. The multi-cell structures for these inclination angles are almost symmetric in all tilted angles except for $\lambda=30^\circ$. For the case of VP (right side) the multi-cell structure remains for all the inclination angles. These structures are non-symmetric due to effect of variable properties changes the forces in the fluid; mainly the variation of the density and the thermal conductivity (Montiel, 2006); the transition of the flow pattern strongly depends on the competition of the buoyant flow and the shear flow along the heating and cooling walls. Also, the stronger upslope flows along the x-direction affects the symmetry showed in the case of BA. A two- or three-cell-in-one cell structure is observed in

all inclination angles; this structure occupies at least 50% of the cavity and increases when the inclination angle increases.

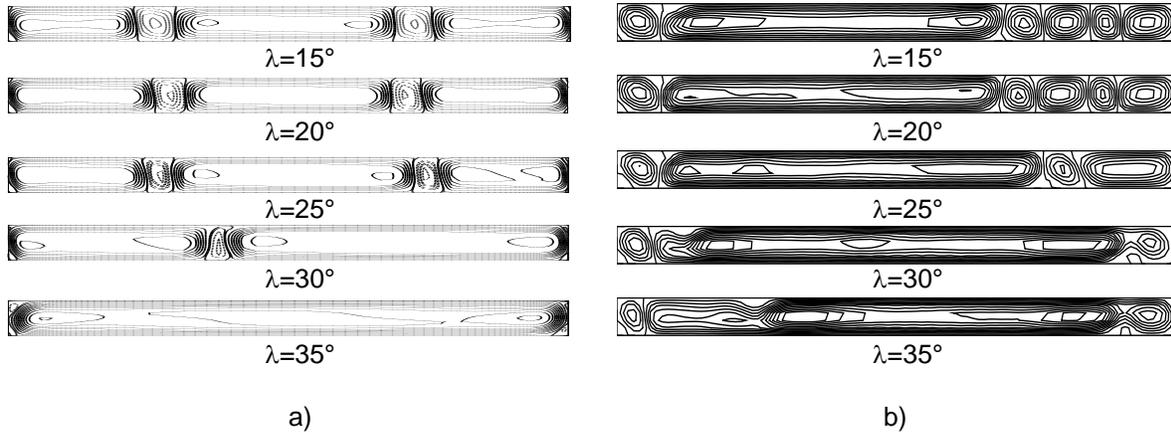


Fig. 2 Streamlines for $A=16$, $Ra=10^6$ and $\lambda=15^\circ-35^\circ$
a) Case BA, b) Case VP.

Figure 3 shows the isotherms for the case of $A=16$, $Ra=10^6$ and $\lambda=15^\circ-35^\circ$ for the cases of BA and VP. It is observed for both cases as the inclination angle increases a thin boundary-layer is formed because large velocities and temperature gradients appear near to the isothermal walls. The boundary layer is thinner for the case of BA than for the case of VP. The non-symmetric pattern is observed for the case of VP rather than for the case of BA. Similar behavior is presented for the cases of $Ra=10^4$ ($A=8$ and $A=12$) and $Ra=105$ ($A=8$ and $A=12$). These cases are not presented.

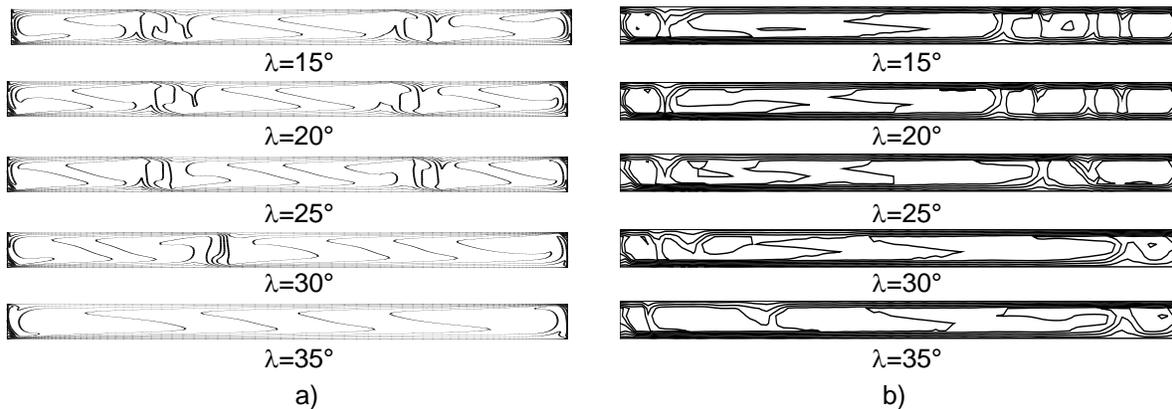


Fig 3. Isotherms for $A=16$, $Ra=10^6$ and $\lambda=15^\circ-35^\circ$
a) Case BA, b) Case VP.

Figures 4-6 show the variation of the mean convective, Nu_{conv} , the radiative, Nu_{rad} , and the total Nusselt number, Nu_{total} , for a) $A=8$, b) $A=12$ and c) $A=16$ as a function of the inclination angle for Rayleigh numbers of 10^4 , 10^5 and 10^6 . In all figures are presented cases BA and VP. For the case of $Ra=10^4$, the figure 4a) shows that Nusselt number for cases BA and VP are similar. As the tilted angle increase the Nu_{conv} and Nu_{total} decrease because almost disappear the multicellular structure changing from a convective regime to a conductive regime. The Nu_{rad} remains constant because only depend of the geometry of the cavity. As A increases from 8 to 12 (figure 4b) the behavior of the Nu for cases BA and VP are almost similar. Some differences are presented for Nu_{conv} and Nu_{total} due to variable properties make the multicellular structure remains in the range of the tilted angle considered, the buoyant forces are stranger in case VP than in case BA and because the increases of A increases the stronger upslope flows along the x-direction affects the symmetry as it was showed in figure 2. The behavior in figure 4c is explained as in figure 4b, in this case it is observed that Nu_{conv} and Nu_{total} for case BA could be under estimated above 50% and 15% respectively as is showed in the case of $\lambda=25^\circ$. These are similar for figure 5 and figure 6.

It can be showed from the three figures that the Nu_{conv} , Nu_{rad} , Nu_{total} increase when the Ra increases and then height of the cavity increase (table 1). The increase of Ra increases the convective flow regime and the interaction of the surface radiation.

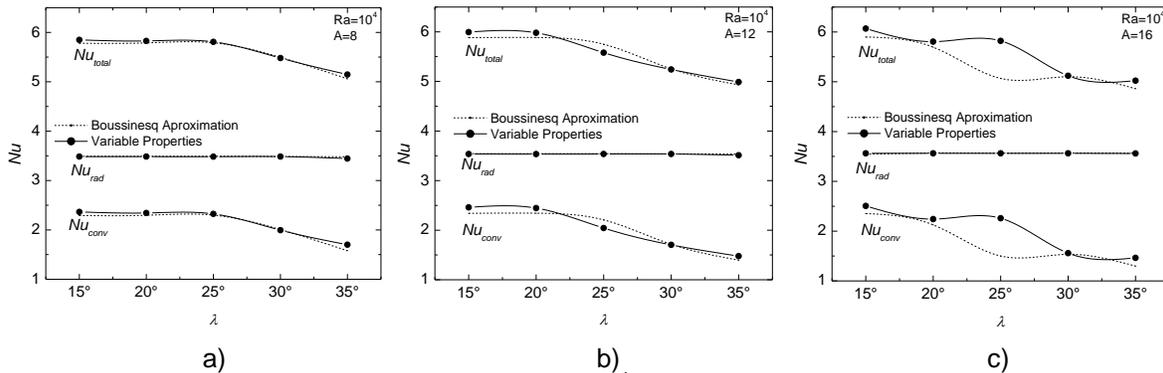


Fig. 4. Nusselt number for $Ra=1 \times 10^4$ and a) $A=8$, b) $A=12$, c) $A=16$.

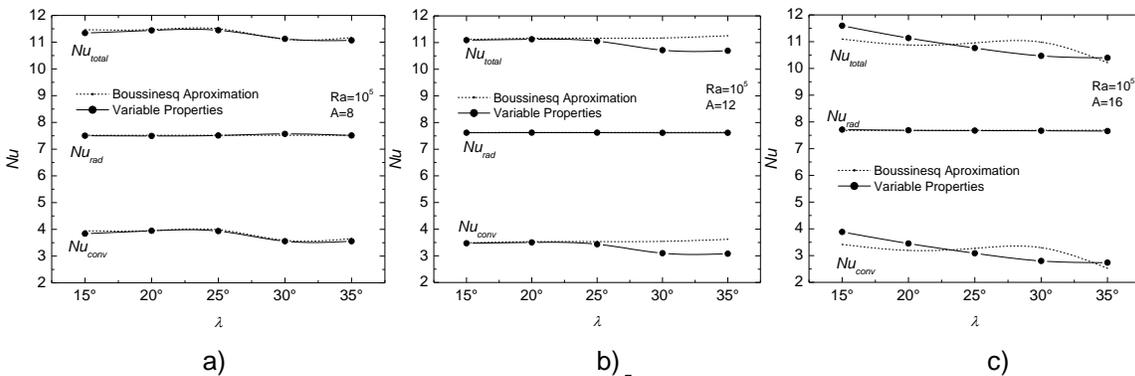


Fig. 5. Nusselt number for $Ra=1 \times 10^5$ and a) $A=8$, b) $A=12$, c) $A=16$.

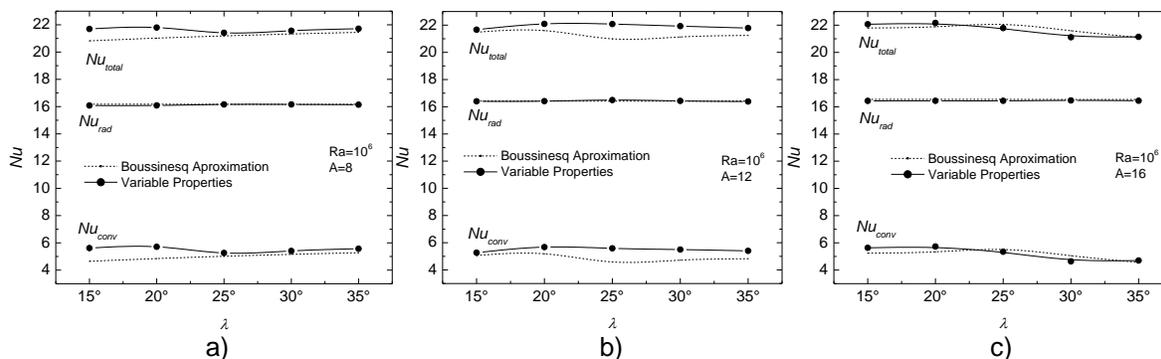


Fig. 6. Nusselt number for $Ra=1 \times 10^6$ and a) $A=8$, b) $A=12$, c) $A=16$.

Conclusions

This paper presented a numerical study of the interaction between the heat transfers by natural convection and surface thermal radiation in a tilted slender cavity. The study considered two cases of the cavity: Boussinesq approximation and variable properties. The parameters analyzed were the Ra number in the range of 104-106, the aspect ratios of 8, 12 and 16 and the inclination angles in the range of 15°-35°.

The results of the isotherms and streamlines were different for cases BA and VP, for the cases of VP the multicellular structures remains because the buoyant forces are stronger than the case of BA. The increase of the inclination angle reduces the number of cells in the multicellular structure in both cases. For a Ra constant, when A increase the Nu_{conv} decrease about 5% and the Nu_{rad} increase about 2%. For A constant, when Ra increase the Nu_{conv} increase about 2% and the Nu_{rad} increase about 4%-8%. The results showed that the case of BA under estimated the Nu_{conv} and Nu_{total} above 50% and 15% respectively as is showed in the case of $\lambda=25^\circ$ (Figure 4c)

References

1. M. Akiyama, Q.P. Chong; *Num. Heat Transfer Part A* 1997, 31, 419.
2. R. Alvarado; J. Xaman; G. Alvarez, in CIBIM7 Proceedings, México, 2005, CD.
3. R. Alvarado; J. Xaman; J. Hinojosa; G. Álvarez, *Int. J. Thermal Sciences* 2008, 47, 355.
4. C. Balaji; S.P. Venkateshan, *Int. J. Heat Fluid Flow* 1994, 15, 249.
5. G. Colomer; M. Costa; R. Cónsul; A. Oliva, *Int. J. Heat Mass Transfer* 2004, 47, 257.
6. G.V. Ivey, *J. Fluid Mechanics* 1984, 144, 389.
7. D.W. Larson; R. Viskanta, *J. Fluid Mechanics* 1976, 78, 65.
8. S.K. Mahapatra; S. Sen; A. Sarkar, *Int. J. Num. Methods Heat Fluid Flow* 1999, 9, 423.
9. M.F. Modest, *Radiative Heat Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1993.
10. M. Montiel, MD Thesis, Cenidet, 2006.
11. S. Ostrach, *J. Heat Transfer* 1988, 110, 1175.

12. H. Ozoe; H. Sayama; H. Churchill, *Int. J. Heat Mass Transfer* 1974, 17, 401.
13. H. Ozoe; H. Sayama; H. Churchill, *Int. J. Heat Mass Transfer* 1975, 18, 1425.
14. S. Paolucci; D.R. Chenoweth, *J. Heat Transfer* 1988, 110, 625.
15. S.V. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Taylor and Francis, London, 1980.
16. R. Rahman; M.A. Sharif, *Num. Heat Transfer Part A* 2003, 44, 355.
17. N. Ramesh; S.P. Venkateshan, *J. Thermophysics and Heat Transfer* 1999, 13, 299.
18. E.H. Ridouane; M. Hasnaoui; A. Amahmid; A. Raji, *Num. Heat Transfer Part A* 2004, 45, 289.
19. E.H. Ridouane; M. Hasnaoui; A. Campo, *Heat Mass Transfer* 2006, 42, 214.
20. C.Y. Soong; P.Y. Tzeng; D.C. Chiang; T.S. Sheu, *Int. J. Heat Mass Transfer* 1996, 39, 2869.
21. P.Y. Tzeng; C.Y. Soong; T.S. Sheu, *Num. Heat Transfer Part A* 1997, 31, 193.
22. J.P. Van Doormaal; G.D. Raithby, *Num. Heat Transfer Part A* 1984, 7, 147.
23. Z.Y. Zhong; K.T. Yang; J.R. Lloyd, *J. Heat Transfer* 1985, 107, 183.

Direct steam-generation in horizontal and inclined pipes

F. Aguilar-Gastelum¹, O. Cazarez-Candia², S. L. Moya-Acosta¹

¹Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), Interior Internado Palmira s/n, Col. Palmira, Cuernavaca, Morelos, México, Código postal 62490 – pedro_00001@hotmail.com, starts2003@yahoo.com.mx ²Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)– ocazares@imp.mx

Área de participación: Termofluidos y energética

Abstract- In this work, it was studied the direct steam generation in a single pipe. The study was carried out in steady state using the commercial simulator RELAP and considering uniform heat flow distribution at the pipe. In the simulation, the pipe is feed with sub-cooled water, and due to a heat source could be obtained at the pipe outlet: 1) heated liquid, 2) liquid-gas mixture, or 3) overheated steam. The kind of fluid obtained depends on the inlet mass flow.

The study was made for horizontal and small inclinations from the horizontal position. Pressure drop, void fraction, heat transfer coefficient, temperature and flow patterns through the pipe, were predicted. To validate the use of RELAP as a useful tool to analyze the direct steam generation (DSG) in a single pipe, the predicted pressure profiles were compared versus predictions presented by Natan et al. (2003) and field data from the Almería Solar Platform (PSA).

It was found that pressure drop calculated by RELAP (for inlet mass flows when a mixture of liquid-steam mixture or overheated steam is obtained at the outlet of the pipe) is smaller than Natan et al. (2003) results, nevertheless, it present good approximation to experimental data from PSA.

The flow patterns show that as the pipe is inclined, the length of the stratified flow patten is reduced, while the annular flow patten increase its length. In addition the inclination angle does not affect significantly the convective heat transfer coefficient at the inside pipe wall.

Introduction

Most of greenhouse gases emitted to the atmosphere have their origin in the electric energy generation or mechanic work. However, the actual tendency to using renewable energies would have an important impact in the reduction of the ambient pollution, being the thermo-solar energy the renewable energy with most expectative for the next years, Direct Steam Generation (DSG) has become an important topic to study. Nevertheless, the complex thermo-hydraulic behaviour of two phase flow (water-steam) has made the oil has been preferred as work fluid in the power plants. Some researchers (Muller, 1991) have demonstrated that use water as working fluid has a lot of advantages, such as a bigger thermal efficiency and a considerable reduction to the costs of maintenance, making necessary to continue with the investigation and understanding of the thermo-hydraulic behaviour.

Some researches have been carried out about DSG. Odeh et al. (1998) developed a thermal model to evaluate the performance of a DSG collector. They found that inlet water temperature affects the steam exit condition. However, they did not report flow patterns through the pipe. In addition, they found bigger thermal losses

when synthetic oil was used as working fluid. A bit later, Odeh et al. (2000) developed a hydrodynamic steady state model flow and linked it to a thermal model to analyse the performance of once-through DSG solar collector. They found that as the pipe is inclined the stratified flow pattern reduces its length, while for inclined pipes the intermittent flow pattern increase its length. Furthermore, they concluded that the operation conditions (water inlet mass flow, pressure and inlet temperature) have a big importance to avoid high temperature gradients in the wall pipe.

Natan et al. (2003) developed a numeric study in permanent state for a single and two parallel pipe, using the mathematic model proposed by Taitel & Barnea (1989) and changing its inclination. Sub-cooled water was used as working fluid and a constant heat flow along the pipe was imposed. To evaluate the thermal losses they used a global heat balance between the working fluid and the surroundings. To calculate the pressure drop two options were analysed: a) a simplified method based on the drift flux model and b) a method based on flow patterns. They showed that for an inclination of 10° the flow patterns that can be presenting in a single pipe are liquid, slug, annular and gas. Even though, they did not show which flow patterns can be present for a horizontal and nearly horizontal pipe.

Pye et al. (2006) developed a numerical code to determine the behaviour of a Compact Linear Fresnel Reflector (CLFR) applied to DSG during start-up and shutdown, and during cloud transients. Their main objective was to develop a suitable control strategy. Their study was based on a homogenous and steady state fluid model for biphasic flow in horizontal pipe to predict flow patterns. They founded that the flow pattern changes as the inlet heat flow is increased and that for higher operating pressure, the pressure drop is smaller. However, their study was only made for small diameters. Taitel and Barnea (2011) made an study of rate flow distribution and transient behaviour for a single and two parallel pipes with symmetric and uniform heat flow distribution. They considered flow patten analysis and an implicit finite-difference scheme. They showed that pressure profile and flow patterns change as the inlet mass flow is reduced. Nevertheless, this study was applied only to short pipes of 6 m and a diameter of 10 mm.

Up to today, most of the studies that have been made about DSG have been based on a homogenous fluid model and most of them have been made for small diameters and short lengths. The main objective of this work is to use a more robust fluid model (two-fluid non-equilibrium model) to DSG. The commercial software RELAP (software developed to predict pressure drops and flow patterns in vertical Light Weather Reactor, LWR) was proposed to carry out this study. A single pipe with uniform heat flow distribution was analysed. It was predicted flow patterns, pressure drop, temperature, quality and void fraction in horizontal and inclined pipes.

System description

Figure 1 shows the single pipe system under consideration. Therein W_{in} is the inlet mass flow, T_{in} is the inlet temperature, Q_g is the heat source, P_{out} is the outlet pressure and β is the inclination with respect to the horizontal. In addition, P_x , α_x , X_x and T_x are the average pressure, void fraction, quality and temperature for each volume of control, respectively; and L , D and Δt represent the length, diameter and wall thickness of the pipe, respectively.

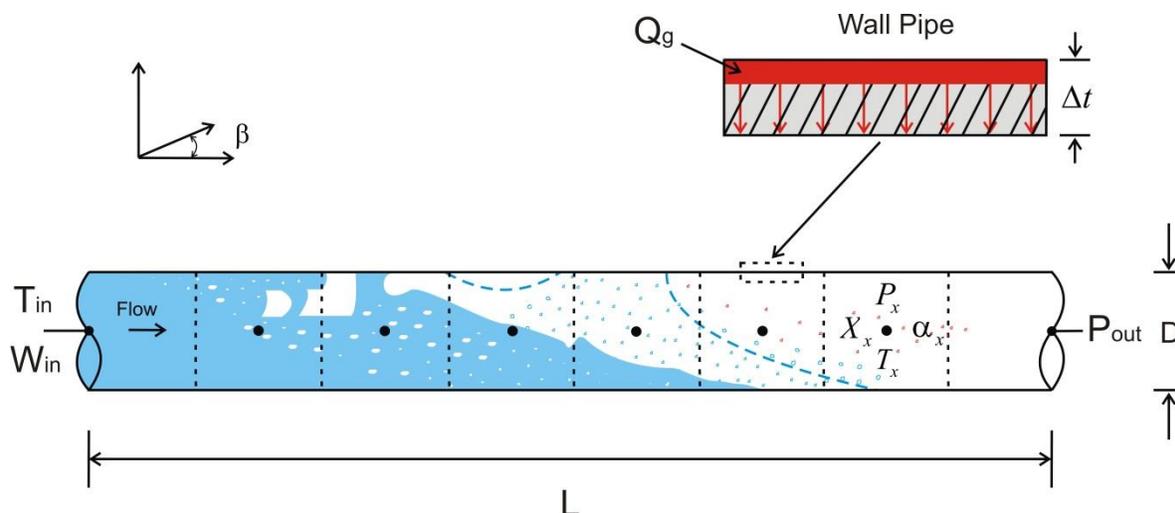


Figure 1. Physical model configuration.

To simulate an incident radiation on the wall pipe it was used a constant heat source around the external face. Thus, the heat is transported by conduction through the wall pipe, and it is transported by convection to the fluid. The pipe is considered insulated, so there are not heat losses to the surrounding. In this study it was supposed one-dimensional flow and quasi-steady conditions.

Sub-cooled water is feed, thus, at the pipe inlet there is a single liquid phase, which eventually evaporates as travel along the pipe, forming different flow patterns. Bubbly flow is the first flow pattern appearing, consequently as the evaporation continues bubbles coalesce to each other, increasing its size and flowing as flow slug regime. Void fraction increases faster appearing the stratified, the annular and the dryout flow patterns. When, water evaporation is completed, its temperature increases rapidly yielding overheated steam at the outlet.

The governing equations (two-fluid non-equilibrium model) were resolved by using the finite-difference commercial solver RELAP. For the sake of brevity, the complete mathematical model is presented in the Appendix A.

Results and discussions

In order to validate the software RELAP, its predictions were compared against pressure profile obtained in the work of Natan et al. (2003) and with experimental data from the DISS system (PSA) (the experimental data were provided by the PSA through a collaboration agreement) The data used in the simulations are shown in Table 1.

Table 1. Operation conditions used in the work of Natan et al. (2003).

Description	Magnitude
Working Fluid	Water
Inlet Temperature (T_{in})	25 °C
Outlet Pressure (P_{out})	3 MPa
Length (L)	400 m
Inlet Diameter (D)	2.5 cm
System Inclination (β)	10°
Heat Source (Q_g)	1200 W/m

Figure 2 shows a comparison between the inlet pressures showed by Natan et al. (2003) and the inlet pressures that have been obtained with RELAP. For high flow rates ($W > 0.52$ kg/s) the inlet pressures predicted by RELAP fits good with the work from Natan et al. (2003), in which hot water at the pipe outlet was obtained. As the inlet mass flow rate is reduced up to 0.52 kg/s, the working fluid begin to evaporate and discrepancies appear between the work from Natan et al. (2003) and the RELAP predictions. A bad fitting is obtained when the inlet mass flow rate is reduced to 0.2 kg/s and a water-steam mixture occupies most of the pipe length. At small mass flow rate, water evaporates completely near to the inlet pipe; nevertheless, the difference between both profiles tends to be reduced.

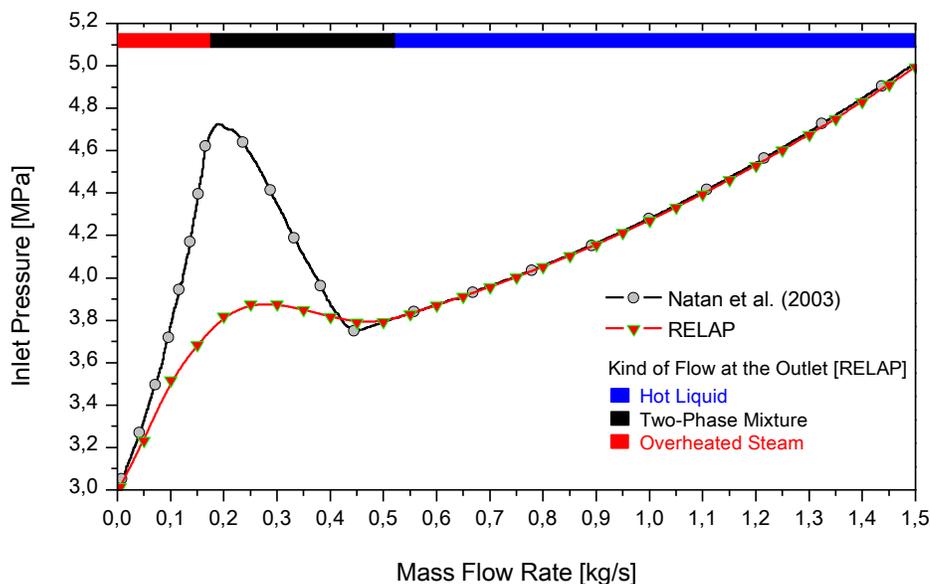


Figure 2. Inlet pressure vs. mass flow rate. $Q_{in} = 1200$ W/m, $\beta = 10^\circ$ and $L = 400$ m .

Figure 3 shows a pressure and temperature comparison between Natan et al. (2003) and RELAP predictions for an inlet mass flow rate of $W = 0.12 \text{ kg/s}$. Temperature profiles have a good fitting. However, the pressure drop along the pipe calculated by Natan et al. (2003) is larger than RELAP predictions. Moreover, RELAP does not predict the same flow patterns at the two-phase zone.

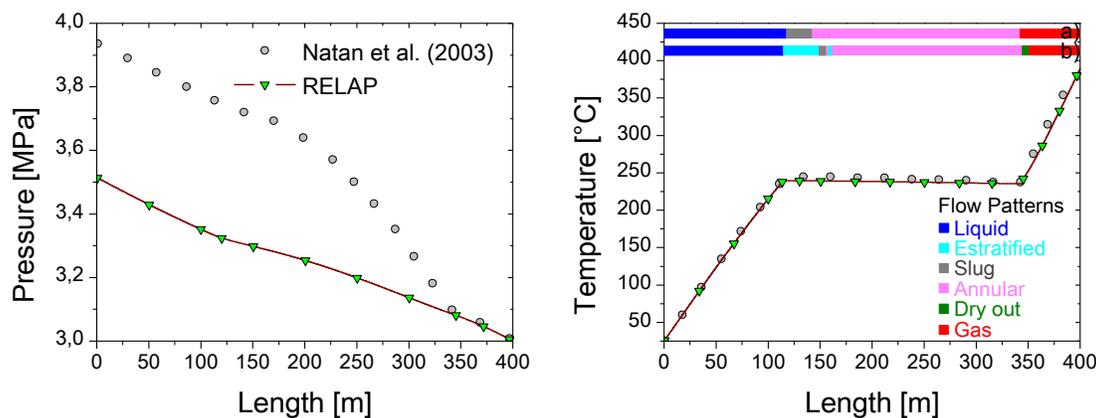


Figure 3. Pressure and temperature along the pipe. $Q_g = 1200 \text{ W/m}$, $\beta = 10^\circ$, $W = 0.12 \text{ kg/s}$.

Table 2 shows the pressure drop by unit of length (considering the flow pattern) obtained by RELAP and Natan et al. (2003).

Table 2. Pressure drop by unit of length for each flow pattern.

RELAP			Natan et al. (2003)		
Pipe Interval (m)	Flow Pattern	Pressure Drop (MPa/m)	Pipe Interval (m)	Flow Pattern	Pressure Drop (MPa/m)
0.0 - 115.11	Bubbly	0.00159542	0 - 117.00	Liquid	0.00162393
115.11 - 149.00	Stratified	0.00090531	117.00 - 142.00	Slug	0.00160000
149.00 - 156.66	Slug	0.00082826	142.00 - 339.00	Annular	0.00317259
156.66 - 157.22	Annular	0.00082800	339.00 - 400.00	Gas	0.00122951
157.22 - 162.22	Stratified	0.00082000			
162.22 - 343.50	Annular	0.00113274			
343.50 - 350.33	Dry out	0.00118976			
350.33 - 400.00	Gas	0.00150664			

From

Table 2, the two-phase zone length (slug and annular flow patterns) calculated by Natan et al. (2003) is 5.95% lower than the prediction from RELAP, which predicted the flow patterns slug, stratified, annular and dryout. Moreover, their pressure drop was larger. The biggest differences are given for the slug and annular flow patterns, 48.25% for the slug flow and 64.29% for annular flow.

Figure 2 and Figure 3 show that RELAP presents considerable differences in the prediction of pressure drop against to the work from Natan et al. (2003), this may be due to the mathematical model solved by RELAP (Lahey & Drew, 1989)

presents some differences with respect to Natan et al. (2003) model. The mathematical model used by Natan et al. (2003) is described in the Appendix B.

In the mass conservation equation (Equation B.1), Natan et al. (2003) do not consider the mass transfer at the interface. In the momentum equation (Equations A.3 and A.4), RELAP takes into account the mass transfer in the interface and the virtual mass force, while Natan et al. (2003) do not (Equation B.2). In addition, Natan et al. (2003) evaluate the pressure force due to the liquid film thickness, moreover, to evaluate the heat transfer to the working fluid they only made a thermic balance (Equation B.3) between heat rating absorbed by the fluid and the heat losses to the surrounding, making a big simplification in its thermal model. Instead of these, RELAP resolves the energy conservation equation for each phase (Equations A.15 and A.16).

Furthermore, to evaluate the friction factor, RELAP uses the Zigrang & Sylvester (1985) correlation, while Natan et al. (2003) uses the Blasius correlation.

On the other hand, Table 3 shows experimental data from DSG through CCP at days 14, 21 and 22 of May of 2003 at 14 hours, considering the operation pressures and its radiation conditions (provided by the PSA through a collaboration agreement).

Table 3. DISS operation conditions

Description		Magnitude			
wall pipe thickness		10 mm			
Length (<i>L</i>)		450 m			
Inlet Diameter (<i>D</i>)		5.0 cm			
System Inclination (β)		Horizontal			
Day	Work pressure (MPa)	Solar Radiation (W/m ²)	Outlet pressure (MPa)	Inlet Temperature (°C)	Mass Flow rate (kg/s)
14/05/2003	10	887.26	10.98	249.3	0.615
22/05/2003	6	917.81	6.105	241.5	0.657
21/05/2003	3	865.02	3.455	198.1	0.581

Figure 4 shows a comparison between experimental and numeric pressure profiles for the operation conditions of 10, 6 and 3 MPa. For 10 MPa, some differences can be appreciated between both studies. The biggest difference occurs for 150 m, where there is a mixture of liquid-steam. As the void fraction increases, the profiles approach to each other, being smaller the difference between them. The maximum difference is of 0.314%.

For 6 MPa, there is a considerable difference between the pressure profiles at the liquid region, and as the region of mixture begin, both profiles tends to approach to each other. When the overheated steam region begins both profiles go far to each other, finishing together at the pipe outlet. The maximum difference is of 0.627%, being bigger than for 10 MPa.

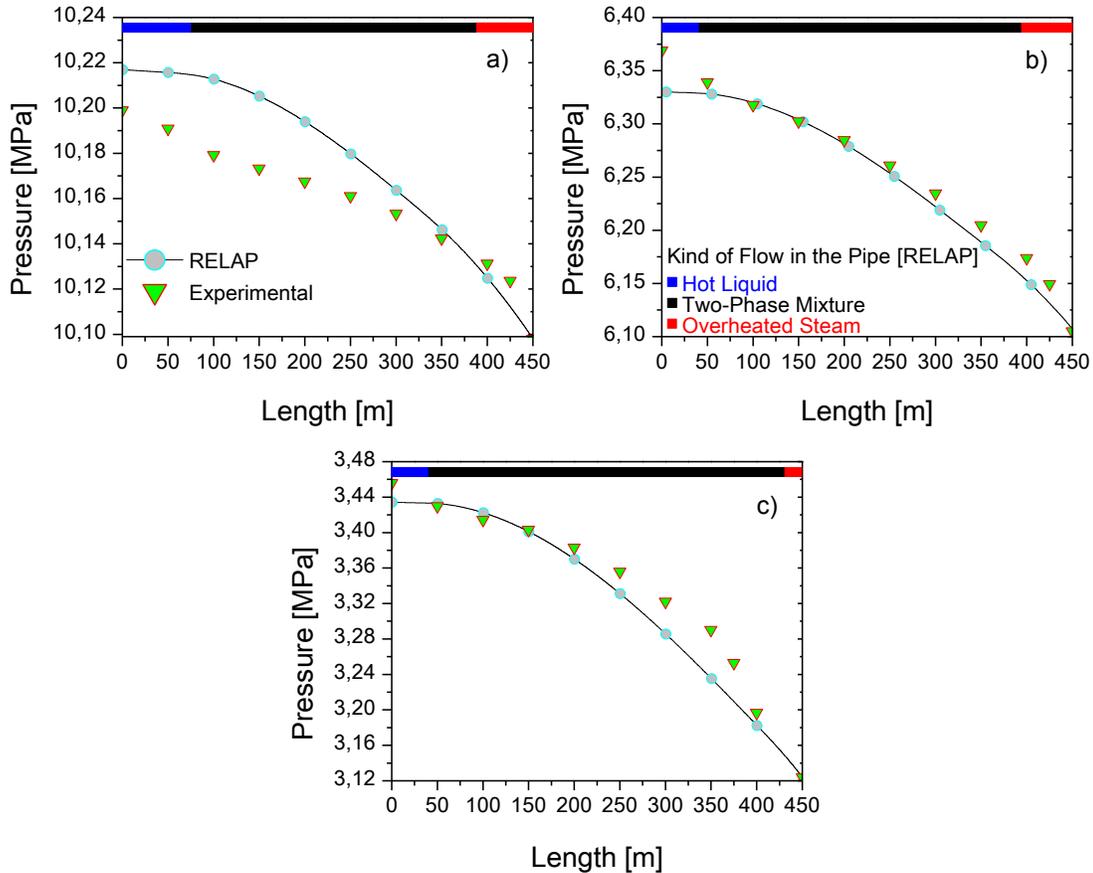


Figure 4. Pressure profile along the pipe: a) 10 MPa, b) 6 MPa and c) 3 MPa.

For 3 MPa and 6 MPa there is a difference between both profiles at the inlet of the pipe, eventually, for the mixture region both pressure profiles tends to approach to each other at the same way as for 6 MPa, however, at the end of the region both profiles go far to each other again, and as they approximate to the pipe outlet, they become to be closer. The maximum difference is 1.85%, being bigger than for the operation pressures of 10 MPa and 6 MPa. In spite of that, for the whole pressures operations, RELAP presents some differences with respect to the experimental data, its differences are small, showing that RELAP pressure predictions present good agreement with the experimental data.

In order to study the inclination angle effect on the pressure drop and heat transfer coefficient, the data given on table 4 were used.

Table 4. Operation conditions

Description	Magnitude
Fluid Work	Water
Inlet Temperature (T_{in})	25 °C
Outlet Pressure (P_{out})	3.0 MPa
Length (L)	500.0 m
Inlet Diameter (D)	5.0 cm
Fitness Wall Pipe	10 mm
System Inclination (β)	0°,1.0°,2.5°,5.0°
Heat Source (Q_g)	850.0 W/m ²
Collector Aperture	5.76 m

Figure 5 shows the effects of the inclination angle on inlet pressure. As the inclination angle is larger the pressure drop along the pipe is larger, increasing the inlet pressure required to obtain an outlet pressure of 3 MPa. This effect is easier to appreciate when the inlet mass flow is bigger than 2.0 kg/s, obtaining hot liquid at the outlet. The whole pipe is occupied by a liquid single phase, and body forces are the principal components that contribute to the pressure drop. If the inlet mass flow is smaller than 2.0 kg/s, the evaporation of the water starts, obtaining a liquid-steam mixture at the outlet. As the inlet mass flow is reducing most of the pipe is occupied by two-phase flow and the pressure drop along the pipe is bigger, increasing the inlet pressure of the pipe. For small inlet mass flow rates ($W < 0.57$ kg/s) water is evaporated completely, obtaining overheated steam at the outlet, and the inlet pressure profile start to present a behaviour of a single phase again.

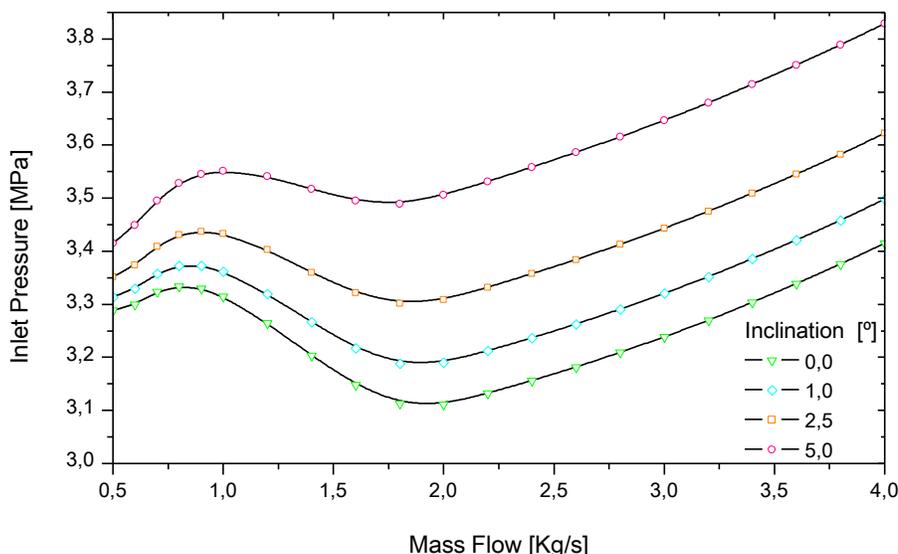


Figure 5. Inlet pressures for a single pipe at different inclination angles.

Another important observation from Figure 5 is that as the pipe is inclined, the pressure drop generated by body forces are bigger, taking more importance that the two phase pressure drop.

Figure 6 shows, for a horizontal pipe, the inlet pressure and outlet temperature in function of the mass flow rate. For high flow rates, the pipe is occupied by a single phase flow (hot liquid) and the temperature profile increases from sub-cooled liquid to the saturate temperature, which corresponds to 3 MPa. At low flow rates the temperature at the outlet increase quickly, obtaining overheated steam. For high and low flow rates the inlet pressure profile behaviour corresponds to a single phase. Furthermore, for intermediate mass flow rates most of the pipe is occupied by a mixture of liquid and vapour, increasing the pressure drop when the mass flow is reduced, and maintaining nearly constant the temperature profile.

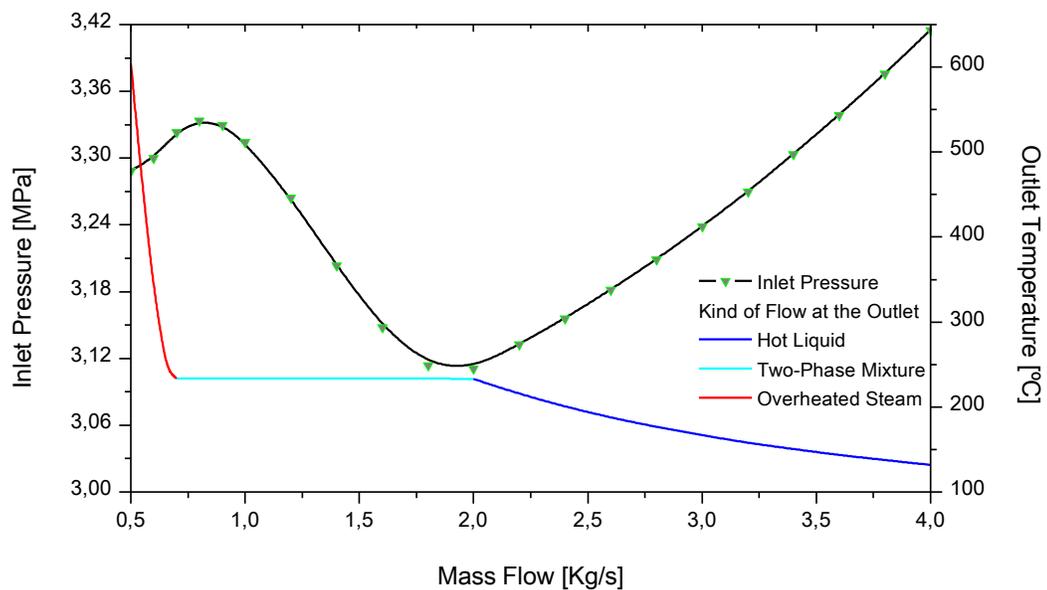


Figure 6. Inlet pressure and outlet temperature vs. mass flow. $\beta = 0^\circ$.

Figure 7 shows pressure profiles and flow patterns for a single pipe at different inclination angles. From the flow patterns, the pipe length occupied by the two-phase flow (stratified, annular and dryout) in a horizontal position is a little bigger than for an inclined pipe. Nevertheless, as the pipe is inclined, the stratified flow pattern length tends to be smaller, while the annular flow pattern increases its length. Moreover, the pipe length occupied by the dryout flow still is nearly constant, yielding overheated steam at the same temperature. From the pressure profiles, the principal pressure drop contribution is from the liquid single-phase flow, while for the region of mixture or overheated steam the pressure profiles tend to approximate to each other, being the body force the main force that contributes to the pressure drop as the pipe is inclined.

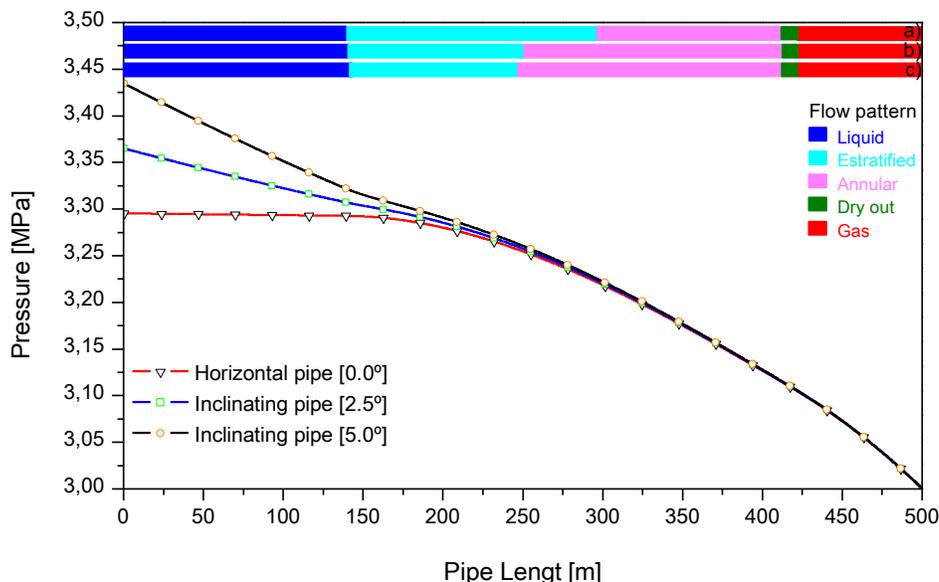


Figure 7. Pressure profile and flow patterns along the pipe, $W = 0.55 \text{ kg/s}$. a) $\beta = 0^\circ$, b) $\beta = 2.5^\circ$ and c) $\beta = 5.0^\circ$.

Figure 8 shows the convective heat transfer coefficient and the method of heat transfer (correlations used by RELAP to calculate the heat flux) from the inside side of the wall to fluid. For the heating region (liquid zone without evaporation) the convective heat transfer coefficient is only function of the forced convection. However, as the water begin to evaporate, the convective heat transfer coefficient increases quickly, which is product of the sum of two processes, firstly the forced convection occasioned by the fluid movement through the pipe and in the other hand an additional movement of the fluid that is generated by the boiling process. In the overheated steam zone the convective heat transfer becomes to be again only function of the forced convection, becoming smaller as the fluid increases its temperature. This shows that the inclination does not affect in a considerable way the convective heat transfer coefficient.

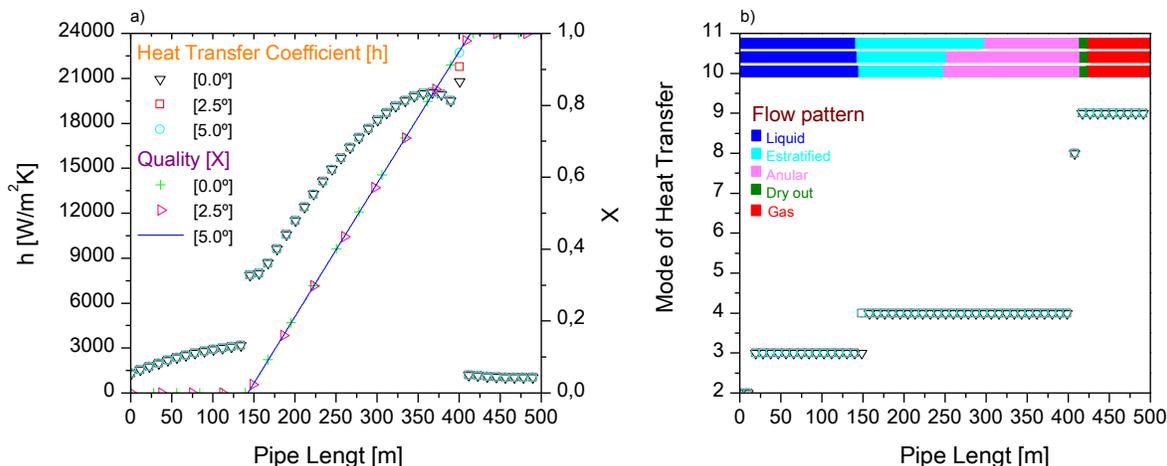


Figure 8. Heat transfer coefficient and models for heat transfer along the pipe for different angles, $W = 0.55$ kg/s : a) convective heat transfer and quality along the pipe, and b) flow patterns and method of heat transfer (see **Table 5**) along the pipe.

Table 5 shows the method of convective heat transfer and the correlations used by RELAP to calculate the heat transfer from the inside of the wall to fluid along the pipe.

Table 5. Methods of heat transfer

Key	Method of heat transfer	Correlations
2	Convection to a single phase liquid	Kays, (1955); Dittus & Boelter (1930); Churchill-Chu (1975); McAdams, (1954)
3	Subcooled nucleate boiling	Chen, (1966)
4	Saturated nucleate boiling	Chen, (1966)
5	Subcooled transition boiling	Chen, Sundaram, & Ozkaynak (1977)
6	Saturated transition boiling	Chen, Sundaram, & Ozkaynak (1977)
7	Subcooled film boiling	Bromley, (1950); Sun-Gonzales-Ten, (1976); Kays, (1955); Dittus & Boelter (1930); Churchill-Chu (1975); McAdams, (1954)
8	Saturated film boiling	Bromley, (1950); Sun-Gonzales-Ten, (1976); Kays, (1955); Dittus & Boelter (1930); Churchill-Chu (1975); McAdams, (1954)
9	Supercritical two-phase or single-phase gas	Kays, (1955); Dittus & Boelter (1930); Churchill-Chu (1975); McAdams, (1954)
10	Filmwise condensation	Nusselt, (1916); Shah, (1979); Colburn-Hougen (1934)
11	Condensation in steam	Nusselt, (1916); Shah, (1979); Colburn-Hougen (1934)

At the heating region (Figure 8) RELAP uses two methods of heat transfer, convection to a single phase liquid (2) and subcooled nucleate boiling (3), while for the evaporation region the methods of heat transfer are saturated nucleate boiling (4) and a small length of saturated film boiling (8). In the flow patterns of dryout and gas a heat transfer to a single-phase gas is considered. For horizontal and inclined position of the pipe were identified the same methods of heat transfer coefficient.

Figure 9 shows the profiles of temperature, T , void fraction, α_g , liquid fraction, α_f , and quality, X , for a pipe at horizontal and inclined positions. The differences between the profiles for both cases are negligible.

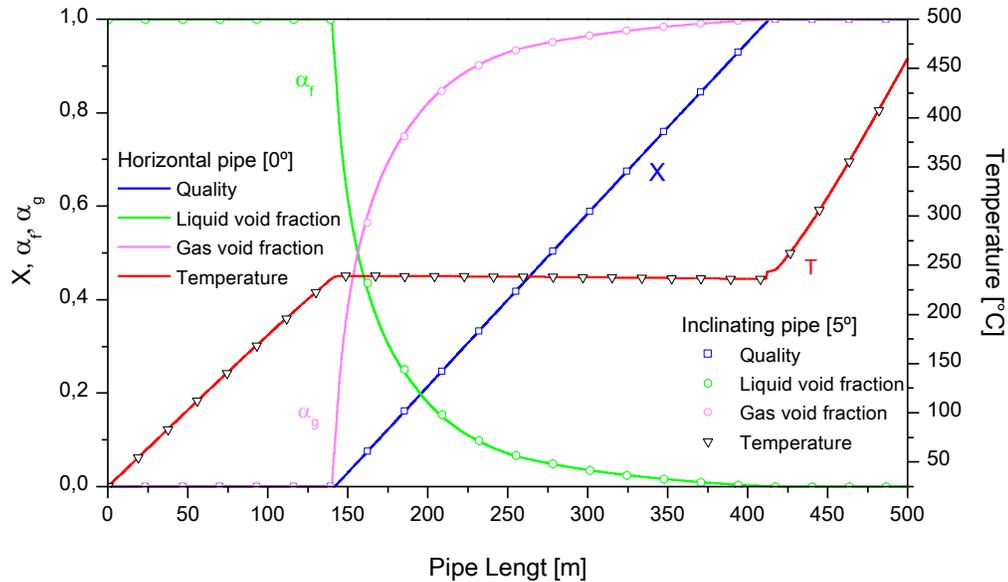


Figure 9. Profile of T , α_g , α_f and X along the pipe, $W = 0.55 \text{ kg/s}$. a) $\beta = 0^\circ$ and $\beta = 5.0^\circ$.

Table 6 shows the length and pressure drop by unit of length at each flow pattern for a pipe which is in horizontal and inclined positions. As the pipe is inclined, the pressure drop by unit of length for each flow pattern increases, nevertheless, is important to note that, it is the liquid single-phase flow which result more sensible to the inclination, increasing quickly its pressure drop. In addition to this, from Figure 7 we have to remember that, at the outlet of the pipe, pressure profiles tend to be closer to each other, and the pressure drop increment is small. The gas single-phase flow has the smallest pressure drop variation when the pipe is inclined. This is an expected result due to the low steam density.

Table 6. Length and pressure drop for different flow patterns

Flow pattern	Length of the flow pattern (m)			Pressure drop by unit of length (MPa/m)		
	0.0°	2.5°	5.0°	0.0°	2.5°	5.0°
Liquid	139.8148	140.7407	141.2037	0.000019383	0.000413526	0.000806707
Stratified	113.4259	109.7222	106.0185	0.000352653	0.00044877	0.000546697
Annular	159.2593	162.037	165.2777	0.000869211	0.000880663	0.000892074
Dry out	10.1851	10.1851	10.1851	0.001016190	0.001022081	0.001028954
Gas	77.3148	77.3148	77.3148	0.001340106	0.001344762	0.001349289

Summary and Conclusions

From the comparison between RELAP and Natan et al. (2003) work, RELAP present considerable differences for the pressure drop profiles, when at the pipe outlet a two-phase mixture or overheated steam are obtained. Nevertheless, its fitting, with experimental data from PSA, is good.

Thermo-hydraulic study to a single horizontal pipe and for small inclination angles show that the most important contribution to the pressure drop in an inclined pipe are the body forces, so in this way, the bigger the inclination angle more important will be the contribution of them to the pressure drop. Nevertheless, as the pipe is inclined, the pipe length that is occupied by two-phase flow is reduced, increasing the length of the liquid single-phase. Moreover, the pressure drops calculated by RELAP at the two phase flow are similar for horizontal and inclined pipes. Table 6 shows that the liquid single-phase is who has the biggest variation in the pressure drop, while the gas single-phase flow pattern has the smallest one.

Figure 8 shows that the heat transfer coefficient does not present considerable differences for the regions of heating and overheating as the pipe is inclined. However, at the end of the annular flow pattern can be appreciating a variation in the heat transfer coefficient, presenting an increase as the pipe in inclined.

In this way, if it would be desirable reduce the pressure drop by the body force, it is necessary to reduce the length of the liquid single-phase flow, nevertheless, it is important do not to extend the length of the gas single-phase.

Acknowledgment

An especial gratitude to PSA for had been allowed us to use experimental data from the DISS project. It is an invaluable help.

Appendix A. RELAP mathematical model

The following equations are written in terms of time and averaged volumetric variables.

The continuity equations for each phase are:

- Gas phase:

$$\frac{\partial}{\partial t} [\alpha_g \rho_g] + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial z} \cdot [\alpha_g \rho_g v_g A] = \Gamma_g \tag{A.1}$$

- Liquid phase:

$$\frac{\partial}{\partial t} [\alpha_f \rho_f] + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial z} \cdot [\alpha_f \rho_f v_f A] = \Gamma_f \tag{A.2}$$

Where the subscripts g, f, I, w and m denote gas, liquid, interface, wall and mixture, respectively. ρ is density, α is volumetric fraction, A is flow area, v is the phase velocity, and Γ_g and Γ_f are the mass transfer at the interface for each phase. The continuity condition requires that

$$\Gamma_f = -\Gamma_g \tag{A.3}$$

The total mass transferred is splitted as follows:

$$\Gamma_g = \Gamma_{ig} + \Gamma_w \tag{A.4}$$

Where Γ_{ig} is the mass transferred at the interface liquid/gas, and Γ_w is the mass transfer in the interface vapor/liquid at the boundary layer near the wall. These terms are computed as:

$$\Gamma_w = \frac{-Q_{if}^w}{h_g' - h_f'} \tag{A.5}$$

$$\Gamma_g = \frac{H_{ig} (T^s - T_g) + H_{if} (T^s - T_f)}{h_g^* - h_f^*} + \Gamma_w \tag{A.6}$$

Where, Q_{if}^w is the heat transfer coefficient at the wall, and h_g' and h_f' the enthalpies for each phase (gas-liquid). H_{ig} and H_{if} are the heat transfer coefficients at the

interface for each phase, T^s is the saturation temperature, T_g and T_f are the phase temperatures, and h_g^* and h_f^* are the enthalpies associated with the mass transferred at the interface.

Momentum conservation equation:

- Gas phase:

$$\alpha_g \rho_g A \frac{\partial v_g}{\partial t} + \frac{1}{2} \alpha_g \rho_g A \frac{\partial v_g^2}{\partial z} = \alpha_g A \frac{\partial P}{\partial z} + \alpha_g \rho_g B_z A - (\alpha_g \rho_g A) FWG(v_g)$$

$$\Gamma_g A (v_{gl} - v_g) - (\alpha_g \rho_g A) FIG(v_g - v_f) - C \alpha_g \alpha_f \rho_m A \left[\frac{\partial (v_g - v_f)}{\partial t} + v_f \frac{\partial v_g}{\partial z} - v_g \frac{\partial v_f}{\partial z} \right] \quad (A.7)$$

- Liquid phase:

$$\alpha_f \rho_f A \frac{\partial v_f}{\partial t} + \frac{1}{2} \alpha_f \rho_f A \frac{\partial v_f^2}{\partial z} = \alpha_f A \frac{\partial P}{\partial z} + \alpha_f \rho_f B_z A - (\alpha_f \rho_f A) FWF(v_f)$$

$$\Gamma_f A (v_{fl} - v_f) - (\alpha_f \rho_f A) FIF(v_f - v_g) - C \alpha_f \alpha_g \rho_m A \left[\frac{\partial (v_f - v_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial v_f}{\partial z} - v_f \frac{\partial v_g}{\partial z} \right] \quad (A.8)$$

Where FWG and FWF are part of drag friction in the wall for each phase, FIG and FIF are part of the drag friction in the interface for each phase, B_z is the vector component of the body force g , and C is the virtual mass coefficient based in the work of Anderson et al., (1977); here C depends on the flow pattern. RELAP uses a value of $C = 1/2$ for the whole flow patterns. The conservation equations require that the force terms related with the mass transfer at the interface and momentum interchange sum zero, then;

$$\Gamma_g A v_{gl} - (\alpha_g \rho_g A) FIG(v_g - v_f) - C \alpha_g \alpha_f \rho_m A \left[\frac{\partial [v_g - v_f]}{\partial t} \right] - \Gamma_f A v_{fl}$$

$$- (\alpha_f \rho_f A) FIF(v_f - v_g) - C \alpha_f \alpha_g \rho_m A \left[\frac{\partial [v_f - v_g]}{\partial t} \right] = 0 \quad (A.9)$$

The force terms related with the mass virtual acceleration in the last equation sum zero, so is required that the momentum transfer in the interface due to the friction and mass transfer sum to zero, that is;

$$v_{gl} = v_{fl} = v_l \quad (A.10)$$

And

$$\alpha_g \rho_g FIG = \alpha_f \rho_f FIF = \alpha_g \alpha_f \rho_g \rho_f FI \tag{A.11}$$

Where, λ_g and λ_f are the friction factor for the liquid and gas phases, and g is the buoyancy force;

$$FWF(\alpha_f \rho_f) = \alpha_{fw} \frac{\rho_f \lambda_f |v_f|}{2D} \frac{\left\{ \lambda_f' \rho_f (\alpha_f v_f)^2 + C \left[\lambda_f' \rho_f (\alpha_f v_f)^2 \lambda_g' \rho_g (\alpha_g v_g)^2 \right]^{1/2} + \lambda_g' \rho_g (\alpha_g v_g)^2 \right\}}{\alpha_{gw} \lambda_g \rho_g v_g^2 + \alpha_{fw} \lambda_f \rho_f v_f^2} \tag{A.12}$$

$$FWF(\alpha_g \rho_g) = \alpha_{gw} \frac{\rho_g \lambda_g |v_g|}{2D} \frac{\left\{ \lambda_f' \rho_f (\alpha_f v_f)^2 + C \left[\lambda_f' \rho_f (\alpha_f v_f)^2 \lambda_g' \rho_g (\alpha_g v_g)^2 \right]^{1/2} + \lambda_g' \rho_g (\alpha_g v_g)^2 \right\}}{\alpha_{gw} \lambda_g \rho_g v_g^2 + \alpha_{fw} \lambda_f \rho_f v_f^2} \tag{A.13}$$

$$\alpha_g \rho_g FIG = \alpha_f \rho_f FIF = \alpha_g \rho_g \alpha_f \rho_f \cdot \frac{\left(\frac{\alpha_f \rho_f (\rho_f - \rho_g) g}{\alpha_g \rho_g} + \frac{\alpha_f \rho_g (\rho_f - \rho_g) g}{\alpha_f \rho_f} \right)}{\rho_m (v_g - v_f)} \tag{A.14}$$

where λ_g and λ_f are the friction factor for each phase, D is the diameter and g is the buoyancy force. The superscript “'” denote the Darcy-Weisbach friction factors for the vapor and liquid phase.

Energy conservation equation

- Gas phase:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_g \rho_g U_g) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial z} (\alpha_g \rho_g U_g v_g A) = -P \frac{\partial \alpha_g}{\partial t} - \frac{P}{A} \frac{\partial \alpha_g}{\partial z} (\alpha_g v_g A) + Q_{wg} + Q_{ig} + \Gamma_{ig} h_g^* + \Gamma_w h_g' + DISS_g \tag{A.15}$$

- Liquid phase:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_f \rho_f U_f) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial z}(\alpha_f \rho_f U_f v_f A) = -P \frac{\partial \alpha_f}{\partial t} - \frac{P}{A} \frac{\partial \alpha_f}{\partial z}(\alpha_f v_f A) + Q_{wf} + Q_{if} + \Gamma_{if} h_f^* + \Gamma_w h_f' + DISS_f \quad (A.16)$$

Where, U is the internal energy, Q_{wf} and Q_{wg} are the heat transfer terms for the liquid and gas phase, respectively; P is pressure, and $DISS_g$ and $DISS_f$ are the energy dissipation terms for each phase, defined as;

$$DISS_g = \alpha_g \rho_g FWG v_g^2 \quad (A.17)$$

$$DISS_f = \alpha_f \rho_f FWG v_f^2 \quad (A.18)$$

In particular, for simplicity h_g^* and h_f^* are substituted by h_g^s and h_f respectively for the case of evaporation, and h_g and h_f^s for condensation. In the same way, it is also applied for the phase enthalpies h_g' and h_f' , associated with the mass transfer to the wall interface. To see more details about the mathematic model and closure relations, the work of Ramson et al.,(2001) can be revised.

Appendix B. Natan et al. (2003) mathematical model

Natan et al. (2003) based its hydrodynamic model on the two-fluid model proposed by Taitel & Barnea (1989). This model was originally developed for slug flow in an inclined pipe.

➤ Mass equation

$$u_{LS} = u_L R_s + u_t (1 - R_s) \frac{l_f}{l_u} - \frac{u_t}{l_u} \int_0^{l_f} \alpha_f dx \tag{B.1}$$

Where, l_u is the length of a slug unit (Taitel & Barnea, 1989), l_f is the length of the film zone, u_{LS} is the liquid superficial velocity, R_f and R_s are the local cross sectional holdup in the liquid film zone and the liquid slug zone, u_t is the translational velocity at the elongated bubbles propagate downstream and α_f is the liquid fraction in the film zone.

➤ Momentum equation

$$\rho_k v_k \frac{\partial v_k}{\partial x} = - \frac{\partial P}{\partial x} + \rho_k g \sin \beta + \frac{\tau_k S_k}{A_k} - \frac{\tau_i S_i}{A_k} - \rho_k g \cos \beta \frac{\partial h_f}{\partial x} \tag{B.2}$$

Where, subscripts k and i denote the phase and the interface, being f for liquid and g for gas, ρ is density, v is relative velocity, P is pressure, g is acceleration due to gravity, β is inclination angle, A is cross sectional area, τ is shear stress, S is wetted perimeter and h_f is liquid level.

➤ Energy equation

Natan et al. (2003) proposed an energy balance between the total heat that goes into the absorber pipe (pipe where the flow is evaporated) and the heat loss to the surrounding. It is expressed as:

$$Q_{im} = U (T_{s,i,k+1} - T_{i,k+1}) + U_\alpha (T_{s,i,k+1} - T_\infty) \tag{B.3}$$

Where, Q_{im} is the total inlet heat flow to the absorber pipe, U and U_α are the heat transfer coefficients to the fluid and surroundings, respectively. T_i , T_s and T_α are the internal fluid temperature, the absorber pipe superficial temperature and the surrounding temperature.

References

1. P. S. Anderson, P. Astrup, L. Eget, & O. Rathman. Sun Valley, 1977.
2. L. A. Bromley. *Chemical Engineering Progress*, 1950, 46, 221-227.
3. A. P. Colburn, & O. A. Hougen. *Industrial and Engineering Chemistry*. 1934, 26, 1178-1182.
4. J. C. Chen. 1966, 5, 322-327.
5. J. C. Chen, R. K. Sundaram, & F. T. Ozkaynak. 1977, NUREG-0237.
6. S. W. Churchill, & H. H. S. Chu. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1975, 18, 1323-1329.
7. F. W. Dittus, & L. M. K. Boelter. [*Publications in Engineering*]. 1930, 443-461.
8. W. M. Kays. *American Society of Mechanical Engineers*. 1955, 77, 1265-1274.
9. R. Lahey, & D. Drew. 1989.
10. W. H. McAdams. *Heat Transmission*. McGraw-Hill, New York, 1954.
11. M. Muller. *Solar energy Materials*. 1991, 24, 222-230.
12. S. Natan, D. Barnea, & Y. Taitel. *International Journal of Multiphase Flow*. 2003, 29 (11), 1669-1683.
13. W. Nusselt. Ver. deutsch. 1916, Ing.60.
14. S. D. Odeh, M. Behnia, & G. L. Morrison. *Asme journal solar energy engineering*. 2000, 122, 14-22.
15. S. D. Odeh, G. L. Morrison, & B. M. *Solar energy Materials*. 1998, 16 (6), 395-406.
16. J. D. Pye, G. L. Morrison, D. R. Mills, P. L. Lievre, & M. Behnia. School of mechanical and manufacturing, university of new south Wales. 2006, NSW,2052.
17. V. H. Ramson, J. A. Trapp, & R. J. Wagner. 2001.
18. M. M. Shah. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1979, 22, 547-556.
19. K. H. Sun, J. M. Gonzales-Santolo, & C. L. Tien. *Heat Transfer*. 1976, 414-420.
20. Y. Taitel, & D. Barnea. *Chemical Engineering Science*. 1989, 45(5), 1199-1206.
21. Y. Taitel, & D. Barnea. *International Journal of Multiphase Flow*. 2011, 37, 469-474.
22. D. J. Zigrang, & N. D. Sylvester. *Journal Energy Resources Technology*. 1985, 107, 280-283.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR PID PARA UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN UNA BARRA METÁLICA MEDIANTE UNA CELDA PELTIER

A. J. Martínez Mata¹, J. E. Arreola Chacón ¹, J. E. Ruiz Ramírez ¹, O. C. Benítez Centeno¹ y R. Silva Martínez¹

¹*Instituto Tecnológico de Zacatepec, Departamento de Metal Mecánica, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec Morelos, C.P.62780, arjamata@ieee.org, jevach6@hotmail.com, jose_err@hotmail.com, omarcbc@hotmail.com, silvamtzr@hotmail.com.*

Área de participación: Energética

Resumen – En este trabajo se presenta la implementación práctica de un controlador *Proporcional Integral y Derivativo* (PID) en un sistema de tipo térmico. Donde se controla la temperatura de una barra metálica de Aluminio mediante una celda Peltier. La temperatura se modifica aplicando un voltaje promedio variable mediante la técnica Modulación de Anchura de Pulso (PWM, por sus siglas en inglés) a la celda, con un convertidor tipo Troceador (Chopper). El algoritmo de control fue implementado en la Tarjeta de Adquisición de Datos Arduino UNO[®] manipulada por programación.

Introducción

Diversas actividades socioeconómicas y de salud no pueden prescindir de la refrigeración y climatización. Por lo cual se utilizan refrigerantes en un ciclo termodinámico. En la elaboración de diferentes equipos de refrigeración hay que tener en cuenta que la refrigeración por métodos termoeléctricos (uso de Celdas Peltier) podría sustituir en bastantes casos a los sistemas de refrigeración actuales, eliminando así el uso de los clorofluorocarburos (CFC), gases contaminantes, que dañan la capa de ozono. Además, la refrigeración termoeléctrica posee diversas ventajas, entre las que se pueden destacar [1]:

- Producción de frío y calor indistintamente con solo invertir la polaridad de la tensión aplicada a la celda.
- Ser totalmente silenciosas, así como no producir vibraciones.
- Fácil variación de la potencia refrigerante, actuando sobre la tensión de alimentación.
- No necesitan mantenimiento.
- No posee elementos móviles.
- Puede funcionar en cualquier posición.

En función de las características de la refrigeración termoeléctrica expuestas, el campo de estudio y aplicación de ésta es muy amplio. Es posible el estudio de aplicaciones concretas tales como: refrigeración de cuadros eléctricos y refrigeración de frigoríficos portátiles.

El efecto termoeléctrico, puede aplicarse en medicina, sistemas de refrigeración de aire acondicionado para habitáculos reducidos, entre otras aplicaciones de poco volumen o aplicaciones puntuales.

Si bien el efecto Peltier es conocido desde 1834, su aplicación práctica necesitó del desarrollo de los semiconductores, pues éstos resultan ser buenos conductores de la electricidad pero pobres conductores del calor. La circulación de una corriente eléctrica a través de dos materiales semiconductores con diferente densidad de electrones libres, produce liberación o absorción de energía. La transferencia de energía tiene lugar en forma de flujo calorífico entre las dos caras de los semiconductores (Figura 1).

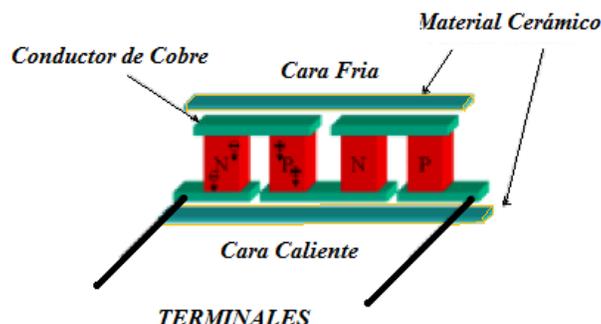


Figura 1. Representación de una Celda peltier elaborada con semiconductores Tipo P y Tipo N

El efecto Peltier se caracteriza por la aparición de una diferencia de temperaturas entre las dos caras de un semiconductor cuando por él circula una corriente. Una celda Peltier está conformada por dos materiales semiconductores uno tipo P y otro tipo N en un arreglo como el mostrado en la Figura 2, produciéndose internamente el así llamado efecto termoeléctrico de Peltier.



Figura 2.- Celda Peltier

El principal objetivo de este proyecto es el control de la temperatura en una barra metálica de *Aluminio* o de cualquier otro material metálico que tenga buenas características de conducción de calor usando una celda Peltier. En primer lugar se describe la manera de controlar el voltaje de la celda Peltier y los cuidados que se deben tener al usarla. Posteriormente se caracteriza la celda para obtener la

respuesta del sistema en lazo abierto. En seguida se procede a capturar los datos obtenidos experimentalmente e identificar su correspondiente función de transferencia. Posteriormente se calculan los parámetros del controlador PID (k_p , k_i y k_d). Finalmente se presentan los resultados obtenidos.

Efecto Peltier

En las células Peltier aparecerán dos efectos irreversibles: Efecto Joule y Efecto Fourier.

El primero consiste en un flujo de calor transversal que aparece al circular una intensidad de corriente eléctrica (I), por un conductor de resistencia eléctrica (R), de valor (Ecuación 1)

$$q_J = I^2 R \quad (1)$$

El segundo efecto da lugar a un flujo de calor longitudinal (Figura 3) que aparece en un conductor térmico de conductividad térmica K en presencia de un gradiente de temperaturas ∇T de valor (Ecuación 3):

$$q_F = \frac{K}{L} A_x \nabla T \quad (2)$$

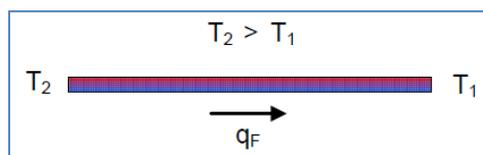


Figura 3. Esquema del efecto Fourier

Un módulo termoeléctrico comercial consta de tres elementos principales:

- Termoelementos.
- Puentes eléctricos.
- Placas cerámicas u otros materiales que sean a la vez buenos aislantes eléctricos y buenos conductores térmicos.

En un módulo termoeléctrico hay cuatro variables que definen el comportamiento del mismo, que son:

- 1) ΔT : La diferencia entre la temperatura del lado caliente y la temperatura del lado frío del módulo. $\Delta T = T_{caliente} - T_{frío}$.
- 2) Q_c : la potencia frigorífica bombeada por el dispositivo termoeléctrico.
- 3) I : La corriente que alimenta al módulo termoeléctrico.
- 4) V : El voltaje aplicado a la celda.

Propuesta
Celda Peltier TEC-12706

La celda Peltier utilizada es la TEC-12706 de 60W (Figura 4). Las especificaciones se muestran en la Tabla I. Se empleo esta celda por su fácil adquisición y bajo costo. En la Figura 5 se presenta la manera de conectar la celda Peltier a la Placa o Barra de prueba.

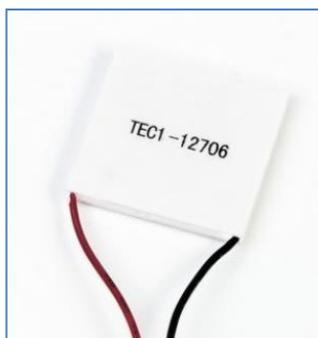


Figura 4. Celda Peltier TEC1-12706

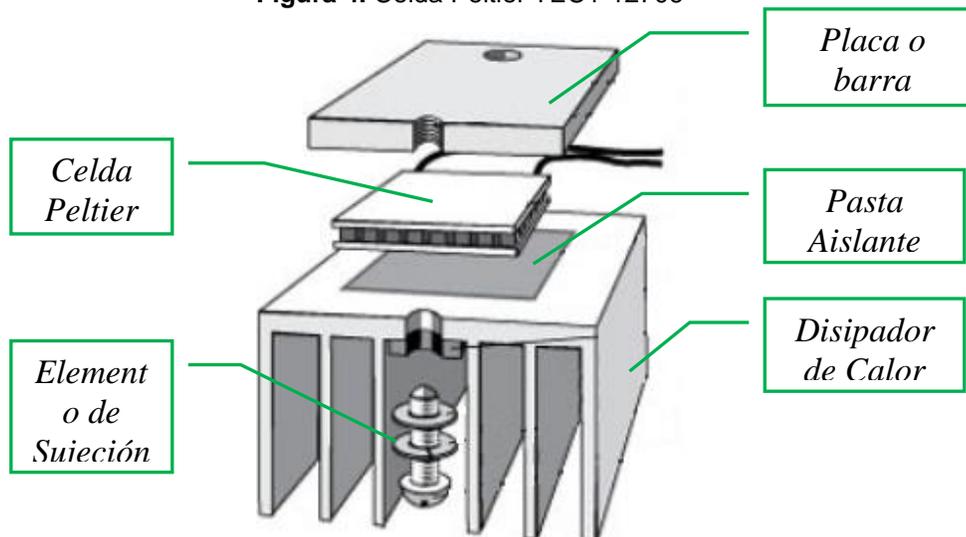


Figura 5. Celda peltier con disipador de calor, para el lado caliente.

Tabla I. Especificaciones de la celda TEC-12706

PARÁMETRO	RANGOS	
Temperatura en el Lado caliente (°C)	25	50
Q_{max} (W)	50	57
ΔT T_{max} (°C)	66	75
I_{max} (A)	6.4	6.4
V_{max} (v)	14.4	16.4
Resistencia Equivalente (Ω)	1.98	2.3

Control de la potencia para la Celda Peltier

De acuerdo con [2] una celda peltier puede ser controlada con la técnica Modulación de Ancho de Pulso (PWM). Esta técnica ofrece una aceptable eficiencia. Se busca variar el voltaje promedio aplicado a la celda $E_a(t)$ (Ecuación 3). La Figura 6 muestra un esquema de control simplificado. La señal del PWM y la adquisición de la temperatura en la placa o barra metálica, será tarea de un microcontrolador ARDUINO UNO. Se ha seleccionado este dispositivo por su facilidad para implementarse y su bajo costo [3].

$$E_a(t) = \int_0^T v(t) dt = DV_{in} \tag{3}$$

Donde: $E_a(t)$ es el voltaje promedio en la armadura del ventilador y D es el ciclo de trabajo del PWM.

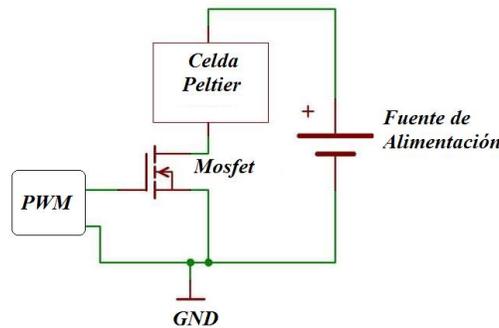


Figura 6. Esquemático simplificado para el control de la celda

Diagrama de control

La figura 7 muestra el diagrama esquemático, tomando como referencia las terminales de la Tarjeta Arduino UNO. La terminal analógica será la “A0” y la terminal digital será la “D3”. La terminal digital deber ser de tipo PWM para permitir la modulación de anchura de pulso, ésta a su vez se envía al optoacoplador 4N35 mediante una resistencia R_1 para limitar la corriente del foto LED del optoacoplador. La salida del optoacoplador se envía a un par de transistores (Q_1 y Q_2) en configuración *Totem Pole*. Dicha configuración es ampliamente utilizada en electrónica para “encender” (ON) y para “apagar” (OFF) al Mosfet (M_1). La configuración *Totem Pole* tiene la ventaja que descarga perfectamente la capacitancia parásita del Mosfet lo que permite que éste se apague correctamente. El Mosfet se conecta en serie con las terminales de la Celda Peltier [4].

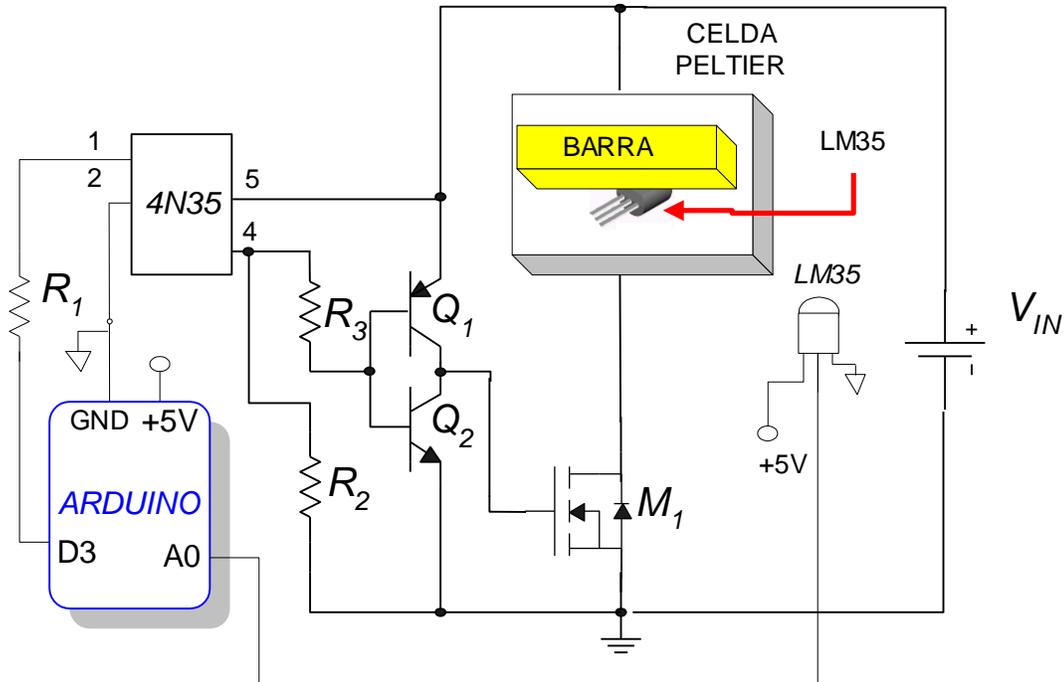


Figura 7. Diagrama esquemático del control de temperatura

El sensor de temperatura es el sensor LM35, este sensor entrega un voltaje de 10mV/°C. Se utiliza este sensor porque es de fácil adquisición y es ideal para fines didácticos, pero se deja la alternativa para, en el futuro, usar otros sensores. La manera de convertir el voltaje a grados centígrados es utilizando la Ecuación (4):

$$^{\circ}C = 100V_{sensor} \quad (4)$$

Donde: V_{sensor} es el voltaje medido por el LM35.

Sección Experimental

Prototipo de Prueba

El prototipo se muestra en la Figura 8 junto con todos los componentes descritos en la Sección III. A saber: A) ventilador de 12V, B) Celda Peltier, C) Disipador de Calor, D) Barra metálica de prueba y F) Sensor de temperatura. En la Figura 9 se muestra el código del programa para el control en Lazo Abierto. El programa fue elaborado en Simulink. Para la comunicación se empleó el COM 3 (puerto serie virtual). A una velocidad de 9600 Baudios.

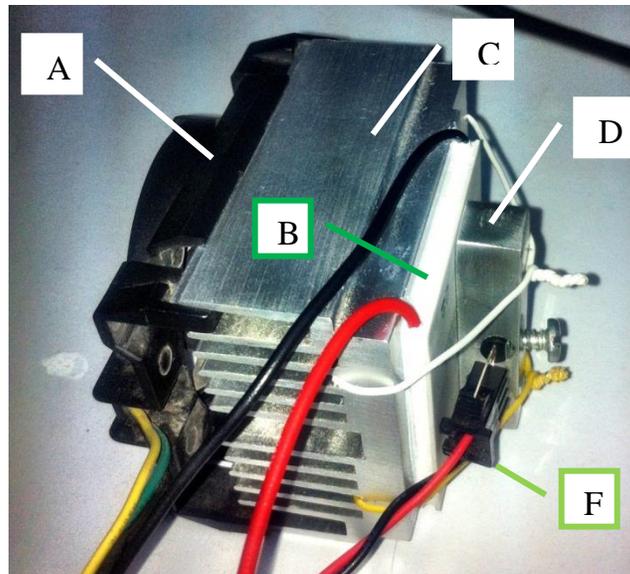


Figura 8. Prototipo experimental

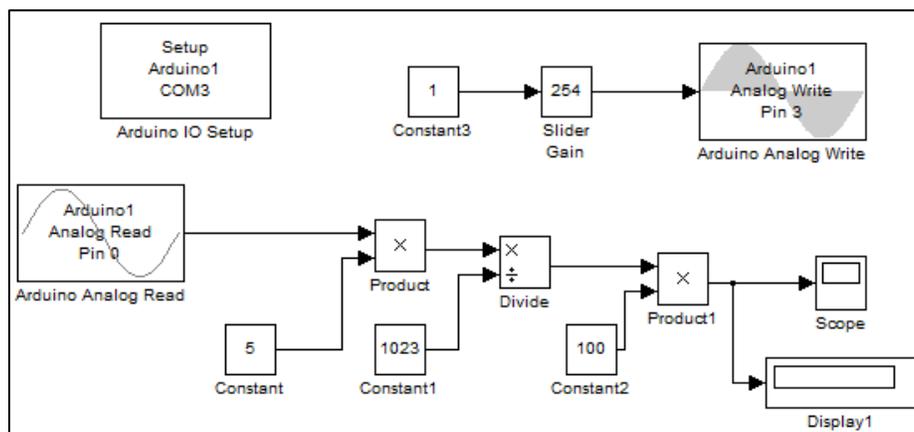


Figura 9. Software de control en Lazo Abierto. Para enviar una señal PWM y para adquirir una señal analógica

Obtención de la Función de Transferencia de la Planta

Para conocer la respuesta del sistema se aplica una señal escalón y se mide la variable de interés (Temperatura). Se aplicara un 5% del ciclo de trabajo (D) y después de un determinado tiempo se aplica el 100% (respuesta al escalón). En ambos casos se medirá la temperatura después de cierto lapso de tiempo. Los valores correspondientes al ciclo de trabajo y la temperatura del recinto son: $D_{min}=5\%$ y $T_{\sigma}=30^{\circ}C$ (Temperatura Ambiente) ; $D_{max}=100\%$ y $T_f=5^{\circ}C$. Una vez caracterizada la parte del ciclo de trabajo (señal de control) y la temperatura (señal de salida) se selecciona un modelo que represente al sistema $G_0(s)$. Una ecuación que describe la mayoría de los sistemas en general es la mostrada en la Ecuación (5). En B. Levărdă , et-al [5] se describe un método para encontrar los parámetros de (5).

$$G_0(s) = \frac{k_0 e^{-s\tau_0}}{\gamma_0 s + 1}; \quad \gamma_0 > 0 \tag{5}$$

Donde: k_0 es la ganancia del proceso en estado estacionario, γ_0 es la diferencia del tiempo en que la señal es estable y la señal de inicio, τ_0 [s] es el tiempo que transcurre la señal del tiempo de retardo hasta el inicio. Con excepción de τ_0 las demás variables son adimensionales. El signo negativo representa el retardo.

A continuación se explica la metodología para obtener los valores de ecuación 5. Para mayor fiabilidad se utilizó un osciloscopio Tektronix TDS 210, y se guardaron los datos en una matriz de 2 x n. Para eventualmente cargar el archivo en el software llamado *Ident*, que permitirá identificar el modelo. El tiempo de muestreo es de 0.2 segundos.

Paso 1: Mandar una señal con una ciclo de trabajo bajo y mantenerlo así hasta que se haga estable (prueba en lazo abierto), el ciclo de trabajo debe ser el mínimo, en este caso del 5%.

Paso 2: Súbitamente se aplica un señal PWM, al 50% y se conserva así durante un intervalo de tiempo de aproximadamente 2 minutos. Según sea el caso y el tipo de planta que se desee controlar.

Paso 3: Finalmente aplicar un escalón del 100% del ciclo de trabajo y se mantiene así durante otros 2 minutos, hasta que el sistema sea estable.

Posteriormente se utilizó la herramienta *Identification Toolbox* para determinar los parámetros k_0 , γ_0 , y τ_0 . El algoritmo seleccionado fue el método de Levenberg Marquardt [8].

En la Tabla II se muestran los parámetros obtenidos, y corresponden a la ecuación (5).

Tabla II. Parámetros de la Ecuación (1)

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO
k_0	-8.809X10 ⁹
γ_0	1.062x10 ¹²
τ_0	6

Con los parámetros de la Tabla II se obtiene la Ecuación (6) que describe función de transferencia del sistema.

$$G_0(s) = \frac{-8.809x10^9 e^{-6s}}{1.062x10^{12} s + 1} \tag{6}$$

A. Cálculo de los parámetros del controlador PID.

La función de transferencia de un controlador PID se presenta en la ecuación (7). Y en la Figura 10 se presenta el diagrama a bloques del sistema completo.

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \tag{7}$$

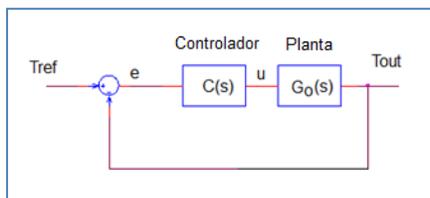


Figura 10. Diagrama de bloques del sistema en lazo cerrado

Existen diferentes métodos para calcular los parámetros del controlador PID [6]. Sin embargo para simplificar el procedimiento se empleó la herramienta *pidtool* de la librería Control System Toolbox. Obteniendo así los siguientes valores $K_p = 9.5844$, $K_i = 0.035191$ y $K_d = 0$. Estos valores se configuran en el controlador realizado en Simulink del sistema completo (Ver Figura 11).

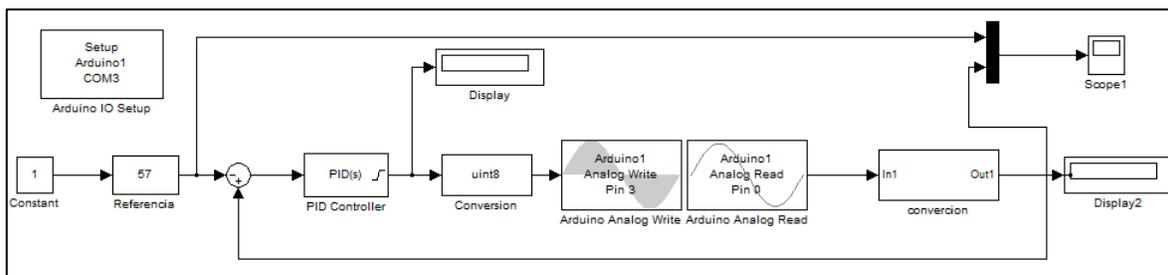


Figura 11. Programa para el control de Temperatura en lazo Cerrado

Resultados y Discusión

Para verificar el funcionamiento del controlador se hicieron varios experimentos y algunos cambios en la señal de referencia y se agregaron perturbaciones. Las Figuras 12 y 13 muestran el comportamiento de la señal de la temperatura medida en la barra (*Salida*) y la señal de referencia (*Setpoint*), ambas señales están graficadas en función del tiempo. La Figura 12 muestra el resultado de una de las pruebas, donde cambió la temperatura entre 20°C, 12°C y 5°.

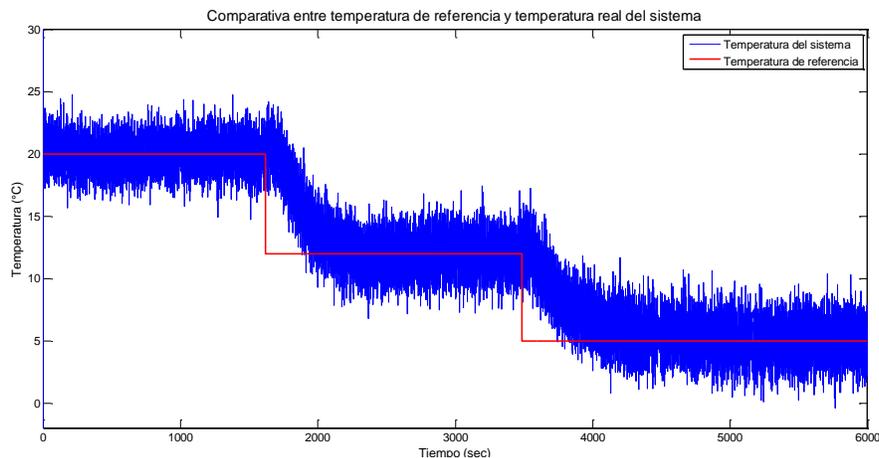


Figura 12. Respuesta del sistema a cambios de referencia de enfriamiento

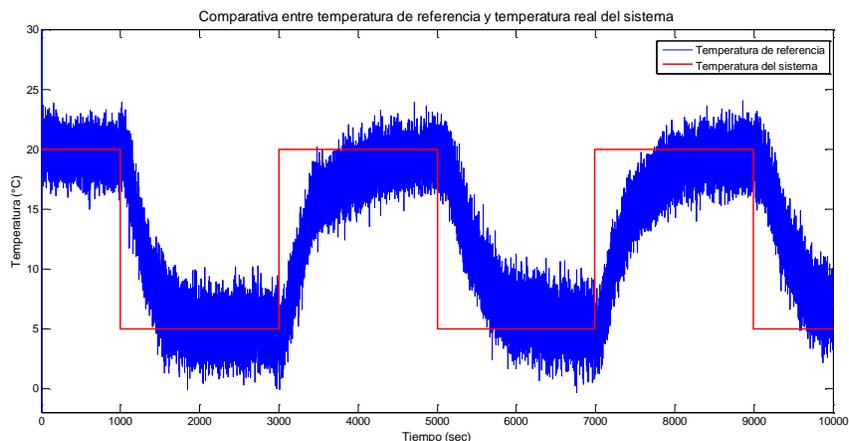


Figura 13. Respuesta del sistema a cambios de referencia mixtos entre 20°C y 5°C..

Conclusiones

En este trabajo se presenta una estrategia de control digital para una celda Peltier. El algoritmo de control fue implementado en un programa de cómputo comercial y la interface de control se realizó con el microcontrolador ARDUINO UNO vía puerto USB. Los resultados experimentales obtenidos permiten decir que el control funcionó adecuadamente al disminuir la temperatura hasta 5°C de una barra metálica de Aluminio. Por ello se piensa que es factible emplear este tipo de elementos como una forma alternativa en aplicaciones relacionadas con la refrigeración, sobre todo aquellas que requieren de portabilidad o un enfriamiento de tipo puntual. Además se comprobó que el controlador PID es apropiado para esta aplicación.

Referencias

1. ALAOUI, 2011, "**Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation**", International Journal of Engineering (IJE), Volume 5 , Issue 1, pp. 114.
2. ARTURO P. SANDOVAL G., ENRIQUE ESPINOSA J., JORGE L. BARAHONA A., 2009, "**Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor**", Seminario de Investigación, Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Tecnológica de la Mixteca.
3. SARIK, J.; KYMISSIS, I., 2010, "**Lab kits using the Arduino prototyping platform**", IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. T3C-1- T3C-5.
4. ARTURO J. M. MATA, EFRAÍN R. RAMÍREZ, OMAR C. B. CENTENO, RIGOBERTO SILVA M., RENÉ O. SÁNCHEZ, 2012, "**Implementación de un Sistema de Control de Temperatura PID para Fines Didácticos con la Tarjeta Arduino**", NOUSITZ : Revista de Investigación Científica y Tecnológica, No. 52, Septiembre, Pag. 40.
5. LEVĂRDĂ, C. BUDACIU, 2010, "**The Design of Temperature Control System using PIC18F46201**", Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Romania, DIN IASI, Tome LVI (LX) Fasc. 4, Automatic Control and Computer Science Section, PP. 203-214 [9] K. Ogata. Modern control engineering. Pearson, 2009.
6. BOLAT, E.D.; ERKAN, K.; POSTALCIOGLU, S., 2005 , "**Experimental Autotuning PID Control of Temperature Using Microcontroller**", The International Conference on Computer as a Too,. EUROCON, pp 266-269
7. MUHAMMAD H. RASHID, 2001, "**Power Electronics Handbook**". Academic Press.
8. ARDUINO OFFICIAL SITE. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.

ESTUDIO TEÓRICO DEL ARRASTRE DE RECORTES DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS.

G. A. Sánchez Lozano¹, O. Cazarez Candia², O. C. Benítez Centeno³.

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, C.P.62780, Zacatepec, Morelos, México -guillermo.asl89@gmail.com.²; Instituto Mexicano del Petróleo - ocazarez@imp.com.mx, Eje Central Lázaro Cárdenas, Col. San Bartolo Atepehuacan, México; ³Instituto Tecnológico de Zacatepec -omarcbc@gmail.com

Área de participación: Termofluidos.

Resumen- En este trabajo se plantearon dos modelos matemáticos es estado permanente que predicen las principales características de lechos de recortes que se generan durante la perforación de pozos petroleros en tuberías horizontales. Los modelos se resolvieron utilizando el compilador Fortran. Los modelos permiten predecir la altura y velocidad del lecho, velocidad crítica, y caída de presión, y se validaron con datos reportados en la literatura. Se encontró que conforme la velocidad de la mezcla, formada por líquido y recortes, es mayor la altura del lecho es menor y su velocidad es mayor. La velocidad de la mezcla puede causar cambios importantes en la caída de presión.

Introducción

Durante la perforación de pozos petroleros se inyecta lodo de perforación a través de la tubería de perforación, el cual tiene dos funciones: 1) lubricar y enfriar la barrena y 2) transportar los recortes.

En la perforación de secciones horizontales, los recortes se acumulan en el fondo de la sección. Los lechos pueden atascar la barrena, e incluso pueden atraparla. Se pueden perder la barrena y el pozo, generando grandes pérdidas económicas.

En este trabajo se planteó un modelo matemático mecánico que predice la formación de lechos que se generan durante la perforación de pozos petroleros en tuberías horizontales. El modelo se resolvió utilizando el compilador fortran, y se validó con datos reportados en la literatura. La predicción permite tomar decisiones de operación para evitar que los lechos se formen y evitar que las barrenas empleadas se atasquen (Figura 1), evitando que surjan grandes pérdidas económicas.

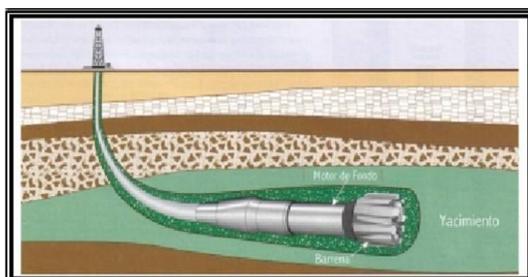


Figura 1. Esquema de perforación horizontal de un pozo petrolero.

Metodología y Fundamento Teórico

Supóngase el flujo de una mezcla de dos fases sólido-líquido (comúnmente este tipo de flujo es denominado *slurry*) en una tubería horizontal. Si el caudal de *slurry* es suficientemente alto, todas las partículas se suspenderán. Si el flujo es reducido, las partículas sólidas cuya densidad es más alta que la del líquido arrastrado, tienden a situarse y aglomerarse en el fondo de la tubería, formando un depósito móvil, encima del cual fluye una mezcla heterogénea. Este comportamiento lleva al modelo de dos capas de Doron *et. al* (1987). Disminuyendo aún más el flujo, la altura del depósito en movimiento incrementa mientras su velocidad promedio se reduce.

De observaciones en laboratorio, el flujo de mezclas líquido-sólido a bajos caudales indica que el estrato superior se mueve y que la capa inferior puede estar estática. De este modo es razonable que a bajas velocidades las partículas del fondo se atasque y no pueda ser arrastrado por el lecho. Esto conduce a la descripción del flujo para el modelo de tres capas. La altura de la capa estacionaria es tal que la velocidad de la capa en movimiento que está encima de ella es el valor mínimo requerido para el movimiento de las partículas (esto es la velocidad mínima que causa el movimiento de las partículas estancadas). La porción superior de la tubería es ocupada por una mezcla heterogénea. La figura 2 muestra el modelo físico planteado.

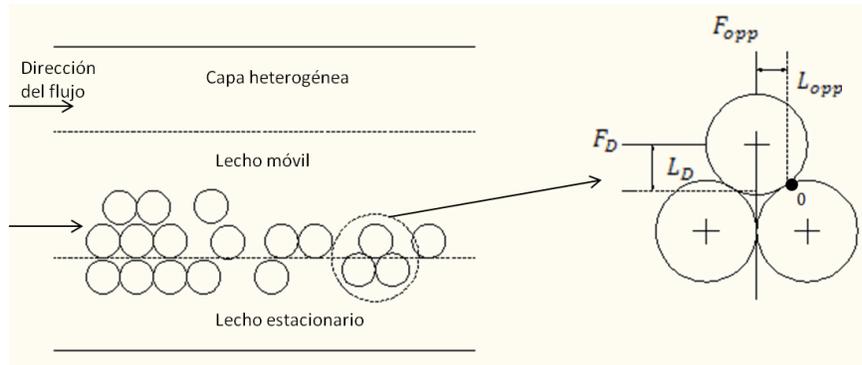


Figura 2. Fuerzas en una partícula en el estrato superior del lecho estacionario.

El modelo planteado por el presente trabajo está gobernado principalmente por seis ecuaciones siguientes más un conjunto de 41 ecuaciones que están implícitas dentro de éstas mismas. Las principales ecuaciones que componen dicho modelo se explican a mayor detalle en el anexo A.

$$U_h C_h A_h + U_{mb} C_{mb} A_{mb} = U_s C_s A \quad [1]$$

$$U_h (1 - C_h) A_h + U_{mb} (1 - C_{mb}) A_{mb} = U_s (1 - C_s) A \quad [2]$$

$$A_h \frac{dP}{dx} = -\tau_h S_h - \tau_{hmb} S_{hmb} \quad [3]$$

$$A_{mb} \frac{dP}{dx} = -F_{mbsb} - \tau_{mbsb} S_{mbsb} - F_{mb} - \tau_{mb} S_{mb} + \tau_{hmb} S_{hmb} \quad [4]$$

$$U_{bc} = \sqrt{\frac{0.779(\rho_S - \rho_L) g d_p [C_{mb} \frac{y_{mb}}{d_p} + (1 - C_{mb})]}{\rho_L C_D}} \quad [5]$$

$$\frac{C_h}{C_{mb}} = \frac{2(\frac{D}{2})^2}{A_h} \int_{\theta_{mb} + \theta_{sb}}^{\pi/2} \exp\left\{\frac{wD}{2\epsilon} [\text{sen}y - \text{sen}(y_{mb} + y_{sb})]\right\} \cos^2 \gamma dy \quad [6]$$

Modo de solución.

Empezaremos la solución del modelo de ecuaciones, asumiendo primero que existe un patrón de flujo de tres capas existe. En este caso, las seis ecuaciones anteriores son resueltas.

Sumando [A-1] y [A-2] y reorganizando los términos resulta:

$$U_h = U_s \frac{A}{A_h} - U_{mb} \frac{A_{mb}}{A_h} \quad [7]$$

Sustituyendo U_h en [A-9]:

$$U_s C_h A + U_{mb} C_h A_{mb} + U_{mb} C_{mb} A_{mb} = U_s C_s A \quad [8]$$

Y

$$C_h = \frac{U_s C_s A - U_{mb} C_{mb} A_{mb}}{U_s A - U_{mb} A_{mb}} \quad [9]$$

Todos los términos en la mano derecha de [7] y [9] pueden ser expresados en términos de las variables y_{mb} , y_{sb} y U_{mb} (además de las condiciones de operación). Eliminando el gradiente de presión de las ecuaciones [3] y [4] e igualando se obtiene:

$$\frac{\tau_h S_h + \tau_{hmb} S_{hmb}}{A_h} = \frac{F_{mbsb} + \tau_{mbsb} S_{mbsb} + F_{mb} + \tau_{mb} S_{mb} - \tau_{hmb} S_{hmb}}{A_{mb}} \quad [10]$$

Todos las variables en [7] y [9] pueden ser expresados también en términos de y_{mb} , y_{sb} y U_{mb} .

Así, el juego de ecuaciones a resolver consiste en [5], [A-8] y [10], con y_{mb} , y_{sb} y U_{mb} . Las tres ecuaciones antes mencionadas son resueltas de forma simultáneamente a través de un método numérico, en este caso mediante el método de solución de sistemas de ecuaciones no lineales de Newton. En orden para la solución. La solución físicamente apropiada resulta en valores positivos de las alturas de lechos y_{mb} , y_{sb} y su suma no debe exceder el diámetro de la

tubería. El valor el cual es obtenido para U_{mb} de la ecuación [5], siempre es menor que la velocidad obtenida del lecho en movimiento para el modelo de dos capas para las mismas condiciones de operación. De no haber sido el caso, la altura del lecho fijo asumiría un valor negativo.

Dadas cualesquiera las condiciones de operación, para la cual un lecho estacionario exista, las características pueden ser encontradas por el modelo de tres capas: la altura del lecho en movimiento y_{mb} , y el lecho estacionario y_{sb} , y la velocidad promedio de el lecho en movimiento U_{mb} , son encontradas por resolver el juego de tres ecuaciones [5], [8-A] y [10], La velocidad de la capa heterogénea superior, U_h , es encontrado de [34], y su concentración promedio, C_h , es encontrado de [9]. El gradiente de presión, dP/dx , es encontrado mediante [3-A]. Cuando el lecho estacionario desaparece ($y_{sb} = 0$), la solución no se puede obtener mediante [5], [A-8] y [10], las cuales no satisfacen las restricciones físicas y el flujo consiste de dos capas solamente. En este caso [5] se convierte en irrelevante, debió a que solo determina el límite menor en U_{mb} , pero no puede ser usada para encontrar su actual valor. El modelo ahora se reduce a solo cinco ecuaciones para el modelo de dos capas (Doron *et al.* 1987): [1]- [3] y [A-8] permanecen sin cambios, mientras que [4] se reduce a:

$$A_{mb} \frac{dP}{dx} = -F_{mb} - \tau_{mb}S_{mb} + \tau_{hmb}S_{hmb} \quad [11]$$

Además, $y_{sb}=0$ es introducido en todas los parámetros geométricos [A-24]-[A-33]. Después de la suma y sustitución de términos en [1] y [2], uno puede expresar la velocidad promedio en las dos capas por promedios de C_h y y_{mb} :

$$U_h = U_S \frac{A}{A_h} \frac{C_s - C_{mb}}{C_h - C_{mb}} \quad [12]$$

$$U_{mb} = U_S \frac{A}{A_{mb}} \frac{C_h - C_s}{C_h - C_{mb}} \quad [13]$$

Eliminando el gradiente de presión de las ecuaciones [3] y [11] e igualando se obtiene:

$$\frac{\tau_h S_h + \tau_{hmb} S_{hmb}}{A_h} = \frac{F_{mb} + \tau_{mb} S_{mb} - \tau_{hmb} S_{hmb}}{A_{mb}} \quad [14]$$

Donde todos los términos son funciones de C_h , la concentración promedio de la capa superior, y y_{mb} , la altura del lecho en movimiento. Por lo tanto las dos ecuaciones [A-8] y [14] son resueltas numéricamente por el método de ecuaciones no lineales de Newton, para C_h y y_{mb} . Las velocidades promedio de las dos capas, U_h y U_{mb} , son encontradas de [12] y [13], respectivamente, y el gradiente de presión, dP/dx , es calculado usando [3].

Posterior a una cuidadosa manipulación de las ecuaciones descritas se obtiene un complejo sistema de ecuaciones el cual se resolvió usando el compilador FORTRAN, Una vez finiquitado el código del modelo, se procedió a un riguroso análisis de sensibilidad numérica, convergencia de valores y comprobación de la fiabilidad de los resultados predichos por el mismo programa.

Resultados y Discusión

La figura 4 muestra el cociente de la altura total de los lechos fijo y móvil, y el diámetro de la tubería (Y/D) respecto a la velocidad de entrada del flujo slurry (velocidad de la mezcla) [Us]. Las líneas sólidas representa Y/D; las líneas punteadas representan la relación de la altura del lecho estacionario y el diámetro de la tubería (ysb/D). los resultados se compararon con el modelo matemático propuesto por Doron *et al.* (1993).

Como es de esperarse, la altura del lecho estático disminuye conforme la velocidad de flujo slurry (Us) es incrementada. Como puede observarse el modelo de Doron *et al.* (1993) es muy similar a la predicción del presente trabajo, lo cual se consideró como una validación del modelo propuesto en este trabajo.

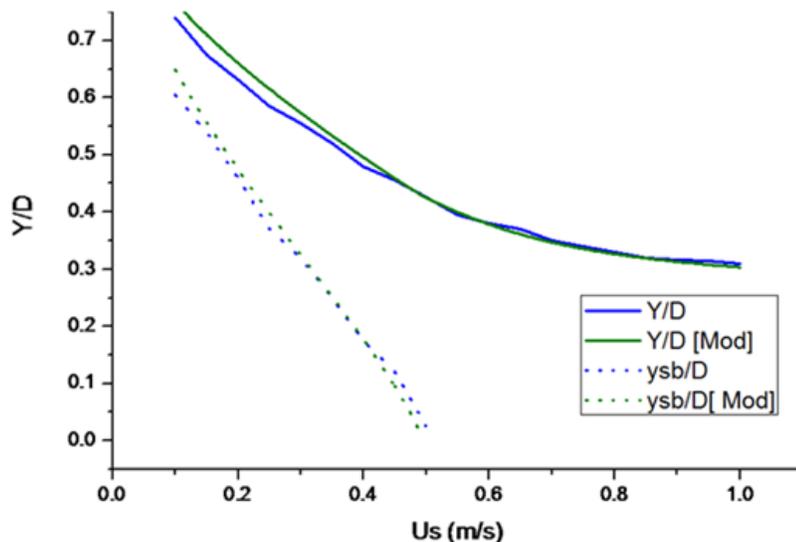


Figura 4. Dependencia de la altura del lecho en la velocidad de mezcla

$\rho_s = 1240 \frac{kg}{m^3}, d_p = 3mm, C_s = 10\%, \eta = 0.4, \tan(\phi) = .35$ (Doron *et al.* 1993) Este trabajo.

La figura 5 muestra que la velocidad del lecho móvil (Umb), es una función del flujo slurry (Us). La velocidad del lecho móvil es determinada principalmente por la altura del lecho móvil. Obsérvese que la predicción de la velocidad del lecho móvil de este trabajo predice de manera muy certera a la obtenida por el modelo de Doron *et al.* (1993).

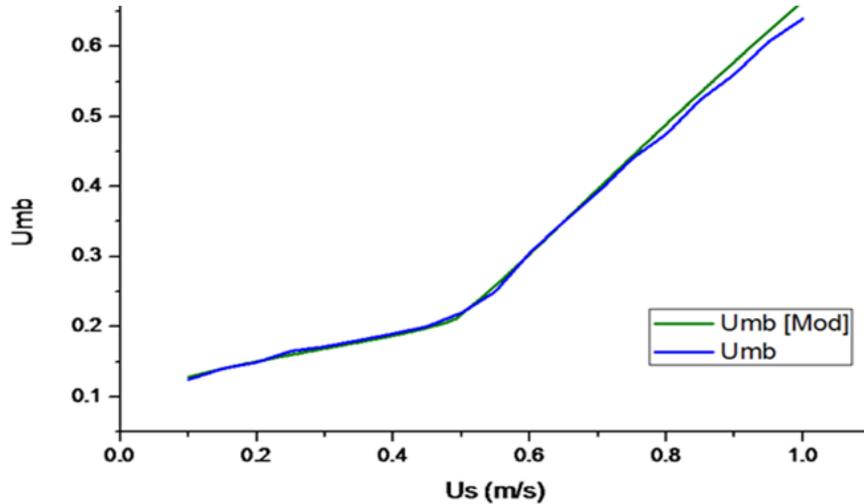


Figura 5. Dependencia de la velocidad del lecho móvil en la velocidad de mezcla
 $\rho_s = 1240 \frac{kg}{m^3}, d_p = 3mm, C_s = 10\%, \eta = 0.4, \tan(\phi) = .35$ (Doron et al. 1993) Este trabajo

La familia de curvas mostrada en la figura 6, representan la predicción del gradiente de presión adimensional (i)(expresado en términos de metros de agua, por metros de tubería) contra la velocidad de mezcla (Us) variando la concentración de entrada de slurry (Cs). A bajos caudales donde un lecho estacionario es predicho, la caída de presión es casi independiente del caudal del slurry. Esto quiere decir que el gradiente de presión varía lentamente mientras exista una capa con lecho estático. Este comportamiento fue observado por Takaoka et al. (1980) para flujo slurry arenoso.

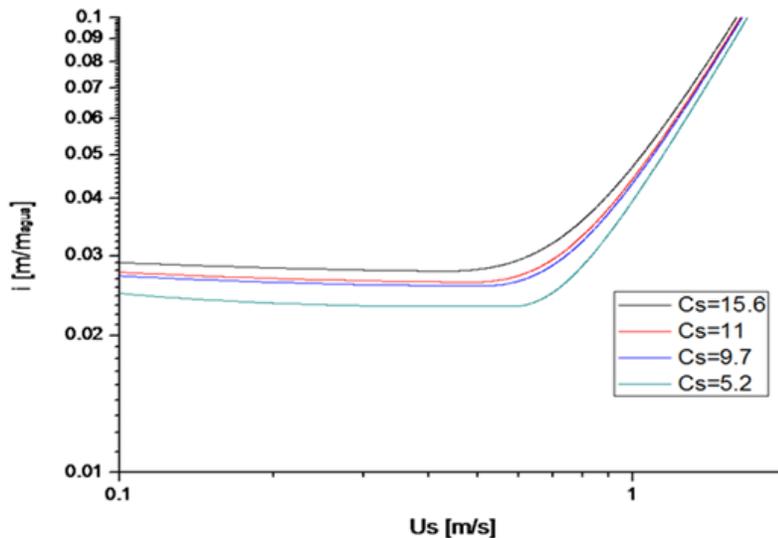


Figura 6. Efecto de la concentración de la mezcla en el gradiente de presión.
 $\rho_s = 1240 \frac{kg}{m^3}, d_p = 3mm, C_s = 10\%, \eta = 0.6, \tan(\phi) = .75$ (Doron et al. 1993) Este trabajo

Conclusiones

El código desarrollado en este trabajo demuestra predecir satisfactoriamente el fenómeno descrito del arrastre de recortes. Se puede utilizar el presente trabajo para predecir las variables que afectan el fenómeno que se presenta en la perforación de pozos petroleros, con la garantía de que arrojará resultados certeros en la predicción de formación de estratos en la región anular de la tubería, para evitar el estancamiento de la barrena durante la perforación de pozos petroleros con secciones horizontales.

Referencias

1. Numerical Methods, Third Edition, Faires & Burden, 488-490.
2. Numerical Methods for Engineers, Fifth edition, Steven C. Chapra & Raymond P. Canale, Mc Graw Hill.
3. P. Doron & Barnea, 1992, Effect of the no-slip assumption on the prediction of solid-liquid flow characteristics, *Int. J. Multiphase Flow*, **18**, 617-622.
4. P. Doron & Barnea, 1987, Slurry flow in horizontal pipes-Experimental and modeling, *Int. J. Multiphase Flow*, **13**, 535-547.
5. P. Doron & Barnea, 1993, A three-layer model for solid-liquid flow in horizontal pipes, *Int. J. Multiphase Flow*, **19**, 1029-1043.
6. Antonio Huerta Cerezuelo, José Sarrate-Ramos, Antonio Rodríguez-Ferran, 1998,
7. Métodos numéricos. Introducción aplicaciones y aplicación.
8. Hans Cristian Muller, Santa Cruz, Programando en Fortran, 2007
9. Victor L. Streeter, Mecánica de Fluidos, Cuarta Edición.
10. Robert W. Fox, Alan T. Macdonald, Introducción a la mecánica de fluidos, Cuarta edición
11. Earl W. Swokowski, Cálculo con Geometría Analítica, Segunda Edición.
12. Richard Bronson, Ecuaciones diferenciales Modernas, Serie Schaum

EVALUACION ENERGETICA DE UNA INCUBADORA PARA AVES, CON ENERGIA SOLAR.

**Del Valle Soberanes B. A.¹, Gamboa Sánchez S.², Gutiérrez Macedo M.²,
Nájera Medina P. R.¹, Reyes Salgado G.¹, Montes Martínez A.¹**

¹ Instituto Tecnológico de Cuautla, Metalmecánica, Sección Mecatronica, Libramiento Cuautla-Oaxaca, Cuautla Morelos. CP 62745, Tel: 01 (777) 35 32203 ext. 219 ²Centro de Investigación en Energía, CIE-UNAM

Área de participación: Termofluidos y Energetica

Resumen- Existe gran necesidad de incubación de huevos entre los pequeños productores, los cuales buscan una solución al conseguir incubadoras de pequeña capacidad a precios muy elevados, con el inconveniente de no contar con respaldos de energía y ni tener dispositivos electrónicos. Por esta razón, el objetivo es incidir en el mercado de incubadoras, diseñando y construyendo incubadoras con controles electrónicos, de pequeña capacidad (60-100 huevos) y modulares para que vayan creciendo con las necesidades del usuario.

Para ello se deben de controlar parámetros que son esenciales para la generación de una atmósfera buena en el sistema. Lograr una temperatura aproximada de 38 °C en la cámara de incubación. La humedad relativa debe ser superior al 50%. Los huevos deben de modificar su posición a lo largo de todo el proceso, por menos los primeros 17 días, con la finalidad de que el plasma no se pegue con el cascarón. Por último se necesita de una buena oxigenación en la cámara de incubación. Todo esto es con la finalidad de garantizar un ambiente óptimo para el proceso de la incubación de los huevos de gallina. Además de contar con una fuente de energía solar para evitar pérdidas en el proceso.

Introducción

Existe en la región una gran necesidad de incubación de huevo a pequeña escala entre un gran número de pequeños productores. Actualmente se pueden conseguir en el mercado incubadoras de pequeña capacidad a precios muy elevados y con el inconveniente de no contar con respaldos de energía, además de no contar con dispositivos electrónicos. Por esta razón, el objetivo de este prototipo es el de incidir en el mercado de incubadoras, diseñando y construyendo incubadoras con controles electrónicos de pequeña capacidad (60-100 huevos), modulares para que vayan creciendo con las necesidades del usuario. El proceso de incubación, bien se realice de modo natural (mediante una gallina clueca) o bien, se haga mecánicamente en incubadoras; requiere del cumplimiento de ciertas condiciones físicas. Entre estas condiciones se encuentran temperatura, humedad relativa, presión, densidad, iluminación y ventilación.

La temperatura que es el factor físico más importante en todo proceso de incubación, se recomienda dentro del rango 37°C - 38°C, dependiendo del tipo de incubadora, humedad relativa del aire y composición del aire, para obtener la más alta incubación [1]. De acuerdo con las indicaciones del Centro de Investigación Agrícola Nacional de Bettsville, Maryland, Estados Unidos, la temperatura mínima en la incubación es de 38.5°C con 60 % de humedad relativa del aire y cuando la

concentración de oxígeno es del 21 %, la del bióxido de carbono contenido en el aire es inferior al 0.5% y el movimiento del aire a través del exterior de los huevos se aplica con una velocidad de 0.13 m/min [2].

La humedad relativa en el interior de la incubadora puede oscilar más que la temperatura sin que repercuta en la incubación de los huevos, pero existe un margen dentro del cual se consiguen mejores resultados. Como se mencionó anteriormente, dentro de la incubadora la humedad relativa óptima es del 60 al 65% para una temperatura de 38°C hasta el dieciochoavo día; un aumento o disminución en estos valores trae como consecuencia el adelanto o retraso en el periodo de incubación, provocando que los pollos nazcan más pequeños. En los dos últimos días la humedad relativa puede alcanzar desde el 70 al 80% [3]. La ventilación es otro de los factores importantes para obtener mejores incubaciones, ya que el bióxido de carbono y otros gases que se generan debido al metabolismo del embrión, deben desalojarse constantemente para mantener un adecuado equilibrio en la interacción de los gases.

Datos experimentales indican que: mil huevos necesitan alrededor de 8.2 metros cúbicos de oxígeno durante los 21 días de incubación y producen aproximadamente 4.3 metros cúbicos de bióxido de carbono; pero el intercambio de gases aumenta conforme se desarrolla el embrión, por lo que se requiere de al menos 12 cambios de aire por hora en la incubadora.

También se ha encontrado que para una incubación óptima, el aire debe contener aproximadamente el 21 % de oxígeno y entre 0.3 a 0.7% de bióxido de carbono. La ventilación es especialmente importante en la última semana del período de incubación, ya que en este tiempo es cuando los embriones consumen grandes cantidades de oxígeno y producen al mismo tiempo igual cantidad de anhídrido carbónico.

El volteo ó cambio de posición del huevo durante la incubación tiene una influencia decisiva sobre la mortalidad del embrión. Las pruebas experimentales indican que volteando los huevos más de ocho veces al día se obtiene un aumento en la eficiencia. El volteo de los huevos es indispensable para conseguir que la cubierta de albumen que rodea la yema se interponga entre ella y la membrana del cascarón, ya que si el huevo permanece en una sola posición por muchos días, puede tener lugar cierto grado de evaporación del agua contenida en las sustancias que conforman el interior del huevo, con lo que la clara puede permitir al punto del germen de la yema, que se adhiera al cascarón y se destruya. Como dato adicional se ha observado que la gallina en el nido, voltea los huevos repetidas ocasiones cada día, cada vuelta hace que la clara espesa o albumen se interponga entre el embrión y la membrana del cascarón. Los valores indicados para cada uno de los factores que influyen durante todo el período de incubación (21 días) se presenta en la tabla 1 [4].

Tabla 1 Valores para los factores que intervienen durante todo el período de incubación (21 días).

Días de incubación	Temperatura (°C)	Humedad relativa	Tiempo de volteo
1 -19	38	60 - 65	cada 4 hrs.
20 -21	38	70 – 80	0

Diseño de la incubadora

Las condiciones y características que se deben satisfacer durante el periodo de incubación completo, son elementos que siempre se deben considerar cuando se propone algún modelo de incubadora.

Al adoptar el método artificial para la incubación se deben tener presente consideraciones, como son:

- La incubadora debe contar con un buen aislamiento térmico para que su temperatura se mantenga constante y uniforme en su interior; además, debe construirse previendo la minimización de gasto de mantenimiento.
- Para que la incubadora funcione eficientemente, debe contar con dispositivos que controlen la temperatura, ventilación y con mecanismos que efectúen el movimiento de los huevos con la periodicidad adecuada.
- El espacio y la altura, la facilidad de limpieza y desinfección, así como la movilidad de la incubadora, son recursos que también deben ser considerados para obtener una mayor eficiencia de la máquina.
- El suministro de energía para el funcionamiento de las incubadoras debe ser constante. Tradicionalmente la energía necesaria se ha obtenido a través de carbón, gas o electricidad. La elección depende de la disponibilidad del recurso en la localidad donde se instala el dispositivo.
- En la mayoría de las incubadoras el recurso energético se logra por medio de corriente eléctrica que se suministra a una resistencia y entonces transferir el calor producido a la cámara donde se colocan las bandejas con los huevos para su incubación.

El sistema de calentamiento, humidificación, movimiento de los recipientes contenedores de los huevos, así como controles especiales del sistema eléctrico y del respaldo energético, se realizaron electrónicamente. Por otra parte, para la incubadora con sistema de aislamiento térmico se llevó a cabo empleando diversos materiales de baja conductividad térmica, pero además de ello, teniendo un costo económico bajo. La caracterización del prototipo de la incubadora se realizó mediante un sistema de adquisición de datos, el cual consta de un DB-525 V4 Handy Log que es una interface de computadora, una computadora. Se hicieron mediciones cada 3 segundos de los 8 sensores de temperatura, 7 adentro de la incubadora para sensar las temperaturas en diferentes posiciones de la misma, tres de ellos en la parte superior (T2,T3,T4), uno en la parte central (T5) el cual se considera el sensor de temperatura media y de control del sistema, los otros tres (T6,T7,T8) en la parte inferior de la incubadora. Mientras que (T1) es

utilizado para sensar la temperatura ambiente a la cual está expuesta la operación de la incubadora.

En el presente diseño de una incubadora fotovoltaica, se han considerado diversos sistemas para garantizar el adecuado funcionamiento de ésta. La cámara de incubación consta de los siguientes sistemas:

- Sistema de movimiento
- Sistema de aislamiento térmico
- Sistema de calentamiento de la cámara.
- Sistema eléctrico
- Sistema de respaldo energético
- Sistema fotovoltaico

Sistema de Movimiento

Es necesario que el huevo sea conservado en la posición correcta durante la incubación y voltearlo regularmente. Los huevos en incubación artificial deben ser colocados con la base (extremo ancho) hacia arriba, ver figura 1. Los huevos no deben voltearse en círculo porque esto provoca la ruptura del saco alantoideo y después la muerte embrionaria. Por lo tanto, los huevos son volteados a una posición de 45° respecto a la vertical.

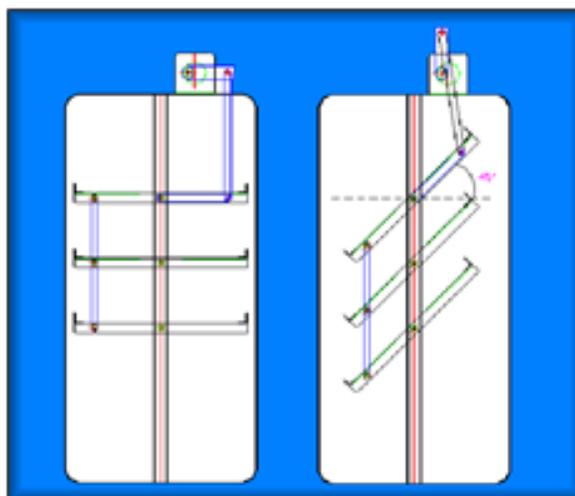


Figura 1. Accionamiento de las charolas a 45°

Sistema de Ventilación

Los principales componentes del aire son: oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (H₂O); en el proceso de incubación es importante el paso libre de éstos a través de los poros del cascarón y sus membranas; el embrión en desarrollo debe tener un aporte constante de oxígeno y eliminar el bióxido de carbono y humedad, figura 2.

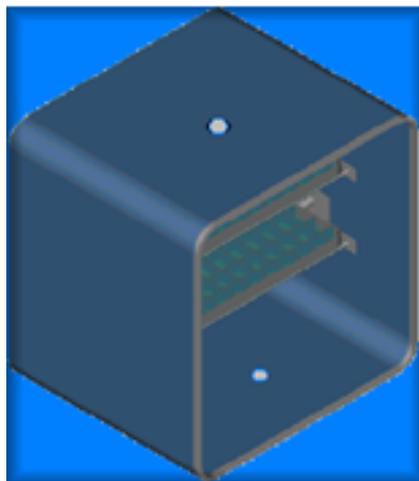


Figura 2. Representación de salida y entrada de aire

Sistema de Humidificación

La humedad relativa abajo del 40 % y arriba del 80 %, hacen decrecer la incubabilidad y ocasionan la producción de pollos más chicos. La alta humedad relativa acelera y la humedad baja retarda el desarrollo del embrión. La humedad relativa se determinó mediante las temperaturas registradas en los termómetros de ampollita húmeda y de ampollita seca. El correspondiente termómetro de ampollita seca registra la temperatura normal conocida en el aire. El termómetro de ampollita húmeda es un termómetro ordinario en el que la ampollita ha sido cubierta con un pabito mojado, ver figura 3. De esta manera cuando el aire es forzado alrededor de la ampollita y el pabito, se presenta un efecto enfriador producido por la evaporación; y entre más se enfríe, más bajara la lectura de la temperatura de la ampollita húmeda.

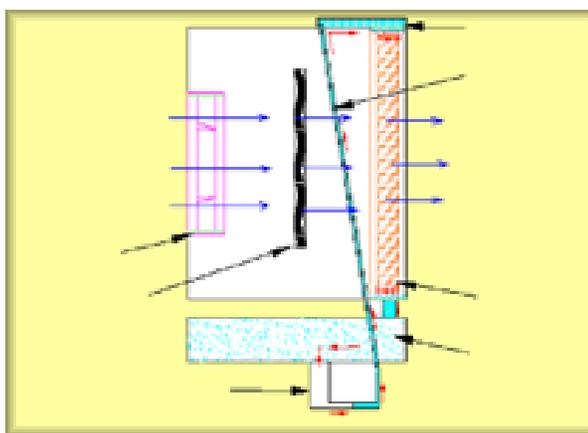


Figura 3. Dispositivos para generar la humedad

Sistema de Calentamiento

El sistema de calentamiento se lleva a cabo mediante una resistencia plana adaptada de tal manera que sobre ésta circule aire impulsado por el ventilador ver figura 2 y se dirija hacia el sistema de humidificación para garantizar así una humedad homogénea dentro de la cámara de incubación.

Análisis de transferencia de calor

Las pérdidas de calor que tendrá la incubadora serán por medio de los fenómenos de conducción, convección y radiación. En la naturaleza no se presentan estos fenómenos en forma aislada, sino que suceden en forma simultánea, es decir que para un cuerpo caliente, sus pérdidas de calor serán por medio de los tres fenómenos citados, los cuales se presentan en forma simultánea. Una placa metálica que tiene expuesta una de sus caras (A) a un ambiente con alta temperatura, y la otra cara (B) expuesta a otro ambiente a una temperatura menor, conducirá el calor en función de su conductividad térmica de la cara A a la cara B. Cuando se alcanza un estado estable del flujo de calor, la cara B tiene una temperatura constante, y el ambiente que rodea la cara B, absorbe el calor por un fenómeno combinado de conducción y de movimiento de masa, lo cual se conoce como "convección". Los fenómenos de conducción y convección siempre se presentan en forma simultánea y se influyen uno sobre otro, en tal forma que solamente uno de ellos es el que rige el flujo total de calor en el sistema, figura 4

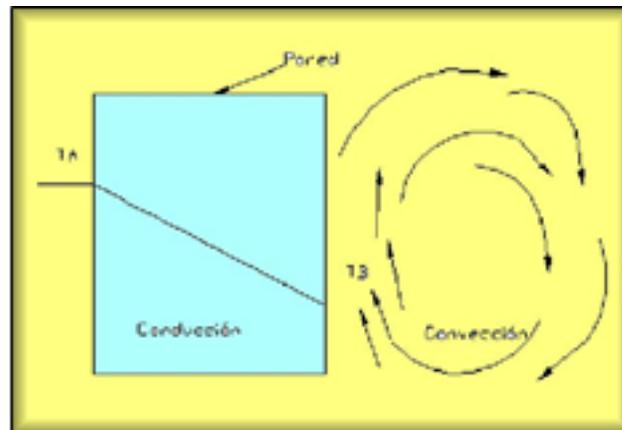


Figura 4. Conducción y convección de calor

Perdidas de calor por efecto de chimenea

Tiro de Chimenea, es el fenómeno que se origina por convección de modo natural, cuando se tiene una diferencia de temperaturas (exterior e interior), da como resultado un flujo de aire que corre del tubo imaginario de un tubo cilíndrico, figura 5.

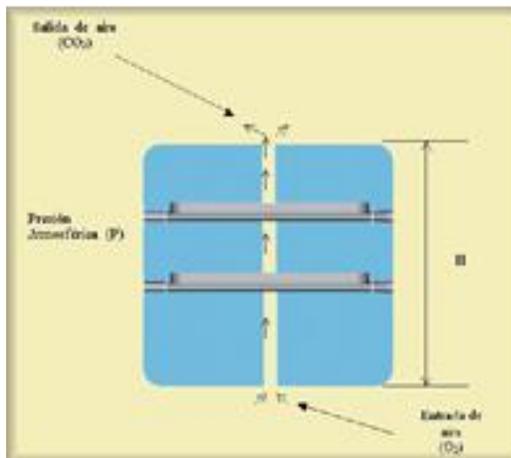


Figura 5. Efecto chimenea

Desarrollo del proyecto

Uno de los problemas más graves que afrontan los países del mundo es el de los energéticos. Los materiales con los que se cuenta para producir energía son del tipo no renovable los cuales son muy escasos y pocos países los tienen; además, presentan el inconveniente de que sus desechos son contaminantes. Teniendo esto presente la mayoría de los países del mundo han puesto especial atención en la manera de utilizar a la energía solar como una fuente alternativa de energía, ya que presenta las siguientes ventajas:

- a) Es una fuente inagotable de energía y además es gratuita.
- b) La generación de potencia utilizando la energía solar se lleva a cabo sin producir desechos contaminantes u otro tipo de desperdicios que afectan al medio ambiente; es decir, Es una energía limpia.
- c) La energía solar puede convertirse directamente en energía eléctrica sin recurrir a ningún proceso intermedio utilizando generadores fotovoltaicos que comúnmente son llamados celdas solares, los cuales, no tienen partes móviles como sucede con las turbinas y generadores utilizados en los procesos de producción convencional de energía eléctrica; esto trae como consecuencia que su mantenimiento sea simple y prácticamente nulo. Tales características las hacen fundamentales para su uso en satélites, sistemas remotos (o sistemas solos) y en localidades desérticas.
- d) Utilizando los generadores fotovoltaicos la electricidad puede ser generada en las cantidades que se requiera y en donde se necesite sin utilizar líneas de transmisión. Lo anterior es debido a que la potencia con que nos llega la energía solar y la razón en que se transforma mediante las celdas solares es constante pudiendo producir pequeñas (para el uso de relojes y calculadoras), medianas (para casa habitación) y hasta grandes cantidades (varios kilowatts).
- e) Los dispositivos fotovoltaicos o celdas solares tienen una vida promedio de 20 años por lo cual pueden ser considerados como dispositivos de larga duración. Ahora bien, como todo dispositivo que genera potencia, la producción de energía eléctrica a partir de la luz solar presenta sus desventajas, como es el que la generación de ella solo se lleva a cabo en donde hay luz solar, siendo esto

fundamental para el trabajo de las celdas solares; además, es una de las razones por la cual los dispositivos son llamados celdas, es decir no almacenan energía. El desarrollo de los sistemas fotovoltaicos para aplicaciones terrestres comenzó a mediados de la década de los setenta. La producción comercial de módulos fotovoltaicos ha aumentado enormemente en los últimos años, habiéndose ya vendido del orden de 100Mwp a nivel mundial.

Dispositivos para la captación de radiación solar

Los dispositivos desarrollados hasta nuestros días y que se emplean para la conversión de la radiación solar o otra forma de energía, básicamente son las celdas y colectores solares, nosotros nos enfocaremos a las celdas solares

La celda solar es un dispositivo semiconductor que convierte directamente la energía solar en eléctrica. Es el elemento unitario de los sistemas fotovoltaicos y produce densidades de corriente entre 10 y 40 mA por cm², a voltajes entre 0.5 y 1 V. al unir éstas, en serie o en paralelo, se forman los módulos con competencias de 2 a 60 watts-pico (watts generados bajo insolación de 1000 W/m², a temperatura ambiente de 20° C).

El generador fotovoltaico está formado por la unión apropiada de dichos módulos, y empleando un número adecuado de ellos se puede satisfacer cualquier demanda eléctrica. Dependiendo del uso, será necesaria la inclusión de subsistemas de almacenamiento y auxiliares, así como de los elementos electromecánicos y electrónicos requeridos en el manejo adecuado de la potencia, para el funcionamiento apropiado de equipo durante todo el tiempo de operación predeterminado.

La investigación en celdas se está desarrollando básicamente alrededor de cinco materiales: silicio (monocristalino, policristalino y amorfo), arsenuro de galio, cobre/indio/selenio, telurio de cadmio y fosforo de indio.

Como cada celda solar genera una muy pequeña cantidad de energía eléctrica, tenemos que interconectarlas en serie y paralelo para obtener la cantidad de energía requerida. Asimismo, puede ser necesario convertir la corriente obtenida a corriente alterna. También, si no coinciden los parámetros de insolación y de carga, entonces será necesario el incluir subsistemas de almacenamiento y/o auxiliares, para poder satisfacer los requerimientos eléctricos durante el tiempo de operación de los equipos.

Descripción del modulo fotovoltaico

A un conjunto de celdas, montadas en un elemento de soporte y que simultáneamente sirva para protegerlas de las condiciones climáticas adversas, se le llama modulo fotovoltaico. Debido a las restricciones impuestas por la producción en serie, en el mercado solo existe una variedad reducida de módulos, cuyas potencias de salida varían entre 10 y 60 watts-pico

Todos ellos se encuentran inmersos en un relleno transparente, según el diseño de montaje podemos dividir los módulos fotovoltaicos en tres tipo:

- a) Vidrio/relleno y celdas/vidrio.
- b) Cubierta anterior transparente/relleno y celdas/soporte estructural opaco.

c) Soporte estructural transparente/relleno y celdas/cubiertas posterior opaca. La celda fotovoltaica es una unidad formada por materiales semiconductores capaces de producir mediante una unión P-N, una barrera de potencial que haga posible el efecto fotovoltaico. El tamaño de cada célula, que depende fundamentalmente del proceso de fabricación, varía normalmente desde unos pocos centímetros cuadrados hasta 100cm² o más, y su forma es circular, cuadrada, o derivada de estas dos geometrías.

Las células se interconexionan en serie, para que los electrones expulsados de una sean recogidos por la siguiente, comunicándoles energía adicional a fin de lograr una diferencia de potencial para el circuito exterior que sea adecuada a efectos prácticos (normalmente entre 6 y 24 volts).

Una célula suelta solamente es capaz de proporcionar una tensión de algunas decimas de voltio (típicamente alrededor del medio voltio para las células de silicio) y una potencia máxima de uno o dos voltios. Es preciso conectar entre sí en serie un determinado número de células para producir las tensiones de 6, 12 ó 24 V aceptadas en la mayor parte de las aplicaciones. Al conjunto así formado, convenientemente ensamblado y protegidos contra los agentes externos (las células son muy delicadas), se les denomina panel o módulo fotovoltaico.

El proceso de conexión de las células es automático, efectuándose mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la adyacente. Para producir un panel de 12 volts nominales usualmente se necesita un número de células entre 30 y 40, según las características de las mismas.

Las pruebas que cada panel debe antes de ser definitivamente destinado al comercio son muy rigurosas, pues no han de olvidarse que este elemento estará expuesto durante muchos años a las más duras condiciones de intemperie, que pueden variar desde un calor extremo hasta temperaturas de frio glacial, pasando por vientos huracanados, atmosferas húmedas, etc. Es pues necesario garantizar un perfecto comportamiento frente a todos estos agentes, asegurando que el panel generara electricidad con un rendimiento óptimo durante al menos veinte años consecutivos sin necesidad de reparación y con un mínimo mantenimiento.

Entre las pruebas a que se someten los paneles mencionaremos los ciclos térmicos, haciendo variar la temperatura desde -40°C hasta 90° C varios cientos de veces, y los ciclos de humedad y congelación.

También se le somete, junto con su estructura soporte, a fuertes vientos, alternativamente en uno y otro sentido, observando que no se producen roturas ni fisuras por vibración, o desprendimientos de contactos.

Las pruebas de resistencia mecánica consisten en producir torsiones y flexiones del panel asegurándose que no aparecen roturas, así como causar el impacto de bolas de hielo lanzadas por medio de un cañón de aire, simulando las condiciones de una granizada extremadamente violenta.

Para comprobar la capacidad del panel para soportar descargas eléctricas altas se les somete a una diferencia de potencial de 3000 volts entre el circuito de la célula y el marco metálico, observando que la intensidad de corriente que fluye es despreciable.

El ensayo en atmosfera salina asegura que no va a producirse corrosión cuando el panel se instale en ambiente marinos. Algunos paneles destinados a usos

especiales deben de resistir también una serie de pruebas adicionales, como de inmersión en agua salada a presión, el impacto contra el suelo dejados caer de una cierta altura, sometimiento a vibraciones, etc.

Entre algunas datos de dimensiones se tiene que los paneles adoptan siempre la forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde aproximadamente 0.1 m² hasta 0.5 m². El grueso total, sin incluir el marco protector no suele superar los 3 cm. Son relativamente ligeros (un panel de unos 0.5m² puede pesar 6 ó 7 Kg) y, aunque rígidos en apariencia, son capaces de sufrir ligeras deformaciones para adoptarse a los esfuerzos mecánicos a que pudieran verse sometidos [16].

Dimensionamiento del modulo fotovoltaico para la incubadora

El dimensionamiento del módulo se lleva a cabo tomando en cuenta el voltaje y la corriente que se suministró a la incubadora:

$$\text{Potencia} = 12 \text{ V} (5 \text{ A}) = 60 \text{ W}$$

$$Pot_{hr} = \frac{E}{t} = \frac{2.5}{5 \text{ min} / 60 \text{ min}} = 30 \text{ W} - \text{hr}$$

La potencia consumida por hora es de; 30 W

Por día se consume:

$$POTDIA = 30 \text{ W} (24 \text{ hr}) = 720 \text{ W-hr/día}$$

El total de módulos necesarios para la incubadora es de:

$$Mot_{total} = \frac{POT_{DIA}}{H_{pico}} = \frac{720 \text{ W} - \text{hr} / \text{dia}}{4.5 H_{pico}} = 160 \text{ W}$$

Los módulos más comerciales son los de 47 W entonces:

$$Módulos = \frac{160 \text{ W}}{47 \text{ W}} = 3 \text{ módulos necesarios para la incubadora}$$

El precio de nuestros módulos será, conforme a los datos de 2012:

Ptotal = No. Módulos (módulos comerciales) (\$ dls) (costo por W)

Ptotal = 3 módulos (47 W) (8 dls / W) = 7038.72 dls

Por lo tanto para nuestra incubadora se necesitaran:

3 módulos cada uno de 47 W, con un precio de 7038.72 dls

Acumulador

La presencia del acumulador es necesaria ya que los paneles solo generan energía eléctrica en los momentos en que índice sobre ellos la luz (bien sea directa o difusa) pero a menudo dicha energía se requiere precisamente en los momentos en que no existe incidencia luminosa o ésta es demasiado débil. Además, el acumulador cumple también dos importantes misiones:

1. Suministrar una potencia instantánea, o durante breves momentos superior a la que el campo de paneles podría generar aun en los momentos más favorables posibles. Tal es el caso de los arranques de los motores; por ejemplo el de los frigoríficos, que requieren durante unos segundos una potencia varias veces superior a la de su normal funcionamiento.

2. Mantener un nivel de tensión estable, la tensión de salida del panel varía en función de la intensidad radiante, lo cual puede no ser adecuado para el funcionamiento de los aparatos. El acumulador proporciona, dentro de cierto rango, un voltaje estable y constante independientemente de la condiciones de incidencia luminosa.

Ciclos de carga – descarga de la batería

Durante el día los paneles generan energía que se empleara, en parte, para satisfacer las necesidades de la producción. La energía sobrante será la que absorberá la batería, al menos que esta se encuentre ya plenamente cargada, en cuyo caso se dispara en forma de calor o se impedirá al paso de corriente mediante algún dispositivo automático.

Al atardecer y durante la noche, que suelen ser precisamente los momentos en los que, debido a la necesidad de iluminación artificial, los consumos de energía son mayores y puesto que la energía se extraída de la batería, se disminuye el nivel de carga de esta. Así el ciclo de carga -descarga se repite diariamente, siempre que la intensidad incidente sea suficiente (días claros o parcialmente nubosos).

Cuando se producen dos o más días consecutivos cubiertos de nubes con una escasa luminosidad, prácticamente todo el consumo se hace a expensas de la energía almacenada en la batería, sin que esta pueda recuperar la energía gastada mediante la energía solar.

Terminando el periodo de condiciones meteorológicas desfavorables y volviendo la intensidad a alcanzar unos valores suficientes, los paneles irán cargando la batería hasta su máxima capacidad, operación que tardara varios días e completarse, ya que el consumo diario continua, haciendo que solo una parte de la energía captada pueda destinarse a ser almacenada. Se completa de esta forma un ciclo autónomo, llamado así porque la batería depende únicamente de su propia capacidad útil para satisfacer la demanda energética durante dicho periodo.

Regulador de la batería

Los paneles fotovoltaicos se diseñan para que puedan producir una tensión de salida de algunos voltios superior a la tensión que necesita una batería para cargarse. Esto se hace así para asegurar que el panel siempre estará en condiciones de cargar su batería, e incluso cuando la temperatura de la célula sea alta y se produzca una disminución del voltaje generado.

El inconveniente de esta ligera sobretensión es doble. Porque una parte, se desperdiciara alrededor del 10% de la energía máxima teóricamente obtenible del panel, y que se obtendrá a tenciones mayores que las que impone la batería. Por

otra parte, ocurrirá que, aunque la batería llegue a su estado de plena carga, no alcanzara el potencial máximo que el panel teóricamente puede lograr y este seguirá intentando ****inyectar**** energía a través de los bornes de la batería, produciendo una sobre carga perjudicial para la misma, la cual puede llegar a destruirla si no es evitada.

La forma más simple de suprimir el último de los inconvenientes antes expuestos, sería instalar un regulador de carga; como su nombre lo indica, tendrá la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse la batería de manera peligrosa. Al mismo tiempo, evitara que se deje de aprovechar la energía captada por los paneles, lo que inevitablemente ocurriría si el control fuese mediante un simple interruptor de accionamiento manual.

Para que el regulador lleve a cabo lo anterior, utiliza dispositivos electrónicos que deben detectar y medir constantemente el voltaje, este será una indicación del estado de carga de la batería y si llega al valor que consigna previamente establecido, corresponde a la tensión máxima admisible, actuara de forma que impida a la corriente fluir hacia la batería, o bien que fluya únicamente la necesaria para mantenerla en estado de plena carga, pero sin sobrepasarse. Dicha corriente mínima de denomina ****de flotación****, se dice que la batería se encuentra en dicho estado cuando solamente recibe la cantidad de energía suficiente para mantenerse a plena carga (que en periodos de ausencia de consumo será únicamente la necesaria para compensar la autodescarga).

La posibilidad de una abertura instantánea de la cámara de incubación y la evaluación del tiempo requerido para recuperar las condiciones de temperatura nos indican que en todos los casos este no supera los 20 minutos, esto no afecta el proceso de incubación ya que en el caso de incubación natural, la gallina abandona por mayor tiempo su nido.

En relación con las necesidades energéticas del proceso de incubación de una cámara de 1m³ se encuentra que en el mes de mayo equivale a lo que consume un foco de 120 watts si se mantiene encendido durante el periodo de incubación completa, como se muestra en la gráfica 5. La primera parte de los resultados, es el análisis de una incubadora tradicionalmente construida de madera; la cual debido a las limitantes del material empleado en el diseño para propósitos de aislamiento, requiere una gran cantidad de energía necesaria para mantener la temperatura requerida en el proceso de incubación sea muy grande.

Tomando en cuenta las características de funcionamiento en el diseño de la incubadora de unicel-madera se tiene una mejor conductividad térmica ya que existe un ahorro considerable de energía, como se muestra en la gráfica 6. La energía eléctrica suministrada a la incubadora debe ser susceptiblemente proporcionada por un módulo fotovoltaico, la cual es una energía que resulta, en nuestros días, bastante costosa, es por ello que debe ser debidamente cuantificada para su uso.

Para llevar a cabo lo anterior, se realizó una simulación en dos tipos de incubadoras una de madera y la otra de unicel-madera variando la temperatura ambiente, en la cual se encuentra inmersa la incubadora. Los resultados de

temperatura y consumo de energía se muestran en las gráficas 6, 7, 8 y 9 en donde se presenta el comportamiento térmico en las diversas partes dentro de la incubadora, así como la temperatura ambiente. En la gráfica 9, se expresa la razón de la energía que se tuvo que emplear para mantener las condiciones del sistema; así como el tiempo de caracterización de cada una de ellas. Obteniendo como resultado 35 horas, en la incubadora de madera y 28 horas en la incubadora de aluminio-madera.

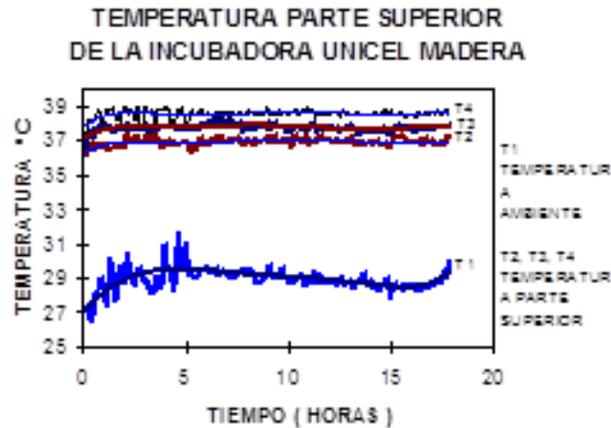


Figura 6. Temperatura superior de la incubadora unicel - madera

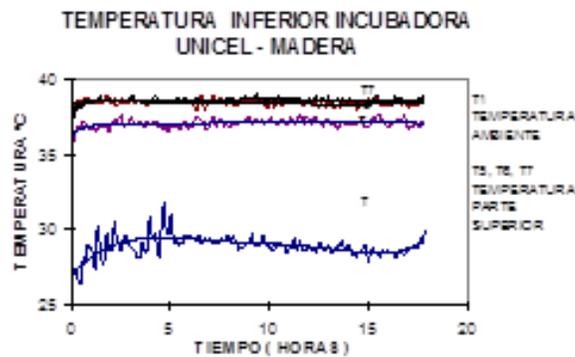


Figura 7. Temperatura inferior de la incubadora unicel – madera

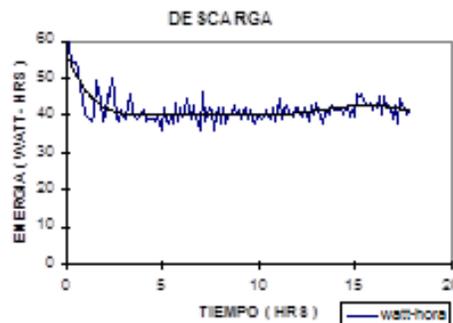


Figura 8. Relación energía empleada - tiempo de la incubadora unicel – madera

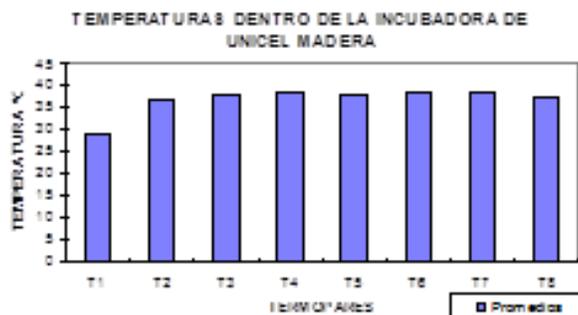


Figura 9. Temperaturas en el interior de la incubadora unicel - madera

En la primera parte de la caracterización de una incubadora construida de madera; la cual debido a las limitantes del material empleado en el diseño para propósitos de aislamiento, provoca que la cantidad de energía necesaria para mantener a la temperatura necesaria el proceso de incubación sea muy grande, esto es tomado en cuenta por las características en el diseño mismo del sistema, la otra incubadora es de unicel-madera que tiene una mejor conductividad térmica y un ahorro considerable de energía. La energía eléctrica suministrada a la incubadora es proporcionada por un módulo fotovoltaico, la cual es una energía que resulta, en nuestros días, bastante costosa, es por ello que debe ser debidamente cuantificada para su uso.

La innovación es que esta incubadora contara con un mecanismo para el movimiento de los huevos ya que las que existen en el mercado no tienen este mecanismo de movimiento y son de poca capacidad. El sistema de movimiento se realiza con un motor CD de 12 Volts, el cual tiene acoplado un dispositivo para mover las charolas en forma vertical, el tiempo de encendido del motor CD es de 4 horas y opera durante 10 segundos.

Conclusiones

Con el trabajo desarrollado es posible fabricar una incubadora para pollos mucho más confiable y autónoma. Los materiales seleccionados presentan una durabilidad mucho mayor que los materiales de las incubadoras actuales. El análisis de transferencia de calor ofrece condiciones de operación de costo mínimo, pues no presentan condiciones de suministro sobrados.

Se concluye que el desarrollo logrado es potencialmente aplicable para ayudar a la solución del problema de producción de pollos que pueda existir en alguna región. figura 10



Figura 10. Materiales a utilizar en la Incubadora

Referencias

1. Galvarini Y., "Notas Prácticas de Avicultura Moderna", (A.G.T. Editor México), 59,60 (2001).
2. Bundy C. y Diggins R., "La Producción Avícola", (edit. Continental Mexico), 34,35, (2001).
3. Funk E. y Irwin M., "Incubación Artificial", (edit. UTEHA, Mexico), 45,46, 2007.
4. Card L. y Nesheim M., "Producción Avícola", (Editorial Acribia, España), 60,61, (2008).
5. Boylestand Robert, "Electrónica Teoría de Circuitos", (Edit. Prentice Hall Hispanoamericana, Mexico), 32,33 (1999).
6. Schuler Charles, "Electrónica Principios y Aplicaciones", (edit. Reverte, Barcelona), 60,61, 2007

IN SITU COMBUSTION SIMULATION IN A MATRIX-FRACTURE SYSTEM

C.G. Aguilar-Madera and O. Cazarez-Candia

Programa de Recuperación de Hidrocarburos, Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas 152; Col. San Bartolo Atepehuacan, C.P.07730, México D.F. - carlos_aguilarmadera@hotmail.com (CGAM), ocazarez@imp.mx (OCC)

Participation area: Termofluidos y Energética

Abstract- A three-phase in-situ combustion model was numerically solved in a matrix-fracture system at the combustion tube scale. Non-volatile mono-component oil, non-condensable gas and water phases were considered. Oil cracking and coke combustion reactions were taken into account. The model allows know pressure, temperature, fluids saturations and so on. Previous to the matrix-fracture analysis, it was defined a non-fractured benchmark case by comparing results with pertinent experimental data from literature, finding acceptable agreement. For the matrix-fracture system, it is presented oil and gas saturations, temperature and oxygen content profiles as function of time. Channeling effects were observed as the phases move preferably by the fracture. It was found that oxygen penetrates by dispersive mechanisms from the fracture to the porous matrix, mainly at the combustion front location. Moreover, oil is drive out from the matrix to the fracture mostly at the vicinity of the combustion front.

Introduction

The in-situ combustion (ISC) is an enhanced recovery technique to produce oil in mature reservoirs. The main objective of an ISC process is to improve the oil mobility by reduction of its viscosity, which is made by the increasing temperature taking place in the reservoir. Before the implementation to commercial scale, previous field- and core- scale assessments are required in order to evaluate the possibility of success. To study the phenomenon at the core-scale, combustion tubes and simulators are used to investigate the formation and propagation of the combustion front.

In reservoirs with heterogeneous characteristics as fractured systems, the transport of phases and oxygen is different than in homogeneous media. Fracture stimulates the fluid mobility and hinders the coke deposition, which is subsequently burned. Phases move preferably by the fracture then canalization effects appear and the transport of oxygen to the porous matrix plays a crucial role to form, maintain and propagate the combustion front. To broaden the understanding of the ISC in fractured systems, some contributions have been made. Schulte and de Vries [1] presented and solved a 2D mathematical model and developed combustion tube experiments where the fracture was represented by a 1mm fissure. The researchers found that the burning process is governed by diffusion of oxygen from the fractures into the porous matrix. By simulation, the oxygen breakthrough was observed when the fissure spacing exceeded a critical value. They claimed that the fracture spacing will be on the order of 1 m to avoid oxygen

production and heat losses. The investigators concluded that ISC appears feasible in naturally fractured reservoirs, but vertical sweep efficiency should be taken into account to enhance the analysis.

In a theoretical work, Fatemi and Kharrat [2] investigated the effects of geometrical configurations of fractures on a Kuh-E-Mond (Iran) fractured carbonate reservoir. The researches focused on the effects of the orientation, density, spacing, location and networking over the combustion tube performance. Based on a top-down configuration, vertical fractures enhance oil production in comparison with horizontal fractures. The researchers conclude that ISC is more feasible in cases with highly networked fractured reservoirs. Recently, Awoleke et al. [3] carried out ISC tube experiments with small (few centimeters) and large (tens of centimeters) heterogeneities. They found that the combustion front traveled unhindered through sections with small heterogeneities, but it was more difficult the front propagation in zones with large heterogeneities.

Based on previous theoretical and experimental works, it seems that the existence of fractures in ISC processes hinders the propagation of the combustion front and eventually the burning process is extinguished. Here, it appears that oxygen availability in the burning zone (composed mainly by coke) plays a crucial role and such event is highly influenced by the contrasts in mobility between the porous matrix and the fracture. Thus, in this work we focus on the numerical investigation of the effect that one fracture adjacent to a porous matrix has under an ISC process. The study is carried out at 2-dimensional core-scale, which means that the fracture is considered as a 2D zone with petrophysical properties different to those in the porous region. Due to the complexity inherent in modeling the ISC, which originates discrepancies between models reported in the literature, we put emphasis in the mathematical model and specifically on the characterization of chemical reactions at matrix and fracture.

Theoretical background

Governing equations

The mathematical model is composed by several differential equations arising from the macroscale. These are the mass balances for the oil (o -phase), gas (g -phase) and water (w -phase) phases, as well as, the energy balance and the mass balances for oxygen and coke. In addition, a kinetic model and several constitutive equations and empirical expressions are required to complete the mathematical formulation. The number of mass balances depends on the number of phases and the components distribution considered in the transport problem. In Table 7 we resume the number of phases and the distribution of the individual components.

Table 7. Phases and distribution of components.

Components	Phases			
	Water	Oil	Gas	Solid
Oxygen, O_2			X	
Inert gas, IG			X	
Rock				X
Coke				X
Oil		X		
Water, H_2O	X		X	

The mass balance for the α -phase is:

$$\frac{\partial(\phi\rho_\alpha s_\alpha)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_\alpha \mathbf{u}_\alpha) = q_\alpha, \quad \alpha = o, g, w \tag{4}$$

where ϕ is the porosity, ρ_α , s_α and \mathbf{u}_α are the density, saturation and velocity of the α -phase, respectively. q_α is the mass source/sink due to exchange between the phases or chemical reactions.

The velocity field is computed by assuming the simple Darcy’s Law:

$$\mathbf{u}_\alpha = -\frac{Kk_{r\alpha}}{\mu_\alpha}(\nabla p_\alpha - \rho_\alpha \mathbf{g}), \quad \alpha = o, w, g \tag{5}$$

Here K is the medium absolute permeability, $k_{r\alpha}$, μ_α and p_α are the relative permeability, viscosity and pressure of the α -phase, respectively, whilst \mathbf{g} is the gravity acceleration.

Energy balance in terms of internal energy U and enthalpy h for each phase is given by

$$\frac{\partial[\phi s_o \rho_o U_o + \phi s_g \rho_g U_g + \phi s_w \rho_w U_w + (1-\phi)\rho_s U_s]}{\partial t} + \nabla \cdot (\phi s_o h_o \rho_o \mathbf{u}_o + \phi s_g h_g \rho_g \mathbf{u}_g + \phi s_w h_w \rho_w \mathbf{u}_w) = \nabla \cdot (\mathbf{k}_{eff}^* \cdot \nabla T) + q_o^T + q_g^T + q_w^T + q_s^T \tag{6}$$

where \mathbf{k}_{eff}^* is the total thermal dispersion tensor, q_α^T is the thermal source/sink associated with the α -phase (s for the solid), and T is temperature.

Now, with the following expressions:

$$U_\alpha = h_\alpha - \frac{p_\alpha}{\rho_\alpha}, \quad \alpha = o, g, w \tag{7}$$

$$h_\alpha - h_{\alpha 0} = c_{p,\alpha}(T - T^0), \quad \alpha = o, g, w \tag{8}$$

$$\frac{p_g}{\rho_g} = c_g \frac{R}{M_g} T \tag{9}$$

the Eq. (6) can be written as

$$\left(\rho c_p\right)_{eq} \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot \left[\phi \left(s_o \rho_o c_{p,o} \mathbf{u}_o + s_g \rho_g c_{p,g} \mathbf{u}_g + s_w \rho_w c_{p,w} \mathbf{u}_w \right) T \right] = \nabla \cdot \left(\mathbf{k}_{eff}^* \cdot \nabla T \right) + q_o^T + q_g^T + q_w^T + q_s^T - \Psi \quad (10)$$

Here Ψ is a term associated with temporary changes in the content of water, gas and oil as follows:

$$\Psi = \phi T \left\{ \left[\rho_o c_{p,o} - \rho_g \left(c_{p,g} - c_g R / \bar{M}_g \right) \right] \frac{\partial s_o}{\partial t} + \left[\rho_w c_{p,w} - \rho_g \left(c_{p,g} - c_g R / \bar{M}_g \right) \right] \frac{\partial s_w}{\partial t} + \left(c_{p,g} - c_g R \right) s_g \frac{\partial \rho_g}{\partial t} \right\} \quad (11)$$

In Eq. (10) the equivalent heat capacity $\left(\rho c_p\right)_{eq}$ is defined as:

$$\left(\rho c_p\right)_{eq} = \phi \left[s_o \rho_o c_{p,o} + s_g \rho_g \left(c_{p,g} - c_g R / \bar{M}_g \right) + s_w \rho_w c_{p,w} + (1/\phi - 1) \rho_s c_{p,s} \right] \quad (12)$$

In addition, \bar{M}_g is the mean molecular weight of the gas phase, $c_{p,\alpha}$ is the heat capacity of the α -phase, c_g is the gas compressibility factor, R is the ideal gas constant, and $h_{\alpha 0}$ and T^0 are the reference enthalpy and temperature. Moreover, to obtain Eq. (10) it has been assumed that oil and water are incompressible, i.e.

$$c_\alpha = \left. \frac{1}{\rho_\alpha} \frac{\partial \rho_\alpha}{\partial p_\alpha} \right|_T = 0, \quad \alpha = o, w \quad (13)$$

Furthermore, the oxygen mass balance is

$$\frac{\partial \left(\phi s_g \omega_{gO_2} \rho_g \right)}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\phi s_g \omega_{gO_2} \rho_g \mathbf{u}_g \right) = \nabla \cdot \left(\phi s_g \rho_g \mathbf{D}_{gO_2}^* \cdot \nabla \omega_{gO_2} \right) + R_{O_2} \quad (14)$$

where ω_{gO_2} is the oxygen mass fraction in the gas phase, $\mathbf{D}_{gO_2}^*$ is the total mass dispersion tensor for the oxygen and R_{O_2} is the mass sink due to chemical reactions.

The coke balance is described as:

$$(1 - \phi) \frac{\partial \left(\rho_s \omega_{sCoke} \right)}{\partial t} = R_{Coke} \quad (15)$$

where ω_{sCoke} is the coke mass fraction in the solid phase and R_{Coke} is the mass source/sink due to chemical reactions. Here it has been considered that coke is immediately attached to the solid rock surface when is generated in the cracking reaction, and furthermore, it is not transported in the system. In order to calculate the solid density in Eq. (15), it is assumed that the solid phase is a mixture of rock and coke.

Initial and boundary conditions

In this study it was considered that governing equations are valid in the entire system, i.e., in the matrix and fracture zones. Consequently, the fracture is also modeled as a porous region with porosity close to one and a larger value of permeability in comparison with that one in the porous matrix, i.e.

$$K = \begin{cases} K_m, & \text{in the porous matrix} \\ K_f, & \text{in the fracture} \end{cases} \quad (16)$$

$$\phi = \begin{cases} \phi_m, & \text{in the porous matrix} \\ \phi_f, & \text{in the fracture} \end{cases} \quad (17)$$

where the subscript *m* and *f* indicates that the quantity is evaluated in the porous matrix and fracture, respectively.

We impose the same initial conditions for the matrix and fracture regions as follows:

$$\begin{aligned} \text{At } t=0, \quad p_o = P_0, \quad s_w = s_{w0}, \quad \omega_{gO_2} &\approx \frac{32y_{O_2,0}}{32y_{O_2,0} + 28(1 - y_{O_2,0})} \\ T = T_0, \quad s_o = s_{o0}, \quad \omega_{sCoke} &= \omega_{sCoke0} \end{aligned} \quad (18)$$

where P_0 , s_{w0} , s_{o0} , ω_{sCoke0} and $y_{O_2,0}$ (the initial oxygen molar fraction in the system) are independent-position, whilst for the initial temperature we use a discontinuous function with larger values on the top of the tube in order to simulate the effect of the igniter to start the combustion.

As depicted in Figure 10, there are 3 types of boundaries in the system, those for injection, production and with no fluxes for mass and heat. At the non-flux boundaries we impose that,

$$-\mathbf{n} \cdot (\rho_\alpha \mathbf{u}_\alpha) = 0, \quad \alpha = o, w, g \quad (19)$$

$$-\mathbf{n} \cdot \left[\mathbf{k}_{eff}^* \nabla T - \phi (s_o \rho_o c_{p,o} \mathbf{u}_o + s_g \rho_g c_{p,g} \mathbf{u}_g + s_w \rho_w c_{p,w} \mathbf{u}_w) T \right] = 0 \quad (20)$$

$$-\mathbf{n} \cdot (\phi s_g \rho_g \mathbf{D}_{gO_2}^* \cdot \nabla \omega_{gO_2} - \phi s_g \rho_g \mathbf{u}_g \omega_{gO_2}) = 0 \quad (21)$$

where \mathbf{n} is the unit normal vector pointing outward. At the production boundaries we have that

$$p_g = P_{out} \quad (22)$$

$$-\mathbf{n} \cdot \nabla T = 0 \quad (23)$$

$$-\mathbf{n} \cdot \nabla \omega_{gO_2} = 0 \quad (24)$$

where P_{out} is the production pressure. Lastly, for the injection boundaries we impose that,

$$-\mathbf{n} \cdot (\rho_\alpha \mathbf{u}_\alpha) = q_{\alpha, in}, \quad \alpha = o, w, g \quad (25)$$

$$-\mathbf{n} \cdot \left[\mathbf{k}_{eff}^* \nabla T - \phi (s_o \rho_o c_{p,o} \mathbf{u}_o + s_g \rho_g c_{p,g} \mathbf{u}_g + s_w \rho_w c_{p,w} \mathbf{u}_w) T \right] = -\mathbf{n} \cdot (\phi \rho_g s_g c_{p,g} \mathbf{u}_g T_{in}) \quad (26)$$

$$-\mathbf{n} \cdot (\phi s_g \rho_g \mathbf{D}_{gO_2}^* \cdot \nabla \omega_{gO_2} - \phi s_g \rho_g \mathbf{u}_g \omega_{gO_2}) = y_{O_2, in} M_{O_2} \frac{q_{g, in}}{\bar{M}_{g, in}} \quad (27)$$

where $q_{\alpha, in}$ is the injected mass flux of the α -phase, as we only inject gas, then we have that,

$$q_{\alpha, in} = 0, \quad \alpha = o, w \quad (28)$$

Moreover, in Eq. (26) T_{in} is the injected gas temperature, and in Eq. (27) $y_{O_2, in}$ is the oxygen molar fraction in the injected gas, and $\bar{M}_{g, in}$ is the mean molecular weight of the injected gas.

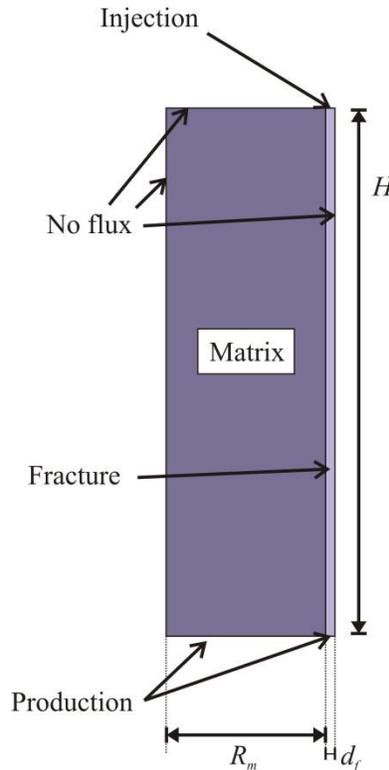


Figure 10. 2D geometrical model showing the types of boundaries and dimensions.

Kinetic model

In this work it was considered the chemical reactions for formation and consumption of coke. Coke is produced from the next cracking reaction:



and it can be consumed in the next combustion reaction,



where $\eta_{i/j}$ is the stoichiometric factor between the i and j chemical species. In Eq. (30) the chemical species IG (Inert Gas) represent an hypothetical mixture of CO_x and N_2 .

The cracking reaction rate is modeled with an Arrhenius-like equation as follows,

$$r_{cracking} = \underbrace{A_{cracking} \exp\left(-\frac{E_{cracking}}{RT}\right)}_{\text{temperature-dependent coefficient}} \underbrace{(\phi s_o \rho_o)^{m_{cracking}}}_{\text{oil content}} \quad (31)$$

where it has been emphasized that coke formation occurs only by the existence of oil in the system.

Further, the combustion reaction follows a similar expression,

$$r_{combustion} = \underbrace{A_{combustion} \exp\left(-\frac{E_{combustion}}{RT}\right)}_{\text{temperature-dependent coefficient}} \underbrace{[(1-\phi)\omega_{sCoke}\rho_s]^{m_1^{combustion}}}_{\text{coke content}} \underbrace{(\phi s_g \omega_{gO_2} \rho_g)^{m_2^{combustion}}}_{\text{oxygen content}} \quad (32)$$

where $A_{cracking}$ and $A_{combustion}$ are the pre-exponential factors for the cracking and combustion reactions, respectively, while $E_{cracking}$ and $E_{combustion}$ are the corresponding values for the activation energies.

In order to close completely the mathematical model we need information about several phenomena and values for coefficients and properties. For the sake of brevity we do not write it here, but we refer the reader to review the technical report [4].

Results and discussion

Comparison with lab data

It was defined a benchmark case to find appropriate values for the several coefficients involved in the mathematical model. For this purpose it was carried out simulations only considering the homogenous porous matrix and some results were compared with experimental data from [5]. The main features of the experiment are resumed in Table 8.

Comparison of predicted and measured temperature profiles are shown in Figure 11. At early times, the predicted combustion front advance is slower than the experimental one, but eventually both profiles match for further times of simulation. For all the times, the maximum computed temperature is similar to the experimental; however, there are some discrepancies as follows: 1) the predicted fronts become wider and the experimental fronts preserve their thickness, 2) temperatures at the tube inlet are moderately different, and 3) there are notorious differences ahead the combustion front. The experimental temperature significantly increases, whilst the predicted temperature only increases when the combustion front approaches. In general, the mathematical model fairly predicts the temperature profile in spite of the simplifications assumed.

Table 8. Main characteristics of Mamora's experiment [5].

Hamaca crude oil (Venezuela)	
Tube length	0.9906 m
Internal radius	0.0376936 m
Total mixture weight	7.739 kg
Oil (%w/w)	4.6
Water (%w/w)	4.1
Sand (%w/w)	86.8
Clay (%w/w)	4.6
Initial oil saturation	0.29
Initial water saturation	0.27
Initial gas saturation	0.44
Porosity	0.31
Initial oil gravity	10.2 °API
Initial oil viscosity	14000 cP
Initial temperature	50 °C
Production pressure	100 psig

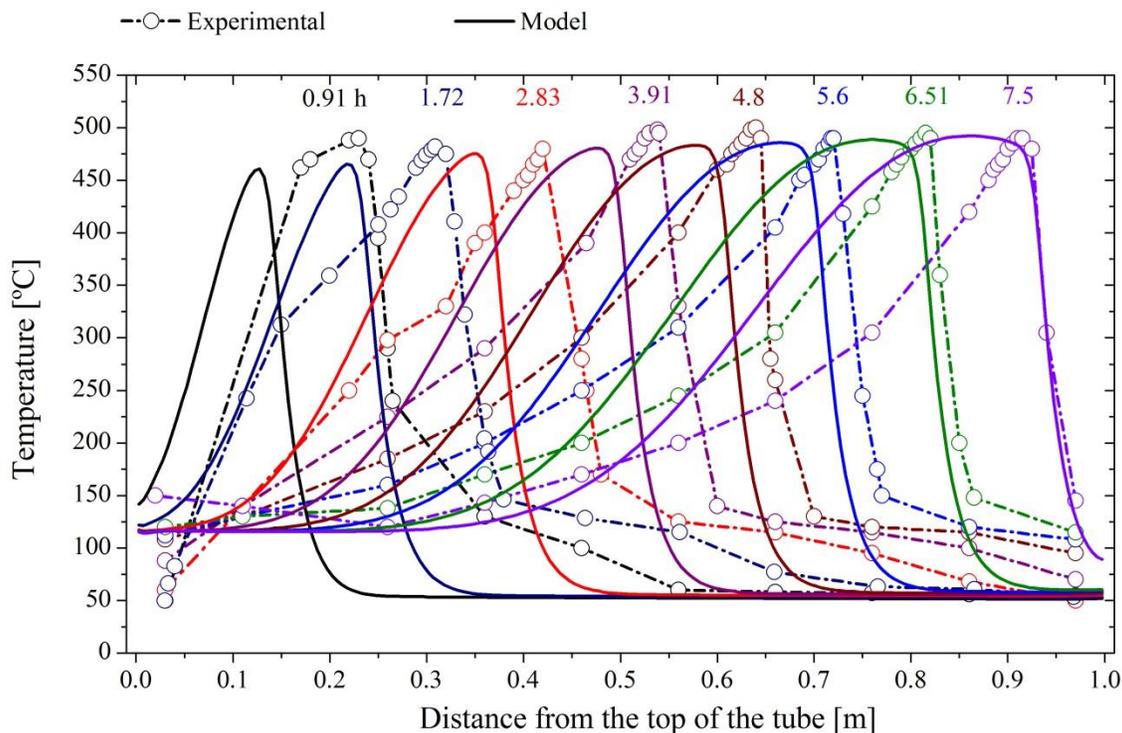


Figure 11. Comparison of temperature profiles between the theoretical model and experimental results from [5].

It should be stressed that better comparisons with experimental data is quite difficult to obtain given the several real phenomena involved in an ISC process. In fact, even at these days, information about precise quantification of some phenomena is not definitive, for example, oil liquid-vapor equilibrium relations, viscosity changes with oil composition, other chemical reactions, possibility of non-Arrhenius-type reaction formulations, among others. Further, the inclusion of more phenomena into the mathematical model possibly will complicate the numerical solution. These inconveniences often justify the use of simplified models, which are easier to solve and fairly predicts the main phenomena.

Analysis with a unique adjacent fracture

This section presents the numerical results for a matrix-fracture system with two different geometrical configurations: one with a unique side fracture, and other with a lateral and upper fracture. These configurations are named as *model 2* and *1* in **Figure 10**, respectively. We use the parameters from the benchmark case defined previously but with the following changes:

- Fracture porosity = 99%
- Matrix permeability = 10 mD
- Fracture permeability = 100000 mD
- Injected air flux = 0.3 kg/(m² s)
- Fracture thickness = 1 mm
- Matrix radius = 19.05 m
- Total height = 130 cm

There is an important contrast between petrophysical properties in the matrix and fracture. Moreover, the values of matrix permeability and air flux have been changed with respect to those of the benchmark case.

For a unique side fracture the ISC problem was solved with a commercial finite element solver ensuring independent-mesh numerical results. In **Figure 12** the oil and gas saturation profiles are plotted for $t = 1, 10, 18$ and 27 h. For the sake of brevity, we do not plot the water saturation profiles as these can be inferred from the corresponding ones for the gas and oil phases. In **Figure 12** the dimensions of x - and y -coordinates are not matched for a better deployment of results. It is noticeable that fluid phases move preferably through the fracture originating a *channeling effect* (the fracture is at the right side of figures). Practically, the oil phase moves as plug flow inside the porous matrix, whilst the gas phase eventually penetrates the matrix from the fracture creating curved profiles in the porous domain. The results for $t = 18$ and 27 show the creation of an oil bank close to the top of the tube, mainly in the porous zone. Simultaneously, a low-saturation zone for the water phase takes place in the porous domain. To explain these effects the thermal performance in the system is helpful. To this end we plot the temperature profiles for the right and left sides of the tube in **Figure 13** (remember that we consider adiabatic walls and, furthermore, the temperatures plotted in **Figure 13** are not influenced by the surroundings). By comparison of results for 27 h, it is observed that the combustion front advances faster than the oil bank. It causes that the oil behind the combustion front has a smaller temperature, and consequently its viscosity is greater making difficult its displacement. It is clear that,

eventually, the oil and water will be displaced by the gas entering into the system but with less hydrodynamic efficiency since the combustion front is not utilized.

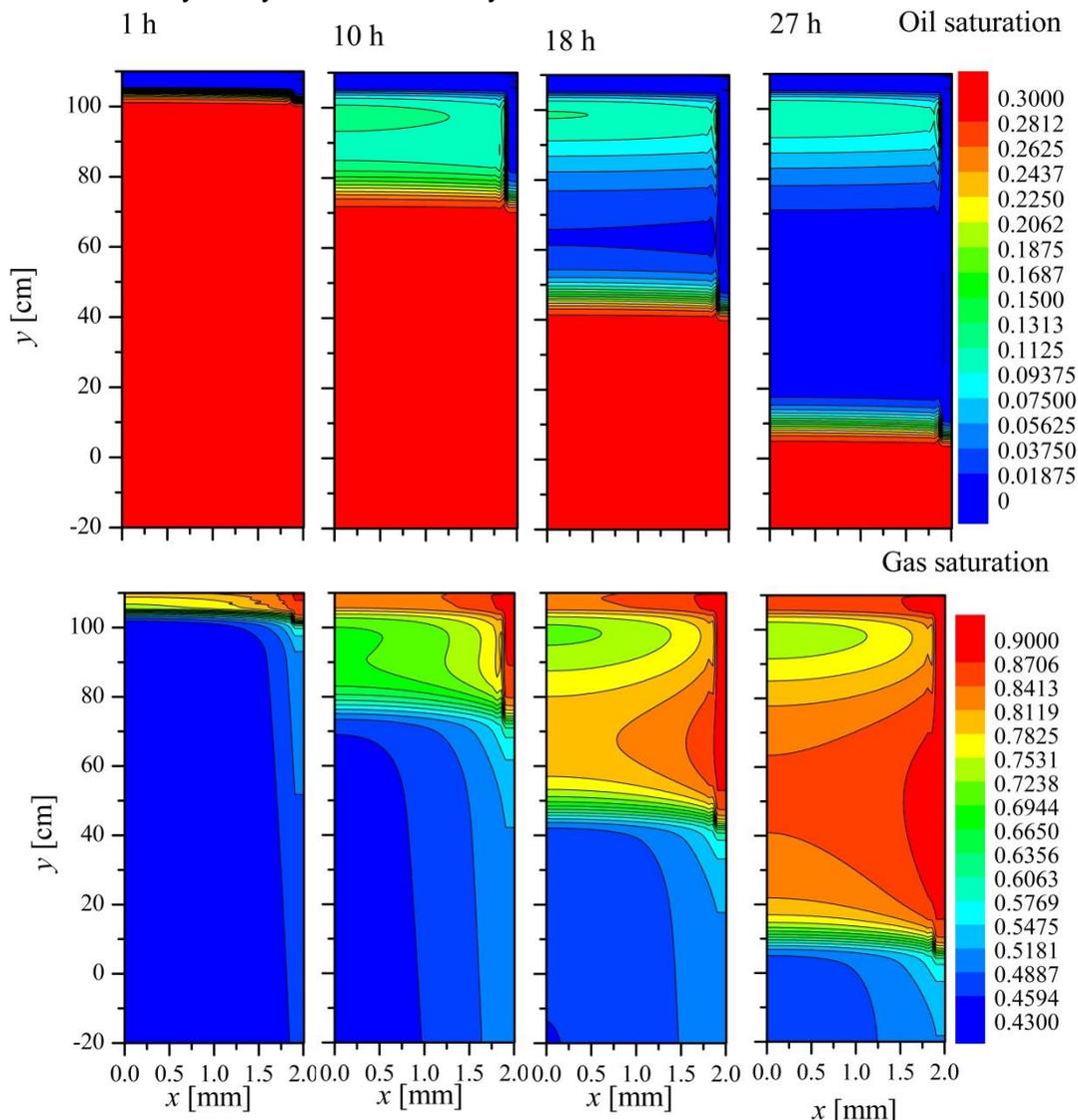


Figure 12. Oil and gas saturation profiles as function of time for the geometrical model depicted in Figure 10.

It is observed that the oil bank zone coincides with a low-temperature region, as shown in Figure 13. In our formulation we enforce a high temperature at the inlet of the tube in order to promote the oil ignition. At the inlet the system is cooled by the gas entering and it is heated by the heat released from the combustion reaction, mainly. Thus, for early times the heat released is not enough to sustain the initial temperature profile and, consequently, a decrease in temperature takes place. As long as the combustion front advances, more oil is converted to coke for further burning. Then, increasing temperatures are observed and the combustion front is wider. As we solve the ISC problem in narrow domain, we do not expect significant differences in temperature between the porous matrix and fracture, which is corroborated in the results in Figure 13.

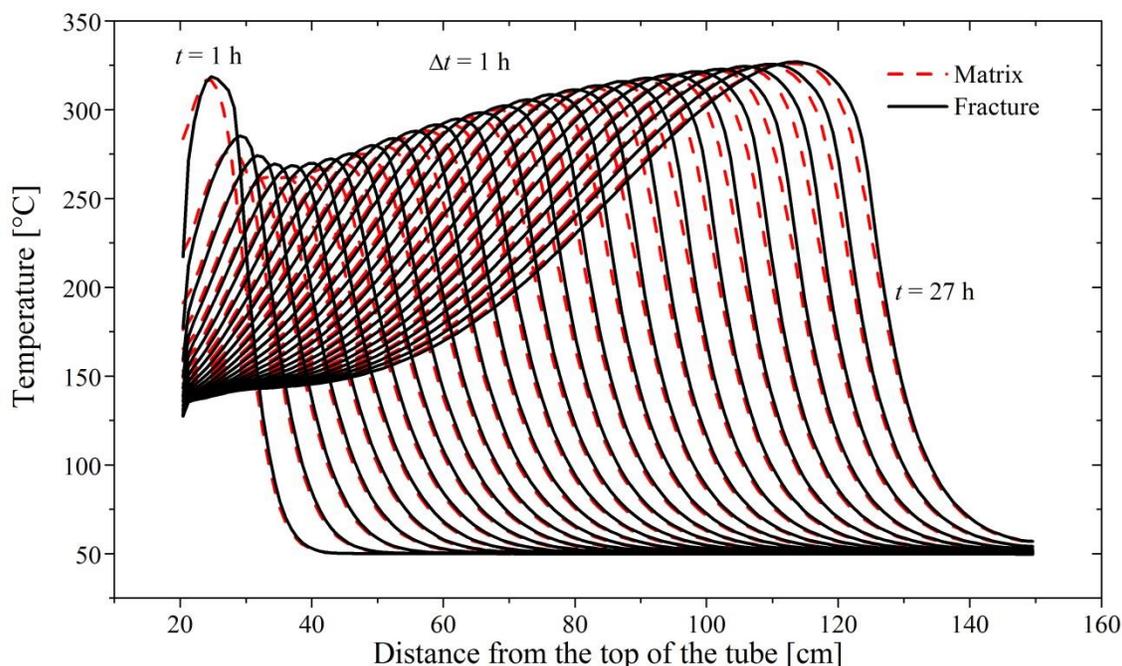


Figure 13. Temperature profiles as function of time for the geometrical model depicted in Figure 10. Here the results are evaluated at the vertical external boundaries of the porous and fracture domains.

The oxygen content profiles by unit volume of mixture (oil, gas, water and solid) are plotted in **Figure 14** for $t = 0, 1, 10, 18$ and 27 h. For 1 h of simulation the oxygen is easily transported by the fracture and then it penetrates into the matrix by convective-dispersive mechanisms. As initially there is gas in the system, then at the beginning the oxygen is transported generally by dispersion. The zones with low oxygen concentration correspond with regions where the oxygen is consumed by the combustion reaction. Observe that eventually such a zone increases inside the matrix. This evidences that chemical reactions take place mainly inside the porous domain and, practically, there is no reaction in the fracture (theoretically, combustion might be in the fracture as the porosity is not 100%). The oxygen penetrates into the porous matrix by two mechanisms: convection and dispersion. Convection takes place due to the movement of gas by pressure gradients, whilst dispersion happens mainly by concentration gradients.

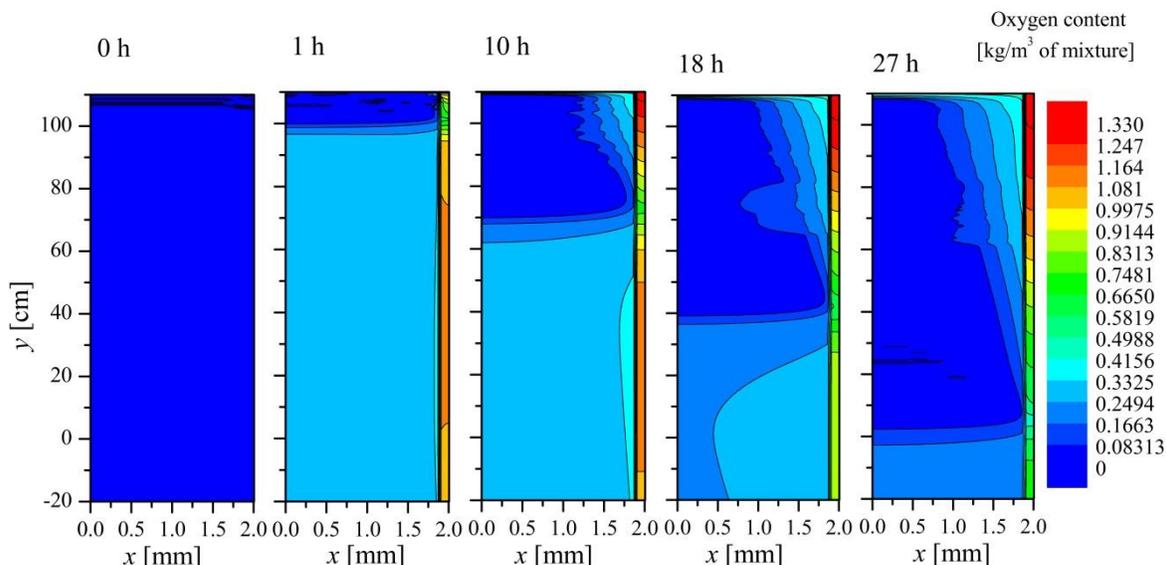


Figure 14. Oxygen content profiles as function of time for the geometrical model depicted in Figure 10.

Comparison of gas saturation and oxygen content profiles for 18 and 27 h in **Figure 12** and **Figure 14** suggest that oxygen is transported mainly by dispersion into the matrix, as there are not appreciable changes in gas saturation, which in turn promotes the convective mechanism. To corroborate the later idea, we plot in **Figure 15** the oxygen flux at the matrix-fracture boundary. For brevity we plot the total oxygen flux and we do not distinguish between the convective and dispersive contributions. However, we found that for all the time the dispersion is the main mechanism for the oxygen transport. In **Figure 15** negative values for the flux indicates that the substance (oxygen or oil) is entering into the matrix and positive values indicates that the substance is coming out from the matrix to the fracture. The zone with higher values of the mass flux corresponds with the combustion front zone. Observe that the coke combustion requires a significant amount of oxygen originating that the most of oxygen flux takes place by combustion front. Behind the combustion front the oxygen is transported to the matrix by the concentration gradients created. Here it is important to mention that significant numerical problems appear due to the high thermal and mass sinks-sources originated in the mathematical model by the cracking and combustion reactions. Thus, some oscillations in the results are visible and we were not able to suppress them at all as the computing resources became prohibitive. However, previous simulations under softer conditions (less reactive conditions) suggested that the tendency of results here presented is correct and physically consistent.

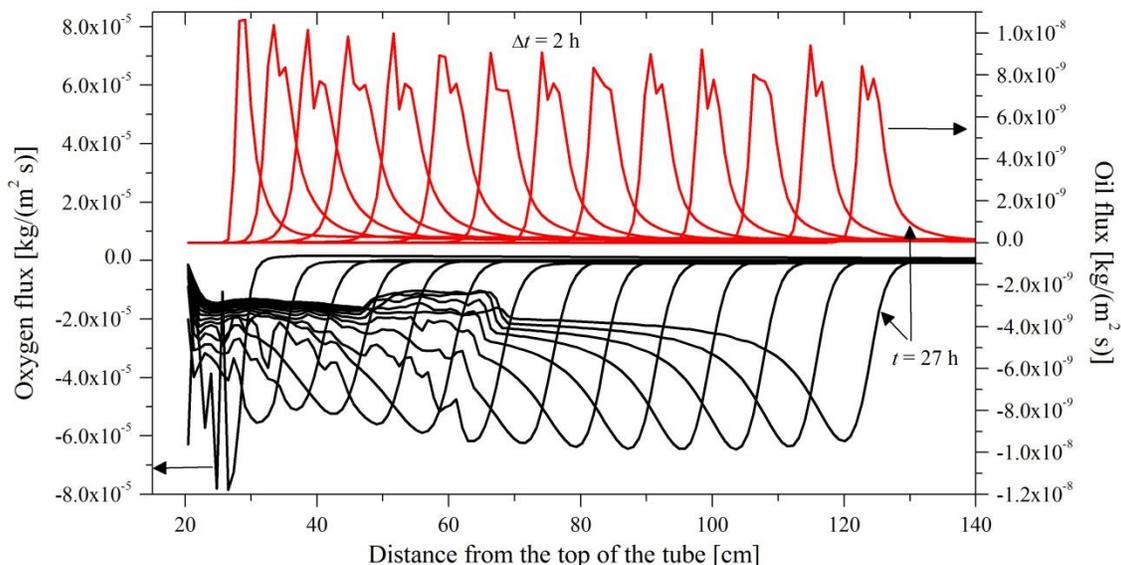


Figure 15. Oxygen and oil flux evaluated at the matrix-fracture boundary as function of time and the vertical position for the geometrical model depicted in Figure 10.

Additionally, in **Figure 15** the oil flux at the matrix-fracture boundary is plotted. The maximum oil flux occurs approximately where the combustion reaction is taking place and has values around 4-6 kg/(m² s). The negative values indicate that the oil is being expelled from the matrix to the fracture. The most of oil was expelled at the combustion front and in a smaller quantity ahead the combustion front.

Conclusions

We presented a four-phase, six-component, two-chemical reaction model for the in-situ combustion process in fractured domains at combustion tube scale. Comparisons with lab data from non-fractured experiments suggest reasonable predictions for temperature, advance of the combustion front and water production. Thus, a benchmark case was defined. In fractured domains, channeled transport was observed as the mobile phases move preferably by the fracture. At the vicinity of the combustion front, the oil is significantly expelled from the matrix to the fracture and the oxygen penetrates importantly the matrix. The dispersive mechanism dominates the oxygen transport inside the porous matrix. In general, it was found that the maximum temperature in fractured regions is lower than in homogenous cases, but the in-situ combustion is feasible.

Acknowledgements

One of the authors (CGAM) appreciates the postdoctoral fellowship granted by the Mexican Petroleum Institute to carry out this work.

Referencias

1. Schulte, W.M. and A.S. de Vries, Society of Petroleum Engineers Journal, 1985. 25(1): p. 67-77.
2. Fatemi, S.M. and R. Kharrat, Brazilian Journal of Petroleum and Gas, 2008. 2(3): p. 96-105.
3. Awoleke, O.G., L.M. Castanier, and A.R. Kovscek. Conference Paper at the *Canadian Unconventional Resources & International Petroleum Conference*. 2010. Calgary, Alberta, Canada: Canadian Society for Unconventional Gas / Society of Petroleum Engineers.
4. Aguilar-Madera, C.G., Technical Report, 2012, Instituto Mexicano del Petróleo.
5. Mamora, D.D., Doctoral dissertation, 1993, Standford University

MODELADO DEL DESPLAZAMIENTO INMISCIBLE AGUA-ACEITE EN UN SISTEMA FRACTURA-MEDIO POROSO

E. D. Reyes-Téllez¹, O. Cazarez-Candia² y C.G. Aguilar-Madera².

¹Departamento de Metalmeccánica, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calz. Tecnológico No. 27, C.P.62780, Zacatepec, México – das_sb@hotmail.com; ²Programa de Recuperación de Hidrocarburos, Instituto Mexicano del Petróleo– ocazarez@imp.mx (O.C.C), carlos_aguilarmadera@hotmail.com (C.G.A.M.)

Área de participación: Termofluidos y Energética

Resumen – En este trabajo se estudió el desplazamiento inmiscible de aceite por medio de inyección de agua en un sistema que se compone de una matriz porosa, la cual se encuentra adyacente a unas fracturas verticales discretas. Las ecuaciones gobernantes consisten en la ley de Darcy para un sistema bifásico, y los balances de materia para la mezcla y el aceite. Tal modelo se resolvió utilizando un simulador de dinámica de fluidos computacional comercial. Se evaluó el efecto de la permeabilidad y la porosidad de la matriz y de la fractura, el ancho de la fractura, las propiedades de los fluidos y las condiciones de frontera. Se encontró que el desplazamiento de aceite es favorecido para valores altos de la permeabilidad. Además, fracturas más anchas ocasionan efectos de canalización por lo que el agua fluye preferentemente por la fractura, disminuyendo el desplazamiento efectivo del aceite en la matriz. Se encontró que los resultados cambian moderadamente cuando se impone una presión o una velocidad de inyección en la frontera de entrada.

Introducción

La difusión de gas en medios porosos es un tema fundamental en muchos campos de la ciencia y la ingeniería. En cualquier fenómeno que involucre un sistema poroso se debe lidiar con la compleja estructura del medio, y los efectos que tiene sobre los patrones de flujo y el transporte de materia. Al respecto, se han realizado estudios teóricos y experimentales para conocer específicamente cuáles son los fenómenos y parámetros principales que gobiernan el transporte de masa.

En la industria petrolera uno de los métodos terciarios para la recuperación de aceite es la combustión in-situ. Esta técnica se basa en generar y mantener la combustión dentro del yacimiento gracias a la inyección de aire desde la superficie, con la finalidad de favorecer la movilidad del aceite y su posterior extracción. Esta forma de recuperación involucra muchos fenómenos físicos de interés ingenieril (cambio de fase, reacciones químicas, difusión etc.). A nivel de laboratorio, la experimentación se lleva a cabo principalmente en tubos de combustión con la finalidad de encontrar los mecanismos principales. Se ha reportado que la velocidad de difusión del oxígeno desde la fractura hacia la matriz juega un papel crucial en la generación y propagación del frente de combustión [1]. Debido a la alta permeabilidad de las fracturas, el aire inyectado viaja preferentemente por estas zonas originando un efecto de canalización provocando que el oxígeno penetre por difusión en el medio poroso.

En la literatura pueden encontrarse trabajos enfocados al estudio del transporte convectivo-difusivo de solutos en medios porosos [2] y libres [3]. Por ejemplo, Taylor estudió experimentalmente el comportamiento de la distribución de la concentración de un trazador inyectándolo por dispersión y convección, en estado estable, en la sección transversal de una tubería. Con base en este trabajo, se infiere un panorama similar en el comportamiento de una fractura.

Acharya et al., [2] estudiaron en la microescala si los coeficientes de dispersión clásica pueden ser aplicados a los modelos de transporte reactivos y no reactivos para varias heterogeneidades y regímenes de transporte, evaluados a diferentes geometrías de medio poroso, donde observaron que la difusión a escala microscópica es la causante de la mezcla de los solutos. Rolle et al., [4] estudiaron los procesos básicos de transporte en la microescala (advección y difusión molecular) para obtener un mejor entendimiento sobre los procesos a la escala de Darcy involucrando el proceso de mezclado transversal en medios porosos. Los investigadores concluyeron que los procesos físicos en la microescala determinan significativamente el comportamiento en la macroescala.

En este trabajo se desarrolla y resuelve un modelo matemático que describa el transporte convectivo-difusivo de masa de oxígeno en un sistema matriz-fractura, tomando en cuenta las siguientes consideraciones: a) estudio a escala de poro, b) medio poroso isotrópico, c) difusión molecular en ambas direcciones, d) coeficiente de difusión isotrópico, e) una fase (gas) y dos componentes (oxígeno y nitrógeno), f) flujo incompresible, g) sin reacción química, h) viscosidad variable, i) dos regiones (una región de medio poroso y otra de medio libre), j) coordenadas cartesianas, k) dos dimensiones y l) estado transitorio.

Fundamento Teórico

Las simulaciones a escala de poro se llevaron a cabo en un dominio de dos dimensiones y dado que solo se toma una sección diferencial de un tubo de combustión es posible considerar una frontera de simetría tal como se observa en la Figura 11. La geometría del medio poroso consiste entonces de un arreglo de círculos ordenados (simulando las partículas) con un diámetro equivalente al promedio de un tamaño de grano utilizado en experimentos de combustión.

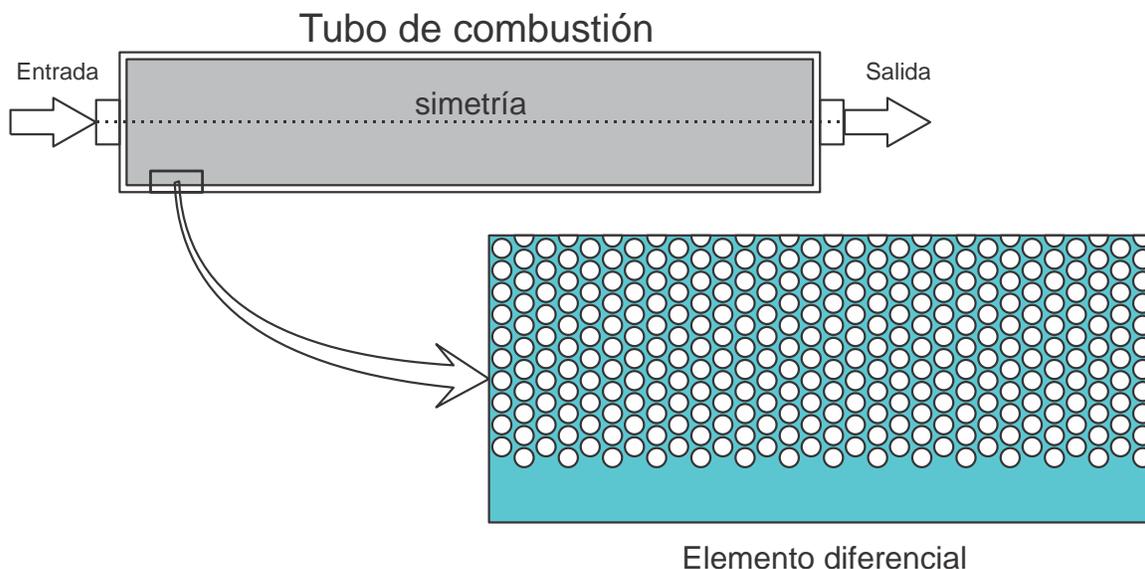


Figura 20 Elemento diferencial, tomada del tubo de combustión, a escala microscópica con porosidad de 0.4.

La red de poros fue construida usando un arreglo de modo que las partículas no quedaran alineadas sobre una línea horizontal, si no en dirección diagonal como se muestra en la Figura 24 con la finalidad que el flujo fluya sobre todas las partículas y no solo sobre una línea horizontal. Además en la Figura 24 se muestran las dimensiones del sistema.

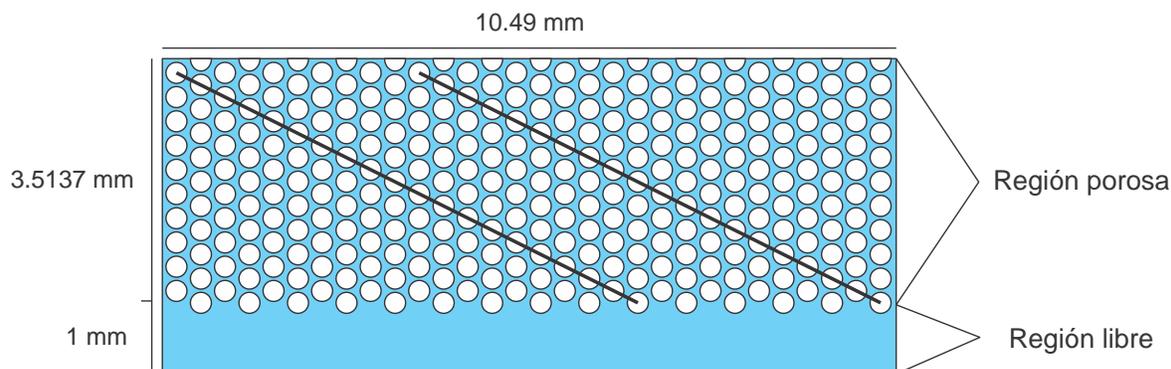


Figura 21. Representación del volumen de control, señalando las dos regiones, medio poroso y fractura.

Las ecuaciones de flujo y transporte fueron resueltas con un software comercial, el cual utiliza el método de elemento finito. Se consideró un mallado triangular con densidad de malla diferente para cada región. Lo anterior es con la finalidad de poder analizar detalladamente el comportamiento y/o distribución del soluto dentro del medio poroso y la fractura.

La ecuación que describe el flujo de la fase gaseosa tanto en el dominio del medio poroso como en el medio libre (fractura), está dado por la ecuación de Navier-Stokes:

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho (\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{u} = -\nabla p + \mu \nabla (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) + F \quad (33)$$

Junto con la ecuación de masa, en la cual se considera flujo incompresible, está definida como:

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (34)$$

Evidentemente, la Ecuación (39) no es válida para una fase gaseosa, sin embargo se ha adoptado la simplicidad de flujo incompresible debido a que el proceso se lleva a cabo isotérmicamente, y sobre todo a que el sistema es tan pequeño que prácticamente la presión es una constante.

En las Ecuaciones (38) y (39), ρ es la densidad, μ la viscosidad, p la presión y \mathbf{u} es el vector velocidad.

Las condiciones de frontera para las Ecuaciones (38) y (39) son: a) en la interface solido-gas se aplica condición de no deslizamiento ($\mathbf{n} \cdot \mathbf{u} = 0$), b) condición de Dirichlet de flux conocido en la frontera de inyección, c) presión conocida en la frontera de producción ($p = p_{atm}$), y d) condición de simetría en la parte superior y condición de no deslizamiento en la parte inferior.

Como condición inicial se consideró presión atmosférica ($p = p_{atm}$) y velocidad igual a cero. No se consideran fuerzas externas (gravedad) debido a que el sistema es horizontal.

Para la microescala, la ecuación que describe el transporte del gas inyectado es la ecuación de advección-difusión, sin reacción química, está dada por:

$$\frac{\partial C_o}{\partial t} - D_{ab} \nabla^2 C_o + \mathbf{u} \cdot \nabla C_o = 0 \quad (35)$$

donde C_o y D_{ab} son la concentración de oxígeno y el coeficiente de difusión molecular, respectivamente. Las condiciones de frontera para la Ecuación (40) son: a) en la interface fluido-solido condición de frontera de no flujo ($-\mathbf{n} \cdot \mathbf{N} = 0$), b) condición de Dirichlet para concentración conocida en la entrada ($C_o = C_{o,i}$), c) condición de frontera de simetría en la parte superior y de no flujo en la parte inferior.

Como condición inicial se supuso tener saturado el medio (matriz-fractura) únicamente con nitrógeno.

Los fluidos de trabajo fueron oxígeno y nitrógeno y sus propiedades se muestran en la Tabla 3.

Tabla 1. Propiedades de los fluidos de trabajo.

	Viscosidad dinámica μ $kg/m \cdot s$	Peso molecular M kg/mol	Coefficiente de difusión molecular D_{ab} cm^2/s
Oxígeno	$20.63e^{-6}$	0.032	0.22
Nitrógeno	$17.84e^{-6}$	0.028013	

La densidad se calculó con la ecuación del gas ideal tomando en cuenta el peso molecular de cada componente. Para el estudio se consideraron propiedades de mezcla, específicamente para la densidad, ésta se calculó tomando en cuenta 50% de fracción de cada componente tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\rho_{mezcla} = (X_O \rho_O)_{Oxígeno} + (X_N \rho_N)_{Nitrógeno} \tag{36}$$

donde X_O y X_N representan las fracciones máscas del oxígeno y nitrógeno presentes en el medio, respectivamente.

Respecto a la viscosidad dinámica de la mezcla, ésta se calculó usando el método de Wilke [5], mientras que para el coeficiente de difusión se usó información de [6]. El sistema de estudio se encuentra bajo condiciones estándar (298K (25°C) y 1atm de presión).

Resultados y Discusión

El perfil de velocidad del caso 2 se muestra en la **¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.** para un diámetro de partícula de 0.6 mm. Se observa que la velocidad en la entrada del medio poroso es máxima, tendiendo a fluir hacia la fractura, y disminuye conforme avanza a lo largo de la matriz. Esto se observa de acuerdo a la escala de colores. Durante las simulaciones se encontró que los perfiles de velocidad son idénticos independientemente del flujo que halla en el sistema. Sin embargo, se observó que no ocurre lo mismo con los valores numéricos máximos y mínimos de la velocidad debido a que se usaron diferentes flujos de entrada en las simulaciones. Se encontró que el flujo se desarrolla aproximadamente a los 2 mm desde la entrada.

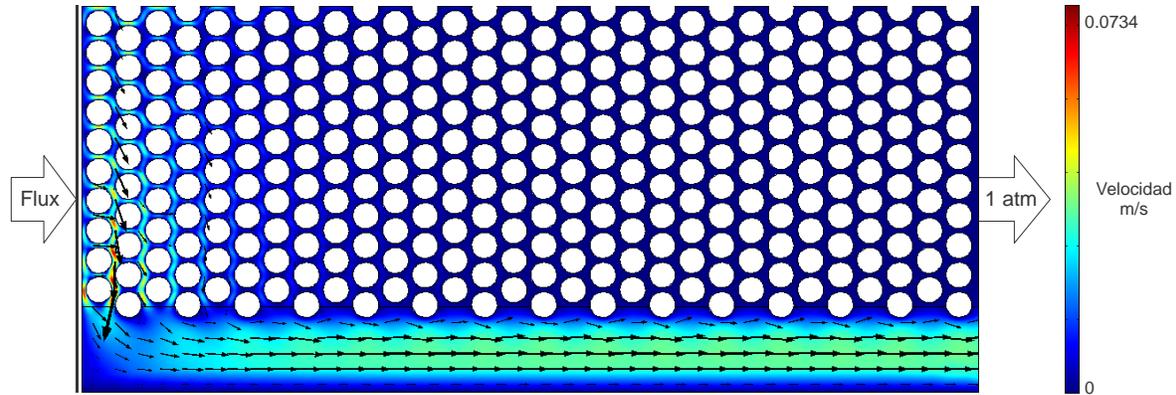


Figura 22. Perfil de velocidad en estado estacionario.

Los resultados para el caso de la difusión de oxígeno se muestran en la Figura . En ésta se presentan tres casos con diferentes valores del número de Péclet de masa basado en la fractura el cual está definido como:

$$Pe = \frac{Ud}{D_{ab}} \tag{37}$$

donde U es la velocidad promedio en la fractura, y d es el espesor de la fractura. Los diferentes casos se presentan en la Tabla 4. Para cada uno de los casos se presentan los perfiles de concentración de oxígeno y la dirección de flujo (flechas negras) para dos diferentes tiempos en la Figura . Los resultados se encuentran normalizados como: $C_o/C_{o,i}$, donde C_o y $C_{o,i}$ son la variable concentración de la Ecuación (40) y la concentración inicial del oxígeno, respectivamente.

Tabla 2. Parámetros utilizados para los casos presentados.

Parámetros	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Flux de masa, [kg/m ² *s]	6.55x10 ⁻⁵	6.55x10 ⁻³	6.55x10 ⁻²
Péclet, Pe	0.01	1	10

Los resultados muestran que la concentración de oxígeno en el medio poroso es aproximadamente uniforme y avanza lentamente a lo largo de la matriz. Mientras tanto, en la fractura el perfil de concentración es distribuida y tiende a avanzar más rápido.

En los resultados de la Figura se muestra que la condición de entrada tiene un efecto sobre el perfil de concentración. Por ejemplo, cuando el número de Péclet es 10 el oxígeno tiende a fluir hacia la fractura alterando el comportamiento uniforme en la región porosa. Por otra parte, cuando se tienen números de Péclet

menores a 10 la convección no tiene una contribución significativa al flujo total de la sustancia. Así, se observa que los perfiles de concentración son parecidos en la matriz y en la fractura debido a que principalmente se transporta el oxígeno por el mecanismo de difusión. Por último, se agrega que el perfil parabólico de concentración de oxígeno toma lugar cuando el número de Péclet es mayor a 1.

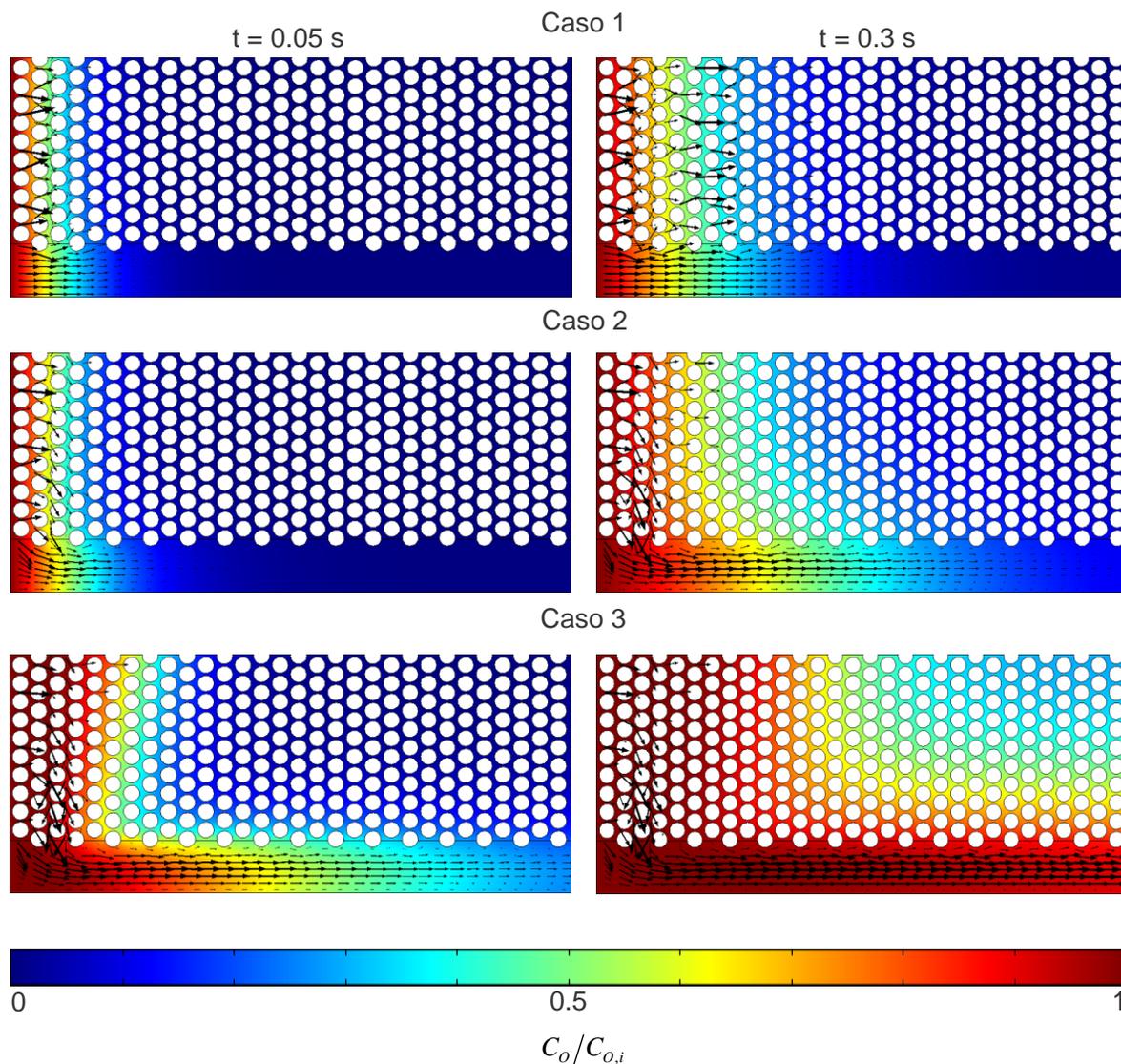


Figura 4. Perfiles de concentración de distribución de oxígeno.

Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado, el efecto del flujo de inyección y el valor del coeficiente de difusión molecular tienen impacto en el proceso de difusión en un sistema matriz-fractura. Ya que estos en conjunto con la geometría determinan el perfil de transporte de oxígeno. Por lo tanto se concluye que:

- La velocidad de inyección de oxígeno es importante y debe incluirse en el estudio de recuperación mejorada de hidrocarburos (combustión in-situ), ya que contribuye en gran parte al transporte de oxígeno.
- El coeficiente de difusión molecular D_{ab} contribuye a la difusión transversal de la fractura hacia el medio poroso lo que trae por consecuencia el perfil parabólico como se mostró en la Figura para Péclet igual a 10.
- La geometría del medio poroso es importante, ya que la distribución de las partículas, su tamaño y forma, modifican el flujo dentro del medio.
- Se notó que el perfil parabólico de concentración de oxígeno toma lugar cuando el número de Péclet es mayor a 1.

Referencias

1. J. Cruz-Hernández, R. Islas-Juárez, C. Pérez-Rosales, S. Rivas-Gómez, A. Pineda-Muñoz y J. González-Guevara, *Ciencia Ergo Sum*, 2001, 8, 68.
2. C.G. Aguilar-Madera, F. J. Valdes-Parada, B. Goyeau, J. A. Ochoa-Tapia, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54(9), 2089-2099.

MODELADO DEL TRANSPORTE DE OXÍGENO A ESCALA DE PORO EN UN SISTEMA MATRIZ-FRACTURA

G. Rojas-Altamirano¹, O. Cazarez-Candia² y C. G. Aguilar-Madera²

¹Instituto Tecnológico de Zacatepec, guillermo_rojas@live.com, Calzada Tecnológico No. 27, Zacatepec de Hidalgo, Morelos, ²Instituto Mexicano del Petróleo, ocazarez@imp.mx (OCC), carlos_aguilarmadera@hotmail.com (CGAM)

Área de participación: Termofluidos y Energética

Resumen – El problema de flujo multifásico en medios porosos se presenta en muchas disciplinas tales como la física, química, geología etc. e ingenierías como la petrolera, solar, geotérmica etc. En la industria petrolera, por ejemplo, uno de los procesos de recuperación es la técnica de combustión in-situ en la cual ocurren fenómenos que son de interés, como es el caso de la difusión de oxígeno en un medio poroso naturalmente fracturado el cual debido a su complejidad ha sido ampliamente estudiado. El modelado matemático del fenómeno de difusión puede involucrar únicamente flujo monofásico y multicomponente por lo cual se requiere resolver ecuaciones de difusión y conservación de masa y cantidad de movimiento. En este trabajo se modeló matemáticamente el comportamiento de la difusión de una sustancia o especie en un sistema matriz-fractura. Para ello, utilizando un volumen de control a escala de poro (microscópica) se resolvieron las ecuaciones de conservación de masa y cantidad de movimiento (Navier-Stokes) para una fase, y la ecuación de difusión (ley de Fick) para una especie (oxígeno), todas en estado transitorio. Para resolver dichas ecuaciones, se utilizó un software comercial el cual se basa en la técnica de solución de elemento finito con mallado triangular. Como resultado se obtuvieron perfiles de difusión del gas para dos componentes en un sistema matriz-fractura a partir de los cuales se concluye que: a) existe una mayor preferencia a fluir por la fractura que por la matriz, b) que la geometría de la matriz tiene un gran impacto sobre los gradientes de concentración de los componentes así como de la velocidad de inyección del fluido.

Introducción

La difusión de gas en medios porosos es un tema fundamental en muchos campos de la ciencia y la ingeniería. En cualquier fenómeno que involucre un sistema poroso se debe lidiar con la compleja estructura del medio, y los efectos que tiene sobre los patrones de flujo y el transporte de materia. Al respecto, se han realizado estudios teóricos y experimentales para conocer específicamente cuáles son los fenómenos y parámetros principales que gobiernan el transporte de masa.

En la industria petrolera uno de los métodos terciarios para la recuperación de aceite es la combustión in-situ. Esta técnica se basa en generar y mantener la combustión dentro del yacimiento gracias a la inyección de aire desde la superficie, con la finalidad de favorecer la movilidad del aceite y su posterior extracción. Esta forma de recuperación involucra muchos fenómenos físicos de interés ingenieril (cambio de fase, reacciones químicas, difusión etc.). A nivel de

laboratorio, la experimentación se lleva a cabo principalmente en tubos de combustión con la finalidad de encontrar los mecanismos principales. Se ha reportado que la velocidad de difusión del oxígeno desde la fractura hacia la matriz juega un papel crucial en la generación y propagación del frente de combustión [1]. Debido a la alta permeabilidad de las fracturas, el aire inyectado viaja preferentemente por estas zonas originando un efecto de canalización provocando que el oxígeno penetre por difusión en el medio poroso.

En la literatura pueden encontrarse trabajos enfocados al estudio del transporte convectivo-difusivo de solutos en medios porosos [2] y libres [3]. Por ejemplo, Taylor estudió experimentalmente el comportamiento de la distribución de la concentración de un trazador inyectándolo por dispersión y convección, en estado estable, en la sección transversal de una tubería. Con base en este trabajo, se infiere un panorama similar en el comportamiento de una fractura.

Acharya et al., [2] estudiaron en la microescala si los coeficientes de dispersión clásica pueden ser aplicados a los modelos de transporte reactivos y no reactivos para varias heterogeneidades y regímenes de transporte, evaluados a diferentes geometrías de medio poroso, donde observaron que la difusión a escala microscópica es la causante de la mezcla de los solutos. Rolle et al., [4] estudiaron los procesos básicos de transporte en la microescala (advección y difusión molecular) para obtener un mejor entendimiento sobre los procesos a la escala de Darcy involucrando el proceso de mezclado transversal en medios porosos. Los investigadores concluyeron que los procesos físicos en la microescala determinan significativamente el comportamiento en la macroescala.

En este trabajo se desarrolla y resuelve un modelo matemático que describa el transporte convectivo-difusivo de masa de oxígeno en un sistema matriz-fractura, tomando en cuenta las siguientes consideraciones: a) estudio a escala de poro, b) medio poroso isotrópico, c) difusión molecular en ambas direcciones, d) coeficiente de difusión isotrópico, e) una fase (gas) y dos componentes (oxígeno y nitrógeno), f) flujo incompresible, g) sin reacción química, h) viscosidad variable, i) dos regiones (una región de medio poroso y otra de medio libre), j) coordenadas cartesianas, k) dos dimensiones y l) estado transitorio.

Fundamento Teórico

Las simulaciones a escala de poro se llevaron a cabo en un dominio de dos dimensiones y dado que solo se toma una sección diferencial de un tubo de combustión es posible considerar una frontera de simetría tal como se observa en la Figura 11. La geometría del medio poroso consiste entonces de un arreglo de círculos ordenados (simulando las partículas) con un diámetro equivalente al promedio de un tamaño de grano utilizado en experimentos de combustión.

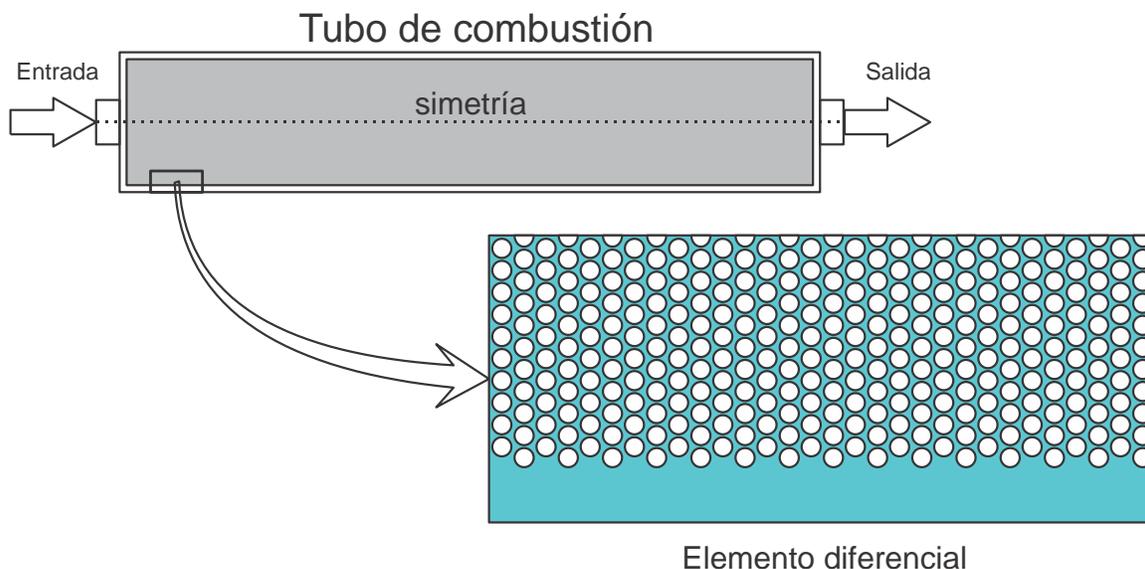


Figura 11 Elemento diferencial, tomada del tubo de combustión, a escala microscópica con porosidad de 0.4.

La red de poros fue construida usando un arreglo de modo que las partículas no quedaran alineadas sobre una línea horizontal, si no en dirección diagonal como se muestra en la Figura 24 con la finalidad que el flujo fluya sobre todas las partículas y no solo sobre una línea horizontal. Además en la Figura 24 se muestran las dimensiones del sistema.

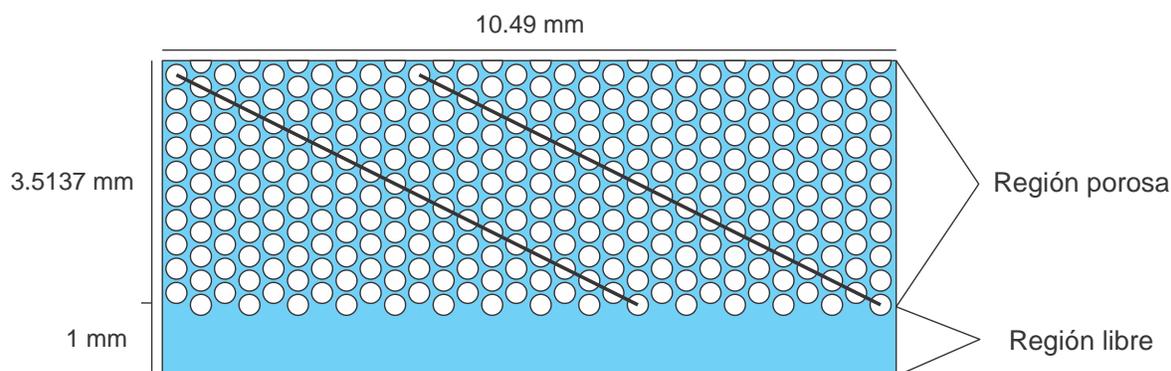


Figura 24. Representación del volumen de control, señalando las dos regiones, medio poroso y fractura.

Las ecuaciones de flujo y transporte fueron resueltas con un software comercial, el cual utiliza el método de elemento finito. Se consideró un mallado triangular con densidad de malla diferente para cada región. Lo anterior es con la finalidad de poder analizar detalladamente el comportamiento y/o distribución del soluto dentro del medio poroso y la fractura.

La ecuación que describe el flujo de la fase gaseosa tanto en el dominio del medio poroso como en el medio libre (fractura), está dado por la ecuación de Navier-Stokes:

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho (\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{u} = -\nabla p + \mu \nabla (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) + F \quad (38)$$

Junto con la ecuación de masa, en la cual se considera flujo incompresible, está definida como:

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (39)$$

Evidentemente, la Ecuación (39) no es válida para una fase gaseosa, sin embargo se ha adoptado la simplicidad de flujo incompresible debido a que el proceso se lleva a cabo isotérmicamente, y sobre todo a que el sistema es tan pequeño que prácticamente la presión es una constante.

En las Ecuaciones (38) y (39), ρ es la densidad, μ la viscosidad, p la presión y \mathbf{u} es el vector velocidad.

Las condiciones de frontera para las Ecuaciones (38) y (39) son: a) en la interface solido-gas se aplica condición de no deslizamiento ($\mathbf{n} \cdot \mathbf{u} = 0$), b) condición de Dirichlet de flux conocido en la frontera de inyección, c) presión conocida en la frontera de producción ($p = p_{atm}$), y d) condición de simetría en la parte superior y condición de no deslizamiento en la parte inferior.

Como condición inicial se consideró presión atmosférica ($p = p_{atm}$) y velocidad igual a cero. No se consideran fuerzas externas (gravedad) debido a que el sistema es horizontal.

Para la microescala, la ecuación que describe el transporte del gas inyectado es la ecuación de advección-difusión, sin reacción química, está dada por:

$$\frac{\partial C_o}{\partial t} - D_{ab} \nabla^2 C_o + \mathbf{u} \cdot \nabla C_o = 0 \quad (40)$$

donde C_o y D_{ab} son la concentración de oxígeno y el coeficiente de difusión molecular, respectivamente. Las condiciones de frontera para la Ecuación (40) son: a) en la interface fluido-solido condición de frontera de no flujo ($-\mathbf{n} \cdot \mathbf{N} = 0$), b) condición de Dirichlet para concentración conocida en la entrada ($C_o = C_{o,i}$), c) condición de frontera de simetría en la parte superior y de no flujo en la parte inferior.

Como condición inicial se supuso tener saturado el medio (matriz-fractura) únicamente con nitrógeno.

Los fluidos de trabajo fueron oxígeno y nitrógeno y sus propiedades se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades de los fluidos de trabajo.

	Viscosidad dinámica μ $kg/m \cdot s$	Peso molecular M kg/mol	Coefficiente de difusión molecular D_{ab} cm^2/s
Oxígeno	$20.63e^{-6}$	0.032	0.22
Nitrógeno	$17.84e^{-6}$	0.028013	

La densidad se calculó con la ecuación del gas ideal tomando en cuenta el peso molecular de cada componente. Para el estudio se consideraron propiedades de mezcla, específicamente para la densidad, ésta se calculó tomando en cuenta 50% de fracción de cada componente tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\rho_{mezcla} = (X_O \rho_O)_{Oxígeno} + (X_N \rho_N)_{Nitrógeno} \tag{41}$$

donde X_O y X_N representan las fracciones máscas del oxígeno y nitrógeno presentes en el medio, respectivamente.

Respecto a la viscosidad dinámica de la mezcla, ésta se calculó usando el método de Wilke [5], mientras que para el coeficiente de difusión se usó información de [6]. El sistema de estudio se encuentra bajo condiciones estándar (298K (25°C) y 1atm de presión).

Resultados y Discusión

El perfil de velocidad del caso 2 se muestra en la **¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.** para un diámetro de partícula de 0.6 mm. Se observa que la velocidad en la entrada del medio poroso es máxima, tendiendo a fluir hacia la fractura, y disminuye conforme avanza a lo largo de la matriz. Esto se observa de acuerdo a la escala de colores. Durante las simulaciones se encontró que los perfiles de velocidad son idénticos independientemente del flujo que halla en el sistema. Sin embargo, se observó que no ocurre lo mismo con los valores numéricos máximos y mínimos de la velocidad debido a que se usaron diferentes flujos de entrada en las simulaciones. Se encontró que el flujo se desarrolla aproximadamente a los 2 mm desde la entrada.

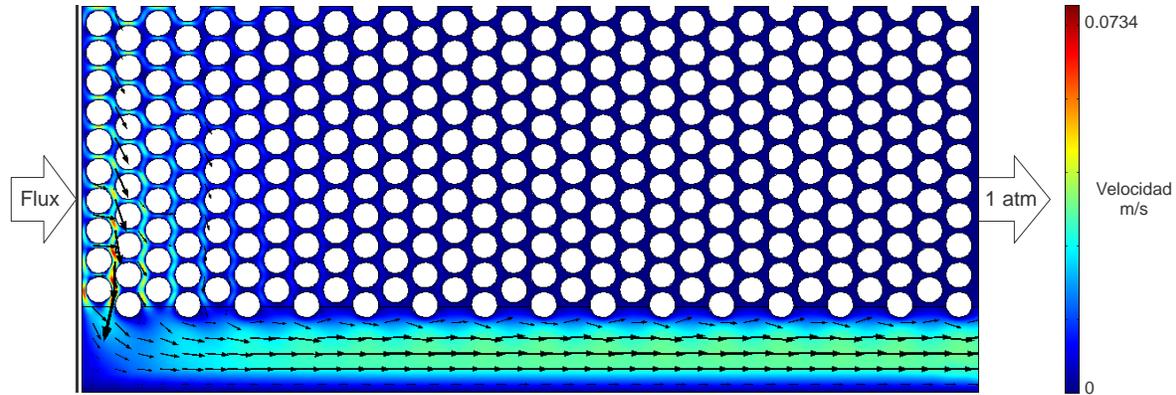


Figura 25. Perfil de velocidad en estado estacionario.

Los resultados para el caso de la difusión de oxígeno se muestran en la Figura . En ésta se presentan tres casos con diferentes valores del número de Péclét de masa basado en la fractura el cual está definido como:

$$Pe = \frac{Ud}{D_{ab}} \tag{42}$$

donde U es la velocidad promedio en la fractura, y d es el espesor de la fractura. Los diferentes casos se presentan en la Tabla 4. Para cada uno de los casos se presentan los perfiles de concentración de oxígeno y la dirección de flujo (flechas negras) para dos diferentes tiempos en la Figura . Los resultados se encuentran normalizados como: $C_o/C_{o,i}$, donde C_o y $C_{o,i}$ son la variable concentración de la Ecuación (40) y la concentración inicial del oxígeno, respectivamente.

Tabla 4. Parámetros utilizados para los casos presentados.

Parámetros	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Flux de masa, [kg/m ² *s]	6.55x10 ⁻⁵	6.55x10 ⁻³	6.55x10 ⁻²
Péclét, Pe	0.01	1	10

Los resultados muestran que la concentración de oxígeno en el medio poroso es aproximadamente uniforme y avanza lentamente a lo largo de la matriz. Mientras tanto, en la fractura el perfil de concentración es distribuida y tiende a avanzar más rápido.

En los resultados de la Figura 4 se muestra que la condición de entrada tiene un efecto sobre el perfil de concentración. Por ejemplo, cuando el número de Péclét es 10 el oxígeno tiende a fluir hacia la fractura alterando el comportamiento uniforme en la región porosa. Por otra parte, cuando se tienen números de Péclét menores a 10 la convección no tiene una contribución significativa al flujo total de la sustancia. Así, se observa que los perfiles de concentración son parecidos en la

matriz y en la fractura debido a que principalmente se transporta el oxígeno por el mecanismo de difusión. Por último, se agrega que el perfil parabólico de concentración de oxígeno toma lugar cuando el número de Péclet es mayor a 1.

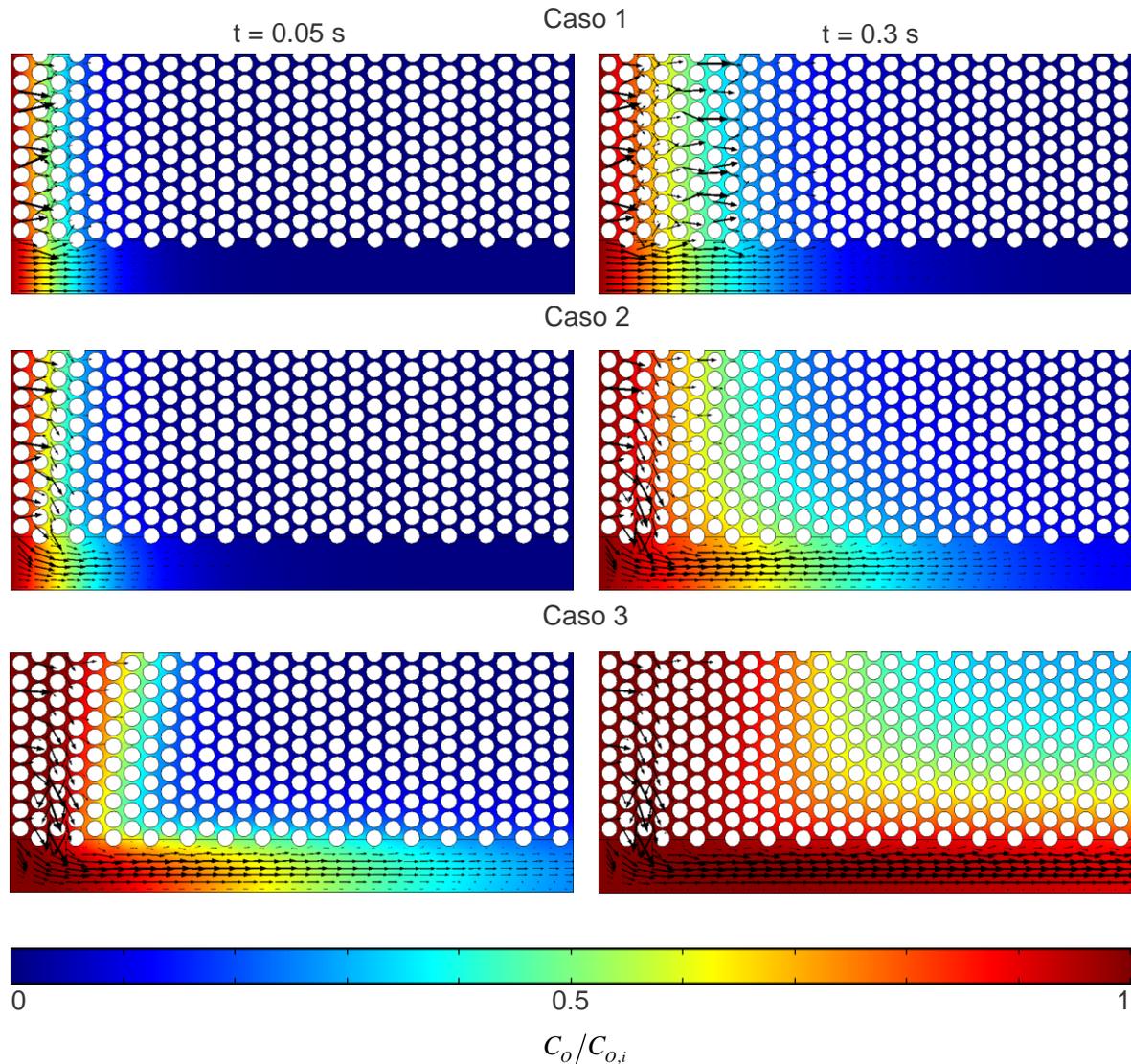


Figura 4. Perfiles de concentración de distribución de oxígeno

Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado, el efecto del flujo de inyección y el valor del coeficiente de difusión molecular tienen impacto en el proceso de difusión en un sistema matriz-fractura. Ya que estos en conjunto con la geometría determinan el perfil de transporte de oxígeno. Por lo tanto se concluye que:

- La velocidad de inyección de oxígeno es importante y debe incluirse en el estudio de recuperación mejorada de hidrocarburos (combustión in-situ), ya que contribuye en gran parte al transporte de oxígeno.
- El coeficiente de difusión molecular D_{ab} contribuye a la difusión transversal de la fractura hacia el medio poroso lo que trae por consecuencia el perfil parabólico como se mostró en la Figura para Péclet igual a 10.
- La geometría del medio poroso es importante, ya que la distribución de las partículas, su tamaño y forma, modifican el flujo dentro del medio.
- Se notó que el perfil parabólico de concentración de oxígeno toma lugar cuando el número de Péclet es mayor a 1.

Referencias

1. Schulte, W.M. and A.S.d. Vries, *Society of Petroleum Engineers Journal*, 1985:
2. Acharya, R.C., et al., *Water Resources Research*, 2007. **43**:
3. Taylor, G., *Proceedings of The Royal Society A*, 1953:
4. Rolle, M., et al., *Transport in porous media*, 2012(93):
5. Reid, R.C., J.M. Prausnitz, and B.E. Poling, *The properties of gases and liquids* McGraw-Hill.
6. Gebhart, B., *Heat conduction and mass diffusion* McGraw-Hill.

SIMULACIÓN DE FLUJO BIFÁSICO EN UN MEDIO POROSO CON RED DE FRACTURAS

J. Díaz-Ávila¹, O. Cazarez-Candia² y C.G. Aguilar-Madera².

¹Departamento de Metalmeccánica, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calz. Tecnológico No. 27, C.P.62780, Zacatepec, México – jon.da.17@hotmail.com; ²Programa de Recuperación de Hidrocarburos, Instituto Mexicano del Petróleo- ocazarez@imp.mx (O.C.C), carlos_aguilarmadera@hotmail.com (C.G.A.M.)

Área de participación: Termofluidos y Energética

Resumen – En este trabajo se estudió el desplazamiento inmiscible de aceite por medio de agua en un sistema poroso que contiene diferentes configuraciones de fracturas utilizando un simulador de dinámica de fluidos computacional, el cual está basado en el método de elemento finito. Para modelar la hidrodinámica se utilizó la ley de Darcy para un sistema bifásico y el modelo matemático se complementó con los balances de materia. El estudio implicó una evaluación del efecto de las condiciones de frontera y la variación de las propiedades de los fluidos. Se encontró que el desplazamiento de aceite se ve favorecido en un medio fracturado debido a que el aceite se mueve preferentemente a través de las fracturas. Este efecto es más significativo cuando las fracturas están orientadas en la dirección de flujo neto.

Introducción

En las últimas décadas las reservas de aceites crudos ligero e intermedio han caído de manera importante a nivel mundial. Por lo anterior, en los últimos años se han realizado esfuerzos importantes sobre el desarrollo de tecnologías para la extracción de dichos aceites en campos petroleros abandonados, o bien en campos nuevos cuyas características no permiten que se exploten por métodos convencionales.

La vida productiva de ciertos yacimientos puede consistir en tres etapas principales. En la primera etapa se aprovecha la presión natural que existe en el yacimiento para la producción de aceite. En la segunda etapa es necesario re-presurizar el yacimiento. Con este fin se inyecta algún fluido al yacimiento. En la última etapa se inyectan agentes químicos en el yacimiento como, polímeros, gases miscibles e inmiscibles, o energía térmica.

Dentro de los métodos de recuperación secundaria se encuentra el método de inyección de agua al yacimiento, con la finalidad de re-presurizar el sistema y desplazar el aceite hacia los pozos de producción. Por otra parte, una gran cantidad de yacimientos petroleros en el mundo son naturalmente fracturados [1]. Uno de los problemas principales que presentan estos yacimientos es que los fluidos se mueven preferencialmente a través de las fracturas, debido a que presentan una mayor permeabilidad en comparación con la matriz porosa, lo que origina efectos de canalización.

A pesar del esfuerzo de investigación que se ha realizado en los últimos años sobre la hidrodinámica en un sistema matriz-fractura, aún no se ha entendido por completo los fenómenos que gobiernan la hidrodinámica en la inter-región formada por la matriz y la fractura. Por lo tanto en este trabajo se propone simular el desplazamiento de petróleo por agua en un sistema formado por un medio poroso que contiene una red de fracturas. La idea es evaluar el efecto de las propiedades de los fluidos, propiedades del sistema, la configuración geométrica de las fracturas y las condiciones de frontera sobre el desplazamiento de petróleo.

Fundamento Teórico

En el modelo matemático se utiliza la Ley de Darcy para estimar el campo de velocidad:

$$\mathbf{u} = -\frac{k}{\mu} \nabla p \tag{43}$$

Donde \mathbf{u} es la velocidad de Darcy de la mezcla (agua-aceite), k es la permeabilidad del medio, μ es la viscosidad dinámica de la mezcla dada por la siguiente expresión

$$\frac{1}{\mu} = S_o \frac{k_{ro}}{\mu_o} + S_w \frac{k_{rw}}{\mu_w} \tag{44}$$

Además, p es la presión. Es importante mencionar que en la Ecuación (43) se han descartado los efectos gravitacionales.

En la Ecuación (44) μ_o y μ_w son las viscosidades del aceite y del agua, respectivamente. k_{ro} y k_{rw} representan la permeabilidad relativa para el aceite y el agua, respectivamente. Para estimar las permeabilidades relativas se utilizaron las siguientes expresiones:

$$k_{ro} = (1 - S_e)^m \tag{45}$$

$$k_{rw} = S_e^m \tag{46}$$

Donde S_e es la saturación normalizada, definida como:

$$S_e = \frac{S_w - S_{rw}}{1 - S_{rw} - S_{ro}} \tag{47}$$

Aquí S_{rw} es la saturación residual del agua y S_{ro} la del aceite. Las saturaciones del aceite, S_o , y del agua, S_w , están restringidas por la siguiente igualdad:

$$S_o + S_w = 1 \tag{48}$$

Para complementar el modelo matemático se utiliza la ecuación de continuidad para la mezcla:

$$\frac{\partial E_p \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \tag{49}$$

donde ρ es la densidad promedio de la mezcla calculada de la siguiente forma,

$$\rho = S_o \rho_o + S_w \rho_w \tag{50}$$

ρ_o es la densidad del aceite y ρ_w es la densidad del agua.

En la Ecuación (49) el término $\frac{\partial E_p \rho}{\partial t}$ es la acumulación de la mezcla, y $\nabla \cdot (\rho \mathbf{u})$ es el transporte de la mezcla debido a la convección. E_p es la porosidad.

Para el balance de masa del aceite se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial E_p C_o}{\partial t} + \nabla \cdot (C_o \mathbf{u}) = \nabla \cdot (D_c \nabla C_o) \tag{51}$$

$$C_o = S_o \rho_o \tag{52}$$

Donde D_c es la difusión capilar.

Es importante mencionar que la permeabilidad y la porosidad son funciones de la posición como se indica a continuación:

$$k = \begin{cases} k_m, & \text{En la matriz porosa} \\ k_f, & \text{En la fractura} \end{cases} \tag{53}$$

$$E_p = \begin{cases} E_{p,m}, & \text{En la matriz.} \\ E_{p,f}, & \text{En la fractura.} \end{cases} \tag{54}$$

donde k_m y k_f son los valores de la permeabilidad en la matriz y en la fractura, respectivamente. Los términos $E_{p,m}$ y $E_{p,f}$ son las porosidades en la matriz y en la fractura, respectivamente.

Resultados y Discusión

El modelo matemático presentado en la sección anterior se resolvió utilizando un simulador de dinámica de fluidos computacional. Dicho software está basado en el método de elemento finito, y se aseguró que los resultados fueran independientes de la malla utilizada. Los valores de las propiedades y de parámetros utilizados se reportan en la Tabla 5.

En este trabajo se resolvió el problema de flujo en distintas geometrías. Estas se presentan en la Figura 26.

Tabla 5. Valores de las propiedades y parámetros del sistema.

Parámetro	Valor
-----------	-------

ρ_w	1000 [kg/m ³]
ρ_o	950 [kg/m ³]
μ_w	0.001 [Pa.s]
μ_o	0.005 [Pa.s]
m	1
S_{rw}	0
S_{ro}	0
$E_{p,m}$	0.4
$E_{p,f}$	0.9
D_c	1x10 ⁻⁶ [m ² /s]
k_m	10 [Md]
k_f	10000 [mD]

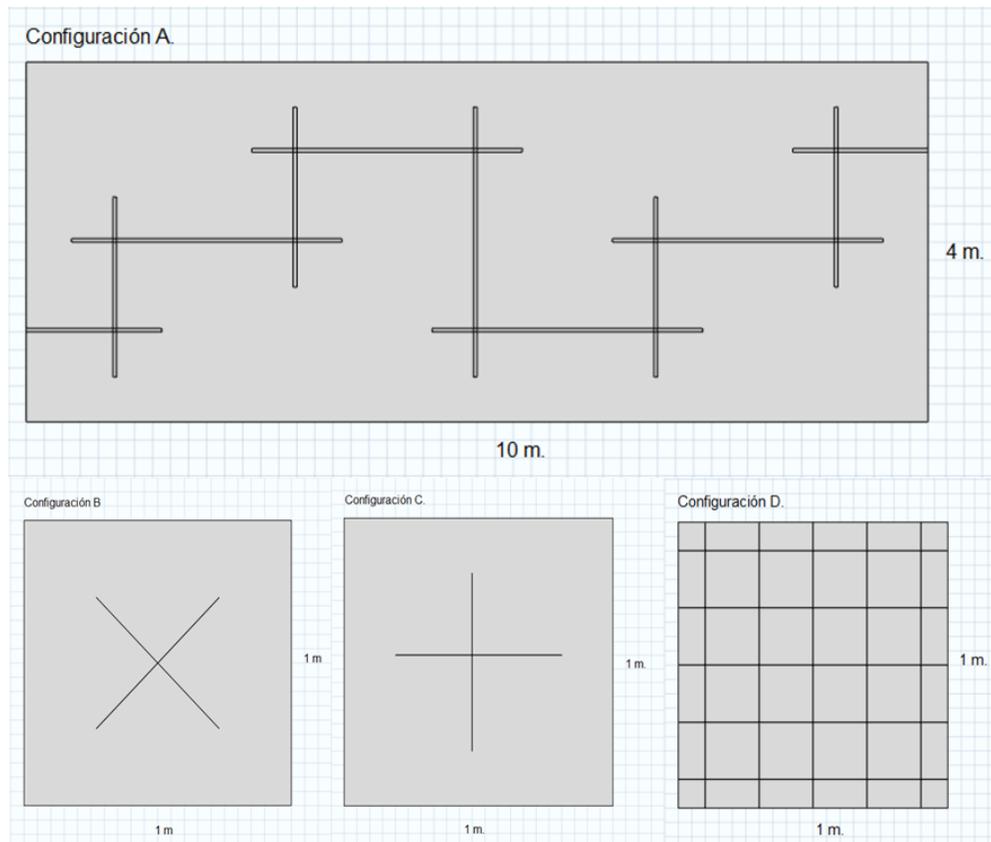


Figura 26 Configuraciones geométricas de la red de fracturas.

Comparación con resultados publicados

La geometría de la configuración A fue tomada del trabajo de Juanes y Samper [2], pero en lugar de desplazar aceite se estudia el transporte de un soluto. De ese trabajo se tomaron los valores de la porosidad y la permeabilidad y se compararon con los resultados impertinentes de este trabajo. La comparación entre los perfiles de saturación y la concentración del soluto se muestran en la Figura 2. A pesar de las diferencias entre ambos procesos se obtienen perfiles similares aunque para tiempos muy distintos. Sin embargo, pueden observarse efectos de canalización similares en las fracturas más cercanas a la cara de inyección.

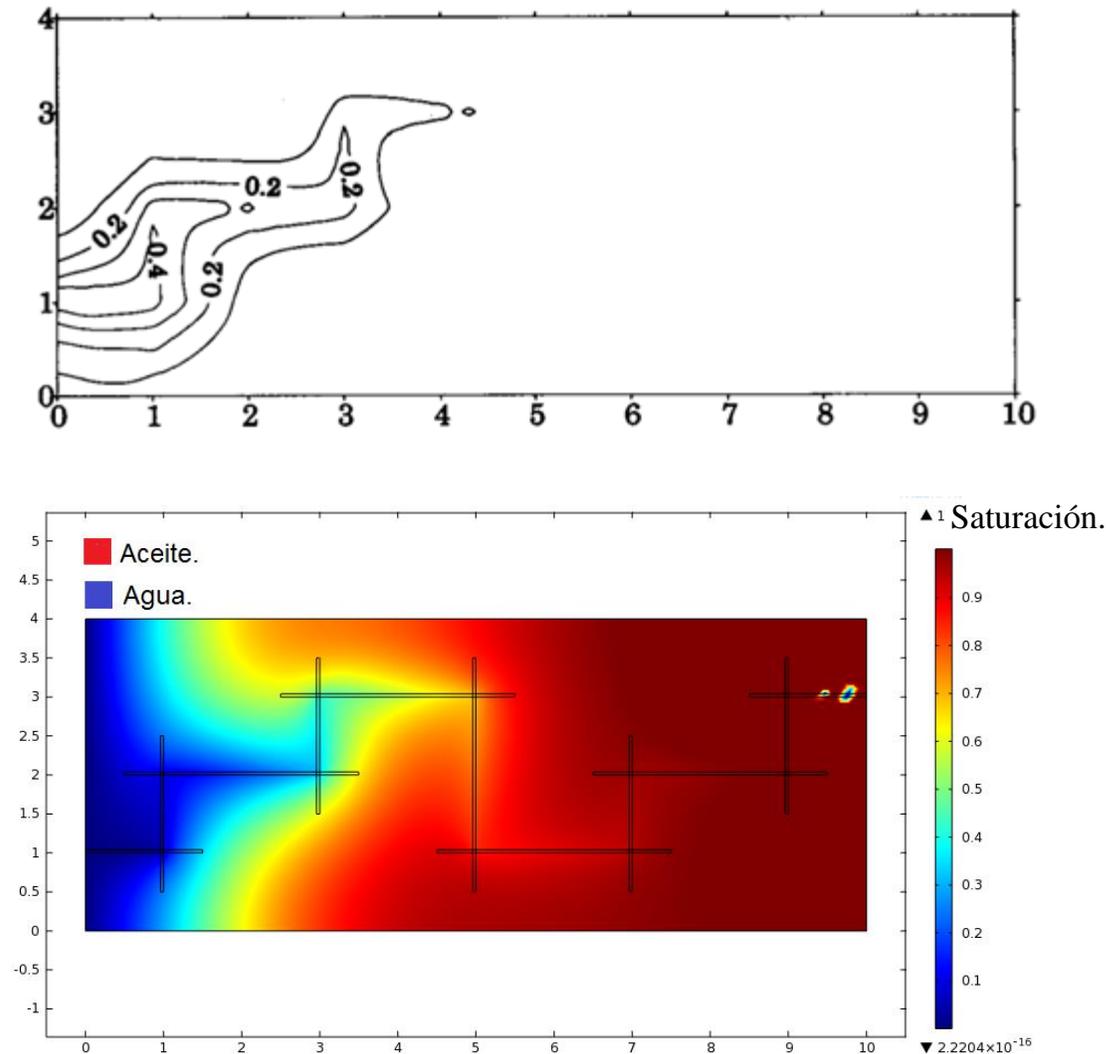


Figura 2 Comparación de un artículo [2] con el simulador de dinámica de fluidos.

Análisis de resultados

A continuación, en esta sección se muestran las simulaciones para las 4 configuraciones de fracturas, donde se observan los resultados en diferentes tiempos de simulación y con diferentes condiciones de fronteras. En todas las simulaciones se consideraron los mismos parámetros que se muestran en el **Tabla 5**.

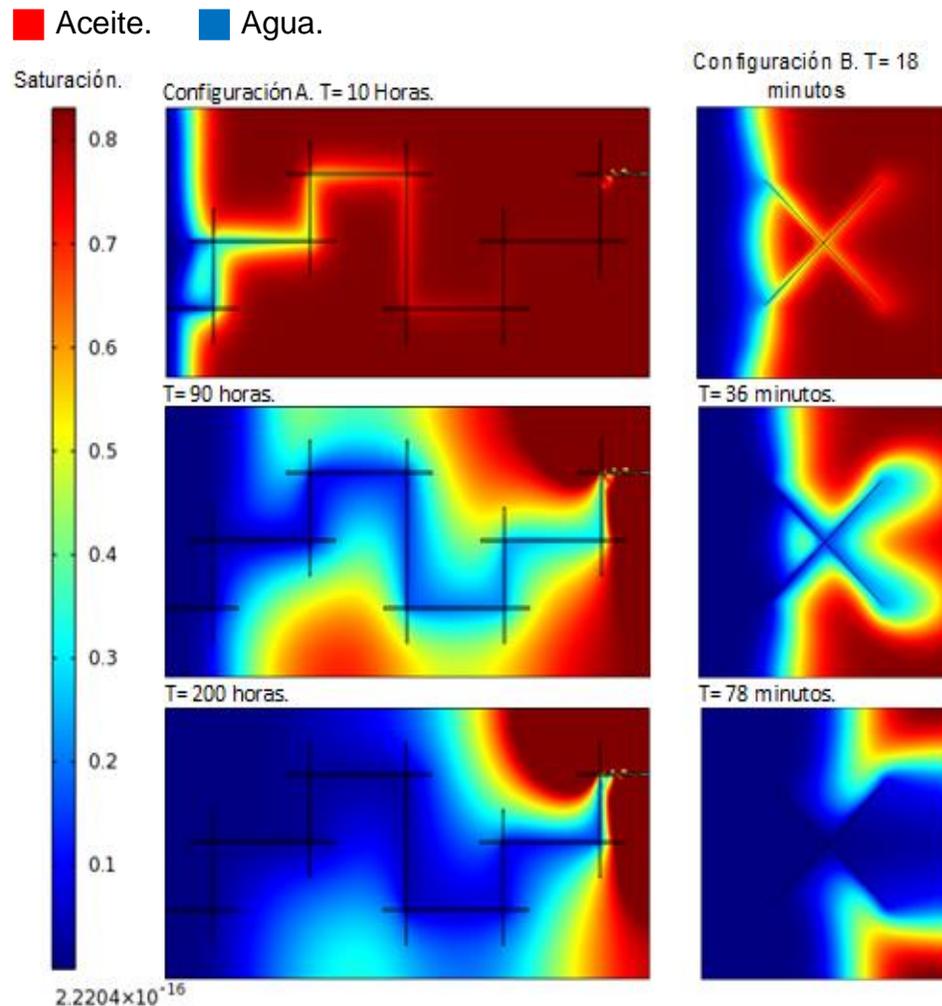


Figura 27 Configuración A y B a diferentes tiempos de simulación con condición de frontera de velocidad conocida.

En las Figura 27 y 4 se muestran los resultados para las cuatro configuraciones geométricas presentadas en la Figura 26. Allí se presentan los perfiles de saturación para tres tiempos de simulación. Debido a que inicialmente se considera que el sistema solo contiene aceite, entonces se tienen que en $T=0$ la saturación es 1. En las fronteras superior e inferior se impusieron condiciones de impermeabilidad. En las fronteras del lado derecho se impusieron condiciones de salida (presión conocida y cero esfuerzos viscosos). Finalmente, en las fronteras del lado izquierdo se impusieron condiciones de entrada (velocidad conocida de 0.00001 m/s.). Las configuraciones B, C y D tienen 1 m de ancho por 1 m de largo, mientras que la configuración A sus medidas son de 10 m por 4 m.

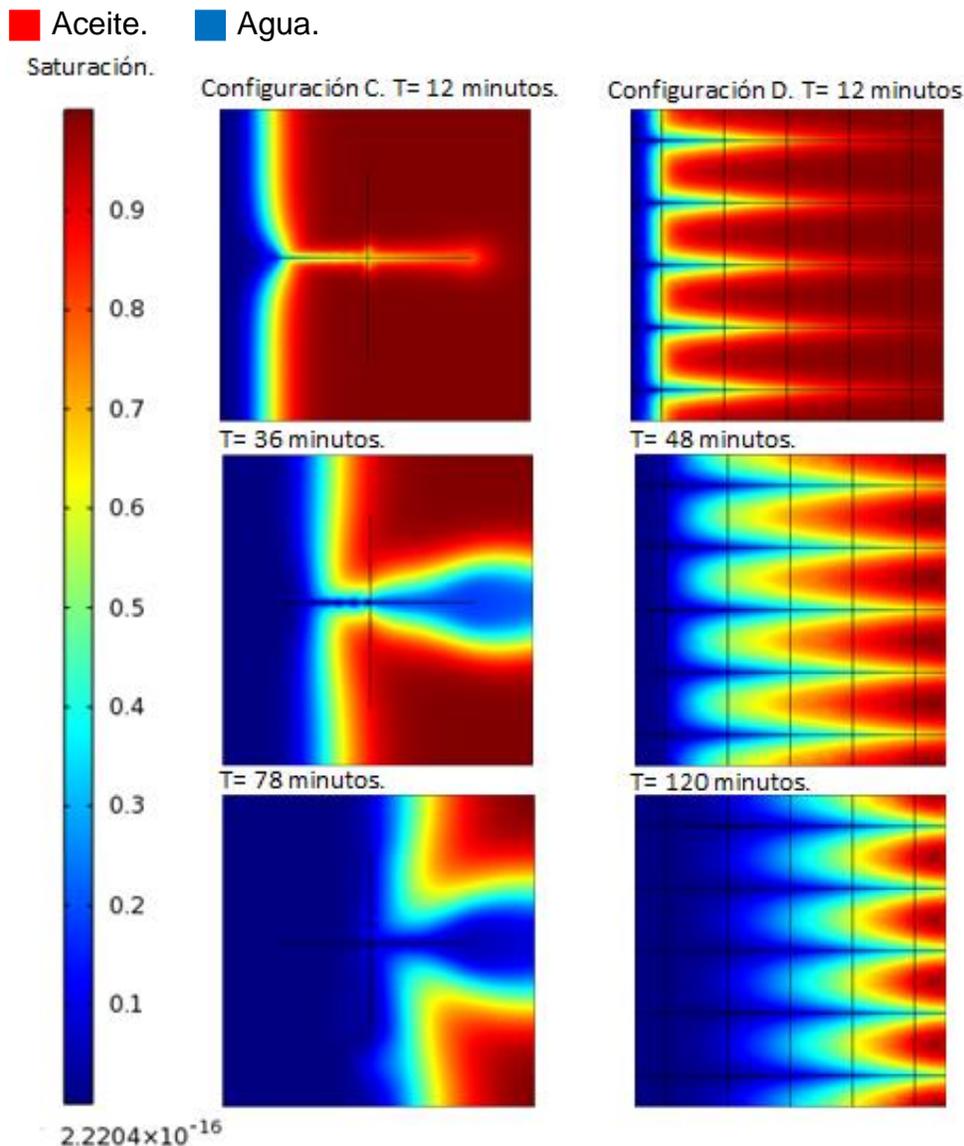


Figura 28 Configuraciones C y D con diferentes tiempos de simulación con una condición de frontera de entrada de velocidad.

En todas las Figuras (3 y 4) se puede apreciar que los dos fluidos (agua, aceite) se desplazan preferentemente por las fracturas debido a su alta conductividad hidráulica. Los tiempos de simulación están evaluados en diferentes tiempos para cada configuración geométrica; la configuración A es la que presenta un tiempo más grande, mientras que las configuraciones B y C cuentan con el menor tiempo. Comparando los resultados entre las configuraciones B y C, se tiene un desplazamiento de aceite mayor en la configuración B debido a que se tienen dos fracturas diagonales por las cuales se transporta más aceite que en la configuración C, donde se tiene solo una fractura horizontal. Esto sugiere que se

desplaza más aceite cuando se tienen fracturas orientadas preferencialmente en la dirección de flujo neto.

Es importante mencionar que la presencia de fracturas verticales no influye mucho en el desplazamiento del aceite cuando el flujo neto es en la dirección ortogonal a ellas. Sin embargo, como se muestra en los resultados de las configuraciones A y D, la importancia de las fracturas verticales se incrementa cuando estas están interconectadas entre sí, y de alguna manera se comunican con fracturas horizontales y diagonales.

Conclusiones.

En este trabajo se estudió el desplazamiento de aceite por medio de inyección de agua en un sistema compuesto por una matriz porosa que contiene una red de fracturas. Se encontró que la red de fracturas afecta la eficiencia en el desplazamiento del aceite. Los principales factores que contribuyen a esto son: la longitud, el espesor, la configuración geométrica, la permeabilidad, y la porosidad de las fracturas. En cuanto a su longitud, se encontró que fracturas más largas ocasionan que la mayor parte del aceite se transporte a través de ellas. Esto a su vez, ocasiona que en la matriz porosa tome lugar un desplazamiento de aceite más lento. Se encontró que si existen fracturas orientadas preferentemente hacia la dirección de flujo neto, entonces el desplazamiento de aceite podría ser favorecido dependiendo del número de fracturas con la misma orientación. Fracturas verticales toman importancia principalmente cuando están conectadas con fracturas que se encuentran a distintas posiciones con respecto a ellas.

Agradecimientos

Al Dr. Octavio Cazarez Candia y al Dr. Carlos Aguilar Madera.

Referencias

1. J. Cruz-Hernández, R. Islas-Juárez, C. Pérez-Rosales, S. Rivas-Gómez, A. Pineda-Muñoz y J. González-Guevara, *Ciencia Ergo Sum*, 2001, 8, 68.
2. R. Juanes, J. Samper, *Revista, Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 2001, 17, 1, 61-82.

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR

P. Verazaluce-Barragán, J. R. Hernández-Pérez, O. Cazarez-Candia

*Instituto Mexicano del Petróleo, ocazarez@imp.mx, rhperrez@imp.mx, vverazaluc@imp.mx,
Eje Central Lázaro Cárdenas 152 San Bartolo Atepehuacan, Gustavo A. Madero, C.P.07730, Mé
Distrito Federal*

Área de participación: *Termofluidos y Energética.*

Resumen- En este trabajo se realizaron simulaciones de inyección cíclica de vapor a un yacimiento petrolero utilizando el simulador comercial de yacimientos STARS desarrollado por la compañía Computing Modeling Group (CMG). El objetivo fue estudiar el efecto de distintos parámetros tales como calidad, presión y gasto de inyección del vapor, sobre el factor de recuperación de petróleo. Se encontró que el gasto de inyección de vapor es el que aumenta en mayor proporción el factor de recuperación de petróleo, la calidad del vapor inyectado lo afecta en menor proporción y la presión de inyección de vapor no tiene efecto considerable.

Introducción

El proceso de inyección cíclica de vapor o también llamada "huff and puff" o "steam soak" es un método comúnmente utilizado en pozos que producen aceite (petróleo) de baja gravedad API (alta viscosidad). Este es un proceso cíclico en el cual el mismo pozo es usado para inyección y producción. Un proceso típico involucra la inyección hacia un pozo de aproximadamente 1,000 barriles de agua por día en forma de vapor. La inyección continúa por dos o tres semanas, después de la cual el pozo es cerrado por unos cuantos días. El periodo de cierre debe ser suficiente para que el vapor se condense pero no para disipar la presión. Después del periodo de cierre, el pozo será producido por un periodo de tiempo desde unos meses hasta aproximadamente un año. El ciclo de inyección seguido por producción será repetido varias veces, usualmente en cada ciclo se producirá menos aceite que en el ciclo previo. Algunos proyectos de inyección cíclica de vapor han sido convertidos a inyección continua de vapor después de unos cuantos ciclos de inyección.

La validación de los resultados obtenidos por los simuladores de yacimientos para procesos de inyección de vapor alrededor de un pozo encuentra dificultades debido a que las soluciones analíticas se limitan en cuanto a la geometría del yacimiento. Debido a que la geometría de los yacimientos no es regular, es necesario obtener soluciones aproximadas usando simuladores numéricos. Uno de ellos es el simulador de procesos avanzados y aplicaciones térmicas para yacimientos, STARS, el cual es un software que se utiliza para sistemas multifásicos (agua, aceite, gas y sólido) de múltiples componentes de aplicación térmica e inyección de vapor.

Fundamento Teórico

Para este trabajo se muestran los resultados obtenidos específicamente en: 1) la reproducción del problema 1 del trabajo de Aziz y Ramesh (1987), así como 2) la comparación en la producción con el uso de inyección de vapor y sin ella (producción primaria), además 3) se realizan simulaciones variando las condiciones iniciales de operación, específicamente la calidad, presión y flujo del vapor inyectado con el fin de encontrar que parámetro afecta a la recuperación de aceite.

1) Inyección cíclica de vapor

Se simula la inyección cíclica de vapor para un aceite no volátil contenido en un yacimiento. Se utilizó una malla cilíndrica con 14 puntos en la dirección radial (r). El radio de pozo es de 0.3 ft y el radio exterior de 263 ft. La longitud de cada bloque en la dirección radial fue: 0.30, 2.7, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 40 y 120 ft. El espesor de cada capa en la dirección vertical fueron: 10, 20, 25 y 25 ft. La Figura 1 muestra la malla utilizada para esta simulación.

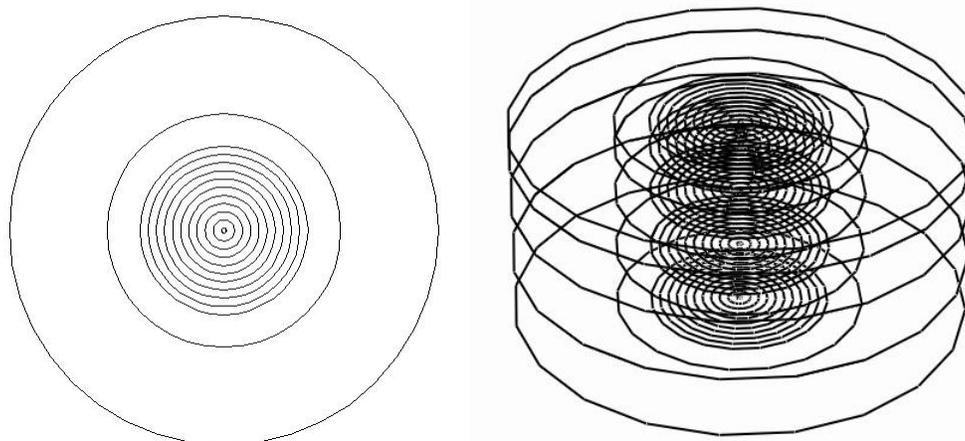


Figura 29. Malla utilizada en el problema 1

Las características del yacimiento consideradas en este trabajo se muestran en la tabla 1.

Tabla 6. Características de la roca.

Propiedad		Valor	
Conductividad térmica, Btu/(ft-día-°F)		24	
Capacidad calorífica, Btu/(ft ³ -°F)		35	
Compresibilidad efectiva, psi ⁻¹		5x10 ⁻⁴	
Permeabilidad, md			
Capa	Horizontal	Vertical	
1	2000	1000	
2	500	250	
3	1000	500	
4	2000	1000	

Los componentes considerados dentro del yacimiento son: agua y aceite. Las propiedades del aceite se presentan en la tabla 2.

Tabla 7. Propiedades del aceite.

Propiedad	Valor
Densidad, lbm/ft ³	60.68
Compresibilidad, psi ⁻¹	5x10 ⁻⁶
Coefficiente de expansión térmico, °R ⁻¹	3.8x10 ⁻⁴
Calor específico, Btu/lbm-°R	0.5

Peso molecular, lb/lbmol	600
--------------------------	-----

El comportamiento de la viscosidad del aceite a distintas temperaturas se muestra en la tabla 3.

Tabla 8. Efecto de la temperatura sobre la viscosidad del aceite.

Temperatura (°F)	Viscosidad (cp)
75	5780
100	1380
150	187
200	47
250	17.4
300	8.5
350	5.2
500	2.5

Se asume que la temperatura no tiene efecto sobre la permeabilidad relativa. Los valores de las saturaciones y permeabilidades para el cálculo de las permeabilidades relativas se muestran en la Tabla 4. La correlación utilizada para el cálculo de la permeabilidad relativa agua/aceite es:

$$k_{rw} = k_{rwro} \left(\frac{S_w - S_{wir}}{1 - S_{orw} - S_{wir}} \right)^{2.5}$$

$$k_{row} = k_{roiw} \left(\frac{1 - S_{orw} - S_w}{1 - S_{orw} - S_{iw}} \right)^2$$

y para la relación gas/aceite:

$$k_{rog} = k_{roiw} \left(\frac{1 - S_{iw} - S_{org} - S_{gc}}{1 - S_{iw} - S_{org}} \right)^2$$

$$k_{rg} = k_{rgro} \left(\frac{S_g - S_{gc}}{1 - S_{iw} - S_{gc}} \right)^{1.5}$$

Tabla 9. Parámetros utilizados para el cálculo de las permeabilidades relativas

Parámetro	Valor
<i>S_{iw}</i>	0.45
<i>S_{wir}</i>	0.45
<i>S_{orw}</i>	0.15
<i>S_{org}</i>	0.1
<i>S_{gc}</i>	0.06

<i>kroiw</i>	0.4
<i>krwro</i>	0.1
<i>kgro</i>	0.2

Condiciones iniciales de operación

Los pozos inyector y productor están colocados en el centro del yacimiento. El sistema de inyección de vapor está sujeto a las siguientes restricciones: 1) Presión máxima de inyección en el fondo del pozo (BHP) de 1000 psi, 2) la tasa máxima de inyección de vapor (STW) es de 1000 Barriles estándar/día. Así mismo el pozo productor cuenta con las siguientes restricciones: 1) Presión de fondo del pozo mínima (BHP) de 17 psia y una tasa máxima de producción (STL) 1000 Barriles estándar/día. El vapor inyectado tiene calidad del 70% y temperatura de 450°F. Para esta simulación se consideraron 3 ciclos, cada ciclo de 365 días, los cuales se dividieron en 10 días de inyección, 7 días para el periodo de remojo, y los días restantes para producción.

2) Simulación sin inyección de vapor

Con el propósito de observar el efecto en la recuperación de aceite con la presencia de inyección de vapor, se realizaron simulaciones únicamente con un pozo productor para observar la producción natural del yacimiento únicamente por diferencia de presión. Se utilizaron los datos del yacimiento y componentes antes mencionados, únicamente se cambió a producción continua durante el mismo tiempo de simulación.

3) Simulación utilizando diferentes condiciones iniciales de operación

Se realizaron variaciones en las condiciones iniciales de operación específicamente en la calidad, presión y flujo del vapor inyectado, con el objetivo de encontrar que parametro puede maximizar la producción de aceite. Los cambios se realizaron manteniendo las demás condiciones constantes.

Resultados y Discusión

1) Comparación con los resultados obtenidos por Aziz y Ramesh (1987)

A continuación se muestran los resultados obtenidos en comparación con los presentados por Aziz y Ramesh (1987). En la Figura 2 se observan los 3 ciclos de producción de aceite, la cual tiende a un comportamiento cercanamente lineal. Los resultados muestran un comportamiento aproximado al obtenido por los autores.

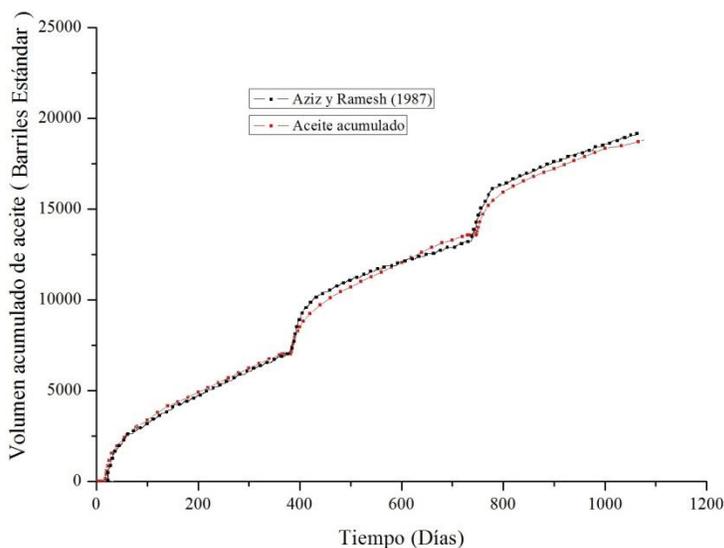


Figura 30. Producción acumulada de aceite

Para calcular el factor de recuperación de aceite es necesario partir del cálculo del volumen de aceite inicial en el yacimiento. Por esta razón es necesario realizar el cálculo del área y volumen del yacimiento de la siguiente manera:

$$A = \frac{(\pi)(d)^2}{4} \qquad V = (A)(h)$$

donde d es el diámetro del yacimiento, h es la profundidad del yacimiento, A es el área del yacimiento, y V es el volumen total del yacimiento, es decir 217300.8223ft^2 y 17384065.78ft^3 respectivamente

Para calcular el volumen de aceite inicial dentro del yacimiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_o = V S_o \phi = (217300.8223\text{ft}^2)(0.55)(0.30) = 2868370\text{ft}^3 \approx 510878.66\text{bbl}$$

donde, V es el volumen total del yacimiento, V_o es el volumen inicial de aceite presente en el yacimiento, S_o es la saturación inicial de aceite en el yacimiento y ϕ es la porosidad del yacimiento.

El cálculo del factor de recuperación de aceite (Fr) está dado por:

$$Fr = \frac{\text{Volumen acumulado de aceite}}{V_o} (100) = \frac{18865.9\text{bbl}}{510878.66\text{bbl}} (100) = 3.69\%$$

La producción acumulada de agua (Figura 5) obtenida en este trabajo muestra un incremento al inicio de cada ciclo.

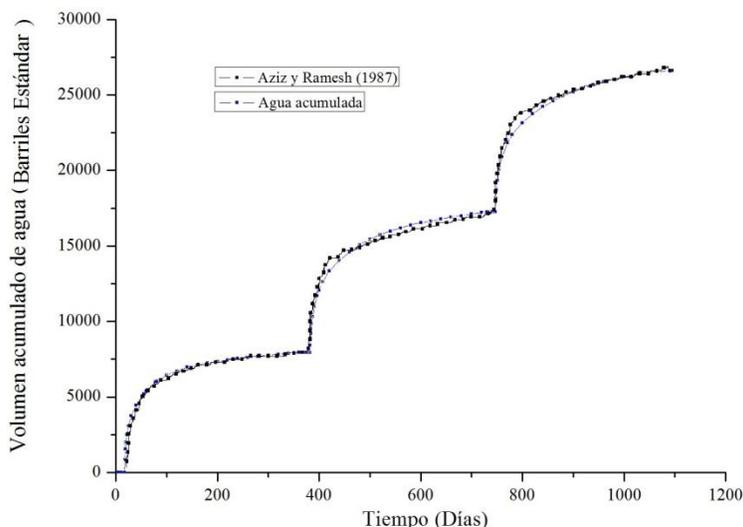


Figura 31. Producción acumulada de agua

La tasa de producción diaria de aceite (Figura 4) se incrementó considerablemente durante los primeros días de cada ciclo de inyección de vapor. Para el primer cíclico de producción la tasa de barriles producidos fue mayor, no así para los siguientes dos, con esto se observa la declinación de la producción después de cada ciclo.

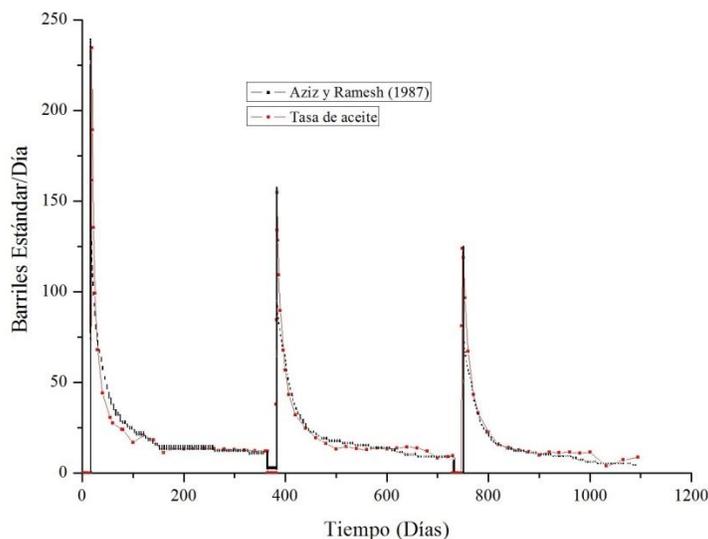


Figura 32. Tasa de producción de aceite diaria

Además se obtuvieron las pérdidas de calor (Figura 5) hacia la formación adyacente, las cuales se observan más elevadas para cada inicio de cada ciclo de inyección de vapor.

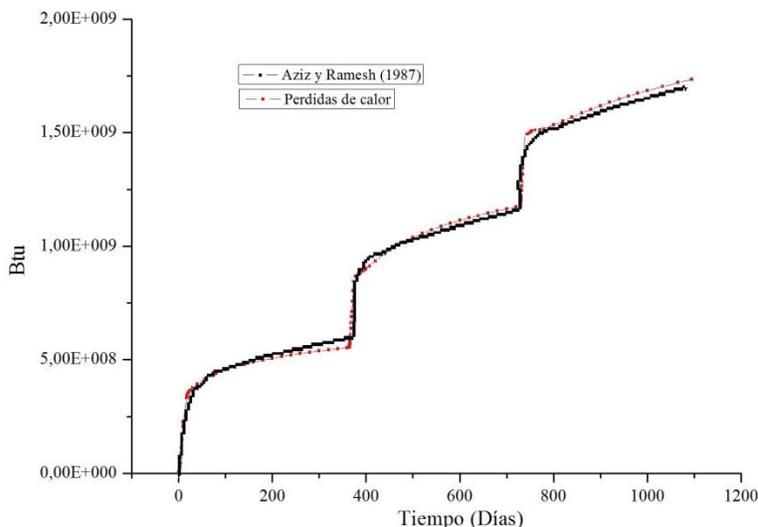


Figura 33. Perdidas de calor

2) Comparación de resultados con producción sin inyección de vapor.

Como se observa en la Figura 6, la producción de aceite fue mucho menor sin la presencia de la inyección de vapor, debido a que se trata de un aceite pesado (14°API) el vapor aumenta su movilidad y por lo tanto la producción.

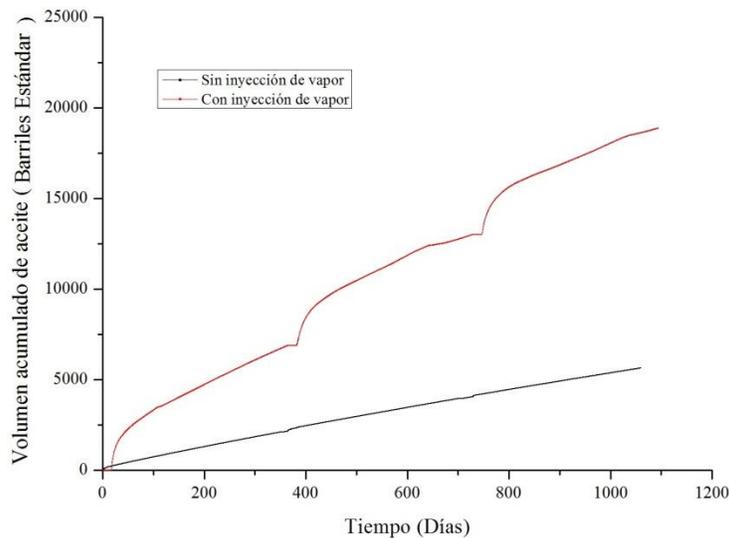


Figura 34. Producción acumulada de aceite

Al igual que la simulación con inyección de vapor, el factor de recuperación de aceite se obtiene como:

$$V_o = 2868370 \text{ ft}^3 \approx 510878.66 \text{ bbl}$$

El factor de recuperación de aceite es:

$$Fr = \frac{\text{Volumen acumulado de aceite}}{V_o} (100)$$

$$Fr = \frac{5635.38\text{bbl}}{510878.66\text{bbl}}(100) = 1.10\%$$

La producción acumulada de agua (Figura 7) se redujo considerablemente sin la presencia de inyección de vapor. Este resultado es obtenido ya que no existe condensación de vapor de agua inyectado como en el problema 1.

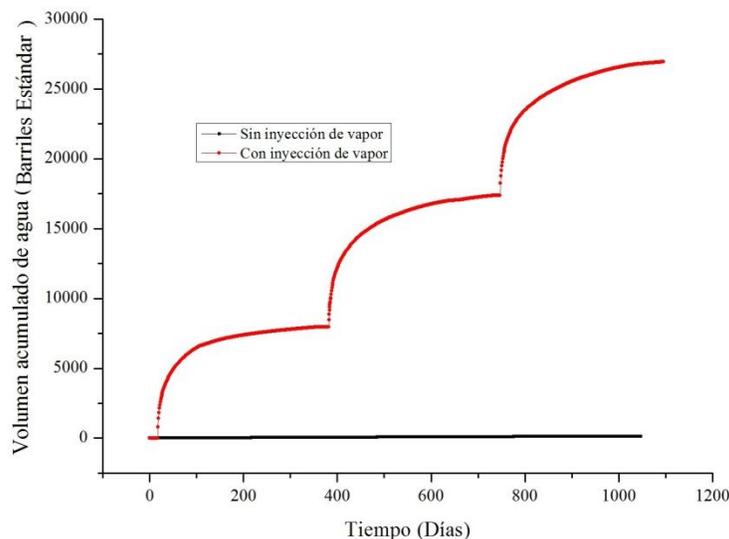


Figura 35. Volumen acumulado de agua

La producción de aceite con estimulación de vapor (Figura 8) fue más elevada para los primeros días de producción observándose su reducción para los días posteriores en cada ciclo, la producción sin inyección de vapor es demasiado baja en comparación a la obtenida mediante inyección de vapor.

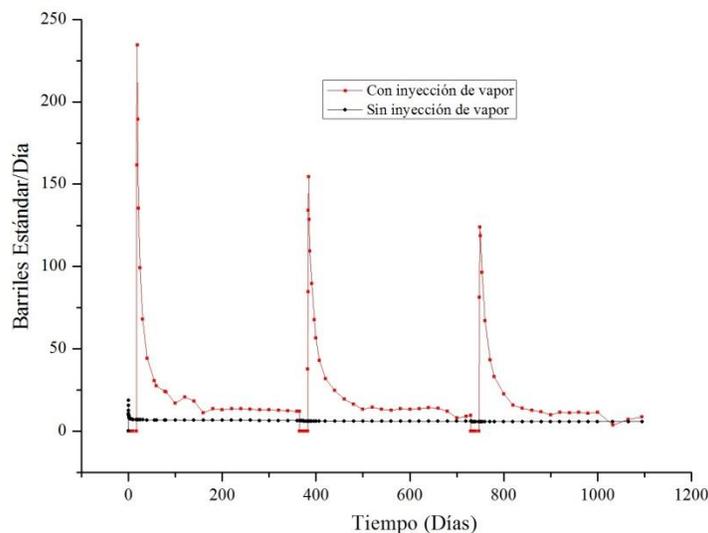


Figura 36. Tasa de producción de aceite

2) Variación de las condiciones iniciales de operación

Se realizaron simulaciones con distintos valores de calidad, flujo y presión de inyección de vapor, manteniendo las demás condiciones de operación constantes con el objeto de observar el efecto en la producción de agua y aceite.

Calidad de vapor inyectado

Con el propósito de observar el efecto sobre la recuperación de aceite y agua, se realizaron simulaciones variando la calidad de vapor inyectado, las demás condiciones se mantuvieron constantes (presión y flujo de inyección de vapor).

La Figura 9 muestra la tasa de producción de aceite, donde se observa un incremento en el volumen producido de aceite en relación al aumento en la calidad del vapor, el comportamiento en la producción es similar para el primer ciclo, no así para los siguientes donde existe mayor tiempo de producción para una calidad superior a 75%. Para el tercer ciclo el tiempo en el inicio de la producción fue diferente para calidades superiores a 85%.

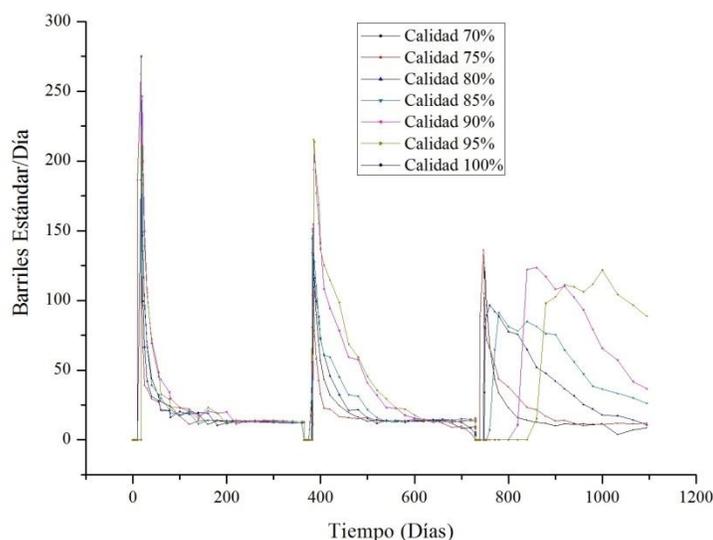


Figura 37. Tasa de producción de aceite

La Figura 10 muestra la tasa de producción de agua, el volumen de agua producido muestra valores máximos similares para los tres ciclos. Para el tercer ciclo el tiempo en el inicio de la producción fue diferente para la calidad del 90 y 95%, en este mismo cíclico el tiempo de producción fue más amplio para calidades superiores a 80%.

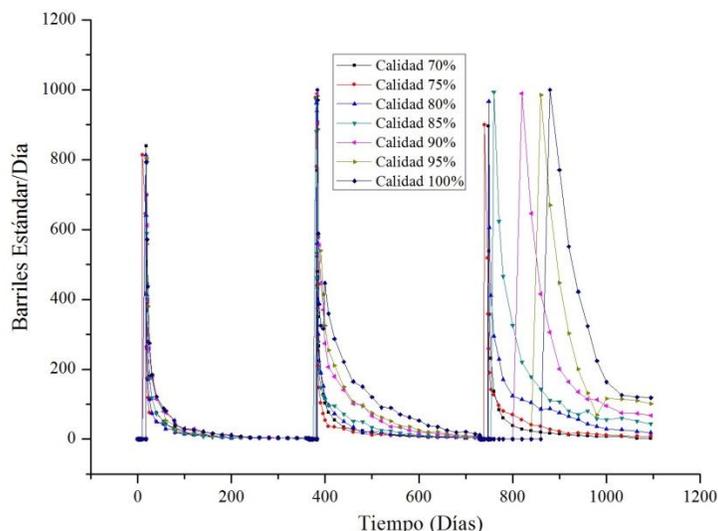


Figura 38. Tasa de producción de agua

La Figura 11 muestra el volumen acumulado de agua producida. El aumento de la calidad del vapor inyectado redujo la producción de agua, al existir más cantidad de agua en fase gaseosa la producción de agua en fase líquida se disminuyó.

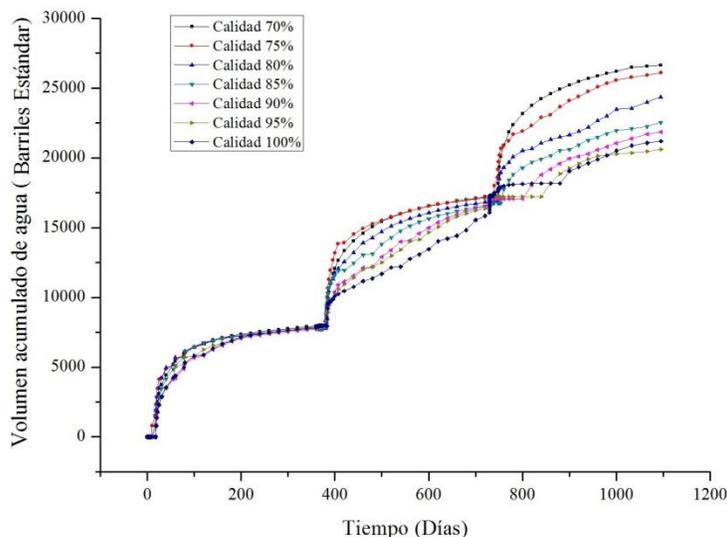


Figura 39. Volumen acumulado de agua

El volumen acumulado de aceite (Figura 12) muestra un comportamiento muy similar para el primer ciclo de producción. Para el segundo y tercer ciclo se observa un incremento en el volumen de aceite producido, así como en el tiempo de inicio de cada ciclo de producción.

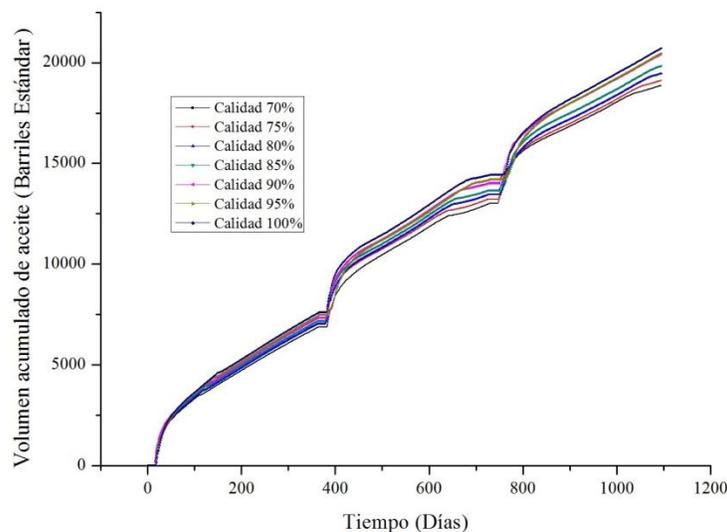


Figura 40. Volumen acumulado de aceite producido

Como resultado del incremento de la calidad de vapor inyectado se obtuvo un aumento en el volumen de aceite producido, por lo tanto se incrementó el factor de recuperación (Tabla 5).

Tabla 10. Factor de recuperación de aceite

Calidad de vapor (%)	Producción acumulada de aceite (Barriles estándar)	Factor de recuperación de aceite (%)
70	18865.9	3.692833833
75	19135.96	3.7456957
80	19505.55	3.818039689
85	19894.05	3.894085143
90	20532.84	4.019122662
95	20724.98	4.056732376
100	20890.65	4.08916082

Flujo de inyección de vapor

Para evaluar el efecto del flujo de vapor sobre la producción, se utilizaron distintos valores del flujo de inyección de vapor los cuales fueron: 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 Barriles acondiciones estándar/día. Las comparaciones entre las recuperaciones de aceite obtenidas se muestran en la Figura 13, los cuales muestran que al incrementar la cantidad de vapor inyectado se aumenta la cantidad de aceite producido.

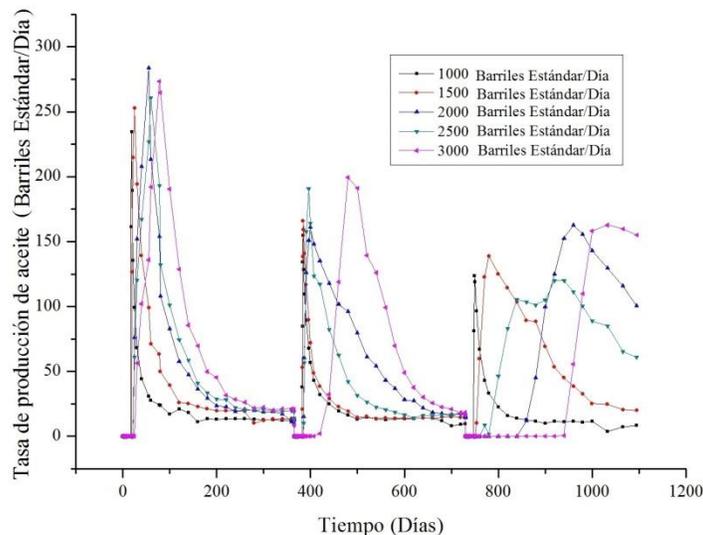


Figura 41. Tasa de producción de aceite

La producción de agua presentó un incremento en relación al incremento del volumen inyectado de vapor (Figura 14) ocasionado por una mayor presencia de vapor dentro del yacimiento el cual tiende a condensarse y así darse la producción de agua.

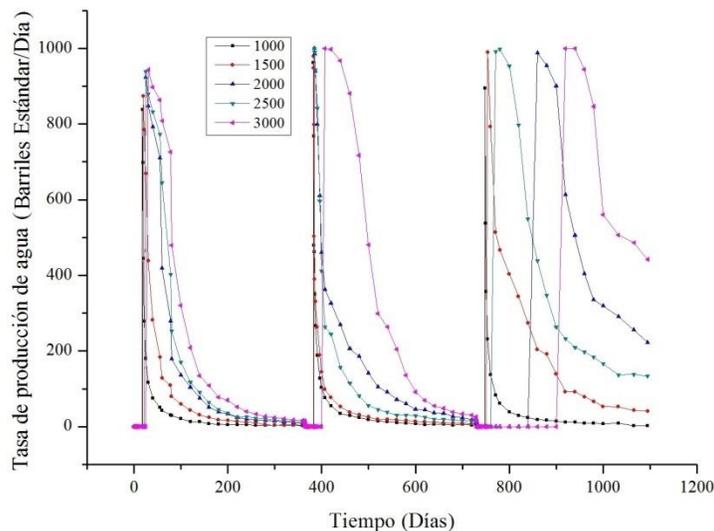


Figura 42. Tasa de producción de agua

En consecuencia al aumento de la tasa de producción de agua, el volumen acumulado de agua producida aumentó como lo muestra la Figura 15.

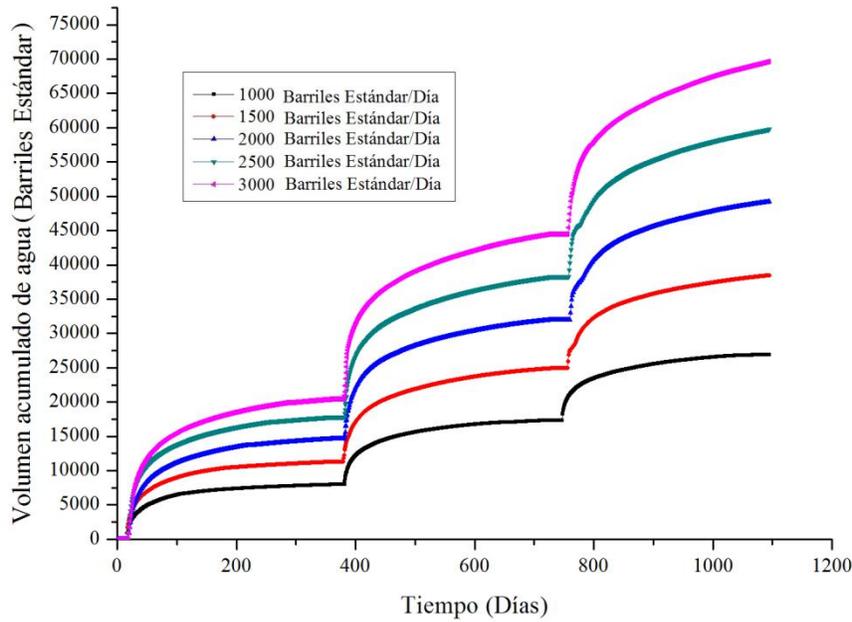


Figura 43. Volumen acumulado de agua producida

El volumen de aceite acumulado se incrementó de manera notable como se muestra en la Figura 16, este resultado se presenta después de haber obtenido un incremento en la tasa de producción de aceite.

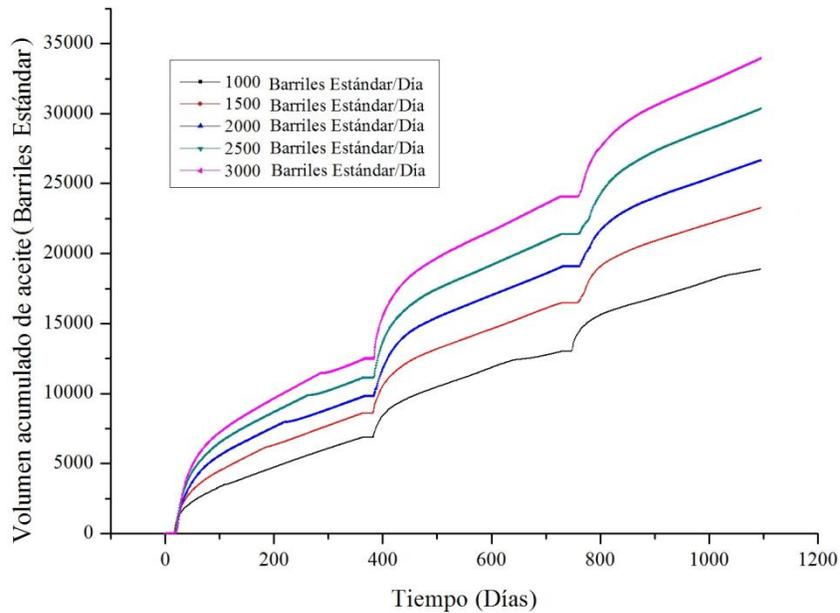


Figura 44. Volumen acumulado de aceite producido

Los resultados obtenidos muestran que la producción de aceite se incrementó de acuerdo con el volumen de vapor inyectado, como se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Factor de recuperación de aceite

Flujo de inyección de vapor (Barriles estándar/Día)	Producción acumulada de aceite (Barriles estándar)	Factor de recuperación de aceite (%)
1000	18865.8	3.7
1500	23455.3	4.6
2000	26946.7	5.3
2500	30677.6	6.0
3000	34196.7	6.7

Presión de inyección de vapor

Para la realizar las simulaciones variando la presión de inyección, se utilizaron los siguientes valores: 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 psi.

En la Figura 17 se muestra la comparación de la producción de aceite a distintas presiones de inyección: Como se observa la presión no tiene un efecto importante en los resultados obtenidos.

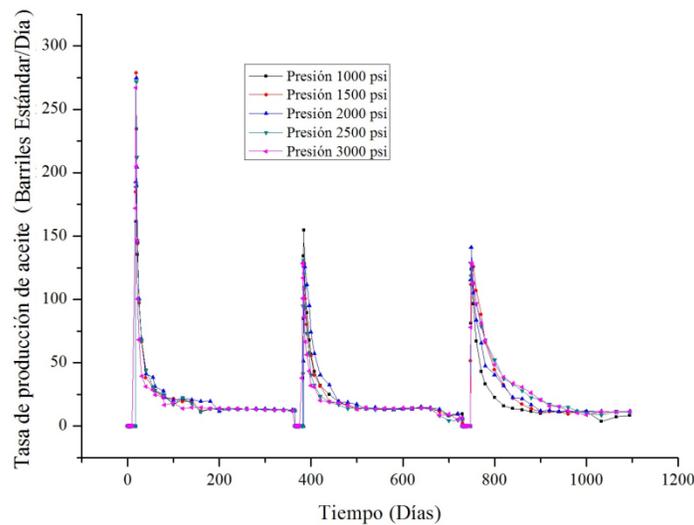


Figura 45. Tasa de producción de agua

La tasa de producción de agua no muestra variaciones considerables a distintas presiones de inyección de vapor como lo muestra la Figura 18.

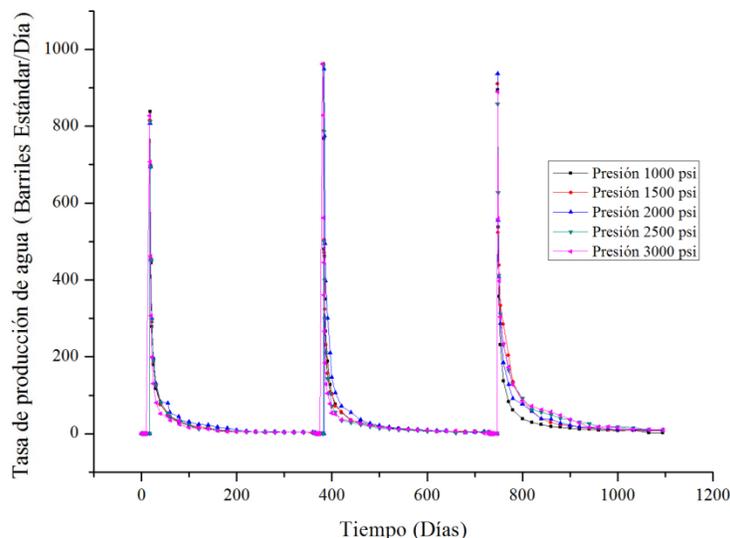


Figura 46. Tasa de producción de agua

Tomando en cuenta la figura 18 el volumen acumulado de agua (Figura 19) no muestra incrementos considerables a diferentes presiones de inyección de vapor.

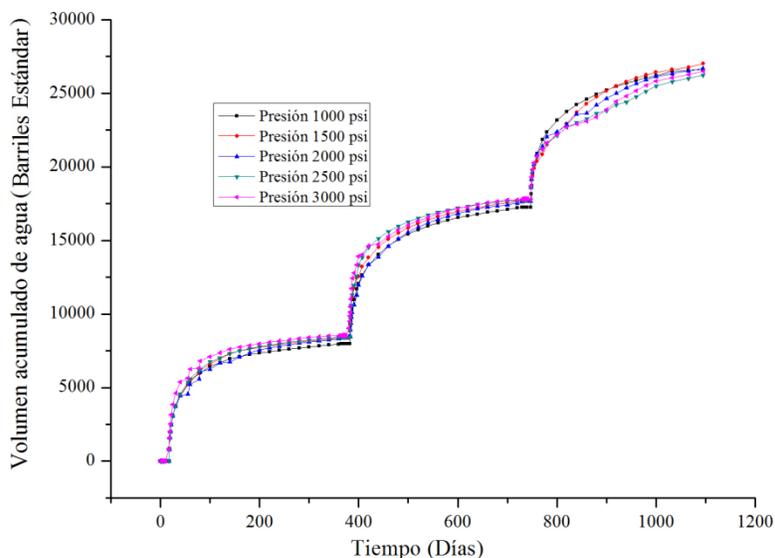


Figura 47. Volumen acumulado de agua producida

El volumen acumulado de aceite no presentó cambios importantes a diferentes presiones de inyección de vapor, la Figura 20 muestra los resultados obtenidos de las simulaciones.

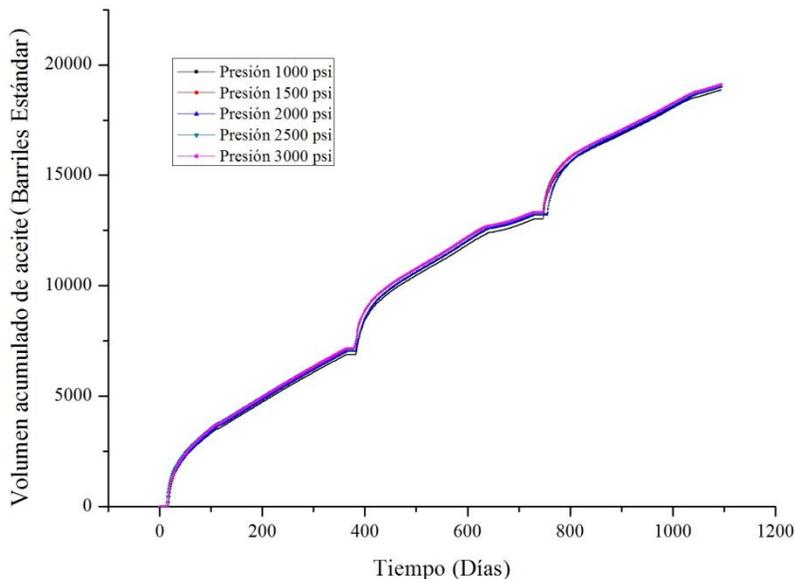


Figura 48. Volumen acumulado de agua producida

La recuperación de aceite no presenta cambios importantes a diferentes presiones de inyección de vapor, por lo anterior el factor de recuperación de aceite no aumentó (Tabla 7).

Tabla 7. Factor de recuperación de aceite

Presión de inyección de vapor (psi)	Producción acumulada de aceite (Barriles estándar)	Factor de recuperación (%)
1000	18865.8	3.7
1500	19071.1	3.7
2000	19090.5	3.7
2500	19092.5	3.7
3000	19138.5	3.7

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una concordancia con los presentados por Aziz y Ramesh (1987).

Las simulaciones con inyección de vapor muestran un factor de recuperación mayor en comparación a la producción obtenida sin presencia de vapor. Aun cuando existe mayor porcentaje de recuperación de aceite con estimulación por inyección de vapor, es necesario analizar los factores que pueden influir para maximizar el factor de recuperación, por esta razón se realizaron simulaciones variando la calidad, presión y flujo de vapor inyectado. Se encontró que el aumento en la calidad y el flujo de vapor inyectado son factores que aumentan la producción de aceite, siendo este último con el cual se obtuvieron mejores resultados.

Se observó que el incremento de la presión de inyección de vapor es un factor que no influye significativamente en la recuperación de aceite.

Referencias

1. Aziz, K., Stanford U.; Ramesh, A.B., Scientific Software-Intercomp; Woo, P.T., Chevron Oil Field Research Co, 1987, "Fourth SPE Comparative Solution Project: Comparison of Steam Injection Simulators", Journal of Petroleum Technology.
2. Carcoana, A. "Applied Enhanced Recovery", Prentice Hall, New Jersey, 1992.
3. Hong, K. C., Steamflood Reservoir Management: Thermal Enhanced Oil Recovery, Penwell Publishing Company, 1994
4. Manual de usuario STARS, 2007, Computer Modeling Group.

STRATIFIED THERMAL STORAGE TANKS: A COMPARATIVE STUDY OF ONE-DIMENSIONAL MODELS

R. Alvarado-Juárez¹, M.C. Domínguez-Ayala¹ and A. Reyna-Ballesteros¹

¹Universidad Internacional (UNINTER), División de Ingeniería, Ciencias, Arquitectura y Diseño – Departamento de Ingeniería, Pradera 80 esq., Col. San Jerónimo, C.P. 62179, robertoalvaradoj@gmail.com, ralvarado@uninter.edu.mx, mcdominguez@uninter.edu.mx, areyna@uninter.edu.mx

Área de participación: *Termofluidos y Energética*

Abstract – In this paper, a survey of the stratified thermal storage tank one-dimensional models available in the literature was carried out. Twelve one-dimensional models used in single stratified tanks were compared. The Kadhem and Hamed's model [18] take into account the heat loss due to conduction and convection of the tank wall and considers the degradation of thermocline during relaxation periods. The Alizadeh's model predicts that 1.4% of heat loss from the tank to the ambient.

Introduction

Energy stores play an important role in conserving the energy. Thermal storage devices are widely used in many thermal systems and applications that are characterized by the delay between energy production and consumption, such as thermal solar systems. The water is the most used storage tank medium for its abundance, high specific heat and low cost [1,2]. Due to its simplicity and low cost, these kind of thermal storage tanks and water have been used for load management and energy conservation in an increasing number of installations, specially in many sectors in engineering, such as petroleum, chemical industry, food industry, solar energy systems, industrial processes, refrigeration and air conditioning, among others, require the use of thermal storages to optimize the performance of their systems [2, 3, 4].

Several studies have been carried out to study the performance of thermal storage tanks. One-dimensional models have been reported since 70's and they have been used to predict the thermal behavior of storage tanks[3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 18]. More complex models have appeared in the literature. The two-dimensional models have been studied to predict the mixing effect of the hot and cold water [7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17] and the three-dimensional models are used to evaluated the effect of storage tank geometry [2, 15, 19]. While two and three-dimensional models are more capable in accounting for different factors affecting the thermal storage tank performance, they are not suitable for use in large energy systems load management programs due to computational cost. Simpler one-dimensional model may be advantageous since they are computationally more efficient and predict the effect for industrial process.

In this paper a survey of several types' one-dimensional models for thermal stratifications tanks are studied, the objective of this study is to give a suggestion for using the model according to the necessity of is case of study, including advantages and disadvantages.

One-dimensional models

Oppel et al. [5] developed an explicit finite difference model. The model was covers through-flow conditions for charging or discharging the thermal storage tank and conduction and turbulent mixing model within the water. The authors developed the "buffer-tank" that allow variable rate flow and eliminate the pseudo-mixing in the algorithm. The energy equation is solving by splitting it in two equations, the conduction and the convection cases. The parameters AMIX and FLOW (Courant number) were used to ensure stability in the numerical simulation. The model was compared with experimental date and there was good agreement in the comparison.

The model of Zurigat et al. [9] is known like the "effective diffusivity model". This model is a finite difference model which accounts for turbulent mixing in the tank and heat loss to the ambient surroundings. The energy equation for turbulent flow is solving by splitting it in two equations representing the conduction and convection cases, and handling them with different computational time step.

The model used by Zurigat et al. was compared with the experiment carried out by them. The results show that the model proposed may break down for $Ri < 3.6$ and specific correlation for particular inlet configurations could be necessary if the operating conditions require $Ri < 3.6$. A characteristic of this model is that eliminate the numerical diffusion in the finite difference solution introducing the effective diffusivity factor, ϵ_{eff} [6]. The comparison between the predicted thermocline and the experimental can be achieved.

The Turbulent Mixing Model and the Displacement Mixing Model developed by Alizadeh [10] was used to study the behavior of a cylindrical storage tank. The first model considers a tank divided into a k equal volume layers. Cold water is allowed to enter and is mixed with the initial m bottom layers. This model could be used neglecting the fluid thermal conductivity and the heat loss or taking the fluid thermal conductivity and the heat loss into account. The Displacement Mixing Model assumed that at the commencement of the cold inflow a volume ΔV of the inlet water is equally distributed amongst the initial m bottom layers so that no mixing occurs between the layers. Consequently, the cold inflow pushes the top layers up in an ideal plug flow manner.

Rosen [11] considered six stratified temperature-distribution models: linear, stepped, continuous-linear, general-linear, basic three-zone and general three-zone. For each model, the temperature distribution as a function of the high is given, and the expressions for T , when the TES is fully mixed and when has the same exergy as a stratified TES, is derived. Although the models are compared to each other and are easy to implement, the paper does not give enough information

to be reproducible, many of the values required to compare the results with experimental data should be supposed.

One of the most recent models used in thermal stratification was developed by Kadhem and Hamed [18]. The model analyzes the interaction between the liquid inside the tank with its walls, including the effects of heat transfer by convection and conduction through the tank wall. The model is easy to implement and take into account thermal relaxation.

Table 1 shows the classification of one-dimensional models.

Table 1. Mathematical model of stratified thermal storage tank one-dimensional models.

One-dimensional model	Mathematical model	Other parameters
Oppel et al. [5]	$T_{t+1,x} = AMIX(T_{t,x+1} + T_{t,x-1}) + (1-2AMIX) T_{t,x}$ $T_{t+1,x} = (FLOW)T_{t,x-1} + (1-FLOW) T_{t,x}$	
Effective diffusivity model [9]	<p>Diffusion case:</p> $(-\varepsilon_{eff}Fo)T'_{n-1} + (1 + \phi + 2\varepsilon_{eff}Fo)T'_n + (-\varepsilon_{eff}Fo)T'_{n+1} = \phi T_a + T_b$ <p>Convection case:</p> $T''_n = T_n - \frac{V\Delta t}{\Delta x}(T_n - T_{n-1})$	
Turbulent mixing model [10] Neglecting the fluid thermal conductivity and the heat loss	<p>For $i \leq m$:</p> $T(i, n) = \left\{ \left[V(i) - \frac{\Delta V}{m} \right] T(i, n-1) + \left(\frac{\Delta V}{m} \right) T_{in} \right\} / V(i)$ <p>For $i > m$:</p> $T(i, n) = \{ [V(i) - \Delta V]T(i, n-1) + \Delta VT(i-1, n-1) \} / V(i)$	
Turbulent mixing model [10] Taking the fluid thermal conductivity and the heat loss into account	<p>For $i \leq m$:</p> $T(i, n) = \left\{ \left[V(i) - \frac{\Delta V}{m} \right] T(i, n-1) + \left(\frac{\Delta V}{m} \right) T_{in} + \alpha_2(i)T_0 + \alpha_1(i) [T(i, n-1) - T(i-1, n-1)] \right\} / \alpha(i)$ <p>For $i > m$:</p> $T(i, n) = \{ [V(i) - \Delta V]T(i, n-1) + \Delta VT(i-1, n-1) + \alpha_2(i)T_0 + \alpha_1(i) [T(i, n-1) - T(i-1, n-1)] \} / \alpha(i)$	$\alpha_1(i) = \frac{\left[\frac{K_t A}{C_p \rho} \right] \Delta t}{\Delta z_i}$ $\alpha_2(i) = \left[\frac{U_L P}{C_p \rho} \right] \Delta t \Delta z_i$ $\alpha(i) = V(i) + \alpha_2(i) + \alpha_1(i)A / (2\Delta z_i^2)$

<p>Displacement mixing model [10]</p>	<p>For $i \leq m$: $T(i, n) = \left\{ V(i)T(i, n-1) + \left(\frac{\Delta V}{m} \right) T_{in} + (i-1) \left(\frac{\Delta V}{m} \right) T(i-1, n-1) \right\} / [V(i) + i \left(\frac{\Delta V}{m} \right)]$ For $i > m$: $T(i, n) = \{ [V(i) - \Delta V]T(i, n-1) + \Delta VT(i-1, n-1) \} / V(i)$</p>	
<p>Linear temperature-distribution [11]</p>	$T_m^L = \frac{T_t - T_b}{2}$ $T_e^L = \exp \left[\frac{T_t(\ln T_t - 1) - T_b(\ln T_b - 1)}{T_t - T_b} \right]$	
<p>Stepped temperature-distribution [11]</p>	$T_m^S = \sum_{j=1}^k x_j T_j$ $T_e^S = \exp \left[\sum_{j=1}^k x_j \ln T_j \right] = \prod_{j=1}^k T_j^{x_j}$	$x_j = \frac{h_j - h_{j-1}}{H}$
<p>Continuous-linear temperature-distribution [11]</p>	$T_m^C = \sum_{j=1}^k x_j (T_m)_j$ $T_e^C = \exp \left[\sum_{j=1}^k x_j \ln (T_e)_j \right] = \prod_{j=1}^k (T_e)_j^{x_j}$	$(T_m)_j = \frac{T_j + T_{j-1}}{2}$ $(T_e)_j = \begin{cases} \exp \left[\frac{T_j(\ln T_j - 1) - T_{j-1}(\ln T_{j-1} - 1)}{T_t - T_b} \right] & \text{if } \\ \neq T_{j-1} ; T_j & \text{if } T_j = T_{j-1} \end{cases}$
<p>General-linear temperature distribution [11]</p>	$T_m^G = \sum_{j=1}^k x_j (T_m^G)_j$ $T_e^G = \exp \left[\sum_{j=1}^k x_j \ln (T_e^G)_j \right] = \prod_{j=1}^k (T_e^G)_j^{x_j}$	
<p>General three-zone temperature distribution [11]</p>	$T_m^T = \sum_{j=1}^3 x_j (T_m^T)_j$ $T_e^T = \exp \left[\sum_{j=1}^3 x_j \ln (T_e^T)_j \right] = \prod_{j=1}^3 (T_e^T)_j^{x_j}$	
<p>Basic three-zone temperature-distribution [11]</p>	$T_m^B = x_1 T_1 + x_2 \frac{T_1 + T_2}{2} + x_3 T_2$ $T_e^B = \exp \left[x_1 \ln T_1 + x_2 \frac{T_2(\ln T_2 - 1) - T_1(\ln T_1 - 1)}{T_2 - T_1} + x_3 \ln T_2 \right]$	
<p>Kadhem and Hamed [18]</p>	$\frac{\rho_w C_w}{\Delta t} [T_{w_x}^{t+1} - T_{w_x}^t] = K_w [T_{w_{x+1}}^{t+1} - 2T_{w_x}^{t+1} + T_{w_{x-1}}^{t+1}] / (\Delta X)^2 + \frac{h}{\delta} [T_{L_x}^{t+1} - T_{w_x}^{t+1}]$	$K = 0.575578 + [0.00129617(T_L)]$

Conclusions

Twelve one-dimensional models used in single stratified tanks were compared. The most important characteristics of each model were explained. Each of the twelve models has advantages and disadvantages. The models described by Rosen [11] required values supposed to be used. The models proposed by Oppel et al. [5], Zurigat et al. [9] and Alizadeh [10] are easy to implement, there are good agreement with the comparisons of the numerical results and the experimental data, these models do not consider the influence of heat transfer by convection and conduction through the tank wall. On the other hand, Kadhem and Hamed [18] took into account the last consideration; also this model considers the degradation of thermocline during relaxation periods. The Alizadeh's model predicts that 1.4% of heat loss from the tank to the ambient.

References

1. J.A. Duffie; W.A. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*, John Wiley & Sons Inc, New York, 1991.
2. I. Rodríguez, Ph D thesis, Universidad Politécnica de Cataluña, 2006.
3. Y.H. Zurigat; K.J. Maloney; A.J. Ghajar, *ASME Journal of Solar Energy Engineering* 1989, 111, 204.
4. Z.Lavan; J. Thompson, *Solar Energy*, 1997, 19, 519
5. F.J. Oppel; A.J. Ghajar; P.M. Moretti, *Applied Energy*, 1986, 23, 205.
6. Y.H. Zurigat; A.J. Ghajar; P.M. Moretti, *Applied Energy*, 1998, 30, 99.
7. B.J. Newton, MD Thesis, University of Wisconsin-Madison, 1995.
8. D.E. Adams; J.H. Davidson, In the 1993 American Solar Energy Society Annual Conference.
9. Y.H. Zurigat; P.R. Liche; A.J. Ghajar, *Int. J. Heat and Mass Transfer*, 1991, 34, 115.
10. S. Alizadeh, *Solar Energy*, 1999, 66, 409.
11. M.A. Rosen, *Solar Energy*, 2001, 71, 173.
12. E. Hahne; Y. Chen, *Solar Energy*, 2001, 64, 1998.
13. L.J. Shah; S. Furbo, *Solar Energy*, 2003, 75, 337,
14. M.S. Shin; H.S. Kim; D.S. Jang; S.N. Lee; Y.S. Lee; H.G. Yoon, *Applied Thermal Engineering*, 2004, 24, 17.
15. D. Blandin; D. Caccavelli; G. Krauss; H. Bouia, in Building Simulation Proceedings, 2007.
16. V. Panthalookaran; W. Heidemann; H. Müller-Steinhagen, In Ecostock, the Tenth International Conference on Thermal Energy Storage, The Richard Stockton College of New Jersey, 2006.
17. V. Panthalookaran; W. Heidemann; H. Müller-Steinhagen, *Solar Energy*, 2007, 81, 1043.
18. G. Kadhem; M. Hamed, *J. Engineering and Development*, 2008, 12, 161.
19. A. Rysanek; S.J. Harrison, In 3rd SBRN and SESCI 33rd Joint Conference, Fredericton, 2008.

TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN SISTEMA MATRIZ-FRACTURA CON FLUJO MONOFÁSICO

I.G. Torres-Tapia, O. Cazarez-Candía y C.G. Aguilar-Madera

Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) Eje Central Lázaro Cárdenas norte 152; col San Bartolo Atepehuacan México D.F. C.P.07730. igtorrestapia@gmail.com (IGTT), cazarez_oct@hotmail.com (OCC), carlos_aguilarmadera@hotmail.com (CGAM)

Área de participación: *Termofluidos y Energética*

Resumen- Una de las técnicas para la producción de petróleo es la combustión in-situ. Cuando dicha técnica se aplica en yacimientos naturalmente fracturados, en la matriz de roca principalmente se presenta el flujo de calor por conducción, mientras que en las fracturas se presenta el flujo de calor por convección. A pesar del esfuerzo de investigación que se ha realizado en los últimos años sobre la transferencia de calor en un sistema matriz-fractura aún no se ha entendido por completo los fenómenos que gobiernan el flujo de calor en la inter-región formada por la matriz y la fractura.

En el presente trabajo se hizo un estudio teórico del transporte de calor por convección y conducción en un sistema matriz-fractura. Las ecuaciones gobernantes del problema, asumiendo equilibrio local térmico, se resolvieron utilizando un simulador de dinámica de fluidos computacional (CFD). Para calcular el campo de velocidad se resolvió el modelo de Darcy-Brinkman para la matriz porosa y el modelo de Stokes para la fractura, considerando que las regiones de la fractura y del medio poroso están saturadas solo con aceite. Se analizaron tres tipos diferentes de condiciones interfaciales en la frontera que separa la matriz porosa de la fractura. Los tipos de condiciones interfaciales evaluadas fueron: 1) continuidad de flux de calor y de temperatura, 2) continuidad de la temperatura y salto en el flux de calor y 3) continuidad del flux y salto en la temperatura. Se encontró que los efectos de las condiciones interfaciales sobre los perfiles de temperatura en general no son significativos.

Introducción

En las últimas décadas las reservas de aceite ligero e intermedio han caído de manera importante a nivel mundial. Por lo anterior en los últimos años se han realizado esfuerzos importantes sobre el desarrollo de tecnologías para la extracción de dichos aceites en campos petroleros abandonados o bien de campos nuevos cuyas características no permiten que se exploten por medios convencionales. Una de las tecnologías que se estudian en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) es la inyección de aire, también conocida como Combustión in-Situ. Durante la aplicación de dicha tecnología se presentan fenómenos físico-químicos en sistemas matriz-fractura, tales como: la hidrodinámica de flujos monofásico y multifásico, 2) transferencia de calor, 3) reacciones químicas, etc.

Comúnmente el método de combustión in-situ se ha aplicado en yacimientos con un medio poroso homogéneo, sin embargo, en los últimos años se ha estado estudiando la posibilidad del uso de dicha técnica en yacimientos fracturados. La característica principal de estos yacimientos es que el medio poroso (matriz de

roca) contiene una red de fracturas, las cuales complican la aplicación de la combustión in-situ debido a la canalización del aire en las fracturas.

A pesar del esfuerzo de investigación, que se ha realizado en los últimos años, sobre la transferencia de calor en un sistema matriz-fractura, aún no se ha entendido por completo los fenómenos que gobiernan el flujo de calor en la inter-región formada por la matriz y la fractura. Por lo tanto en este trabajo se propuso modelar matemáticamente la transferencia de calor en un sistema matriz-fractura. La idea fue evaluar el efecto de varias condiciones interfaciales (inter-región) sobre el perfil de temperaturas.

Fundamento Teórico

Las características de flujo de fluidos y transferencia de calor en la inter-región formada por un medio poroso saturado de fluido y una capa de fluido adyacente han recibido considerable atención. Esta atención se deriva de la amplia gama de aplicaciones de ingeniería tales como enfriamiento electrónico, procesos de secado, aislamiento térmico colectores solares, tubos de calor, reactores nucleares, extracción de petróleo y en ingeniería geotérmica.

En este trabajo se aborda primeramente un modelo para la fractura y uno para la matriz, que posteriormente se acoplan por medio de las condiciones interfaciales para describir la transferencia de calor para el sistema completo. La configuración física y el sistema de coordenadas se muestran en la Figura 1.

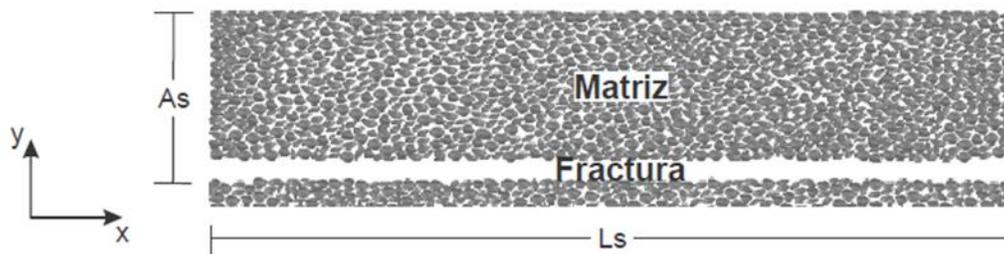


Figura 49. Sistema matriz-fractura.

En la fractura se presenta transferencia de calor principalmente por convección, entonces aplicando el concepto de placas paralelas la ecuación que modela la transferencia de calor en la fractura es la ecuación de energía [1], donde ρ es la densidad, C_p es la capacidad calorífica, k es la conductividad térmica, T es la temperatura, μ es la viscosidad del fluido y Φ es la función de disipación viscosa.

$$\rho C_p \frac{DT}{Dt} = k \nabla^2 T + \mu \Phi \tag{1}$$

Sin embargo, para resolver esta ecuación se consideraron las siguientes suposiciones:

- Estado estable
- Flujo paralelo
- Insignificantes los efectos viscosos
- Conducción solo en dirección y
- Geometría en dos dimensiones.

De esta manera, la Ecuación (1) se reescribe como:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (2)$$

Donde u es la velocidad que se calcula usando un modelo hidrodinámico usado como base para resolver el modelo de transferencia de calor y α es la difusividad térmica.

Para el modelo de transferencia de calor en la matriz se consideró que principalmente se presenta transferencia de calor por conducción, por lo que la ecuación gobernante para esta región es la ecuación de difusión de calor para un medio poroso [2], donde el subíndice eff representa propiedades efectivas (relación entre las propiedades de la roca y del fluido) y q'' representa una fuente o sumidero.

$$(\rho C_p)_{eff} \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T) + q''_{eff} \quad (3)$$

Bajo las mismas suposiciones arriba descritas, la Ecuación (3) se simplifica a:

$$\nabla^2 T = 0 \quad (4)$$

Una vez planteados los modelos para la matriz y fractura se plantean las condiciones interfaciales (inter-región) para acoplar los dos modelos, estas condiciones ya han sido propuestas por diversos investigadores.

Vafai y Kim [3] presentaron una solución exacta para el flujo de fluidos en la interfase entre un medio poroso y una capa de fluido. Vafai y Thiyagaraja [4] estudiaron analíticamente el flujo de fluidos y transferencia de calor para tres tipos de interfaces (la interfaz entre dos medios porosos diferentes, la interfaz que separa un medio poroso de la región de fluido y la interfaz entre un medio poroso y un medio impermeable).

Ochoa-Tapia y Whitaker [5] propusieron una condición interfacial híbrida en la que se supone un salto en el esfuerzo cortante en la región de interfaz. Dicho salto es inversamente proporcional a la permeabilidad del medio poroso. Los mismos investigadores [6] propusieron otra condición de interfaz híbrida para la parte de transferencia de calor en la que usan un salto en las condiciones para dar cuenta de un posible exceso en el flujo de calor en la interfaz. Sahraoui y Kaviany [7] propusieron una condición en la interfaz para transferencia de calor en la cual

usan continuidad de flujo de calor en la interfaz junto con un deslizamiento en la temperatura en la interfaz.

Alazmi y Vafai [8] hicieron un análisis comparativo de las condiciones interfaciales de flujo de fluidos y de transferencia de calor entre un medio poroso y una capa de fluido. Observando que las variaciones tienen un efecto más pronunciado en el campo de velocidad y un efecto sustancialmente menor en el campo de temperaturas.

En resumen, las condiciones interfaciales evaluadas en este trabajo se presentan en la Tabla 11, donde el subíndice positivo representa la matriz y el negativo la fractura.

Tabla 11. Condiciones interfaciales para transferencia de calor.

Modelo	Temperatura	Grad. de Temperatura	Ref.
1	$T_+ = T_-$	$k_{eff} \frac{\partial T_-}{\partial y} = k_f \frac{\partial T_+}{\partial y}$	[3]
2	$T_+ = T_-$	$\varepsilon + k_f \frac{\partial T_-}{\partial y} = k_{eff} \frac{\partial T_+}{\partial y}$	[6]
3	$\frac{dT_+}{dy} = \frac{\alpha_r}{\lambda} (T_+ - T_-)$	$k_{eff} \frac{\partial T_-}{\partial y} = k_f \frac{\partial T_+}{\partial y}$	[7]

Este trabajo solo se enfoca en evaluar las condiciones interfaciales de transferencia de calor, y para ello se tomó como base un modelo hidrodinámico el cual está gobernado en la matriz por la ecuación:

$$-\nabla \cdot (\mu_{eff} \nabla \mathbf{v}) + \mu \mathbf{K}^{-1} \mathbf{v} = f_B - \nabla P \tag{5}$$

Donde μ es la viscosidad del fluido, \mathbf{K} es el tensor de permeabilidad, \mathbf{v} es el vector velocidad, f_B representa las fuerzas de cuerpo y P es la presión. En la fractura la ecuación que gobierna es:

$$-\mu \nabla^2 \mathbf{v} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = f_B - \nabla P \tag{6}$$

La condición interfacial hidrodinámica empleada para este modelo se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Condición interfacial de hidrodinámica.

Modelo	Velocidad	Gradiente de velocidad	Ref.
Base	$u_+ = u_-$	$\left. \frac{\mu}{\phi} \frac{du}{dy} \right _+ - \left. \mu \frac{du}{dy} \right _- = \beta \frac{\mu}{\sqrt{K}} u_-$	[5]

Resultados y Discusión

Una parte importante y fundamental cuando se modela la transferencia de calor para un sistema matriz-fractura son las condiciones de frontera. Las condiciones de frontera utilizadas en este trabajo para la solución del sistema consisten de dos esquemas. El primero llamado condiciones de frontera de aislamiento en la cual se considera que la fractura se encuentra entre la matriz porosa y la pared de un tubo y el segundo llamado condiciones de frontera de simetría en el cuál la fractura se considera que está en el centro de la matriz porosa.

Los resultados obtenidos al evaluar las condiciones interfaciales con cada una de los esquemas de condiciones de frontera no presentan variaciones significativas entre un esquema y otro por lo que solo se presentan los resultados para el esquema de aislamiento.

Los perfiles de temperatura obtenidos con cada uno de los modelos de condiciones interfaciales se muestran en la Figura 50. Donde se puede observar que no hay variaciones significativas entre los perfiles de temperatura al evaluar los distintos modelos de condiciones interfaciales. Debido a esto para tener una idea más clara de los efectos provocados por las condiciones interfaciales sobre los perfiles de temperatura se toman secciones transversales (inicio, centro, final) del sistema para poder comparar el efecto de las condiciones interfaciales sobre la frontera entre la matriz porosa y la fractura. Tales resultados se muestran en la Figura 51.

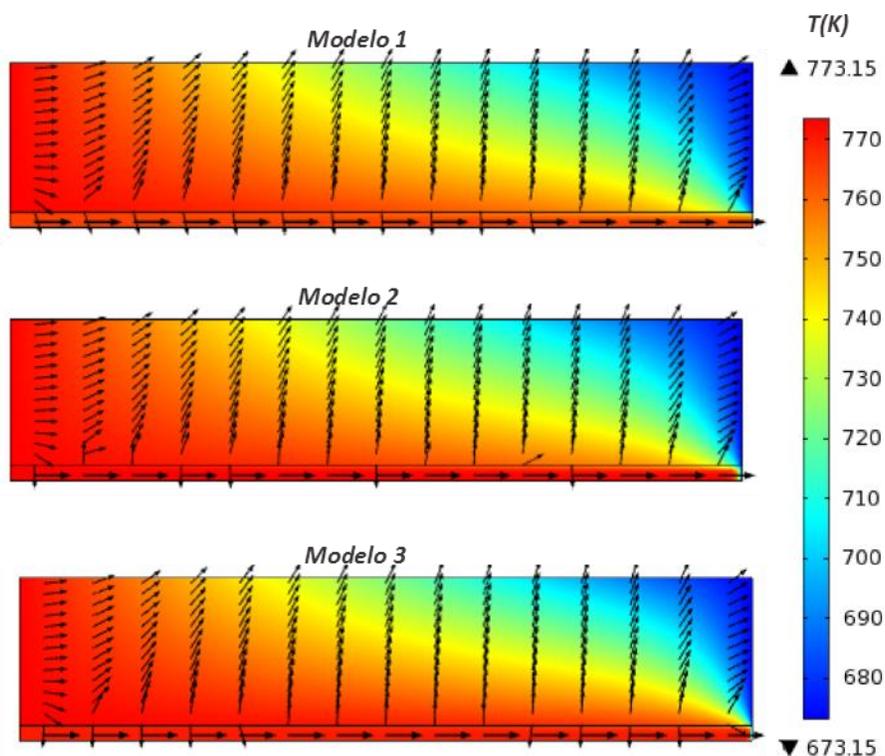


Figura 50. Perfiles de temperatura con diferentes condiciones interfaciales (ver tabla 1).



Figura 51. Esquema de secciones.

También en la Figura 51 se muestran secciones longitudinales para mostrar el efecto de la variación de las propiedades de diferentes fluidos. Los resultados se discuten más adelante.

Comparando las condiciones interfaciales en cada una de las secciones evaluadas, no se encontraron variaciones significativas en el efecto sobre el perfil de temperatura, especialmente entre los modelos 1 y 2, la única diferencia entre ellos es el coeficiente de salto en el modelo 2, el cual también se evaluó y no se observó que tuviera una influencia significativa para ese modelo al momento de evaluar el perfil de temperatura de esa condición interfacial en cada una de las secciones evaluadas. El modelo 3 presenta una ligera variación en el perfil de temperatura con respecto a los otros dos modelos, esto se puede deber principalmente por el coeficiente deslizamiento, el cual es un salto en la temperatura. Estos resultados se condensan en las Figuras 4, 5 y 6.

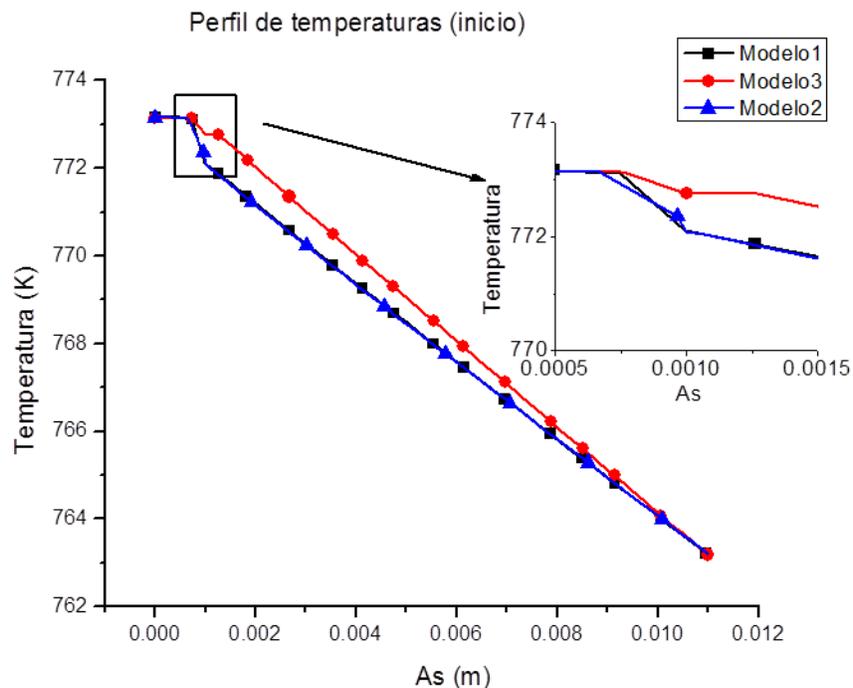


Figura 52. Perfil de temperaturas en la sección *inicio*.

Las secciones longitudinales fueron tomadas para evaluar el efecto de la variación en las propiedades termofísicas sobre el perfil de temperaturas. Estas variaciones no presentaron cambios significativos sobre los perfiles de temperatura, los resultados de esta evaluación se muestran en la Figura 7. Las diferentes propiedades para cada fluido se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13 Propiedades termofísicas

Fluido	$\rho(\text{kg} / \text{m}^3)$	$k(\text{W} / \text{m}^\circ \text{K})$	$C_p(\text{J} / \text{kg}^\circ \text{K})$
Aceite 1	927.86	0.125	1800
Aceite 2	860.18	0.135	1868.7
Aceite 3	823	0.14	1902.5

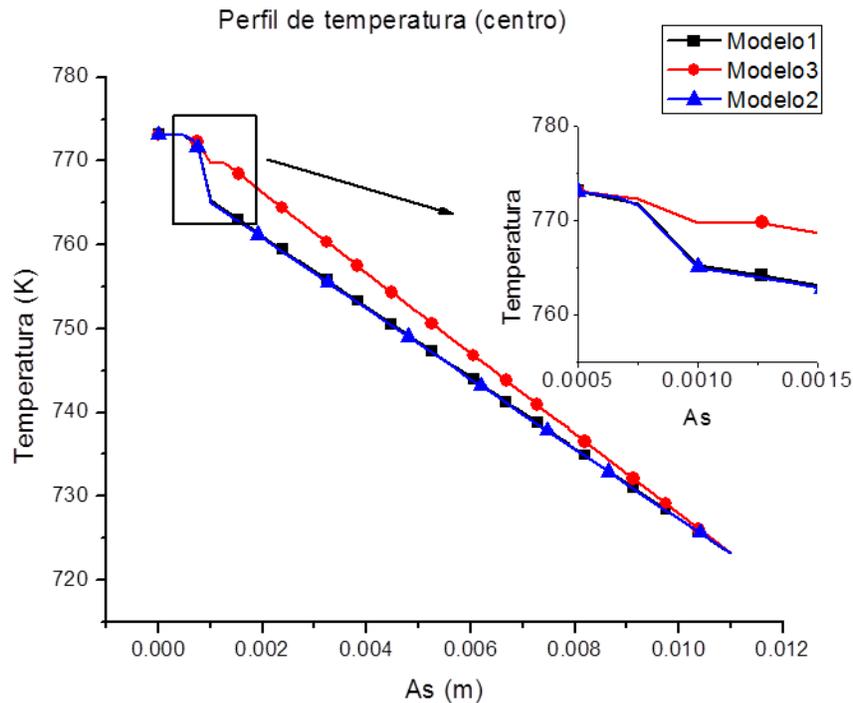


Figura 53. Perfil de temperaturas en la sección *centro*.

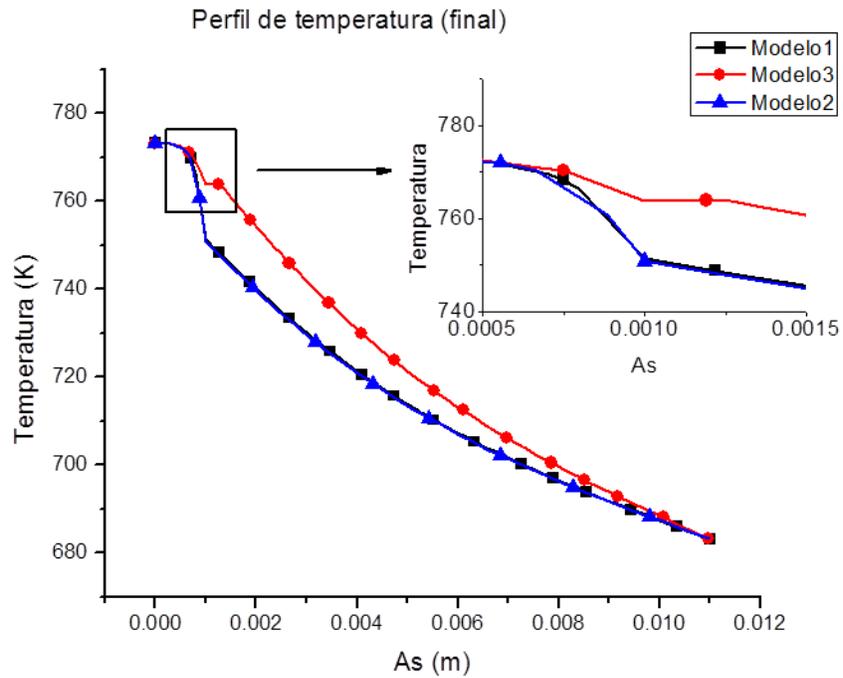


Figura 54. Perfil de temperaturas en la sección *final*.

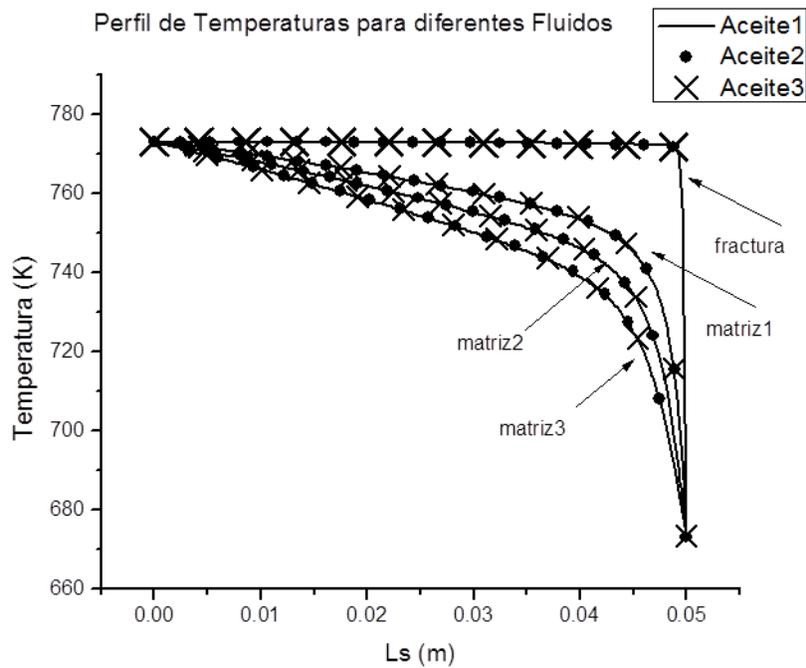


Figura 55. Perfil de temperatura variando propiedades físicas.

Conclusiones

En este trabajo se presentó el modelado teórico de la transferencia de calor para un sistema matriz-fractura. El objetivo fue evaluar el efecto de varias condiciones interfaciales sobre el perfil de temperaturas. Los resultados de este estudio permiten tener una idea del comportamiento de la transferencia de calor y de esta manera ir entendiendo la aplicabilidad de equilibrio térmico entre un fluido y un sólido y el planteamiento de las ecuaciones que gobiernan los fenómenos involucrados.

Haciendo un análisis comparativo, entre los resultados obtenidos con los modelos de la Tabla 1, presentados en las figuras 4, 5 y 6, se puede concluir que el efecto de las condiciones interfaciales, no es importante en el cálculo del campo de temperatura. Sin embargo los perfiles de temperatura presentan un suavizamiento en la inter-región excepto el perfil del modelo 3. Por lo tanto se recomienda utilizar los modelos 1 y 2.

Tales variaciones insignificantes en los campos de temperatura también fueron observadas por Alazmi y Vafai [8], estos investigadores hacen un estudio tanto de transferencia de calor como de hidrodinámica en donde reportan que para los campos de temperatura las variaciones son insignificantes a diferencia de lo que observan en los campos de velocidad donde ya hay variaciones entre las condiciones que evalúan.

La variación de las propiedades termofísicas no afecta significativamente el perfil de temperaturas.

Se recomienda extender el trabajo a modelos más completos, uno podría ser el modelo de transferencia de calor para flujo multifásico. También se recomienda evaluar las condiciones interfaciales de temperatura usando otras condiciones interfaciales para la velocidad. Lo anterior debido a que posiblemente una combinación de condiciones interfaciales arroje más información sobre los efectos que ocurren en la inter-región.

Referencias

1. R. Bird. *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons. New York, 2010.
2. K. Vafai. *Handbook of porous media*. Marcel Dekker. New York, 2000.
3. K. Vafai y S.J. Kim. *J. Heat and Mass Transfer*. 1990, 11, 254-256.
4. K. Vafai y R. Thiyagaraja. *J. Heat and Mass Transfer*. 1987, 30, 1391-1405.
5. J.A. Ochoa-Tapia y S. Whitaker. *J. Heat and Mass Transfer*. 1995. 38, 2635-2646.
6. J.A. Ochoa-Tapia y S. Whitaker. *J. Porous Media*. 1998. 1, 31-46.
7. Sahraoui y Kaviany. *J. Heat and Mass Transfer*. 1994. 37, 1029-1044.
- B. Alazmi y K. Vafai. *J. Heat and Mass Transfer*. 2000. 44, 1735-1749.

VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA BURBUJA DE TAYLOR

O.C. Benítez-Centeno¹, O. Cazares-Candia^{1,2} y J. Bahena-Maciel¹

¹ Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada del Tecnológico No. 27. Zacatepec, Morelos, 62780 México; omarcbc@gmail.com, urieljbm.89@gmail.com,

² Instituto Mexicano del Petróleo. D.F. México. ocazarez@imp.mx

Área de participación: Termofluidos y energética.

Resumen- El flujo multifásico es la presencia de más de dos fases en una misma línea de flujo (ducto), los sistemas bifásicos es bloque más simple; y pueden presentarse en varias combinaciones, una de las más típicas es flujo líquido-gas, dentro de esta mezcla hay diferentes patrones de flujo de acuerdo a sus formas y configuraciones en el cual encontramos el flujo slug (mezcla de aire-agua), el cual consta de una burbuja en forma de bala llamada burbuja de Taylor (L_{TB}), la cual va dejando una serie de estela de pequeñas burbujas la cual es llamada tapón slug (L_{LS}). Este conjunto de celda del slug tiene una longitud L_{su} llamada unidad slug.

El presente artículo muestra resultados del estudio experimental del flujo slug hecho con dos equipos, los cuales se llevaron una serie de pruebas para observar las longitudes del tapón slug (L_{LS}) y de la burbuja de Taylor (L_{TB}) ya que estas son importantes para calcular el esfuerzo cortante fase-pared, esfuerzo interfacial y fuerzas interfaciales de arrastre y no arrastre, de acuerdo a la ecuación de cantidad de movimiento, también se visualizó el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared de la tubería, es de 45° , la importancia de saber este ángulo, es que el esfuerzo cortante pared-fase causado por la sección de la burbuja de Taylor tiende a ser nulo. Saber cómo se comporta el flujo slug es importante debido a que presenta grandes inestabilidades en el sistema, como grandes caídas de presión.

Introducción

El problema de los fenómenos de conducción de flujos bifásicos tienen un gran impacto en muchos de los problemas de ingeniería que enfrentan la industria, por qué se aplica en todo tipo de industrias tales como: la petrolera, química, generación de energía eléctrica (geotérmica, nuclear, termoeléctrica o solar), química y bioquímica, en servicios como son los sistemas de abastecimiento hidráulico (agroindustria, abastecimiento hidráulico a ciudades), sector médico-farmacéutico, y en intercambiadores de calor, por mencionar algunas (Delhaye, et al., 1981; Taitel et al., 1989; Dukler y Fabre, 1992; Henau & Raithby, 1995; Kaya, 2001; Zhao, 2005),

Estos fenómenos se presentan en diversas configuraciones de flujo a las que se les denomina patrones de flujo, una de las mayores dificultades en el modelado del flujo bifásico es determinar la geometría del flujo (Ishii, 1975), la presencia de un determinado patrón de flujo depende del diámetro de la tubería, propiedades termofísicas de los fluidos involucrados, ángulo de inclinación y de los flujos

volumétricos de cada fase; contrariamente al flujo monofásico, el flujo bifásico no presenta distribuciones uniformes. Los patrones de flujo se presentan cuando dos fluidos poseen diferentes propiedades físicas simultáneamente en el mismo volumen (Barnea y Col., 1980).

Para tuberías horizontales (Hewitt 1978) los patrones de flujo que se presentan son: Flujo burbuja, flujo estratificado liso, flujo estratificado ondulado, flujo anular, flujo tapón (este consiste en grandes flujos volumétricos de gas respecto a flujos moderados de líquido, en este flujo no existe tapón o líquido slug) y flujo slug (es el de nuestro interés, también llamado flujo pulsante o bala). En tuberías verticales, las cuales son similares a las de las tuberías horizontales con la excepción de que el flujo viaja uniformemente a través de la tubería en ascenso, la clasificación más utilizadas (Hewitt 1978) se da a continuación: Flujo burbuja, flujo anular, flujo inestable (Churn), flujo Wyspy anular, Flujo slug. El flujo estratificado no existe en flujo vertical, debido a la dirección relativa del flujo y a la fuerza gravitacional. Se presenta un patrón de flujo más simétrico que en el flujo horizontal. Para tuberías inclinadas, se reúnen los patrones de flujo de tuberías horizontales y verticales, Taitel et al. (1980) identificaron cuatro distintos patrones de flujo en flujo ascendente en tuberías verticales: burbuja, tapón, churn y anular.

De los anteriores el flujo slug (sucesiones periódicas de tapones líquido y burbujas con forma de bala conocidas en la literatura con el nombre de burbujas de Taylor) es quizás, el que se presenta con una mayor incidencia (Taitel, 1977) y debido a que presenta una geometría compleja, alta inestabilidad, alta caída de presión e intermitencia y presenta el fenómeno de corrosión y desgaste en las tuberías, por la diferencia de velocidades entre fases líquidas-gaseosas y su relación con la fricción con la tubería, es un fenómeno indeseable.

En el presente trabajo se centra el estudio experimental del flujo slug para determinar términos de cerradura para el modelado numérico matemático del flujo antes mencionado.

En la siguiente ecuación se presenta la cantidad de movimiento para flujo bifásico líquido-gas, en ella pueden apreciarse los términos y sus nombres, que de izquierda a derecha pueden leerse: término de acumulación, convección, presión, corrección de presión, gravedad, esfuerzo cortante pared-fase, esfuerzo interfacial y las fuerzas interfaciales de arrastre y no arrastre. En dicha ecuación α representa a la fracción de líquido, ρ la densidad, U la velocidad, P la presión, g la gravedad, τ el esfuerzo (según corresponda: fase – pared o interfacial), M las fuerzas interfaciales de arrastre y no arrastre, DH el diámetro hidráulico, L la longitud (de la burbuja de Taylor TB , del slug LS o de la unidad slug SU) y θ el ángulo de inclinación de la tubería. El subíndice k representa a la fase líquida cuando se le sustituye por l y a la fase gaseosa cuando se le sustituye por g .

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{\frac{\partial [\alpha_k \rho_k U_k]}{\partial t}}_{\text{acumulación}} + \underbrace{\nabla \cdot [\alpha_k \rho_k U_k U_k]}_{\text{convección}} = - \underbrace{\alpha_k \nabla \cdot [P_k]}_{\text{presión}} - \underbrace{\frac{A \rho_l g \cos \theta}{2 \sqrt{(h_l (d - h_l))}} \nabla \cdot \alpha_k}_{\text{corrección de presión}} + \underbrace{\alpha_k \rho_k g_k \sin \theta}_{\text{gravedad}} \\
 & - \underbrace{\left[\frac{\tau_{kw}^{(slug)}}{DH_k} \left(\frac{L_{LS}}{L_{SU}} \right) + \frac{\tau_{kw}^{(burbuja\ de\ Taylor)}}{DH_k} \left(\frac{L_{TB}}{L_{SU}} \right) \right]}_{\text{esfuerzo cortante pared-fase}} - \underbrace{\frac{\tau_{ki}}{DH_i} \left(\frac{L_{TB}}{L_{SU}} \right)}_{\text{esfuerzo interfacial}} - \underbrace{\frac{M_{ki}^{nd\&d}}{k_i}}_{\text{fuerzas interfaciales de arrastre y no arrastre}}
 \end{aligned}$$

Ec. (1.1)

La ecuación del modelado de la cantidad de movimiento

Donde el término de las fuerzas interfaciales de arrastre y de masa virtual está dado por:

$$\begin{aligned}
 \frac{M_{ki}^{nd\&d}}{k_i} = & \frac{C_D}{2} \left[\rho_l (U_g - U_l) |U_g - U_l| \pi (rd)^2 \right] \\
 & + C_{VM} (1 - \alpha_l) \rho_l \left[\frac{\partial U_g}{\partial t} + U_g \frac{\partial U_g}{\partial x} - \frac{\partial U_l}{\partial t} + U_l \frac{\partial U_l}{\partial x} \right]
 \end{aligned}$$

Ec. (1.2)

El coeficiente de arrastre esta denotado por:

$$C_D \approx 9.8 (1 - \alpha_g)^3$$

Ec. (1.3)

Así mismo el coeficiente de masa virtual es definido por:

$$C_{VM} = 5 \left[0.66 + 0.34 \left(\frac{1 - \left(\frac{Db}{L_{TB}} \right)}{1 - \left(\frac{Db}{3L_{TB}} \right)} \right) \right]$$

Ec. (1.4)

Db Representa el diámetro de la burbuja de Taylor y (*L_{TB}*) su longitud

Visualizar la longitud del Slug líquido (*L_{LS}*) y la longitud de la burbuja de Taylor (*L_{TB}*) sirve para determinar aspectos físicos del fenómeno slug y así poderlos aplicar en cerraduras de su correspondiente modelo numérico-matemático, el cual sirve como una herramienta para tomar decisiones en campo, pues nos proporciona información del comportamiento del flujo. Saber estas longitudes sirve para poder calcular el esfuerzo interfacial, calcular las fuerzas interfaciales de arrastre y no arrastre donde *L_{TB}* está presente en el término de masa virtual y las longitud *L_{LS}* influyen en el cortante de fase-pared; exista o no contacto de la burbuja de Taylor con la pared de la tubería. De acuerdo a la ecuación 1.1 de cantidad de movimiento.

En la ecuación de cantidad de movimiento para flujo bifásico liquido-gas existe el esfuerzo cortante fase-pared y este esfuerzo a su vez lo componen dos términos el causado por la sección de la burbuja de Taylor y el causado por el slug líquido. En ángulos anteriores a 45° este término causado por la sección de la burbuja de Taylor debe tomarse en cuenta y a partir de 45° deja de existir, por lo tanto este esfuerzo tiende a ser cero. Cuando ocurre lo anterior el esfuerzo cortante fase-pared es prácticamente nulo. Angularmente este valor es de gran importancia y es el objeto de estudio, este ángulo no viene explícitamente reportado en la literatura por eso la importancia de este tipo de estudio experimental. En la tabla 1.1 se muestra algunos datos reportado por varios autores.

Tabla N°1.1. Angulo con el cual la burbuja de Taylor deja de tener contacto con respecto a la pared de la tubería reportado por algunos autores de la literatura.

Autor	Angulo (°)
Kaya et al. (1991)	10
Gómez et al.(1999)	86
Zukoski (1966)	45
Este trabajo	45

Experimentos

EQUIPO EXPERIMENTAL N°1

Se realizaron pruebas a 0°, 3°, 15° y 30°, para tomar medidas de longitudes del slug líquido L_{LS} y de la burbuja de Taylor L_{TB} . Con datos obtenidos de otros autores y de pruebas realizadas con el mismo equipo experimental de flujo bifásico. Para realizar las pruebas de flujo bifásico (Agua-Aire), primero se tiene que calibrar todos los instrumentos; para la obtención del flujo slug. De acuerdo a los mapas de los patrones de flujo (Fig. 2.1), se determina el flujo volumétrico de agua y de gas, para cada ángulo de inclinación. Este flujo volumétrico es regulado con los rotámetros de agua y aire.

Esta combinación es introducida en el mezclador que a su vez está conectado para que fluya en la tubería.

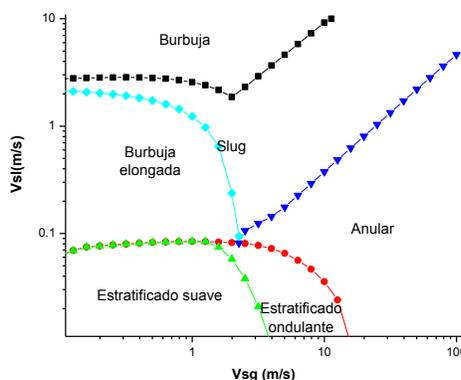


Figura 2.1. Mapa de patrones de flujo para cuando el equipo experimental se encuentra a 0°

En el esquema de la Fig. 2.2 se muestra el equipo experimental el cual consta de una tubería de 12 m. de longitud y un diámetro interno de 0.01905 m. El equipo puede ser inclinado desde 0° a 90°

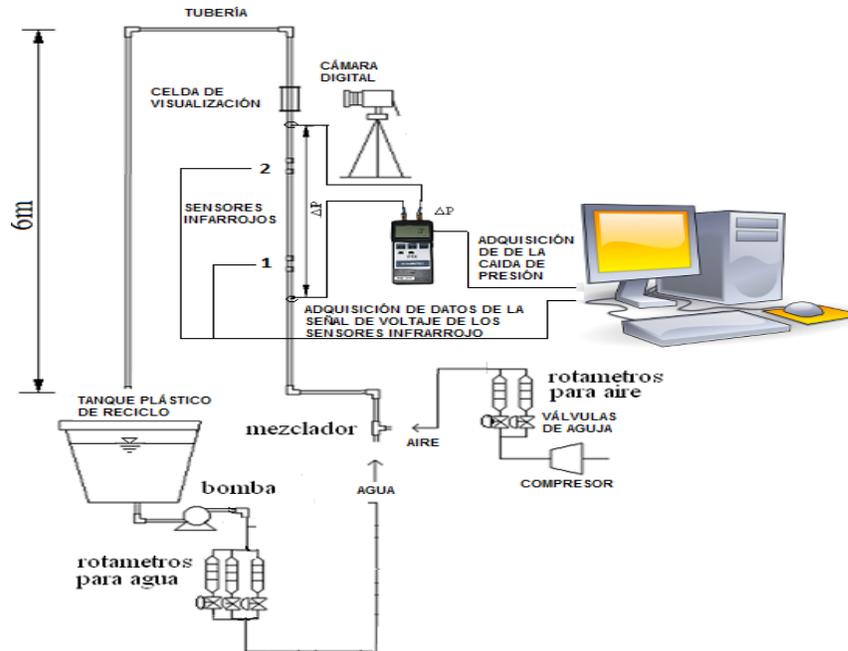


Fig. 2.2. En este esquema se muestra los componentes que conforman el equipo experimental de flujo bifásico.

En la siguiente tabla se presenta los parámetros de prueba tanto de agua y aire para que se presente el flujo slug, a diferentes ángulos de inclinación, en los cuales son variados para poder visualizar las longitudes del slug líquido (L_{LS}) y de la burbuja de Taylor (L_{TB}) para visualizar cómo se comporta a diferentes ángulos de inclinación.

Tabla 2.1. Propiedades para exista el flujo slug en algunos casos.

Parámetros	0°	3°	45°	60°	60°
Diámetro, [m]	0.01905	0.01905	0.01905	0.01905	0.01905
Caudal de agua, [m ³ /s]	1.99E-04	9.96E-05	1.88E-04	1.93E-04	9.43E-04
Caudal de aire, [m ³ /s]	7.13E -05	7.12E-05	6.74E-05	8.58E-05	6.96E-05
Temperatura ambiente [°C]	26.0	25.0	24.0	24.0	24.0

La detección de la burbuja de Taylor están hechos con dos sensores infrarrojos del cual se obtiene un voltaje de señal. El voltaje varia de 0 a 4.6 volts. En la figura siguiente (Fig. 2.3) se muestra, la interpretación física del voltaje obtenido por las señales del sensor 1 y 2. Cuando el líquido slug es detectado, un sensor obtiene un voltaje de señal de 4.6V y cuando una burbuja pasa el voltaje decae.

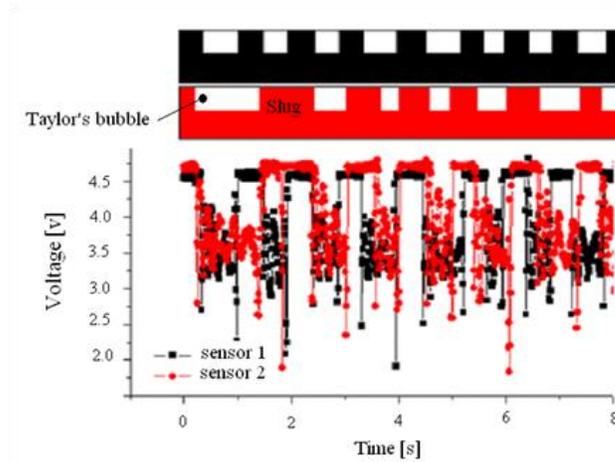


Fig. 2.3. Señal típica de sensores infrarrojos.

Resultado de la medición de parámetros de la unidad slug

Se tiene las señales de voltaje adquiridas de los sensores infrarrojos las cuales se les hace un análisis comenzando por los parámetros estadísticos descriptivos, posteriormente se les aplica la transformada de Fourier de la cual se obtiene la frecuencia a la cual se repiten los ciclos en el flujo slug de la secuencia de tapones de líquido y de las burbujas de Taylor.

En la figura 3.1 se presenta la gráfica producto de la transformada de Fourier donde puede leerse la frecuencia representativa del experimento.

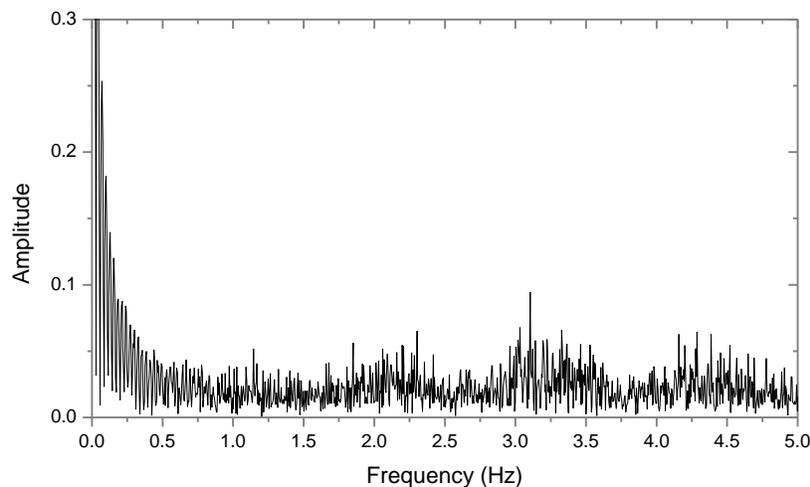


Fig. 3.1. Grafica de la transformada de Fourier para las señales de voltaje adquiridas de los sensores infrarrojos para 0° de inclinación.

Al conocer la frecuencia del sistema (como ejemplo en la figura 3.1 la frecuencia del slug $f_s = 3.1$ Hz), se pueden conocer las longitudes de la unidad slug para cada caso de manera teórica aplicando las siguientes relaciones que nos llevan a conocer parámetros del flujo slug de forma teórica y que a continuación se detallan:

Primero se calcula la intermitencia por medio de la expresión reportada de acuerdo a Woods y Hanratty en 1996:

$$I \cong \frac{U_{sl}}{U_{sl} + U_{sg}} \tag{Ec. (3.1)}$$

Posteriormente se calcula:

$$C = C_0 (U_{sl} + U_{sg}) \tag{Ec. (3.2)}$$

Donde C_0 es el coeficiente que se refiere a la máxima velocidad promedio del gas en el centro de la tubería, el cual tiene un valor de 1.2 para flujo ascendente y 1.12 para flujo descendente. (Hassan y Kabir, 1988) Así se puede calcular la longitud del tapón de líquido también denominado slug (Woods et al., 2006), donde U_{sl} es la velocidad superficial del líquido y U_{sg} es la velocidad superficial del gas

$$L_{LS} = \frac{CI}{f_s} = \frac{1.2(U_{sl} + U_{sg})}{f_s} \left(\frac{U_{sl}}{U_{sl} + U_{sg}} \right) = 1.2 \left(\frac{U_{sl}}{f_s} \right) \tag{Ec. (3.3)}$$

La longitud del slug calculada se contrasta con la longitud del slug que se mide en caso experimental.

En la anterior ecuación f_s es la frecuencia del slug previamente determinada. Otro de los parámetros que se pueden estimar es la velocidad de la burbuja de Taylor por medio de la expresión propuesta por (Chew-Chen. L., 2001):

$$U_{TB} = C_0 U_M + C_1 \sqrt{gD} \tag{Ec. (3.4)}$$

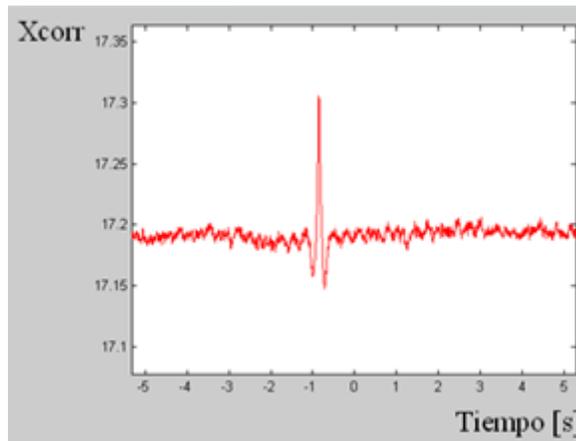
A partir de las señales de voltajes de los sensores infrarrojos se obtiene que de acuerdo a la Fig. 3.1 la cual es la gráfica de la transformada de Fourier para las señales de voltaje adquiridas de los sensores infrarrojos para 0° de inclinación. Obtenemos los siguientes datos:

Tabla 3.1. Datos para poder las longitudes características del flujo slug.

$Q_g =$	7.13E-05	m^3/s
$Q_l =$	1.99E-04	m^3/s
$U_{sg} =$	2.50E-01	m/s
$U_{sl} =$.06982	m/s
Inclinación=	0.0	Grados
fs (medida)=	3.1	Hz (ciclos /seg.)

Tabla 3.2. Determinación de las longitudes características del flujo slug.

I [adimensional]=	.73634126
C [m/s]=	1.1378971
L_{SU} [m]=	0.7
Parámetro	calculado
L_{LS} [m]	.27
L_{TB} [m]	.43
U_{TB} [m/s]	1.10



Con este mismo procedimiento se fueron calculando las longitudes hechas con el equipo experimental utilizando los datos que nos arroja los sensores infrarrojos con la metodología descrita anteriormente, nuestros ángulos de interés son $3^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ y 90° para la medición de L_{LS} que es la longitud del slug líquido, L_{TB} que es la longitud de la burbuja de Taylor y en consecuencia L_{SU} que es la longitud de la unidad del slug, a estas mediciones las llamaremos longitudes calculadas.

Durante la realización de los experimentos se tomaron fotografías, de esa manera se obtuvieron las dimensiones de las longitudes características del flujo slug, lo que llamaremos longitudes medidas.

Como un ejemplo de las mediciones realizadas de los parámetros de la unidad slug, en la Figura 3.2 se muestra una fotografía correspondiente a una inclinación de la tubería a 3° , donde se puede apreciar una burbuja de Taylor seguida de un tapón de líquido cuyas longitudes se les ha marcado con una línea roja y azul respectivamente. En la cinta métrica que se encuentra en la parte posterior pueden leerse las magnitudes de dichas de las longitudes de L_{LS} que es la longitud del slug líquido la cual es 0.26m y la de L_{TB} que es la longitud de la burbuja que es 0.44m de esta manera se obtuvieron las dimensiones a $0^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ y 90° .

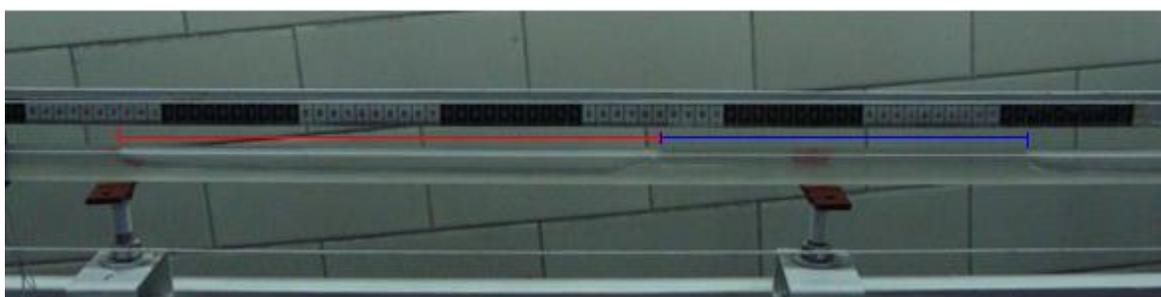


Figura 3.2. Ejemplo de la medición de las longitudes de la burbuja de Taylor y del slug (para 3° de inclinación)

Las longitudes calculadas se compararon con las longitudes medidas con la longitud de la unidad slug, se han encontrado que las longitudes del slug calculadas y medidas presentan errores absolutos porcentuales menores al 16.04% para el ángulo de 90° respecto de las longitudes obtenidas

La información obtenida de los parámetros de la unidad slug (la longitud del tapón de líquido L_{LS} y la longitud de la burbuja de Taylor L_{TB}), es determinante ya que estos valores para cada ángulo de prueba definen los cocientes, que ponderan los términos de esfuerzos líquido pared, gas pared, fuerza de arrastre y masa virtual de las ecuaciones de cantidad de movimiento expresadas en la ecuación (1.1).

La ecuación (3.5) define el concepto de la unidad slug y la ecuación (3.6) establece las relaciones de las longitudes de la longitud del slug y de la burbuja de Taylor con respecto a la longitud de la unidad slug. Es de esta información que se utiliza como parte del cerrado de las ecuaciones que modelan numéricamente el flujo slug según el ángulo de inclinación de la tubería.

$$L_{LS} + L_{TB} = L_{SU} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

$$\frac{L_{LS}}{L_{SU}} + \frac{L_{TB}}{L_{SU}} = 1 \quad \text{Ec. (3.6)}$$

En las siguientes tablas hacemos las comparaciones de los datos obtenidos con calculados con los sensores infrarrojos (L_{LS} [m] medida) en contra de las fotografías tomadas (L_{LS} [m] Calculada).

Tabla 3.3. Comparación de las longitudes del slug líquido a diferentes ángulos de inclinación.

Angulo de inclinación de la tubería [°]	L_{LS} [m] Medida	L_{LS} [m] Calculada	Error absoluto %
0	0.27	0.26	2.57
3	0.28	0.26	5.33
45	0.21	.20	6.94
60	0.20	0.19	4.37
90	0.18	0.17	6.02

Tabla 3.4. Comparación de las longitudes de la burbuja de Taylor a diferentes ángulos de inclinación.

Angulo de inclinación de la tubería [°]	L_{TB} [m] Medida	L_{TB} [m] Calculada	Error absoluto %
0	0.43	0.44	2.34
3	0.33	0.34	4.13
45	0.17	0.18	7.72
60	0.13	0.14	5.98
90	0.10	0.12	16.04

Resultados de la visualización del ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared de la tubería

EQUIPO EXPERIMENTAL N°1

se visualizó que el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor fluctuaba entre 40 y 60 ° por lo tanto se realizaron pruebas antes de 45° a 45° y después de 45°, visualizando que el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto de la tubería es de 45°

Análisis antes de 45°

En esta parte se analizan las imágenes en las que se realizaron pruebas a 40.5°, en las imágenes se observa como la nariz de la burbuja se va desprendiendo levemente con respecto a la pared de la tubería, se puede observar también la longitudes de las burbujas de Taylor y la película de la burbuja de Taylor.

Pruebas a 40.5°

En la siguientes imágenes se observa el comportamiento del flujo slug a 40.5°, se muestra una fotografía en forma normal ver fig.4.1. y otra fotografía editada ver Fig. 4.2., primeramente con Nero MediaHub, para editar el brillo, el contraste, los colores y posteriormente mejorar la calidad de la imagen. Una vez ya editada se invierte el color con el programa FireWorks, para obtener una mejor visualización entre la burbuja de Taylor y la pared de la Tubería.



Fig. 4.1. Fotografía a 40.5° en el cual se observan algunas características del flujo slug

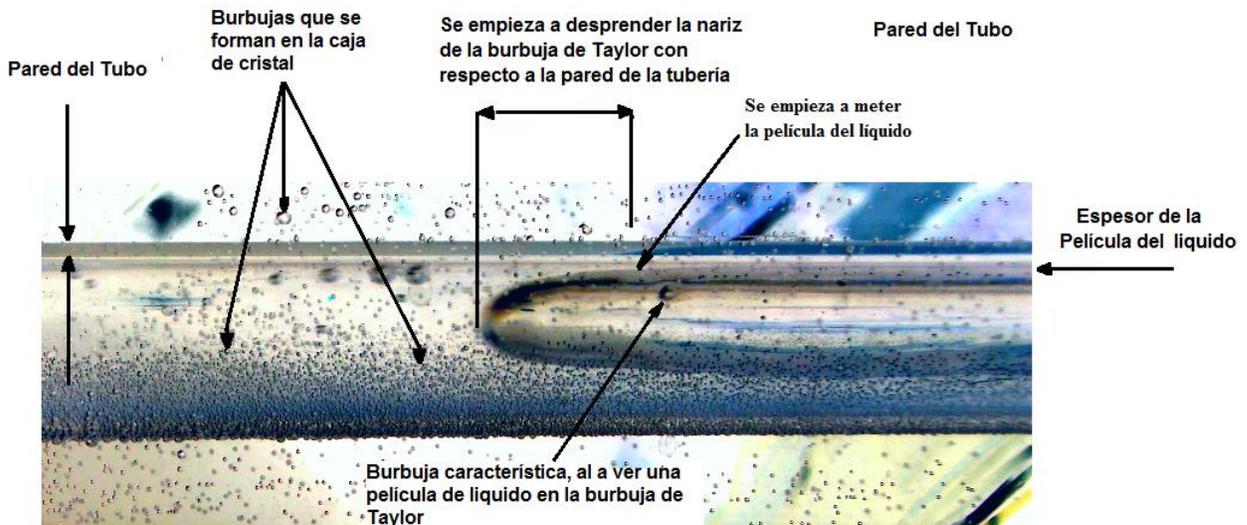


Fig. 4.2. Fotografía editada a 40.5° en el cual se observan las características del flujo slug

En la fig. 4.2 se muestra una sección de la tubería donde se alcanza a distinguir las características importantes de nuestro interés para el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared de la tubería; las características que se distinguen en la fotografía son las siguientes:

- a) Primeramente se distingue lo que es la pared superior de la tubería, principalmente nos interesa estudiar la parte superior de la tubería; ya que es la parte en el que la burbuja de Taylor está en contacto con dicha pared.
- b) Posteriormente observamos que se forman pequeñas burbujas entre la caja de cristal y el tubo, estas burbujas se forman por el cambio de fase del agua almacenada en la caja de cristal, el líquido cambia de fase a gas al estar en contacto directo con los rayos del sol y es por ello que se forman estas burbujitas. La función de la caja de cristal es amplificar la imagen, como si fuese una lupa, para poder visualizar el ángulo de desprendimiento de la burbuja con respecto a la pared del tubo.
- c) También se pudo observar como la punta de la Nariz de la burbuja de Taylor va tomando su forma de bala, aunque todavía esta inclinada levemente hacia la pared superior de la tubería, esto es por acción de la gravedad ya que el líquido se concentra en la parte inferior de la tubería y el gas tiende a estar en la parte superior de la tubería.
- d) En la imagen se distingue claramente como la nariz de la burbuja de Taylor, se empieza a despegar de la tubería, y se observa el punto donde el cuerpo restante de la burbuja de Taylor, está todavía en contacto directo con la pared de la tubería.

- e) Se observa la presencia de una pequeña burbuja, que pasa entre la burbuja de Taylor y la pared de la tubería. Esta pequeña burbuja es parte del tapón slug (longitud slug) que va dejando la burbuja de Taylor consecutiva.
- f) Y por último se puede observar como el gas de la burbuja de Taylor y la pared de la tubería están en contacto.

En la siguiente figura 4.3. se muestran las características principales de la unidad slug, la cual es comparada con un esquema de unidad slug donde: L_{SU} = Longitud de la burbuja de Taylor, L_{LS} =Longitud de slug liquido L_{TB} =Longitud de la burbuja de Taylor

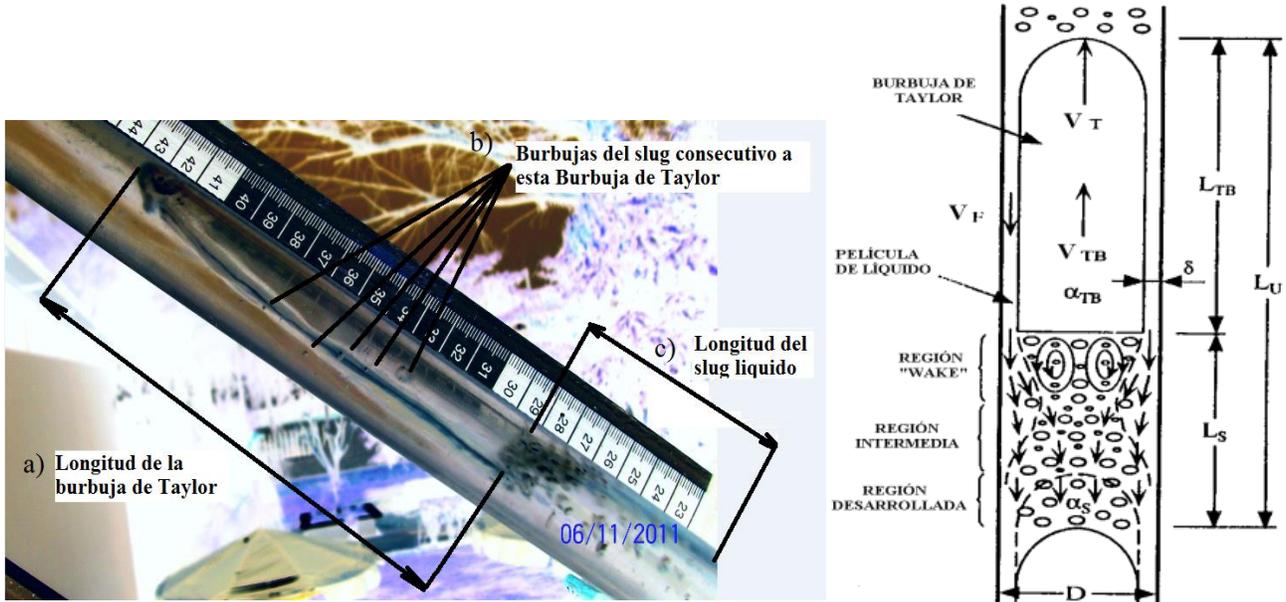


Fig. 4.3. Fotografía a 40.5° de inclinación con respecto a la horizontal (lado izquierdo) y esquema de la unidad slug, $L_{SU}=L_{LS}+L_{TB}$ (lado derecho).

Análisis a 45°

En las pruebas realizadas a este ángulo se verifica el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared es de 45°, como muestra la imagen siguiente.

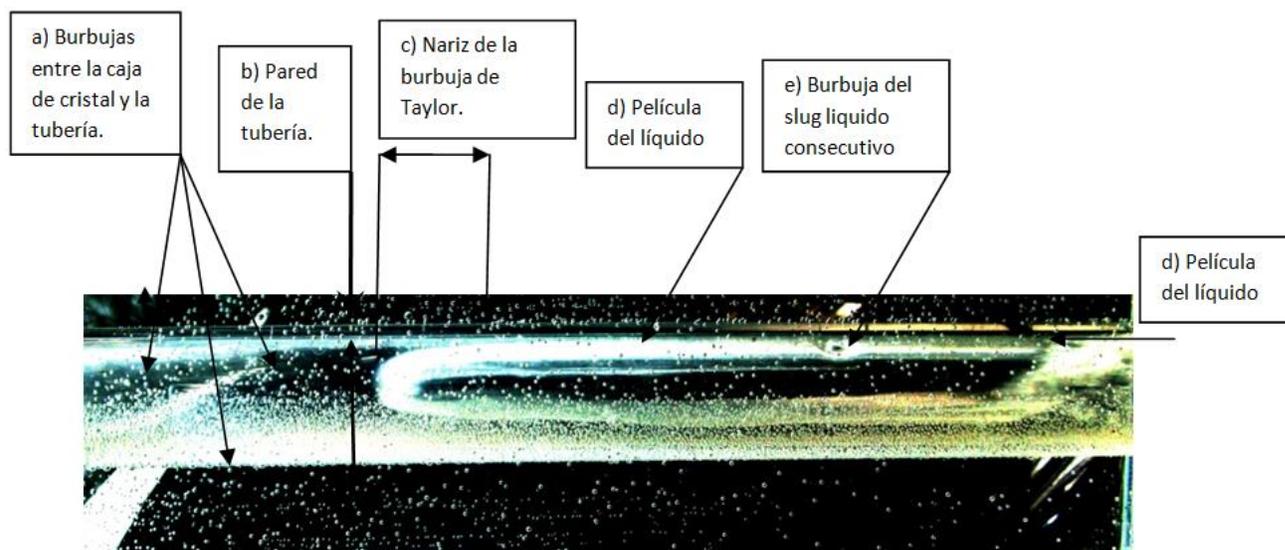


Fig. 4.4. Fotografía editada a 45°

En la Fig. 4.4, se observa como en él a) sucede el mismo fenómeno de las figuras anteriores la presencia de burbujas por el cambio de estado de fase del agua dentro de la caja de cristal. En el b) Se observa la pared de la tubería. En el c) de la figura, se observa como la Nariz de la burbuja de Taylor está completamente libre de la pared de la tubería, y la Burbuja de Taylor es casi simétrica; en d) pareciera que el líquido entra en la burbuja de Taylor, pero como se observa en e), ahí presencia de una burbuja; esta burbuja es parte del slug líquido que va delante de esta burbuja de Taylor. Esta pequeña burbuja nos da la pauta de que existe en esta parte una película de líquido de un espesor nanométrico, ya que se forma en la parte superior de la tubería; entre la pared de la tubería y la burbuja de Taylor.

Análisis después de 45°

En esta sección se muestra como la película de líquido se va aumentando cada vez que aumenta el ángulo de inclinación de la tubería con respecto a la horizontal, se realizaron pruebas a 47° y 90°. Se observa cómo cuanto más se acerca la tubería hacia la vertical se vuelve más simétrica se la burbuja de Taylor, además de que las burbujas del tapón de los slugs consecutivos se hacen más frecuentes.

Pruebas a 47°

En la figura siguiente (Fig. 4.5) se muestra como se forman más burbujas a consecuencia del slug líquido consecutivo, en esta figura se le da énfasis a como ya hay más presencia de burbujas del slug líquido consecutivo a esta burbuja de Taylor



Fig. 4.5. Fotografía donde se observa la presencia de más burbujas del slug líquido consecutivo al de esta burbuja de Taylor

Pruebas a 90°

Como ya se mencionó anteriormente la burbujas consecutivas del slug líquida fluyen entre la burbuja de Taylor y la pared de la tubería ya que la burbuja de Taylor está cubierta por la pequeña película de líquido; en este ángulo de 90° es donde más se observan estas burbujas, ya que esta pequeña película lubrica el espacio entre la pared de la tubería y la burbuja de Taylor. Se observa la forma característica de bala de la burbuja de Taylor, además de que la nariz de la burbuja es achatada y la burbuja de Taylor es simétrica.

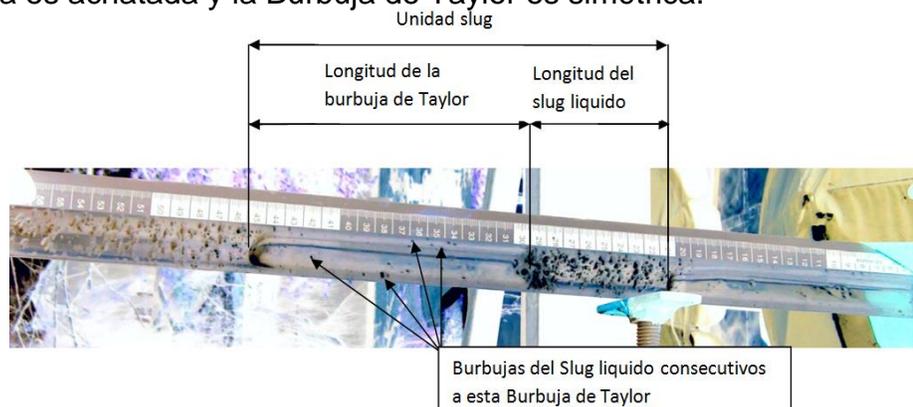


Figura 4.6 se muestra con claridad lo que es la unidad slug, en el que se muestra la burbuja de Taylor seguida del slug líquido (Tapón líquido), cuyas longitudes se pueden observar claramente

EQUIPO EXPERIMENTAL N°2

Con el equipo que se muestra en la figura 4.7 se puede visualizar cómo se comporta el flujo slug a diferentes diámetros de tuberías ya que estas se pueden cambiar, en nuestro caso las hicimos con una tubería de diámetro interno de 0.01905 m. también se pueden realizar pruebas a diferentes ángulos desde 0° hasta 90. La metodología fue la siguiente, se tomaron una serie de fotografías. Las cuales se editaron con programas editores de imágenes, como el Nero MediaHub se utilizó para mejorar la imagen; posteriormente se obtuvo el negativo de la imagen con el programa Fireworks CS4. De esta manera se puede visualizar mejor el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared de la tubería.

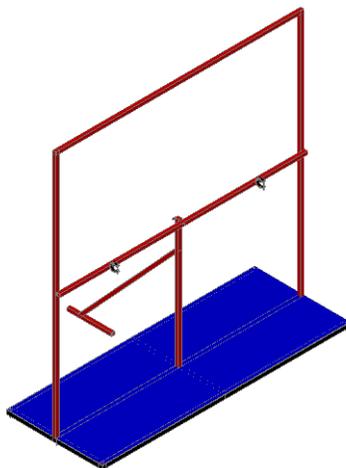


Fig. 4.7. Equipo experimental N°1, utilizado para la visualización de diferentes diámetros de tuberías a diferentes ángulos de inclinación.

En este equipo experimental no se tiene flujo constante si no que en este equipo el fluido está estancado y se mueve la burbuja por acción de la gravedad, se observa como la película del líquido que recubre la burbuja de Taylor va decayendo hacia la parte más baja de la tubería en este paso va secando la pared de la tubería. Como lo veremos más adelante en las fotografías tomadas y editadas, para poder visualizar el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared de la tubería.

Pruebas a 45°

Se realizaron una serie de pruebas a diferentes ángulos desde 15°, 30°, 43°, 45°, 50°, 60° y 90°; tomando una serie de fotografías en cada ángulo y observando que el ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor es a 45°, por eso mostramos las fotografías de los siguientes ángulos en particular; 45°, 50° y 90°. Siendo estos últimos los de mayor interés en nuestro estudio.

En la figuras siguientes (Fig. 4.8 A) y Fig. 4.8 B.) Se muestra como la película de líquido es muy delgada y en la parte superior del tubo se observa como esta película se va secando y el líquido va escurriendo hacia la parte inferior de la

tubería por acción de la gravedad; ya que el líquido tiende a estar en la parte más baja de la tubería (hold-up).



Fig. 4.8 A). Fotografías sin editada a 45°, para mejorar la calidad de la imagen B). Negativo de la fotografía a 45°

Pruebas a 50°

En este ángulo aumenta la presencia de líquido entre la pared de la tubería y la burbuja de Taylor. Se observa cómo hay la presencia de más escurrimiento de la película de líquido en casi todo el tubo donde está presente la burbuja de Taylor, también observa como la mayor parte del escurrimiento sucede en la parte superior de la tubería, siendo esto porque es ahí donde se encuentra la película de líquida más delgada en la Figura siguiente (Fig.4.9), se observa como existe una película de líquido la cual se aprecia en forma de olas en la parte superior de la tubería.



Fig.4.9 Burbuja de Taylor a 50 °, se muestra el escurrimiento de la película de líquido.

Pruebas a 90°

En esta sección se realizaron pruebas a 90°, en la Fig. 4.10. se visualiza la Burbuja de Taylor en la cual se muestra el negativo de la fotografía en ella se observa el escurrimiento de la película de líquido, este escurrimiento ocurre en toda la parte donde existe la Burbuja de Taylor en las fotografías se observa la película de líquido en forma de ondas, en este ángulo ya no se presenta el fenómeno que seca la pared de la tubería debido a que la película de líquido es constantes y es más uniforme en comparación a los ángulos anteriores.



Fig. 4.10. En la fotografía se muestra el escurrimiento de la película de líquido.

Conclusiones

La importancia de saber las longitudes de la burbuja de Taylor (L_{TB}) y del tapón slug (L_{LS}) es porque de estas longitudes depende la unidad slug; además de que son un gran factor para el cálculo del esfuerzo cortante pared-fase, para calcular el esfuerzo interfacial y para calcular la fuerzas interfaciales de arrastre y no arrastre de acuerdo a nuestra ecuación de cantidad de movimiento (Ec. 1.1)

El ángulo de desprendimiento de la burbuja de Taylor con respecto a la pared de la tubería es de 45°, esto fue observado y analizado con dos equipos experimentales y verificado con una serie de fotografías que fueron tomadas y editadas para visualizar mejor este ángulo.

La importancia de saber este ángulo es que en este momento existe una película de líquido o FILM y que a la vez deja de existir el esfuerzo cortante pared-fase, causado por la burbuja de Taylor al contacto con pared de la tubería.

Referencias:

1. BEGGS, D. H.; BRILL, J. P. (1973). A study of two-phase flow in inclined pipes. *Trans. 255 AIME*, 607-617.
2. BARNEA, D. (1987). A unified model for predicting flow-pattern transitions for the whole range of pipe inclinations. *Int J Multiphase Flow* 13, 1-12.
3. CHEN, X. T.; BRILL, J. P. (1997). Slug to churn transition in upward vertical two-phase flow. *Chemical Engineering Science* 52, N° 23, 4269-4272.
4. TAITEL, Y.; BARNEA, D.; DUCKLER, A. E. (1980) Modelling flow pattern transitions for steady upward gas-liquid flow in vertical tubes. *AIChE Journal* 26, N° 3, 345-354.
5. Andreussi P., Bendiksen K., (1989). "An investigation of void fraction in liquid slugs for horizontal and inclined gas-liquid pipe flow". *Int. J. Multiphase Flow*, 15 (6), 937-949.
6. Chew-Chen, L., (2001), "Slug Development/Dissipation in an inclined pipeline whith changing pipe ID", (SPE 68827).
7. Dukler, A.E. and Hubbard, M.G., (1975), "A Model for Gas-Liquid Slug Flow in Horizontal and Near Horizontal Tubes" *Ind. Eng. Chem. Sci., Fundm.*, 14 (4), 337-347.
8. Omar Benítez Centeno, Octavio Cazarez Candia, Sara Lilia Moya Acosta. Estudio experimental de flujo slug. . XVI congreso de dinámica de fluidos del 25 al 29 de octubre de 2010. Boca del río, Veracruz, México.
9. Omar Benítez Centeno, Octavio Cazares Candia, Sara Lilia Moya Acosta. Modelado de Flujo slug utilizando el concepto de la unidad slug. XVI congreso de dinámica de fluidos del 25 al 29 de octubre de 2010. Boca del río, Veracruz, México.
10. Cazares-Candia O, Carrillo-Cortez I, Martínez-Torres J.A., Campos-Alvares. Uso de sensores ópticos para la determinación de la transición entre flujo estratificado y flujo slug.

COMPETENCIAS PROFESIONALES NECESARIAS EN LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLES (FMS)

J. L. Coronel-Trujillo¹, D. Ochoa Vásquez¹, N. R. Gómez Rivera¹, Ma. C. Domínguez Marroquín¹, E. López Durán¹ y S. A. Chavarría Puga¹

¹*Instituto Tecnológico de Zacatepec, - zacatepeccoronel@hotmail.com, deyaniramx2002@yahoo.com.mx, nrgomezr@gmail.com, mc_dmarroquin@hotmail.com, elopezd@gmail.com, sergioachavarria@yahoo.com.mx*

Área de participación: Optimización de Sistemas de Manufactura y Mejoramiento de Procesos.

Resumen- La simulación de sistemas es una herramienta poderosa para el análisis y el diseño de sistemas de manufactura, como es el caso de los sistemas de manufactura flexibles. Se puede asegurar que no es posible lograr ninguna clase de diseño si antes no se realiza algún tipo de simulación. Para ser un eficiente y eficaz simulador se requiere contar con las competencias profesionales necesarias, es decir en primer lugar se requiere contar con las competencias que se definen para la asignatura de simulación, después las requeridas para sistemas de manufactura y finalmente las necesarias para los sistemas de manufactura flexibles.

Pero para decir que una persona tiene las competencias necesarias para realizar tal o cual actividad como lo es la simulación de sistemas de manufactura flexible es necesario ser calificado. La calificación del desempeño de actividades no ha sido la misma a lo largo de la historia de las actividades laborales.

En esta presentación se da una introducción a las competencias profesionales, posteriormente se mencionan los diferentes tipos de competencias y se hace énfasis en los saberes: conocer, saber y ser que se involucran en los temas más relevantes de los sistemas de manufactura de manufactura flexible. Finalmente se realiza la simulación de un modelo de sistemas de manufactura flexible integrado por un robots y dos centros de maquinado.

Introducción.

Las competencias profesionales en la simulación de sistemas de manufactura flexible

Antes de 1980 el término “competencias” no era ampliamente utilizado; más bien se manejaba el concepto de “capacidad o habilidad” simplemente.

En la era de la manufactura “Fordista” y “Taylorista”, las tareas de una ocupación o actividad se descomponían en las operaciones más simples, buscando la especialidad en ellas, permitiendo organizar el curso de formación enseñando esas operaciones en orden creciente de complejidad. El diseño de cursos de formación técnica y profesional, se pensaba que respondía así a las demandas de calificaciones de la industria. Habilidad manual, conocimiento de las máquinas, conocimiento de las reglas técnicas del manejo de materiales y procesos, ubicación del trabajador en la organización, conformaban un espacio definido que se resumía en el tiempo de formación necesario para desempeñar una determinada ocupación y en el tipo de decisiones autónomas que se debía estar preparado para tomar en ella. Estas dos dimensiones permitían ubicar las calificaciones en un continuo jerárquico que servía de base para salarios y negociaciones colectivas.

El paso de la organización del trabajo “Fordista y Taylorista” a la especialización flexible; el surgimiento del sector informal con su variedad de ocupaciones, en algunos casos calificadas y semicalificadas, con bajo encuadre organizacional; la flexibilidad laboral que promueve el desempeño alternativo de varias ocupaciones calificadas y el cambio más frecuente de lugar de trabajo; las tecnologías microelectrónicas que exigen mayores niveles de abstracción y manejo de maquinarias muy costosas, fueron todos factores que convergieron para que cada vez un mayor número de ocupaciones, y más aún, de trayectorias ocupacionales, no se adaptaran a la rigidez del enfoque anterior.

En un contexto en el que se tiende a la flexibilización, en un proceso de cambio tecnológico y organizacional por efecto de la reestructuración productiva, donde la subcontratación entre empresas grandes y pequeñas se vuelve común, donde la **polivalencia y la rotación de ocupaciones** se convierten en habituales, la “lógica de las competencias” ha pasado al centro de la escena en las empresas, alcanzando nuevas formas de reclutamiento, promoción, capacitación y remuneración. El foco de atención se ha desplazado de las calificaciones a las competencias, es decir, al **conjunto de saberes** puestos en juego por los trabajadores para resolver situaciones concretas del trabajo. Parece importante profundizar este concepto en relación a las nuevas demandas del trabajo, no ya pensado desde el ángulo de un determinado puesto, sino desde la perspectiva de **familias de ocupaciones que exigen competencias semejantes a los trabajadores que las desempeñan**, para después interrogarse sobre dónde deben aprenderlas y cuánto tiempo les lleva dominarlas.

La noción de competencia, tal como es usada en relación al mundo del trabajo, se sitúa a mitad de camino entre los saberes y las habilidades concretas; la competencia es inseparable de la acción, pero exige a la vez conocimiento. Una vieja definición del diccionario Larousse de 1930 decía: “en los asuntos comerciales e industriales, la competencia es el conjunto de los conocimientos, cualidades, capacidades, y aptitudes que permiten discutir, consultar y decidir sobre lo que concierne al trabajo. Supone conocimientos razonados, ya que se considera que no hay competencia completa si los conocimientos teóricos no son acompañados por las cualidades y la capacidad que permita ejecutar las decisiones que dicha competencia sugiere.” Son entonces un conjunto de propiedades en permanente modificación que deben ser sometidas a la prueba de la resolución de problemas concretos en situaciones de trabajo que entrañan ciertos márgenes de incertidumbre y complejidad técnica.

Lo anterior implica que la competencia no proviene ya de la aprobación de un currículum escolar formal, sino de un ejercicio de aplicación de conocimientos en circunstancias críticas. Este conocimiento es necesario para la resolución de problemas no es mecánicamente transmisible; algunos autores lo llaman “conocimiento indefinible” y es una mezcla de conocimientos tecnológicos previos y de experiencia concreta que proviene fundamentalmente del trabajo en el mundo real. De este modo, las competencias, como conjunto de propiedades inestables

que deben someterse a prueba, se oponen a las calificaciones, que eran medidas por el diploma y la antigüedad. La definición de las competencias, y obviamente su aprendizaje, exigen entonces acuerdo y colaboración entre el mundo de la educación y el mundo del trabajo, se adquieren en trayectorias que implican una combinación de educación formal, aprendizaje en el trabajo y, eventualmente, educación no formal.

Cuando se entra en este tema desde el mundo del trabajo, y particularmente desde el empleo, en mercados de trabajo difíciles con niveles altos de desempleo, se pueden distinguir dos niveles de competencias: a) **Las competencias de empleabilidad**, o sea aquellas competencias necesarias para obtener un trabajo de calidad y para poder reciclarse siguiendo los cambios. Estas pueden resumirse en habilidades básicas tales como la capacidad de expresión oral y escrita, matemática aplicada (como capacidad de resolución de problemas), capacidad de pensar (abstraer características cruciales de los problemas, decidir sobre ellos y aprender de la experiencia). Estas competencias requieren una enseñanza sistemática y gradual. b) Se agregan a las anteriores otras relacionadas al uso de recursos (tales como trabajo, dinero, tiempo, materiales y equipos) para lograr objetivos; **las competencias interpersonales** (trabajo en grupo, enseñar y aprender, liderar, negociar, atender clientes, manejar la diversidad cultural); competencias de comunicación (identificar, adquirir y evaluar información, comunicarla a otros). Finalmente se señalan **competencias sistémicas** (aproximarse a la realidad en su complejidad de relaciones y no con un conjunto de hechos aislados); competencias tecnológicas (conocimiento y uso de tecnologías usuales) (SCANS, 1992).

De lo anterior se desprende que las competencias así definidas son amplias y flexibles, y se incorporan a través de experiencias sociales distintas, familiares, escolares y laborales. Las competencias, por otro lado, no son patrimonio del puesto de trabajo, sino que son atributos de la persona del trabajador; incorporan entonces elementos individuales y sociales en una trayectoria que en cada caso es única. Esta individualización de las competencias ha llevado a la implementación de sistemas de evaluación acordes; un ejemplo de ello son los centros interinstitucionales que se ocupan de efectuar el llamado “balance de competencias” en Francia, cuya creación a mediados de los ochenta se orientó a responder tanto a una demanda social como a una demanda individual. La demanda social emanó fundamentalmente de parte de las empresas, donde el balance es considerado como un instrumento central de la gestión de competencias, especialmente en relación a la capacitación. Desde la perspectiva individual, el balance representa un aporte para el trabajador para evaluar las competencias adquiridas y pesar sus carencias frente a contextos laborales concretos. Este balance sirve pues de base para los reaprendizajes a lo largo de la formación continua de una vida laboral prolongada y cambiante como la que enfrentan aquellos que compiten hoy en día en el mercado de trabajo.

Algunos autores (Castro y Carvalho, 1988; Ropé y Tanguy, 1994) señalan que no basta con una formación profesional de algunos meses, ni una formación especializada de varios años pero focalizada en una sola ocupación o familia de ocupaciones, sino que el tipo de competencias requeridas exigen una formación prolongada en la educación formal, nueve o diez años de escolaridad que además de las habilidades básicas, den una capacidad de captar el mundo que los rodea, ordenar sus impresiones, comprender las relaciones entre los hechos que observan, y actuar en consecuencia. Para ello es necesario, no una memorización sin sentido de asignaturas paralelas, ni siquiera la adquisición de habilidades relativamente mecánicas, sino **saberes transversales capaces de ser actualizados en la vida cotidiana**, que se demuestran en la capacidad de resolución de problemas de índole diversa de aquellos aprendidos en la sala de clase. Un ejemplo de esto es la transformación del sistema educativo francés a fines de los años ochenta, **que se basó en el pasaje de una formación y evaluación basadas en disciplinas a otras basadas en competencias verificables a través de su utilización en una situación dada.**

Pero si bien lo anterior es suficiente para aquellas que llamábamos competencias generales básicas, cuando se habla de competencias más específicas, otro tipo de formación es necesario. En éstas aparece como valiosa la formación modular que permite acumular el aprendizaje de habilidades concretas en tareas específicas, adquiridas en distintos tiempos y a través de cursos de menor duración que los antiguos programas vocacionales. Es importante, en este sentido, la alternancia entre períodos de trabajo y períodos de aprendizaje escolar, sean sistemáticos como en el sistema dual, sean organizados por el propio protagonista a partir de su balance de competencias.

Además, hay una gama de competencias que tienen que ver fundamentalmente con la aprehensión de la realidad y la actuación sobre ella, que sólo se logran en el ejercicio de la vida laboral. La experiencia en el trabajo es el vehículo clave para estos aprendizajes. Las pasantías, cuando la experiencia laboral es variada y está acompañada por una reflexión educativa, es un excelente vehículo para la adquisición de estas competencias. Dos consecuencias importantes resultan de lo anterior. La primera es que la definición de las competencias, y más aún de los niveles de competencias para ocupaciones dadas, se construyen en la práctica social y son una tarea conjunta entre empresas, trabajadores y educadores. Las competencias demandadas no son abstractas sino que provienen de una reflexión sobre la realidad del mundo del trabajo. La segunda es que la formación para el trabajo en un "mix" original en cada trabajador entre educación formal general siempre y, en algunos casos específica (técnica) adquiridas en el sistema educativo, experiencia laboral, y formación específica, la mayoría de las veces no formal, adquiridas a lo largo de la vida. La adquisición de competencias es un largo proceso: no se evidencia en la acumulación de credenciales sino en la demostración de una capacidad de desempeño en situaciones problemáticas específicas. Más aún, algunos autores consideran que, más que como un producto, deben ser consideradas como un proceso de habilitación: devendrá

competente aquel que está habilitado a devenir hábil en un dominio del conocimiento (Stroobants, 1994).

Si una credencial educativa no asegura la competencia laboral, ¿cuáles son los mecanismos e instituciones que aseguran la certificación inicial y los futuros reaprendizajes? ¿Cuál es el rol del sistema educativo, de las empresas, de las asociaciones profesionales? ¿Cómo se articulan el Estado y el sector privado en estos temas?

Originalmente, los sistemas de calificaciones profesionales se basaban en disposiciones del gobierno central (como en Francia) o en autorregulación de los actores sociales (cámaras de comercio, sindicatos, asociaciones profesionales). La calificación profesional era definida como la capacidad de desempeñar un conjunto de tareas complejas e interdependientes relacionadas con un oficio o un campo ocupacional. A tal fin se estructuraban currícula vocacionales, con exámenes finales teórico-prácticos que acreditaban diplomas en una multiplicidad de especialidades. Hoy en día hay mayor énfasis en el conocimiento teórico y el razonamiento, y el cambio organizacional y tecnológico ha llevado a la experimentación con nuevas formas de enseñanza y a la revisión constante en los organismos educativos y en las empresas de las competencias demandadas, a fin de redefinir dichas calificaciones. Los objetivos centrales son hoy la flexibilización de los programas educativos y la mejora de las habilidades adquiridas haciéndolas relevantes al contexto laboral. La tendencia, entonces, es evitar la referencia a programas de estudio estáticos o clasificaciones de puestos de trabajo, y en cambio, a medir las competencias a través de organismos independientes de la institución de enseñanza, en instancias que tengan fuerte participación de los actores del mercado de trabajo. Se acreditan así no sólo los estudios realizados sino la experiencia laboral. Se definen claramente niveles de competencia de mayor o menor, y se focaliza en los resultados en contextos problemáticos.

La acreditación de competencias debe tener tres características necesarias para ser útil en el mercado de trabajo: a) visibilidad para los empleadores y las asociaciones profesionales, es decir que se sepa cuáles son las habilidades concretas que esa acreditación indica; b) transferibilidad de un sector educacional a otro, de manera que las competencias adquiridas en el aprendizaje en el trabajo sirvan para continuar estudios en la formación profesional, y que las habilidades adquiridas en la educación general, debidamente complementadas con conocimientos técnicos o práctica laboral, sirvan para la inserción en el mercado de trabajo; c) que puedan trasladarse de un tipo de puesto de trabajo a otros, de una empresa o sector a otro, o en otras palabras, que sean reconocidas transversalmente en el sistema ocupacional. El sistema de “National Vocational Qualifications” (NVQ) de los países anglosajones es un ejemplo de lo anterior (Colardyn y Durand-Drouhin, 1995). Acreditadas por un organismo que tiene como función aprobar y reconocer las calificaciones, junto con los otros organismos que las conceden, las NVQ definen lo que la persona debe ser capaz de realizar para desempeñar eficazmente un trabajo. Para obtener una NVQ no se precisa un

examen por escrito. La consecución del nivel se evalúa por observaciones en el lugar de trabajo, o por simulaciones prácticas, preguntas orales, proyectos, etc. Se definieron cinco niveles de NVQ basadas en las competencias profesionales, adquiridas a través de la educación o a partir de la experiencia laboral. Uno de los aspectos más interesantes del modelo es que las NVQ están articuladas con la educación académica y con la educación profesional general (que es equivalente a la educación técnica), constituyendo un sistema nacional de educación y formación continua, articulado e integrado.

Competencias necesarias en la simulación de sistemas de manufactura flexible.

Competencias genéricas:

Competencias instrumentales

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organizar y planificar.
- Conocimientos generales básicos.
- Conocimientos básicos de la carrera.
- Comunicación oral y escrita en su propia lengua.
- Conocimiento de una segunda lengua.
- Habilidades básicas de manejo de la computadora.
- Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar la información proveniente de fuentes diversas.
- Solución de problemas.
- Toma de decisiones.

Competencias interpersonales

- Capacidad crítica y autocrítica
- Trabajo en equipo
- Habilidades interpersonales: tolerancia, respeto
- Capacidad para trabajar en equipos interdisciplinarios
- Respeto a la diversidad y la multiculturalidad
- Flexibilidad para trabajar en diferentes ambientes de trabajo
- Tener compromiso con los valores y principios éticos.

Competencias sistémicas:

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Capacidad para diseñar y gestionar proyectos
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- Habilidad para trabajar en forma autónoma
- Poseer iniciativa al elaborar y resolver los problemas propios de los proyectos
- Dar enfoques de calidad al realizar el trabajo
- Búsqueda del logro

Competencias específicas de los sistemas de manufactura flexible:

Tomar decisiones, con base en los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en simulación de sistemas, que permitan elaborar propuestas de mejora en los sistemas de manufactura flexible, a fin de apoyar la toma de decisiones.

Evaluar y optimizar los sistemas de manufactura empleados en la generación de bienes y servicios, mediante el uso de técnicas y herramientas de vanguardia, como lo es la simulación, las filosofías y de punta como el concepto de sistemas de manufactura flexible.

Desarrollar y conservar sistemas automatizados y de control, utilizando tecnología adecuada, de acuerdo a normas, especificaciones técnicas y de seguridad, para mejorar y mantener los procesos productivos.

Desarrollar el proceso de manufactura utilizando técnicas y métodos automatizados para la fabricación de piezas y ensambles.

El alumno integrará sistemas de manufactura flexible bajo normas y estándares industriales aplicando los conceptos y tecnologías innovadoras para satisfacer las necesidades de los actuales procesos demandan.

Unidad temática 1: Conceptos básicos

En la tabla 1, se describen los distintos saberes de la unidad temática 1

Tabla 1. Saberes de la unidad temática 1

Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Conceptos de manufactura	Describir los conceptos de: - Sistemas - Manufactura - Industria - Procesos - Variables de Control - Materia Prima - Producto - Rechazo - Calidad - Automatización - Almacén - Estándares y Normas Industriales	Localizar los componentes básicos de un sistema de manufactura.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo
Conceptos de sistema y proceso	Definir los conceptos de: - Sistemas Discretos - Sistemas Continuos - Sistemas Robustos - Manufactura Esbelta - Manufactura Rígida - Manufactura Flexible - Procesos de manufactura - Control Automático - Sistemas FMM, FMC, FMG, FPS, FML, CIM	Localizar los componentes básicos del sistema y proceso.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo

Unidad temática 2. Sistemas tecnológicos que conforman un sistema de manufactura flexible.

En la tabla 2, se describen los distintos saberes de la unidad temática 2

Tabla 2. Saberes de la unidad temática 2

Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Sistemas de medición y Verificación	Identificar: Componentes, Secuencia de funcionamiento, características, procedimientos y normas de seguridad que intervienen en un sistema de medición y verificación.	Ensamblar, programar y operar sistemas de medición, sensores y verificación bajo procedimientos y normas de seguridad.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Limpieza Orden Administración del tiempo (actividades)
Sistemas de posicionamiento, ensamble y manipulación autónomos.	Identificar: Componentes, Secuencia de funcionamiento, características, procedimientos y normas de seguridad que intervienen en un sistema de posicionamiento, ensamble y manipulación autónomos.	Construir, programar y operar sistemas de posicionamiento, ensamble y manipulación autónomos, configuración y conexión bajo procedimientos y normas de seguridad.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Limpieza Orden Administración del tiempo (actividades)
Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Sistemas de distribución y transportación	Identificar componentes, secuencia de funcionamiento, características, procedimientos y normas de seguridad que intervienen en un sistema de distribución.	Ensamblar programar y operar sistemas de distribución bajo procedimientos y normas de seguridad.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Limpieza Orden Administración del tiempo (actividades)
Sistemas de maquinado CNC	Identificar: Componentes, Secuencia de funcionamiento, características, procedimientos y normas de seguridad que intervienen en un sistema de maquinado CNC.	Ensamblar programar y operar sistemas de maquinado CNC, carga de configuración y programación bajo procedimientos y normas de seguridad.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Limpieza Orden Administración del tiempo (actividades)
Sistemas de control, monitoreo y manipulación de las variables de proceso.	Identificar en un proceso de manufactura las variables de proceso. Explicar procedimiento para el control, monitoreo y los componentes que intervienen en un proceso de manufactura.	Controlar variables de proceso considerando la manipulación y el monitoreo de los elementos que conforman el sistema de manufactura.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Limpieza Orden Administración del tiempo (actividades)

Unidad temática 3. Programación, interfaces y protocolos de comunicación.

En la tabla 3, se describen los distintos saberes de la unidad temática 3

Tabla 3. Saberes de la unidad temática 3

Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Interfaces sensor-actuador.	Describir las características y especificaciones propias de las interfaces de comunicación sensor actuador discretas (punto a punto y por frecuencia), control de las interfaces de nivel sensor actuador discretas (punto a punto y por frecuencia).	Implementar interfaces de comunicación sensor actuador discretas (punto a punto y por frecuencia).	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden
Interfaces de comunicación de datos.	Describir las características y especificaciones propias de las interfaces de comunicación de datos.	Implementar interfaces de comunicación, para el control de datos.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden
Interfaces de monitoreo y administración del control de variables.	Describir las características y especificaciones propias de las interfaces de comunicación de control de variables y HMI-SCADA.	Implementar interfaces de control de variables y HMI-SCADA.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden

Unidad temática 4. Simulación de sistemas de manufactura flexible
 En la tabla 4, se describen los distintos saberes de la unidad temática 4

Tabla 4. Saberes de la unidad temática 4

Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Diseño CAD de los Sistemas.	Describir los elementos dimensionales que conforman el sistema de manufactura mediante el uso de software CAD: diagramas esquemáticos, ensamblajes y cinemática de los elementos.	Modelar un sistema de manufactura flexible con las dimensiones y propiedades de los elementos que conforman el sistema.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden
Creación de movimientos y cinemática de los sistemas activos del proceso.	Identificar las características de ensamblajes.	Realizar la cinemática en el diseño CAD.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden
Programación y simulación en ambiente virtual.	Identificar las características de programas en los diferentes lenguajes y plataformas.	Realizar la programación de los sistemas de manufactura flexible.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden
Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Modelado y representación de colisiones y limitaciones mecánicas de los sistemas activos.	Identificar las limitaciones mecánicas y los elementos que conforman un modelado dinámico de los sistemas que se integran.	Corregir las fallas que se puedan generar por falta de apreciación en el desarrollo de la simulación, de acuerdo al modelo del sistema de manufactura.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Proactivo Orden

Unidad temática 5. Integración de los sistemas de manufactura flexible.

En la tabla 5, se describen los distintos saberes de la unidad temática 5

Tabla 5. Saberes de la unidad temática 5

Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Integración de sistemas de manufactura flexible	Comprender la adaptación de los sistemas mecánicos y eléctricos en diferentes sistemas de control de un proceso de manufactura flexible, a través de la aplicación de Interfaces de comunicación industrial con diferentes sistemas de control, PLC, Robots, Sistemas de Visión y PC.	Implementar, controlar y operar los diferentes sistemas que conforman un proceso de manufactura flexible.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Limpieza Proactivo Orden Administración del tiempo
Programación de sistemas de fallo, alarmas y mantenimiento preventivo dentro de un sistema flexible.	Identificar fallas frecuentes entre los sistemas que integran un proceso de manufactura.	Implementar algoritmos de programación, circuitos de proyección y mecanismos en un sistema de manufactura flexible.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Limpieza Proactivo Orden Administración del tiempo
Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Instalación y puesta en marcha de un sistema de manufactura flexible.	Comprender la instalación mecánica, eléctrica y la configuración de programas y protocolos de comunicación que permitan el funcionamiento óptimo de un proceso productivo flexible.	Instalar equipo, programas y configuración que permitan la ejecución y operación de un sistema de manufactura flexible.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Limpieza Proactivo Orden Administración del tiempo
Monitoreo de sistemas de manufactura flexible en tiempo real.	Identificar las señales digitales, datos y variables de control a través de un protocolo de comunicación industrial, para el rastreo y monitoreo de las mismas.	Realizar la integración de una red industrial que permita rastrear, monitorear y configurar datos y variables de control para la administración del proceso productivo.	Disciplina Responsabilidad Trabajo en equipo Limpieza Proactivo Orden Administración del tiempo

Fundamento teórico.

Simule el funcionamiento de la celda para 75 piezas procesadas.

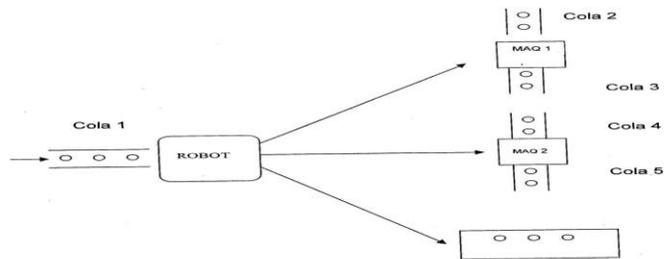
La celda tiene las características siguientes, *Schriber Thomas J*:

- 1.- Cada pieza requiere de dos operaciones: una en la maquina 1; otra en la maquina 2 en ese orden.
- 2.- Las piezas son del mismo tipo.
- 3.- El tiempo entre la llegada de dos piezas consecutivas tiene una distribución exponencial con un valor promedio de 150 segundos.
- 4.- Al llegar la pieza forma cola en la estación de carga-descarga (cola 1) y ahí espera. El robot la toma en un tiempo entre 7 y 9 segundos.
- 5.- El robot lleva la pieza a la estación de entrada (cola 2) de la maquina 1 en un tiempo de 6 segundos y la deja ahí en un tiempo entre 7 y 9 segundos.
- 6.- La pieza espera su turno para pasar a ser procesada en la maquina 1. el tiempo de proceso sigue una distribución normal con una media de 60 segundos y una desviación estándar de 10 segundos.
- 7.- Al terminar de ser procesada en la maquina 1. La pieza se coloca en la estación de salida (cola3) , y espera ahí. El robot la toma en una tiempo entre 7 y 9 segundos y la lleva a la estación de entrada (cola 4) de la maquina 2 en un tiempo de 7 segundos, colocándola en un tiempo entre 7 y 9 segundos.
- 8.- La pieza espera su turno para ser procesada en la maquina 2 en un tiempo promedio de 100 segundos de acuerdo a una distribución exponencial.
- 9.- Al terminar de ser procesada en la maquina 2. La pieza se coloca en la estación de salida (cola 5) y es para ahí. El robot la toma en un tiempo entre 7 y 9 segundos; y la lleva en un tiempo de 5 segundos, colocándola en un tiempo entre 7 y 9 segundos.
- 10.- El robot se libera, registrándose el tiempo de transito o de duración de todo el proceso.

Determine lo siguiente:

- 1.- Los contenidos promedio de cada una de las 5 líneas de espera.
- 2.- El tiempo promedio que una pieza permanece en cada una de las 5 colas.
- 3.- La eficiencia o utilización en cada una de las tres maquinas.
- 4.- El tiempo promedio que una pieza permanece en todo el sistema desde que llega hasta que sale.
- 5.- Tabular los tiempos de transito de las piezas en el sistema.

MODELO FMS 16 : Formado por 1 Robot , 2 Maquinas, 1 almacén.



Listing, Schriber Thomas J, General Purpose System Simulation, Minuteman Software

```
; GPSS World Sample File - ROBOTFMS.GPS, by Gerard F. Cummings,
*****
* Experimental Manufacturing Cell
* Two CNC machines and one Robot
* One arrival area and one finished parts area
*****
RMULT 78863
Transit TABLE M1,100,100,20 ;Record lead time
*****
GENERATE (Exponential(1,0,150)) ;A job arrives
QUEUE One ;Arrival queue
SEIZE Robot ;Get the robot
DEPART One ;Depart the queue
ADVANCE 8,1 ;Robot grips the job
ADVANCE 6 ;Robot moves to machine 1
ADVANCE 8,1 ;Robot place the job
RELEASE Robot ;Free the robot
QUEUE Two ;Wait in next queue
SEIZE Machine1 ;Get first machine
DEPART Two ;Depart the queue
ADVANCE (Normal(1,60,10)) ;Process time
RELEASE Machine1 ;Free machine 1
QUEUE Three ;Join queue for machine 2
SEIZE Robot ;Get the robot
DEPART Three ;Depart the queue
ADVANCE 8,1 ;Robot grips part
ADVANCE 7 ;Robot moves to machine 2
ADVANCE 8,1 ;Robot places the part
RELEASE Robot ;Free the robot
QUEUE Four ;Join queue machine 2
SEIZE Machine2 ;Get machine 2
DEPART Four ;Depart the queue
ADVANCE (Exponential(1,0,100)) ;Process 2
```

```

RELEASE  Machine2      ;Free machine 2
QUEUE    Five          ;Queue for exit station
SEIZE    Robot         ;Get the robot
DEPART   Five          ;Depart the queue
ADVANCE  8,1           ;Robot grips the part
ADVANCE  5              ;Robot moves to exit
ADVANCE  8,1           ;Robot places the part
RELEASE  Robot         ;Free the robot
TABULATE Transit      ;Transit time
TERMINATE 1            ;Job is completed

```

Transactions represent jobs, which pass serially through each step in the operation.

The Table Transit collects the distribution of job completion times.

Resultados y Discusión

GPSS World Simulation Report - Robotfms.1.1

Thursday, January 31, 2013 22:34:20

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	13710.806	34	3	0

NAME	VALUE
FIVE	10014.000
FOUR	10012.000
MACHINE1	10010.000
MACHINE2	10013.000
ONE	10007.000
ROBOT	10008.000
THREE	10011.000
TRANSIT	10006.000
TWO	10009.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	75		0	0
	2	QUEUE	75		0	0
	3	SEIZE	75		0	0
	4	DEPART	75		0	0
	5	ADVANCE	75		0	0
	6	ADVANCE	75		0	0
	7	ADVANCE	75		0	0
	8	RELEASE	75		0	0
	9	QUEUE	75		0	0
	10	SEIZE	75		0	0
	11	DEPART	75		0	0
	12	ADVANCE	75		0	0
	13	RELEASE	75		0	0
	14	QUEUE	75		0	0
	15	SEIZE	75		0	0
	16	DEPART	75		0	0
	17	ADVANCE	75		0	0

18	ADVANCE	75	0	0
19	ADVANCE	75	0	0
20	RELEASE	75	0	0
21	QUEUE	75	0	0
22	SEIZE	75	0	0
23	DEPART	75	0	0
24	ADVANCE	75	0	0
25	RELEASE	75	0	0
26	QUEUE	75	0	0
27	SEIZE	75	0	0
28	DEPART	75	0	0
29	ADVANCE	75	0	0
30	ADVANCE	75	0	0
31	ADVANCE	75	0	0
32	RELEASE	75	0	0
33	TABULATE	75	0	0
34	TERMINATE	75	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY
DELAY								
ROBOT	225	0.362	22.053	1	0	0	0	0
MACHINE1	75	0.331	60.531	1	0	0	0	0
MACHINE2	75	0.643	117.495	1	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)
RETRY							
ONE	2	0	75	54	0.022	3.978	14.206
TWO	3	0	75	47	0.077	14.070	37.687
THREE	1	0	75	55	0.021	3.905	14.645
FOUR	6	0	75	26	0.983	179.748	275.125
FIVE	1	0	75	42	0.033	5.973	13.576

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY	FRECUENCY	CUM%
TRANSIT	451.859	250.813		0		
			100.000 - 200.000		13	17.33
			200.000 - 300.000		12	33.33
			300.000 - 400.000		13	50.67
			400.000 - 500.000		12	66.67
			500.000 - 600.000		9	78.67
			600.000 - 700.000		3	82.67
			700.000 - 800.000		4	88.00
			800.000 - 900.000		3	92.00
			900.000 - 1000.000		3	96.00
			1000.000 - 1100.000		1	97.33
			1100.000 - 1200.000		2	100.00

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
	76	0	14176.684	76	0	1		

a) Los contenidos promedio de cada una de las 5 líneas de espera, son: 14.206, 37.687, 14.645, 275.125 y 13,576 respectivamente.

b) El tiempo promedio que una pieza permanece en cada una de las 5 colas, es : 3.978, 14.070, 3.905, 179.748 y 5.973 respectivamente.

c) La eficiencia o utilización en cada una de las dos maquinas, es de: 0.362 y 0.331.

d) De la tabulación de los tiempos se deduce que, el tiempo promedio que una pieza permanece en todo el sistema desde que llega hasta que sale es de 451,859 segundos con una desviación estándar de 250.813 segundos

Conclusiones

Los valores que se obtienen de la simulación anterior pueden ser utilizados para el óptimo diseño de las instalaciones para la celda de manufactura. Se recomienda realizar varias simulaciones de acuerdo al tamaño de corridas que son parte del diseño de la simulación.

Referencias.

1. Castro, C. de Moura y R. Quadros Carvalho (1988) La automatización en Brasil: Quién le teme a los circuitos digitales? En: Modernización: un desafío para la educación. Santiago de Chile: Unesco, pp. 375-393.
2. Colardyn, D y M. Durand-Drouhin (1995) "Recognising skills and qualifications", The OECD Observer N° 193, april/may.
3. Ropé, F. y L. Tanguy (con la dirección de) (1994) Introduction. En: Savoirs et competences. París: L'Harmattan, Logiques Sociales.
4. SCANS (1992) Lo que el trabajo requiere de las escuelas. Informe de la Comisión SCANS para América 2000. Washington: Departamento de Trabajo de los Estados Unidos.
5. Stroobants, M. (1994) La visibilité des competences. En: F. Ropé y L. Tanguy (con la dirección de) Savoirs et competences. París: L'Harmattan, Logiques Sociales.
6. Schriber Thomas J., (2005) Simulation Using GPSS, John Wiley
7. GPSS/PC, General Purpose System Simulation, Minuteman Software, IBM

DISEÑO, FABRICACION CON CNC Y EVALUACION DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM.

**B. A. Del Valle Soberanes¹, S. Gamboa Sánchez², M. Gutiérrez Macedo²,
P. R. Nájera Medina¹, G. Reyes Salgado¹, A. Montes Martínez¹**

¹Instituto Tecnológico de Cuautla, Metalmecánica, Sección Mecatronica, Libramiento Cuautla-Oaxaca, Cuautla Morelos. CP 62745, Tel: 01 (777) 35 32203 ext. 219, ²Centro de Investigación en Energía, CIE-UNAM.

Área de participación: Optimización de Sistemas de Manufactura y Mejoramiento de Procesos.

Resumen- El presente trabajo se encuentra principalmente enfocado a las Celdas de Combustibles del tipo Membranas Intercambiadoras de protones (PEM), las cuales tienen como características principales que operan relativamente a bajas temperaturas (80oC), tienen una alta densidad de potencia, pueden variar sus salidas rápidamente para satisfacer cambios bruscos en la demanda de potencia, tal como en el caso de los automóviles. La propuesta novedosa que se plantea en este trabajo, es la fabricación de platos bipolares, para ello, los materiales utilizados deben mantener buenas características de conducción eléctrica y térmica, ser estables en medio básico o ácido según sea el caso del funcionamiento de la celda de combustible. Es por ello que el estudio de materiales como el aluminio y acero inoxidable es utilizado para la fabricación de platos bipolares, en base a una simulación de maquinado manufactura asistida por computadora (CAM), para posteriormente utilizar una máquina de control numérico (CNC). El nuevo diseño asistido por computadora (CAD) del campo de flujos consiste en canales de serpentin lineales delgados en el cátodo y canales de serpentin en el ánodo. El diseño por sus características permite una autohumidificación del ionómero en el electrodo y un mejor contacto entre membrana electrodo-colector de corriente, generando un incremento en el desempeño de la celda.

Introducción

La energía constituye la columna vertebral del desarrollo social y económico de los países, sin embargo, muchas de las vías empleadas para su producción, no son lo suficientemente adecuadas para garantizar la creciente demanda de manera sustentable. La producción de energía eléctrica de manera convencional a través de combustibles fósiles es poco amigable con el ambiente. Por otro lado, la predicción al año 2050 de demanda energética se estima de 1.5 a 3.0 veces que el presente, por lo que es urgente encontrar la solución a la demanda de energía sin producción de contaminación ambiental. Las celdas de combustible podrían utilizarse potencialmente para generar electricidad y abastecer los hogares, negocios e industrias a través de plantas de energía estacionarias con capacidades desde 100 watts (suficiente para encender un foco) hasta varios megawatts (suficientes para alimentar aproximadamente 1000 viviendas). El hidrógeno esta destinado a jugar un papel importante en la economía energética mundial, debido a factores como su alto contenido energético ya que 1 kg de hidrógeno contiene la misma cantidad de energía que 2.1 kg de gas natural o 2.8 kg de gasolina, además su combustión u oxidación electroquímica genera únicamente calor y agua, y es uno de los elementos de mayor abundancia en el

universo. Uno de los sistemas más eficientes de generación eléctrica mediante hidrógeno que está alcanzando un gran desarrollo, son las celdas de combustible de intercambio protónico ó de electrolito polimérico (PEMFC por sus siglas en inglés), sobre todo en su aplicación para la industria automotriz, residencial y aplicaciones móviles como teléfonos celulares, computadoras portátiles, etc. La baja temperatura de operación de las PEMFC (cercana a 80°C), su tiempo rápido de arranque en combinación con una alta densidad de potencia y una alta eficiencia de conversión de energía son las características que hacen a la PEMFC una fuerte candidata para la generación de energía.

Fundamentos teóricos

La celda de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC) es una de las tecnologías relativamente más recientes y prometedoras. Las primeras aplicaciones estaban limitadas a sistemas militares y espaciales, además de otros usos como plantas de emergencia en hospitales, donde el costo no es un problema pero que se requiere de un funcionamiento excepcional. Éste tipo de celda de combustible ofrece densidades de corriente mucho mayores que las de cualquier otro tipo de celdas de combustible, con excepción a algunas celdas alcalinas desarrolladas especialmente para aplicaciones espaciales. Las celdas tipo PEM pueden ser alimentadas por hidrógeno puro o por combustibles reformados y con oxígeno el cual se obtiene directamente del aire. Su temperatura de funcionamiento es baja y no requiere aislamientos térmicos. Los últimos avances apuntan hacia la posibilidad de una gran reducción de costos de esta tecnología.

Los componentes básicos de una celda de combustible están representados en la figura 1, los cuales son: dos electrodos impregnados con catalizador, en una membrana conductora de protones, capas difusoras de gas y finalmente las placas colectoras de corriente con campos de flujo. Los cuales se describen cada uno a continuación, tanto en su función, materiales y evolución así como su ubicación dentro de la celda de combustible.

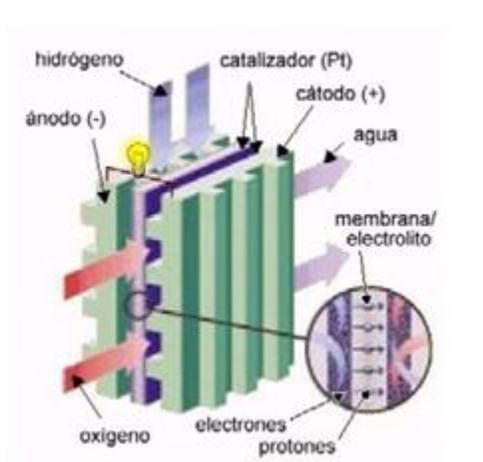


Figura 1. Componentes de la celda de combustible.

Otro punto clave en la construcción de PEMFC, son los platos colectores de corriente. Estos platos son la parte de mayor impacto económico en las celdas. Se han realizado muchos estudios económicos respecto al tema, inclusive se han desarrollado modelos matemáticos que ayudan en la decisión del uso de algún material en especial de acuerdo con diversas necesidades. Estos platos, deben poseer las siguientes características: Altamente conductores eléctricos y térmicos, muy estables en medios ácidos, no permeable a los gases, livianos, delgados, fuertes y de fácil manejo para el maquinado de campos de flujo. Nuevas formas en la síntesis de compuestos grafito-polímero son estudiados, donde se demuestra que es posible moldear el material con estampado o con inyección de polipropileno fenólico.

Las placas con campos de flujo, son maquinadas para contener canales, que proporcionan un paso para la distribución de los gases reactantes a los electrodos y el retiro del agua del producto, además reúnen la corriente generada a ambos lados de la membrana, la cual es transferida mediante los difusores de gas hacia las placas con campos de flujo que también sirven como colectoras de corriente. Por lo que este componente debe ser de un material con una alta conductividad eléctrica y térmica, también actúan como separadores de los reactivos de las celdas adyacentes, en cuyo caso tendrán que ser, impermeables a ambos gases, (hidrógeno y oxígeno), debe tener buenas propiedades mecánicas ya que es, en gran medida, la estructura de soporte de la celda de combustible; pues tanto las membranas como los difusores de gases, son materiales flexibles y no pueden soportar peso ni esfuerzos en un arreglo de varias monoceldas. Por lo que el MEA y las capas de la difusión del gas están situados entre las placas con campo del flujo, debe ser químicamente estable al estado de las condiciones de la celda de combustible, debe también ser barato y satisfacer los requerimientos para su fabricación en grandes cantidades, por lo que debe ser fácilmente maquinable para su manufactura y maquinado de los campos de flujo, o bien, tener propiedades adecuadas para su vaciado por moldeo. Los requisitos teóricos para un material de la placa bipolar, aparte de la conveniencia para la fabricación son satisfechos adecuadamente por el grafito, cuando su porosidad natural se bloquea con la impregnación de alguna resina u otro tratamiento conveniente. Las placas bipolares maquinadas de grafito sólido se han utilizado tradicionalmente en apilados prototipo. El grafito sólido, sin embargo, tiene un precio elevado en términos de la fabricación. Sin embargo, los materiales empleados para su manufactura no son costosos y su desarrollo puede ser realizado en México si se invierten esfuerzos en ello. Por lo que una gran parte de las investigaciones en las PEMFC, se direccionan a encontrar materiales y métodos de producción más baratos.

Otro aspecto importante que debemos tomar en cuenta es la geometría del canal del campo del flujo, los cuales afectan perceptiblemente la eficiencia de la celda. La geometría óptima del canal puede ser diferente en cada lado de la placa bipolar. La elección de la geometría es muy crítica en el lado del cátodo, por el

agua de la reacción que se produce y porque la difusividad del oxígeno es perceptiblemente más baja que la del hidrógeno, sin embargo, la geometría del flujo del lado del ánodo puede también tener implicaciones importantes en la distribución sobre el área activa de la celda.

Diseño de las celdas de combustible.

En el diseño de los platos bipolares fue utilizado el mismo diseño de los canales de flujo realizados por la compañía Electrochem. Inc. Para su celda de 5 cm² área activa. Sin embargo, para la disminución del espesor y el peso del colector se realizan cambios en el diseño original del mismo. De forma tal que nos permitiera realizar una evaluación comparativa del acero inoxidable como posible sustituto del grafito de alta pureza. En este diseño utilizamos parte de las dimensiones de la compañía anteriormente mencionada debido a que se pretende comparar los resultados de la celda de esta compañía contra la que estamos elaborando buscando con esto, la más mínima cantidad de variación posible esperando obtener resultados parecidos o mejores. Se muestran algunos diseños de los platos bipolares en la figura 2.

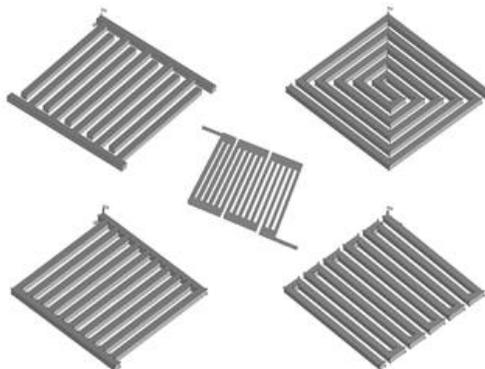


Figura 2. Diseño de canales para la fabricación de celdas de combustible.

Proceso de fabricación por control numérico.

Las máquinas de control numérico requieren datos numéricos para controlar el movimiento entre herramienta y pieza, los datos geométricos de la pieza se realizan directamente del dibujo realizado en SolidWorks. Posteriormente se definen los datos técnicos como: números de herramientas, velocidad, avance, profundidad de corte, cambios de herramientas y funciones. La combinación de esta información numérica atendida por el controlador de la máquina se llama programa de la pieza. Al proceso de la creación y estructuración de dichos datos se le llama programación. Se utilizó una máquina fresadora C.N.C. Denford Machine Tools- FANUC Milling CNC con un lenguaje de programación llamado V 1.81., como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Máquina de Control Numérico.

El proceso de fresado por medio de CNC es realmente sencillo ya que todo el proceso es realizado automáticamente por la máquina, realmente se requieren muy pocos parámetros; sin embargo uno de los principales es la programación de la máquina como se muestra en la figura 4.

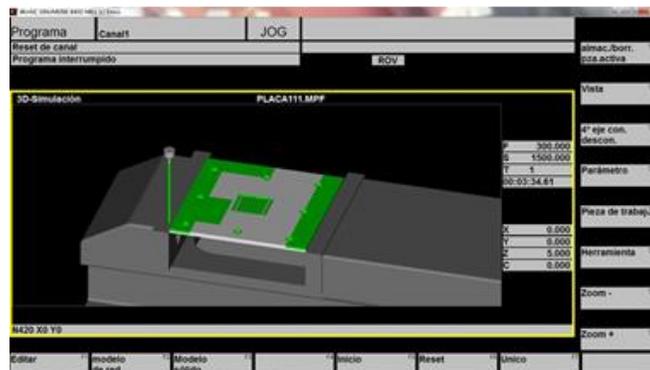


Figura 4. Programación de Control Numérico.

La máquina de CNC tiene un carrusel donde se pueden montar distintas herramientas y hacer uso de estas en el momento indicado, simplemente indicándolo desde la unidad de control, los cortadores montados en este carrusel son cortadores End-Mill, como se muestra en la figura 5. Ya teniendo todos estos parámetros se procede a correr el programa previamente hecho y simulado en la unidad de control, automáticamente la máquina comenzará a ejecutar las funciones indicadas.



Figura 5. Maquinado de los canales en CNC.

Evaluación de la celda

Los ensambles fueron colocados en una celda de combustible de 5 cm² y evaluados en una estación de prueba de celdas de combustible figura 6. (FCT2000 Electrochem. Inc) ubicada en el Laboratorio de Hidrogeno del Centro de Investigación en Energía de la UNAM. La evaluación de los ensambles se llevó a cabo a temperatura ambiente ($\square 25^{\circ}\text{C}$) y el flujo de los gases fue 100 cc/min para el cátodo y 80cc/min para el ánodo.

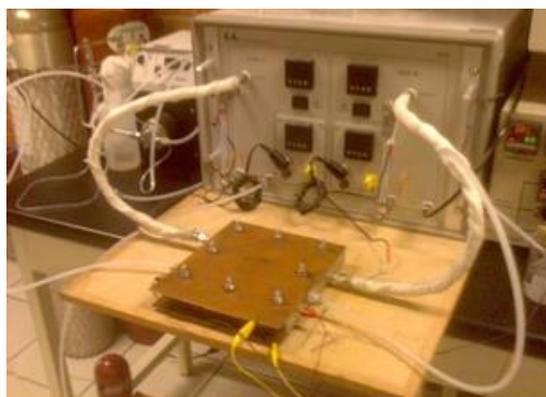


Figura 6. Evaluación de los ensambles.

En la Estación de prueba FCT200 se hicieron evaluaciones las cuales se indican a continuación:

1. El sistema de suministro, regulación y adecuación de los gases, figura 7, es el encargado para almacenar y proveer e forma segura, según los parámetros de operación, los gases reactantes que usara el sistema de generación de electricidad. Para ello consta con tanques de almacenamiento de hidrogeno y oxigeno que cumplen con todas las medida de seguridad establecidas. Conductos

especiales transportan los gases hacia los reguladores de flujo que de forma automática permiten el paso de la cantidad adecuada a los humidificadores, los cuales se encargan de darle humedad y temperatura adecuadas para ser usados de forma eficiente por el sistema de generación.



Figura 7. Estación de prueba FCT200

2. El sistema de generación de electricidad: es la parte más importante del sistema, consta de una monocelda de combustible el tipo PEM, la cual tiene acoplado dos calentadores y sensores para incrementar y regular la temperatura. Esta diseñada de forma tal que cualquiera de sus partes puede ser fácilmente sustituida, permitiendo realizar investigaciones dirigidas al mejoramiento del desempeño y reducción de costos.

3. El sistema de regulación y control: esta compuesto por una computadora, software, interface (IEEE-488.2, National Instrument PC-2.2 GPIB Board) y una carga electrónica serie 890 diseñadas para la investigación y desarrollo de la celda de combustible por Scribner Associates, Inc. Debido al bajo estado de resistencia permite operaciones de una celda para corrientes tan grandes de 250 Amp y voltajes tan bajos como 0.2 V o menos. La carga esta diseñada con un sistema de protección para prevenir daños que pudieran ocurrir si los parámetros de operación en la celda exceden los límites establecidos. Los requerimientos eléctricos para un buen funcionamiento de la misma son: 120 V AC 50-60Hz, 5A, 600 Watts. Este conjunto permite controlar o monitorear todos los parámetros de una celda.

Resultados

Los resultados obtenidos de la evaluación de los platos bipolares en la celda de combustible experimental se pueden considerar en dos partes, uno se considera desde el potencial de activación de 0.7V hasta 0.5V que es el voltaje promedio de caracterización para este tipo de celdas de combustible. En ese rango de operación los platos bipolares metálicos muestran un comportamiento similar al de grafito, sin embargo, para potenciales menores al potencial promedio de

caracterización, los platos bipolares metálicos presentan un pobre desempeño, haciendo que la densidad de corriente producida por la celda, alcance un valor máximo de 0.8A/cm², mientras que la corriente que se alcanza para los platos bipolares de grafito es de 1.28 A/cm². En este último caso el proceso que domina es el de caída óhmica, mientras que para el caso de los platos bipolares metálicos el proceso de transporte de masa controla el funcionamiento. Esto se explica si se toma en cuenta la diferencia que existe en los canales de acceso del combustible y oxidante en ambos casos, para los platos bipolares metálicos y los de grafito.

Como se observa en la Figura 8, es sustancial la diferencia en volumen que se alcanza con los platos bipolares metálicos, sin embargo el diámetro de los canales de acceso de los gases de reacción no tienen comparación, en el caso de los platos bipolares de grafito, el diámetro de los orificios de acceso de los gases permite un flujo laminar para 100 cc/min del flujo de los gases; mientras que para el caso de los platos bipolares metálicos (sean de acero o aluminio), los orificios de acceso de los gases, pueden considerarse como no apropiados para mantener un flujo laminar, limitando la cantidad de gases que se difunden hacia la zona de reacción (MEA), proporcionando la respuesta observada.

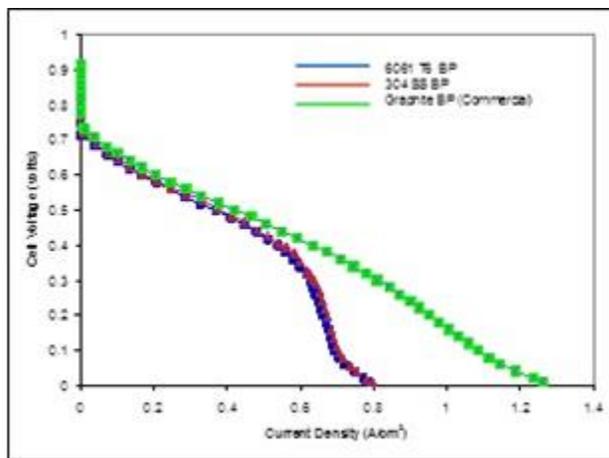


Figura 8. Evaluación de los platos bipolares metálicos en una celda de combustible tipo PEM.

Se han obtenido buenos resultados de los platos bipolares metálicos, figura 9, obtenidos por maquinado, sin embargo se requiere una mayor investigación para mejorar el funcionamiento de ellos, con características similares o mejores a los platos bipolares comerciales basados en compuestos de carbón.



Figura 9. Celda de Combustible tipo PEM.

Referencias

1. Haris Doukas, Konstantinos D. Patlitzianas, Argyris G. Kagiannas, John Psarras, *Renewable Energy*, 31, 755 (2006).
2. Kirk-Othmer. "Hydrogen", *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ta edition, Vol. 13, John Wiley & Sons, New York. (1991).
3. Gregoire C.E. "The Hydrogen Program of the United States", U.S. Department of Energy, Washington, USA. (1996).
4. Corbett, Michael. *Opportunities in Advanced Fuel Cell Technologies - Volume One Stationary Power Generation 1998-2008*, Kline & Company, Inc., Fairfield, NJ. (1998).
5. Alan C. Lloyd, *Journal of Power Sources*, 86, 57 (2000).
6. Boletín, *Fuel Cell Catalyst*, vol 4, numero 2. (2004).
7. EG&G Service, Persons, Inc., "Fuel Cell Handbook", Fifth Edition, USA, Department of Energy, Office of Fossil Energy, October 2000.
8. Kamaruzzaman Sopian, Wan Ramli Wan Daud, *Renewable Energy* 719–727, (2006).
9. Prater K.B. *Journal Power Source*, 51, 129 (1994).
10. Prate K J *Power Source*, 29, 239 (1990)
11. Kordesch K. G. *Fuel Cells and their applications USA.*: VCT Publishers Inc., New York, Chapter 4, (1996).
12. Pov Ric, Reindl M, Tillmetz W. *Fuel Cell Seminar*, 335 (1996).
13. Bloomfield David P *Fuel Cell Seminar* 335 (1996).
14. Barbir F, Marken F., Bahar B., Kolde JA. *Fuel Cell Seminal*, 505 (1996).
15. Department of Energy, "DOE hydrogen Program Reviw". <http://www.energy.gov/> (2007).
16. International Energy Agency, "Energy Technology Essentials–Fuel cells". OECD/IEA (2007).
17. Ballard power systems. "Making fuel cells a commercial reality".
18. Boletín, *Fuel Cell Catalyst*, vol 4, numero 2. (2004).
19. Kreuer KD., *Journal of Membranes Science*, 185, 29 (2001).
20. X. Glipa, M. Hogarth, Department of Trade and Industry (UK). Available from World Wide. Resumen

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA ETAPA DE SECADO DE UNA GRANOLA UTILIZANDO CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO.

E. Arriaga Ambriz, H. Alonso Jiménez, C. Barreto Cabrera, O. Román Rosales, J.L. Coronel Trujillo.

*Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico n°27, Zacatepec, Mor. México
canek38@hotmail.com.mx; halonso24@yahoo.mx, industrial.barreto@gmail.com,
roscarcordina@yahoo.com.mx; zacatepeccoronel@hotmail.com*

Área de participación: Optimización de Sistemas de Manufactura y Mejoramiento de Procesos.

Resumen- Este trabajo tiene como objetivo analizar la variabilidad en la etapa de secado de la granola en una agroindustria de la región sur del estado de Morelos, donde se procesan diversos productos comestibles como son cereales, cacahuates y sus derivados en varias presentaciones. En esta empresa se han detectado nuevas necesidades por parte de los clientes, dentro de estas necesidades, la planta decide como prioridad estudiar las causas de variabilidad de sus procesos de producción, mejorando así el enfoque al cliente y el enfoque al proceso por parte de la compañía. Esta problemática se abordó mediante un estricto análisis del proceso con ayuda de una metodología nueva, la cual incluye la realización de diversos estudios y trabajos de campo, usando los indicadores de proceso Cp y Cpk además de otras herramientas de control de calidad, como son los histogramas, diagramas de Pareto, y diagramas de Ishikawa, para obtener el diagnóstico de la situación actual. Conforme se avanzó en la investigación se detectaron y analizaron las variables que más afectan a la etapa de secado, dichos parámetros son los causantes de que no se considere como resultado conforme al producto final, el cual debe tener una humedad porcentual entre 6.8% y 8.5%. Con este trabajo se busca eficientar la producción en el producto granola, descendiendo la variabilidad actual que genera un 7% de producto no conforme al mes, lo que corresponde a producir 3,546.84 kilogramos fuera de especificación.

Introducción

Actualmente, en una plataforma de globalización, las empresas que buscan diferenciarse de sus competidores comprenden que el mercado demanda entre otras cosas, un mejor control de sus procesos, reflejado esto en una producción más uniforme que se encuentre dentro los límites de especificación otorgados por cada cliente. Para las empresas encargadas de generar productos alimenticios, la variación constituye un factor prioritario para todas sus metas de calidad, ya que para los clientes de este sector basta una insatisfacción en el sabor, en la textura, u otra característica ya sea extrínseca ó intrínseca, para decidir en definitiva cambiar de proveedor, situación que pocas veces tiene marcha atrás.

La granola que se estudió se entrega en presentaciones de 10 kilogramos y es solicitada por el cliente con producción constante de 50 toneladas al mes. Siendo consciente que la demanda de este producto genera las ganancias más significativas para la planta, se analizó la producción de la granola concretamente inspeccionando la etapa de secado, logrando mediante herramientas de calidad

como lo son el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, entre otros, realizar un estudio completo de la variabilidad y así, ofrecer un panorama real del sistema productivo, para que éste sea capaz más adelante de garantizar en mayor medida la satisfacción del cliente, además de tener inherente como segunda mejora, el aumento de la rentabilidad de este producto.

Fundamento Teórico

Según el autor C.J. Geankoplis¹ en su libro “Procesos de transporte y operaciones unitarias”, el secado es la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de cierto material. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso, con esto se logra preservar en los granos su sabor y su valor nutritivo. Estudios previos mencionan que los granos de una cosecha contienen aproximadamente de 30% a 35% de humedad, y para poder almacenarlos sin problemas de proliferación microbiana durante un año, deben secarse hasta un 13% de humedad en peso.

C. Pérez López² en su libro “Control estadístico de la calidad”, al diagrama de Ishikawa lo define como la herramienta básica para el estudio de las causas de los problemas. Parte de que los problemas no tienen causas únicas, sino que suelen ser un cúmulo de causas. Sólo hay que buscar esta multiplicidad de causas y colocarlas en el diagrama formando familias de causas a las que se puedan aplicar medidas preventivas selectivas. Generalmente el analista se apoya de 5 elementos causantes de la variabilidad en los procesos (5M’S): Máquina-Mano de obra – Método - Medio ambiente - Materiales.

En el libro “Administración y control de la calidad”, de la autoría de J. R. Evans y William M. Lindsay³, describen al diagrama de Pareto como la herramienta de calidad que se utiliza para priorizar los problemas ó las causas que los genera.

E.L. Grant⁴ en su libro “Control Estadístico de la Calidad”, señala que los gráficos de control son una herramienta útil para establecer fronteras de variación (Límite superior/Límite inferior) dentro de un proceso. Muestra cuándo éstas fronteras se sobrepasan, y es entonces cuando se deben buscar las claves que lleven a las causas para resolverlas. En estos gráficos se van anotando los valores sucesivos de la característica de calidad que se está controlando. Los datos se registran durante el funcionamiento del proceso de fabricación y a medida que se obtienen.

En su libro “Productivity & Quality Improvement”, J. Hradesky⁵ menciona que el tamaño de un subgrupo (muestra) es usualmente menor a 10 piezas, pero con 4 ó 5 es más que suficiente, también señala que éste valor debería ser siempre constante, y que el número de subgrupos (muestras) correcto, es de 20 a 25.

Según el autor Gregory Hutchins⁶, en su libro “Introduction to Quality, Management, Assurance, and Control” se considera al 5, un buen tamaño de muestra para generar estudios de estadística que permitan la descripción del proceso. En su libro “Control Total de la Calidad”, Armand Feingenbaum, sugiere que cuando el costo de las mediciones individuales sea muy bajo, debemos tomar aproximadamente 100 lecturas para obtener estadísticos con mayor certidumbre. Si el tamaño de los subgrupos conformados es menor ó igual a 6 se recomienda una gráfica de medias y rangos.

Con su libro “Control Estadístico de la Calidad”, Montgomery⁷, nos describe al Control Estadístico de Procesos (CEP), como la técnica estadística que se usa para asegurar que los procesos cumplen con los estándares. Nos narra que todos los problemas están sujetos a ciertos grados de variabilidad: Causas naturales (variaciones aleatorias) y Causas imputables (problemas corregibles). El objetivo del CEP es detectar las causas imputables. El control estadístico de procesos es un medio por el cual un operario ó directivo puede determinar si un proceso genera *outputs* que se ajustan a las especificaciones y si es probable que los siga generando. Consigue esto midiendo parámetros clave de una pequeña muestra de *outputs* generadas a intervalos, mientras está en marcha el proceso. Los beneficios económicos a los que conlleva el uso del CEP incluyen una mayor homogeneidad en los productos, menos retrabajos y desperdicio de recursos, incremento de la producción y eficiencia de la planta, mayor satisfacción del cliente, menor inversión en inspección de producto terminado y menores reclamaciones de producto. Montgomery explica además al Índice Cp como la relación entre la tolerancia especificada y la tolerancia natural del proceso ó capacidad de proceso. Este índice relaciona la variabilidad propia del proceso con los límites de especificación establecidos para el producto ó servicio resultado del mismo. Para considerar un Proceso Capaz es necesario que: $CP \geq 1$.

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Donde:

LSE: LÍMITE SUPERIOR DE PROCESO (También conocido como Ts)

LIE: LÍMITE INFERIOR DEL PROCESO (También conocido como Ti)

Montgomery asevera que el Índice Cpk se entiende como el valor que caracteriza la relación existente entre la media del proceso y su distancia al límite de especificación, por el cual el proceso dará un resultado menos correcto. Es el índice utilizado para saber si el proceso se ajusta a las tolerancias, es decir, si la media natural del proceso se encuentra centrada ó no con relación al valor nominal del mismo (habilidad del proceso para satisfacer especificaciones).

$$Cp_k = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}$$

- Valores mayores a 1 de Cpk indican que el proceso está fabricando artículos que cumplen con las especificaciones.
- Valores menores a 1 de Cpk indican que el proceso está produciendo artículos fuera de las especificaciones.
- Valores de 0 ó negativos de Cpk indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

La metodología del CEP se cita a continuación:

- Seleccionar la variable ó el atributo a medir, además de determinar el tamaño y la frecuencia de la muestra a analizar.
- Recolectar y registrar los datos a analizar para calcular las estadísticas relevantes: promedios, rangos, proporciones, etc.; además de trazar los datos estadísticos en sus gráficas correspondientes.
- Determinar límites de control para conocer los promedios del proceso, así como sus límites superiores e inferiores.
- Analizar e interpretar las gráficas de control para eliminar puntos fuera de control en el proceso.
- Aplicar herramientas estadísticas de calidad.
- Interpretar resultados.
- Emitir recomendaciones y concluir.

Resultados y Discusión

Al estudiar la situación en el proceso de secado se ubicó a nuestro problema con el nombre de “Variabilidad atribuible en el % de humedad de la granola”, este conflicto se decidió analizar con el diagrama Causa-Efecto (Ver figura 1), el cual se generó partiendo de una lluvia de ideas para reconocer los factores de cada una de las 5M’S que se muestran enseguida.

Una vez presentadas las posibles causas, el siguiente paso fue generar un Diagrama de Pareto utilizando la frecuencia recolectada para poder jerarquizarlos (Ver Tabla 1 y Figura 2).

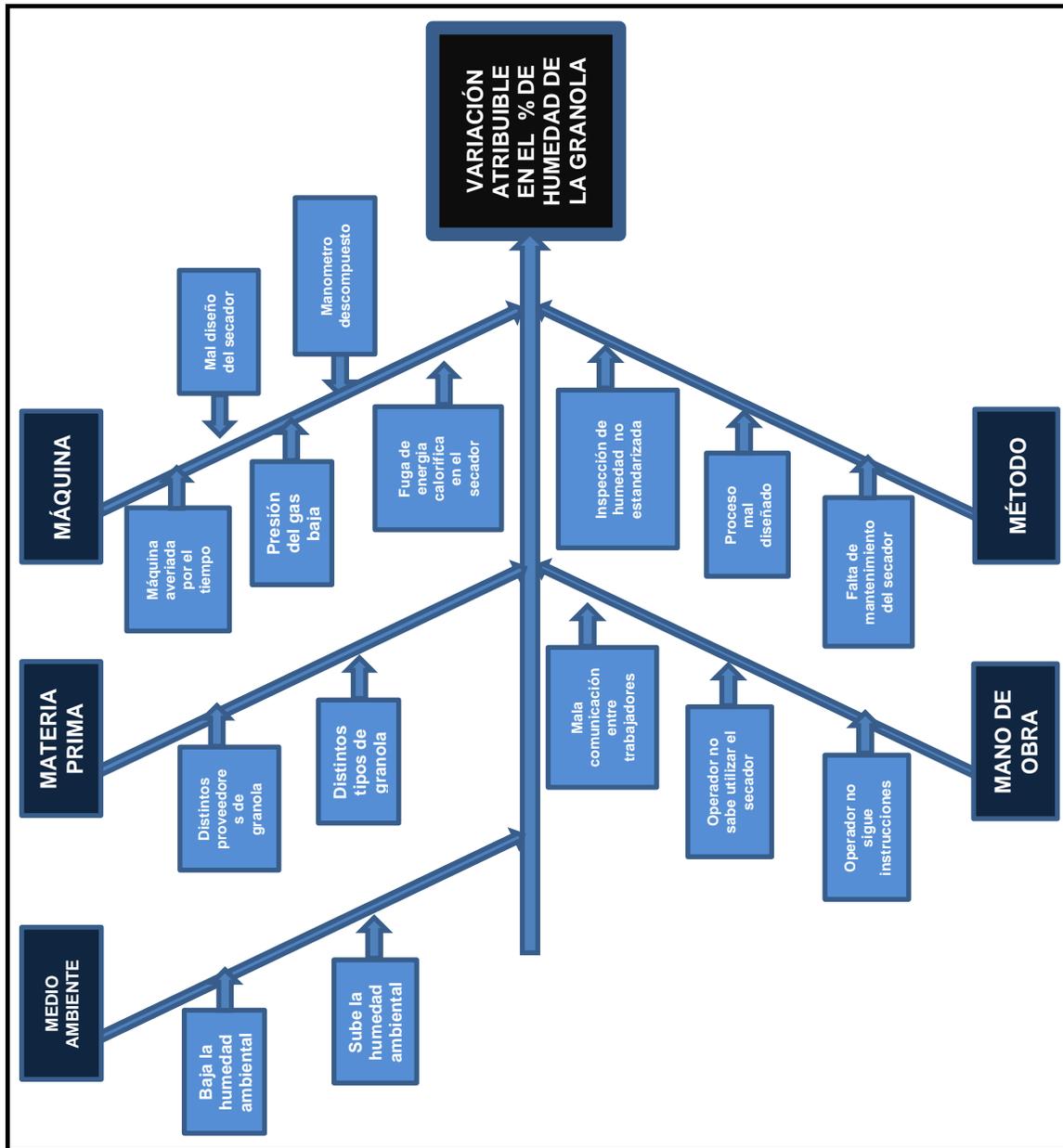


Figura 1. Diagrama Causa-efecto para el problema: Variabilidad atribuible en el % de humedad de la granola.

Tabla 1. Frecuencias de las causas encontradas.

CAUSA	FRECUENCIA
a) SUBE LA HUMEDAD AMBIENTAL	35
b) BAJA LA HUMEDAD AMBIENTAL	18
c) DISTINTOS PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA	3
d) DISTINTOS TIPOS DE MATERIA PRIMA	1
e) MÁQUINA AVERIADA POR EL TIEMPO	1
f) PRESIÓN DEL GAS BAJA	20
g) FUGA DE ENERGÍA CALORÍFICA EN HORNO	1
h) MAL DISEÑO DEL HORNO	1
i) MANÓMETRO DESCOMPUESTO	8
j) MALA COMUNICACIÓN ENTRE TRABAJADORES	35
k) OPERADOR NO SABE UTILIZAR EL HORNO	2
l) OPERADOR NO SIGUE INSTRUCCIONES	4
m) INSPECCIÓN DE HUMEDAD NO ESTANDARIZADA	30
n) PROCESO MAL DISEÑADO	1
o) FALTA DE MANTENIMIENTO EN EL HORNO	1
TOTALES:	161

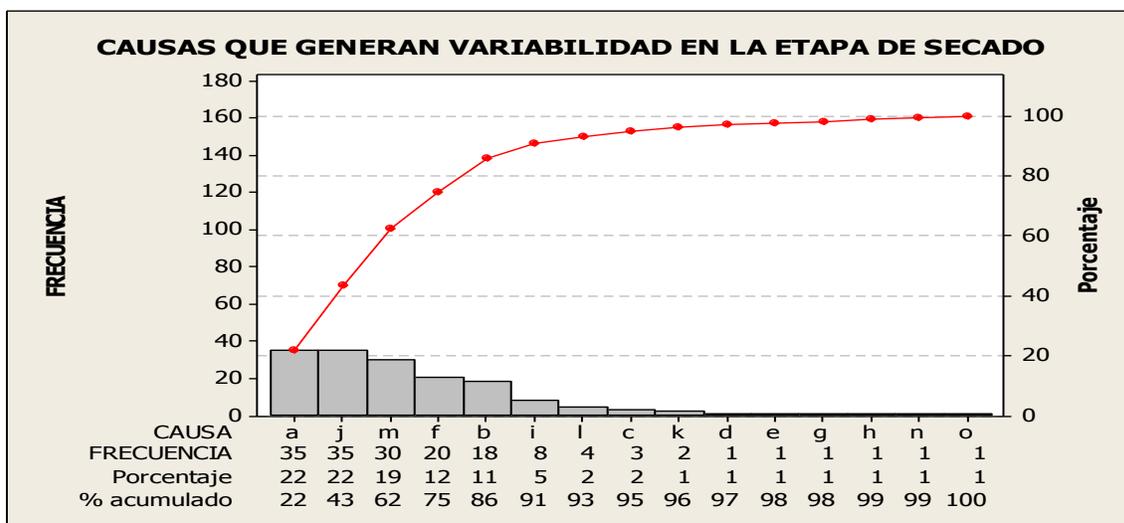


Figura 2. Causas que generan variabilidad en la etapa de secado.

Mediante el uso del diagrama anterior, se observó que el 86% de las causas que originan la variabilidad, es decir las causas vitales, corresponden a que: 1) Sube la humedad ambiental (*Medio ambiente*), 2) Existe mala comunicación entre los trabajadores (*Mano de obra*), 3) La inspección de humedad no está estandarizada (*Método*), 4) La presión del gas es baja (*Maquina*), y 5) Baja la humedad ambiental (*Medio ambiente*). Basados en esta información se decidió que la variable crítica es la humedad, siendo este parámetro el único considerado para el cliente hasta el momento como insatisfacción.

El muestreo se efectuó del 27 de agosto del 2012 hasta el 16 de noviembre del mismo año (Ver Tabla 2), teniendo la oportunidad de recolectar información con

distintos climas y condiciones ambientales. El gramaje de necesario para hacer una lectura es de 250 gramos, los cuales se toman de la tina encontrada bajo el mezclador de cintas en 5 ocasiones.

Tabla 2. Registro del muestreo; 27 Agosto 2012 - 16 Noviembre 2012.

100 datos	% Humedad						
FECHA	X1	X2	X3	X4	X5	\bar{x}	R
27-ago-12	7.20	7.20	7.20	7.30	7.30	7.24	0.10
28-ago-12	7.20	7.20	7.50	9.00	8.00	7.28	1.80
17-sep-12	7.10	7.00	7.30	7.40	8.60	7.48	1.60
18-sep-12	7.10	7.20	7.30	7.20	7.30	7.22	0.20
20-sep-12	7.30	7.20	7.30	7.30	7.30	7.28	0.10
21-sep-12	7.00	7.00	7.30	8.60	7.30	7.44	1.60
24-sep-12	7.10	7.10	7.30	7.30	7.20	7.20	0.20
27-sep-12	7.20	7.00	7.20	7.30	7.30	7.20	0.30
28-sep-12	7.00	7.00	7.30	7.30	7.10	7.14	0.30
01-oct-12	7.10	7.00	7.30	7.30	7.30	7.20	0.30
16-oct-12	7.50	7.20	8.60	7.40	7.30	7.60	1.40
18-oct-12	7.70	7.70	7.50	8.60	8.60	8.02	1.10
24-oct-12	7.20	7.00	7.30	7.10	7.30	7.18	0.30
05-nov-12	7.00	7.00	7.20	7.30	7.30	7.16	0.30
06-nov-12	7.20	7.00	7.30	7.10	7.30	7.18	0.30
07-nov-12	7.00	7.20	7.20	7.20	7.30	7.18	0.30
08-nov-12	6.80	7.40	7.20	8.70	7.30	7.48	1.90
13-nov-12	7.00	7.20	7.10	7.20	7.30	7.16	0.30
15-nov-12	7.00	7.20	7.00	7.00	7.20	7.08	0.20
16-nov-12	7.20	7.20	7.30	7.00	7.00	7.14	0.30

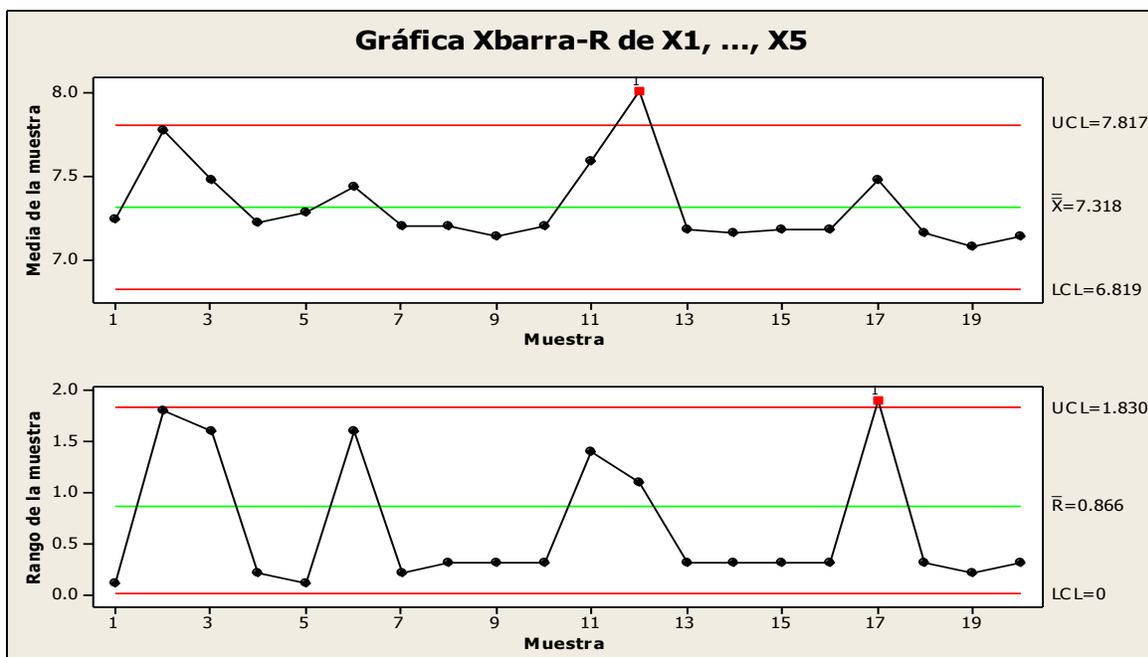


Figura 4. Gráfico \bar{x} -R de la variable crítica “humedad”, en el proceso de secado de la granola. Lo que el gráfico de medias nos indica (Ver Figura 4) es que el subgrupo 12 no cumple con las especificaciones que el cliente solicita ya que sale de las tolerancias de aceptación. Por otra parte, en el gráfico de rangos se nos permite

observar que el subgrupo 17 ofrece mayor dispersión de la debida, es decir, la diferencia entre una muestra y otra de este subgrupo es notable. Las causas que dan origen a esta variabilidad, se reconocen como causas asignables.

Para finalizar el diagnóstico actual, se procedió a calcular los índices Cp y Cpk (Ver Figura 5) de la etapa de secado de la granola, los cuales al arrojar valores menores a 1, demuestran que el proceso es incapaz, es decir, que genera mucho producto fuera de especificación.

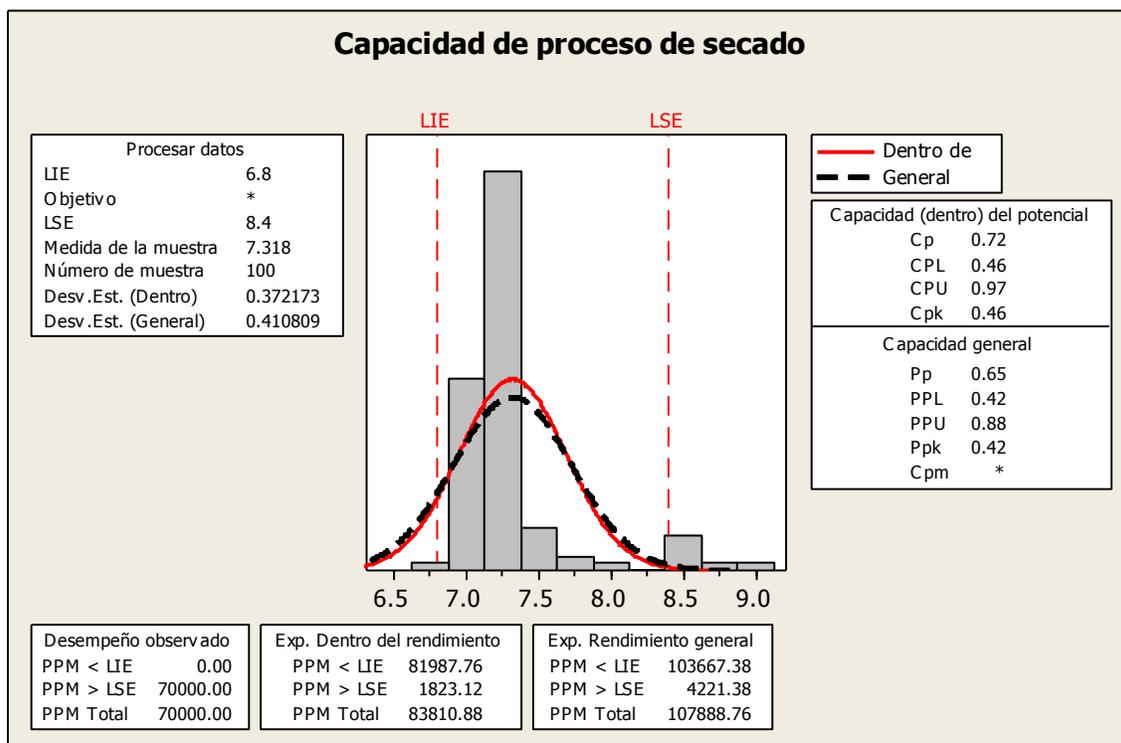


Figura 5. Capacidad del proceso de secado respecto a la variable crítica “humedad” en la granola

Conclusiones

En esta investigación se permitió observar la utilidad del Control Estadístico del Proceso, para lograr detectar y cuantificar la variabilidad de los procesos, razones vitales que impiden cumplir con las especificaciones que el cliente demanda. Al interior de este trabajo se demostró que el proceso de secado para la granola no opera bajo Control Estadístico de Proceso, siendo éste mismo proceso incapaz según las evidencias, de ofrecer salidas que cumplan con los requerimientos del cliente, ya que se le diagnostica con un valor de Cp de 0.72 y un valor de Cpk de 0.46, como es notorio, ambos valores menores a 1. Además, se determinó mediante análisis en las evidencias que la variable crítica en este producto es la humedad, así como también se han identificado aquellas causas principales las cuales dan pie al descontrol de este proceso.

Recomendaciones Parciales:

Una vez clara la situación actual y detectada la variable critica “humedad”, las sugerencias al respecto son las siguientes:

- Generar ayudas visuales para que los operadores mediante fotos (*paleta de decisiones*) puedan saber si la granola tiene al fin la humedad necesaria, ó si le hace falta más tiempo en el secador, ó si ya se considera el producto como scrap por que la granola esta quemada.
- Adquirir termómetros ambientales e higrómetros, los cuales puedan ofrecer información al operador para que este los utilice de referencia para controlar su proceso.
- Estandarizar una frecuencia de inspección en el producto final.

Agradecimientos

Se agradece a los dueños y trabajadores de la empresa Xomor S.A. de C.V. todo el apoyo otorgado para culminar esta investigación.

Se agradece el apoyo económico otorgado por la DGEST a través del ProFOPEP-2012, para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

1. Geankoplis C.J. 1998. "Procesos de transporte y operaciones unitarias", 3ra Edición México, Editorial Continental
2. Pérez C. 1999. "Control Estadístico de la Calidad", 1ra Edición México, Editorial Alfaomega
3. Evans J.R. & Lindsay W. M. 2005 "Administración y Control de la Calidad", 6ta Edición, Editorial Thomson
4. Grant E.L. 1996. "Control Estadístico de la Calidad", 2da Edición, Editorial Continental
5. Hradesky J. 1988 "Productivity & Quality Improvement", 1ra Edición, Editorial Mc Grawhill
6. Hutchins G. 1991 "Introduction to Quality, Management, Assurance, and Control", Editorial Pearson
7. Montgomery D.1991 "Control estadístico de la calidad", Grupo Editorial Iberoamérica

MANUFACTURA DE UN EQUIPO PARA MEDIR LA ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS SUPERFICIES

**E. Estrada Gonzaga, J. Tapia Toral, O. Román Rosales, V. Y. Atala Campos,
L. A. Medina Juárez, G. Gómez Ortiz**

Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, C.P. 62780, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México- eg.elias@gmail.com, josttoral@hotmail.com, roscarcoordina@yahoo.com.mx, yaz_atala@hotmail.com, luis_medinaj@yahoo.com.mx, gugomez19@yahoo.com.mx

Área de participación: Optimización de sistemas de manufactura y mejoramiento de procesos

Resumen- En este trabajo se da a conocer la información sobre el diseño y manufactura del prototipo denominado goniómetro, la justificación es porque éste equipo es requerido para desarrollar las prácticas de laboratorio de Ingeniería Química. En el mercado existen varios tipos de goniómetros con tecnología sofisticada, pero tienen un costo aproximado de 10,000 USD, lo cual limita su adquisición, pero el Departamento de Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec como alternativa inmediata de solución, tomó la decisión de trabajar en el proyecto “MANUFACTURAR UN EQUIPO PARA MEDIR LA ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS SUPERFICIES”, y trabajando en equipo con un grupo de maestros de Ingeniería Industrial se llevó a cabo la manufactura del prototipo Goniómetro. Por lo tanto el presente proyecto de investigación se enfoca al diseño, cálculos dimensionales, selección de materiales, manufactura, ensamble y uso del kit. Los materiales utilizados son del tipo residual lo que permite disminuir su costo de inversión, la fabricación del prototipo se llevó a cabo usando la infraestructura técnica y tecnológica con que cuenta el Taller de Ingeniería Industrial.

La geometría del prototipo fabricado fue desarrollada en base al modelo del “Goniómetro Dataphysics”, sin trasgredir el diseño de patente del mismo. Las especificaciones dimensionales de las piezas mecánicas fueron calculadas en base a los estándares normalizados de los ajustes y tolerancias ISO. La manufactura de este dispositivo cumple con las especificaciones y necesidades que requería el Departamento de Investigación para realizar sus experimentos. Las expectativas de este proyecto están definidas por la posibilidad de registrar el prototipo ante DGEST y obtener los derechos para su manufactura.

Introducción

Las propiedades de las superficies de un material dependen en gran medida de las especies químicas presentes en la superficie. Una de las propiedades importantes es la absorción de la humedad, es decir; como interactúa el agua con la superficie. Esta propiedad está relacionada con los grupos terminales de moléculas en la interface, que puede ser hidrófila (le gusta el agua) o hidrófoba (no le gusta el agua). [4]

Uno de los métodos para cuantificar la absorción de la humedad de una superficie es medir el ángulo de contacto (ver figura 1).

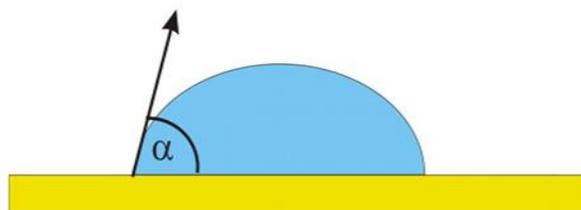


Fig. 1. Ángulo de una gota de agua.

Este ángulo de contacto, es el ángulo que forma la superficie de un líquido al entrar en contacto con un sólido. Proporciona información sobre la relación existente entre las fuerzas de la superficie y las del líquido[5].

El ángulo de contacto puede medirse con un instrumento llamado Goniómetro, que realiza una medición estática de los ángulos de contacto. Se deposita una gota de agua en la superficie objeto de estudio y el ángulo θ . Se mide en forma manual o con instrumentos modernos, digitalmente; haciendo una captura digital de la imagen y utilizando programas informáticos específicos.

El Departamento de Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec tiene la necesidad de un equipo para medir la absorción de la humedad de las superficies de algunos tipos de materiales.

La parte del diseño y su manufactura se llevó a cabo con la infraestructura técnica y tecnológica con que cuenta el Taller de Ingeniería Industrial. La fabricación de este prototipo cumplió con las especificaciones y necesidades que requería el Departamento de Investigación para realizar sus experimentos, además de incluir en el goniómetro los siguientes accesorios: micropipeta(2-100 μ L, cámara digital(10X-60X), Software y una PC.

Fundamento teórico

Hoy en día, el interés en el desarrollo de nuevos materiales y la potenciación de determinadas características en los mismos, convergen, de cierta manera, en el logro de superficies con interfaz hidrofóbica e hidrofílica. Materiales como la cera, el vidrio, el teflón o el desarrollo de ciertas fibras de inspiración biológica, han sido ampliamente utilizados para aprovechar esta característica en la fabricación de automóviles, barcos, celdas solares y envases de alimentos. Sin embargo, las aplicaciones en este campo son amplias y como ejemplo de ello podemos mencionar la formación controlada de gotas microscópicas con aplicación tecnológica en áreas tan diversas como farmacología, cosmetología y en el desarrollo de chips de control de microfluidos. En el control de la dinámica de la creación de estas gotas de líquido es necesaria la medición del ángulo de contacto entre el fluido y las diversas superficies que los contienen, esta tarea trajo consigo el diseño de muchos equipos que cumplen con tal función entre los que ponderamos por su practicidad el goniómetro de portátil utilizado para la interpretación de la relación e interacción entre una gota de líquido y la superficie utilizada como sustrato. [6]

Los instrumentos de test para el ángulo de contacto han sido hasta ahora relativamente caros, lo que ha limitado el estudio del mismo por laboratorios de ciencias. Todos los instrumentos ofrecidos por diversos proveedores son voluminosos y de movilidad compleja, lo que pretendemos cambiar a partir de la introducción del concepto de goniómetro de mesa con diversas ventajas competitivas que constituirán la base de su condición preferente.

Resultados y discusión

El goniómetro es un dispositivo que permite llevar a cabo las mediciones del ángulo de contacto, es común en áreas de metrología y con frecuencia se utiliza en departamentos de investigación química para el estudio de propiedades de materiales con referencia a la “mojabilidad” de un líquido en una superficie sólida. Para su desarrollo, el equipo de trabajo realizó una búsqueda bibliográfica que permitiera determinar las características principales que precedieran al diseño del equipo, mismo que, dadas las características de la tarea en cuestión requiere de un apoyo de microscopios y software que ofrecieran una mejor visibilidad de aquello que se desea medir. Aunado a lo anterior, la inclusión de una micropipeta nos encaminó a la búsqueda de sistemas modernos como el goniómetro marca Dataphysics OCA 15EC (fig. 4), cuyas características coinciden con aquellas que se desean reproducir como prototipo (sin trasgredir la patente de diseño del mismo). [8]

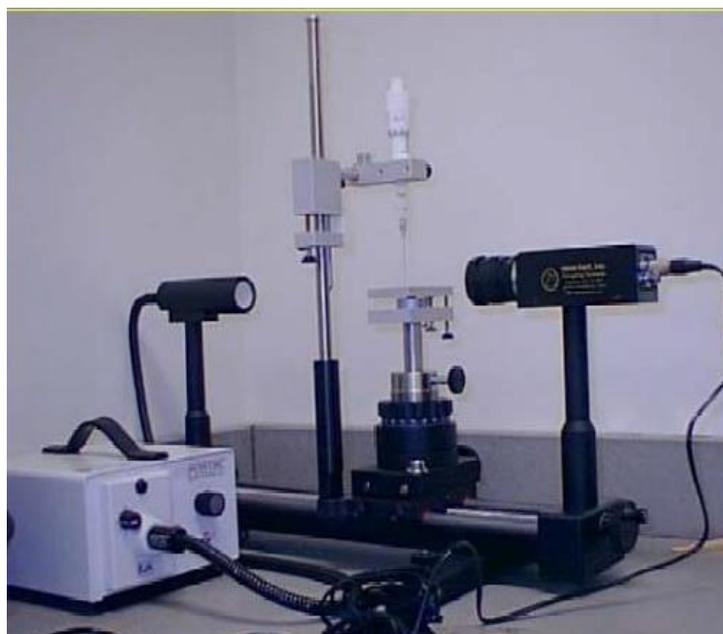


Fig. 2 “Goniómetro Dataphysics”

Para diseñar la estructura general de goniómetro se consultaron las especificaciones establecidas en las normas NMX-CH-151-IMNC-2005, Especificaciones Geométricas de Producto (GPS) -Instrumentos de medición dimensional -Goniómetro de mesa (transportador de ángulos); aunque cabe aclarar que solo se utilizaron como guía y referencia ya que no es una norma de uso obligatorio en la manufactura de equipo de investigación estudiantil. [2]

En la tabla 1, se observa las tolerancias dimensionales empleadas en el diseño, de igual forma la tabla 2, muestra el complemento de información de tolerancias de árboles y agujeros del prototipo a diseñar. [1]

En la tabla 1 y 2, se muestra la información técnica sobre los ajustes y tolerancias normalizadas.

Tabla 1: “Tipos de ajustes”

AJUSTES PRINCIPALES UTILIZAR DE PREFERENCIA LOS DE LOS CÍRCULOS			Características externas (posición)	Características internas y calidad de las características externas				
				H 6	H 7	H 8	H 9	H 11
AJUSTES CON JUEGO	JUEGO GRANDE	Ensamblados cuyo funcionamiento requiere juego amplio por dilataciones, mal alineamiento, cojinetes grandes, etc.	c				9	11
			d				9	(11)
	JUEGO MEDIANO	Piezas que giran o deslizan con una buena lubricación.	e		7	(8)	(9)	
			f	6	6-7	(7)		
	JUGO PEQUEÑO	Piezas con guía exacta y movimientos de pequeña amplitud.	g	5	(6)			
	AJUSTE EXACTO		h	(5)	(6)	(7)	(8)	
AJUSTES CON INTERFERENCIA	INTERFERENCIA PEQUEÑA	El ensamble se puede hacer a mano, la unión no puede transmitir esfuerzos. Se puede montar y desmontar.	Ensamble a mano.	js	(5)	6		
				k	(5)			
	INTERFERENCIA MEDIANA		Ensamble a mano auxiliándose de un mazo.	m		6		
				p		6		
	INTERFERENCIA GRANDE	Imposible desmontar sin deterioro. La unión puede transmitir esfuerzos.	Ensamble a prensa.	s			7	
				u			7	
			Ensamble a prensa o por dilatación (verificar los esfuerzos internos).	x			7	
				z			7	

Tabla 2: "Tolerancias dimensionales"

Diámetros en mm		≤ 3	> 3 a 6	> 6 a 10	> 10 a 18	> 18 a 30	> 30 a 50	> 50 a 80	> 80 a 120	> 120 a 180	> 180 a 250	> 250 a 315	> 315 a 400
AGUJEROS	H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0
	H 7	+10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0
	H 8	+14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0
	H 9	+25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0
	H 11	+60 0	+ 75 0	+ 90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0	+320 0	+360 0
ARBOLÉS	g 5	- 2 - 6	- 4 - 9	- 5 - 11	- 6 - 14	- 7 - 16	- 9 - 20	- 10 - 23	- 12 - 27	- 14 - 32	- 15 - 35	- 17 - 40	- 18 - 43
	h 5	0 - 4	0 - 5	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 23	0 - 25
	i _s 5	+ 2 - 2	+2.5 -2.5	+ 3 - 3	+ 4 - 4	+ 4.5 - 4.5	+ 5.5 - 5.5	+ 6.5 - 6.5	+ 7.5 - 7.5	+ 9 - 9	+ 10 - 10	+ 11.5 - 11.5	+ 12.5 - 12.5
	k 5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4
	f 6	- 6 -12	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98
	g 6	- 2 - 8	- 4 -12	- 5 -14	- 6 -17	- 7 -20	- 9 -25	- 10 -29	- 12 -34	- 14 -39	- 15 -44	- 17 -49	- 18 -54
	h 6	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36
	i _s 6	+ 3 - 3	+ 4 - 4	+ 4.5 - 4.5	+ 5.5 - 5.5	+ 6.5 - 6.5	+ 8 - 8	+ 9.5 - 9.5	+ 11 - 11	+ 12.5 - 12.5	+ 14.5 - 14.5	+ 16 - 16	+ 18 - 18
	m 6	+ 8 + 2	+12 + 4	+15 + 6	+18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 +11	+ 35 +13	+ 40 +15	+ 46 +17	+ 52 +20	+ 57 +21
	p 6	+12 + 6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+98 +62
	e 7	-14 -24	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182
	f 7	- 6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -108	-62 -119
	h 7	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57
	e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172	-110 -191	-125 -214
	f 8	- 6 -20	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -64	-30 -78	-36 -90	-43 -106	-50 -122	-56 -137	-62 -151
	h 8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	0 -63	0 -72	0 -81	0 -89
	d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -76	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	-190 -320	-210 -350
	e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	-110 -240	-125 -265
	d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	-190 -510	-210 -570
	h 11	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290	0 -320	0 -360
i _s 11	+30 -30	+37 -37	+45 -45	+55 -55	+65 -65	+80 -80	+95 -95	+110 -110	+125 -125	+145 -145	+160 -160	+180 -180	

En la tabla 3, se expresan las partes esenciales del goniómetro (nombre de parte, material y observaciones)

Tabla 3: “Información de las partes del goniómetro”

No. parte	Cantidad	Nombre de la parte	Tipo de material	Observaciones
1	1	Base	Acero inoxidable	Maquinado
2	4	Apoyo	Aluminio	Maquinado
3	2	Bancada	Acero 1018	Maquinado
4	1	Ajustador fino	Acero 1018	Maquinado
5	1	Placa fija	Aluminio	Maquinado
6	1	Placa móvil	Aluminio	Maquinado
7	1	Buje principal	Nylamid	Maquinado
8	1	Platina	Aluminio	Maquinado
9	1	Opresor ajustador	Acero 1018	Maquinado
10	1	Columna	Aluminio	Maquinado
11	1	Tuerca milimétrica	Nylamid	Maquinado
12	1	Tornillo milimétrico	Acero 1018	Ferretería
13	1	Tornillo manivela	Acero 1018	Ferretería
14	1	Opresor ajustador	Acero 1018	Ferretería
15	1	Buje sujetador	Nylamid	Maquinado

En la figura 2, se muestra un diseño un tipo de goniómetro comercial utilizado ampliamente en el análisis de materiales, el cual tiene un diseño diferente en la base portamuestra comparado con la figura 3, en ésta figura se muestra el kit del goniómetro diseñado y construido en este trabajo.

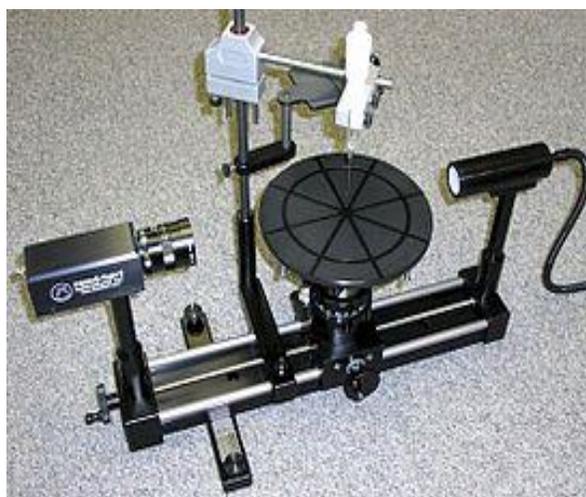


Fig. 2 “Goniómetro”

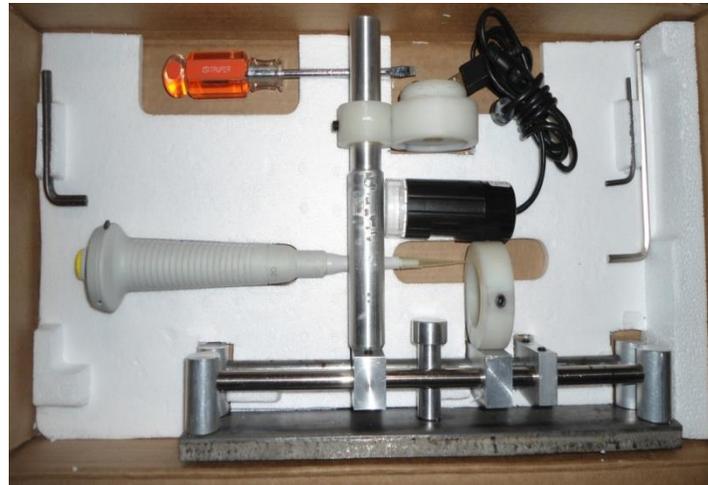


Fig. 3 “Kit del goniómetro”

En las figuras: 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 se muestran las especificaciones de las piezas a manufacturar del goniómetro.

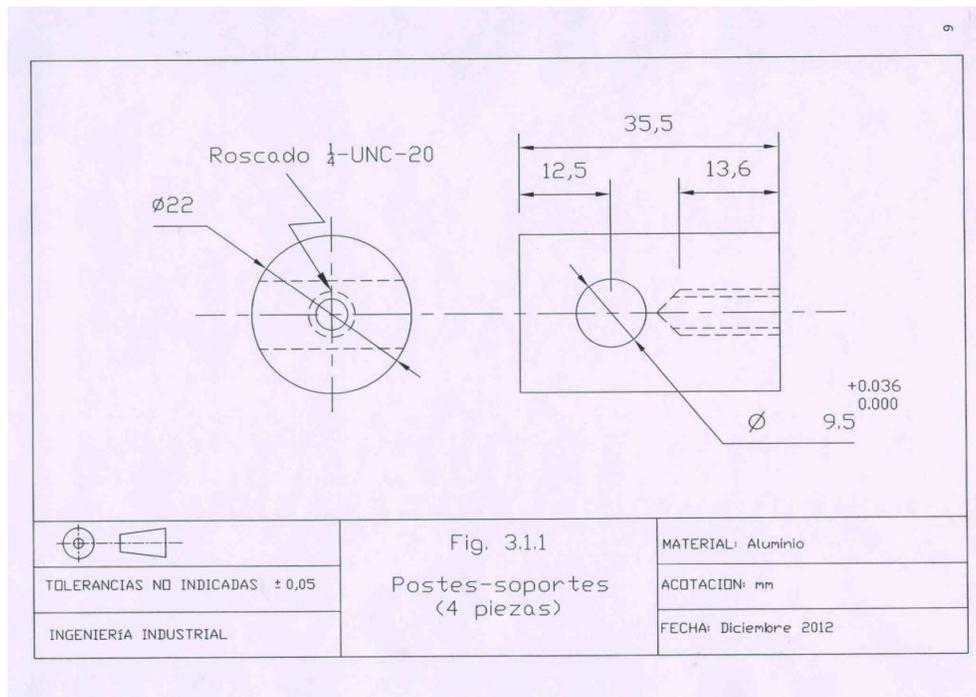


Fig. 4.1.1 “Postes-soportes”

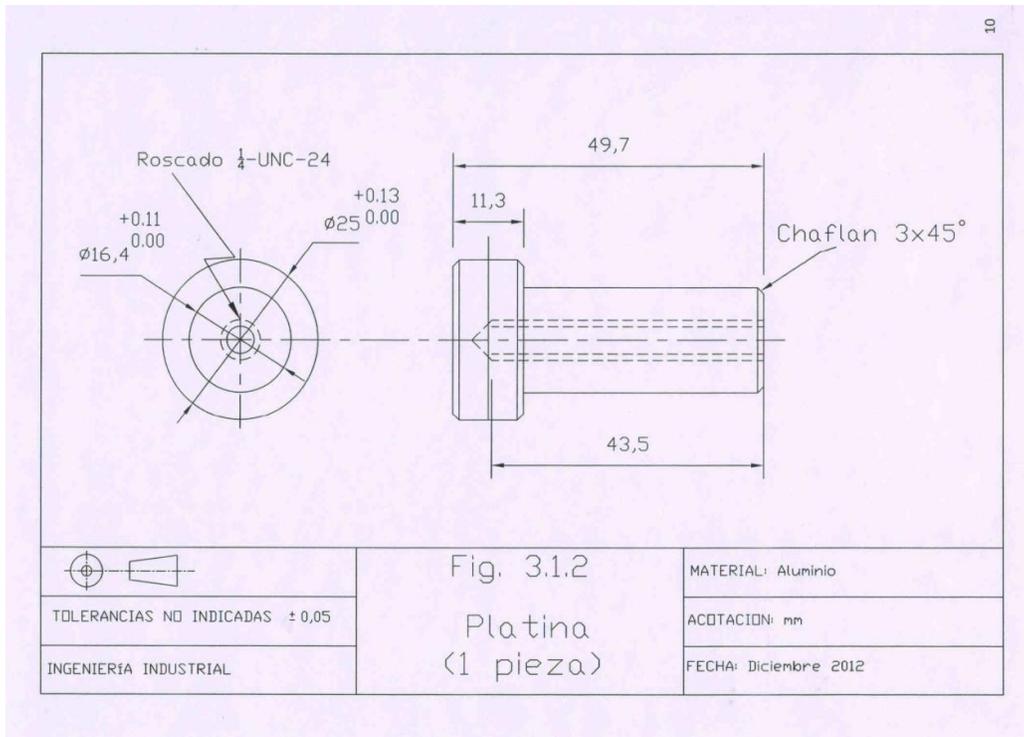


Fig. 4.1.2 "Platina"

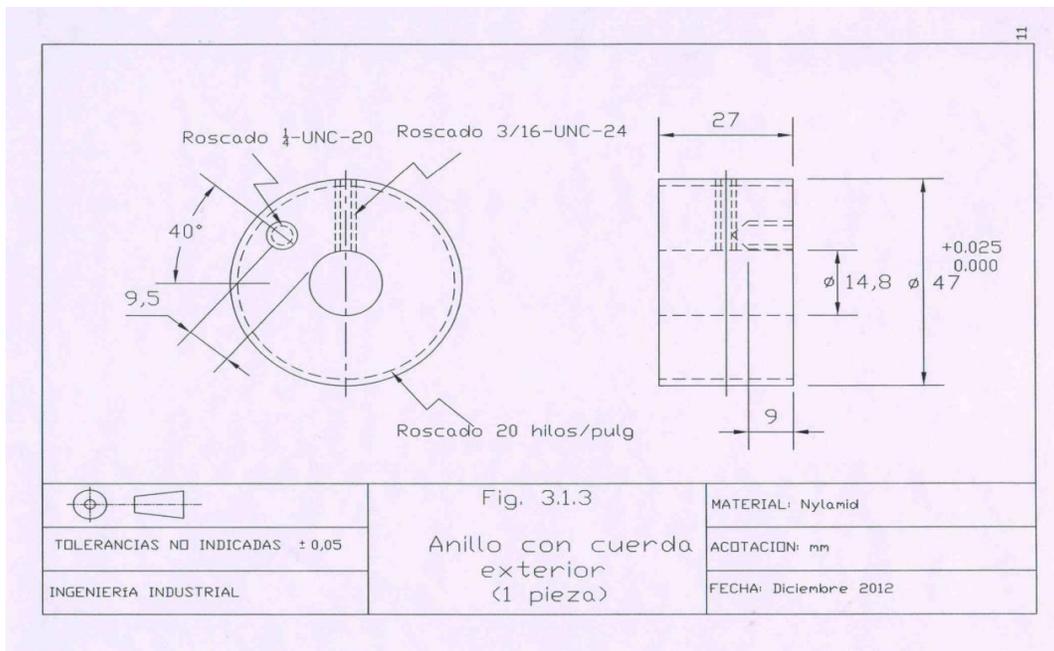


Fig. 4.1.3 "Anillo con cuerda exterior"

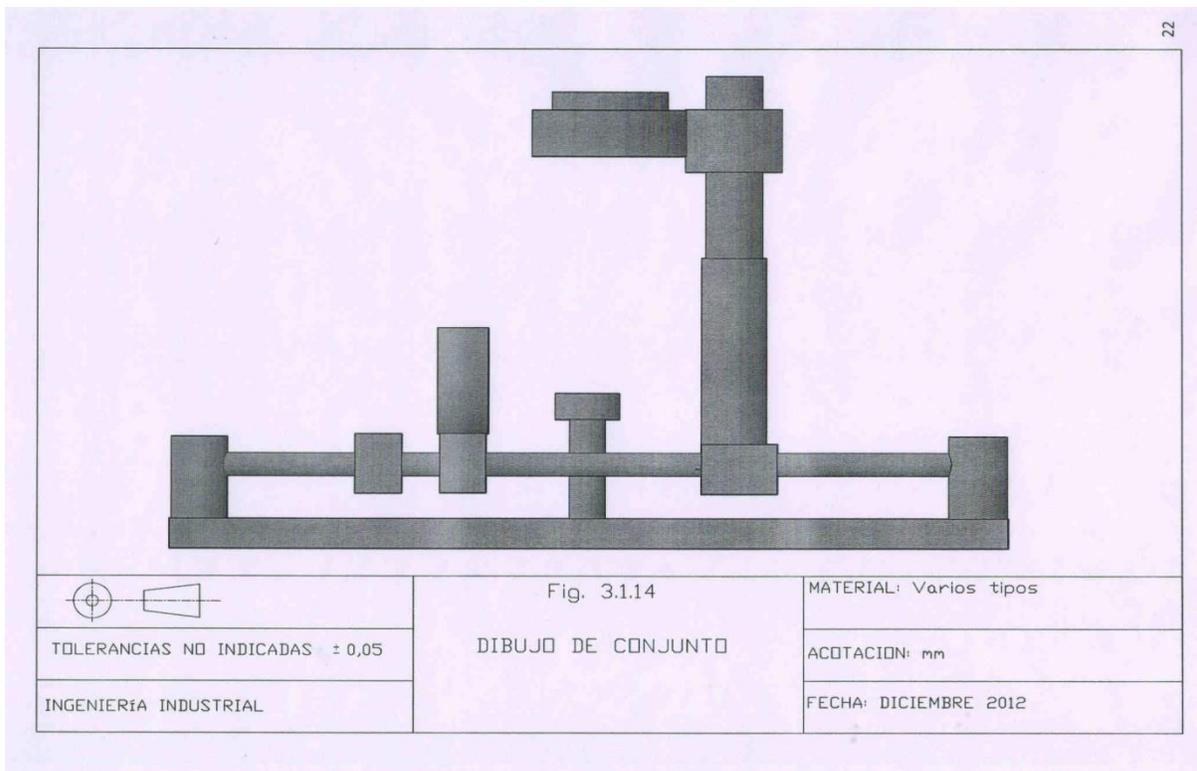


Fig. 4.1.4 “Dibujo de conjunto”

Conclusiones

El proyecto fue culminado con éxito ya que se cumplió satisfactoriamente con las expectativas de diseño, selección de materiales, las especificaciones dimensionales y por último se le realizaron las pruebas de uso al goniómetro y los resultados fueron benéficos de acuerdo a las necesidades académicas de laboratorio.

Agradecimientos

- Al Dr. Rene Salgado Delgado por todo su apoyo académico proporcionado para el mejor desarrollo de este proyecto.
- Al Dr. José Luis Coronel Trujillo, por la motivación e impulso proporcionado a todos los colaboradores en este proyecto.
- A mis compañeros colaboradores del área de Ingeniería Industrial, por sus aportaciones en este trabajo.

Referencias

1. Carlos González González y Ramón Zeleny Vázquez ; Metrología, ed. Mc Graw-Hill interamericana, segunda edición.
2. Centro de Capacitación del instituto de metrología Mitutoyo, Calibración de instrumentos.
3. Stev F. Krar, Abert F. Tecnología de las máquinas-herramientas Check; edi. Alfaomega.
4. High surface energy enhances cell response tot titanium substrate microstructure. Published online 27 May 2005 in Wiley InterScience wiley.com. Zhao. G.; Schwartz, M. Wieland, F. Rupp; Geis- G erstorfer, D.L Cochran, B. D. Boyan
5. On adhesion of biological substances to low- energy solid-surfaces, J Colloid interface Sci. 1982,20;773-784. Schader, M.E.
6. The influence of substratum surface free energy on growth and spreading of human fobrobllass in the presense and absence of serum proteins J. biomed Mater Res 1986,20:773-784. Scharckenraad, J. M: H.J. Busscher; C.R Wildevuur; J arends.
7. Surface properties determine bioadhesive outcomes:methods and results. J. Biomed Mater Res 1984, 18:327-355. Bair, R.E.: A.E. Meyer, J. R. Natiella; R. R. Natiella; J. M Carter.
8. Biomaterials m Science An introduction to materials in medicine. New York. Academic Press: 1996. P. 1333-164. Hurbet. T.A.B.D. Ratner, J. M.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CONFIABLE

X. Astudillo¹; J. Astudillo²

¹ Instituto Tecnológico de Zacatepec – neny_angel666@hotmail.com ; SEMAT-
jeases@hotmail.com

Área de participación: Optimización de Sistemas de Manufactura y Mejoramiento de Procesos.

Resumen- En el siguiente artículo se plantea y explica el concepto de mantenimiento preventivo confiable aplicado a la industria, además se indican, las ventajas y desventajas de los tipos de mantenimiento que se aplican actualmente en una planta industrial, posteriormente se habla de las características y los principios fundamentales de cada uno de ellos, también se mencionan las técnicas utilizadas en el mantenimiento predictivo y para concluir se habla de los beneficios que se obtienen al aplicar un sistema mantenimiento preventivo confiable, integrando tres tipos de mantenimiento en un sistema integral de mantenimiento.

Introducción

El objetivo principal de cualquier empresa es el de producir más y mejores satisfactores con un alto grado de calidad, a bajo costo y en tiempo record. Para que una empresa pueda producir un bien o un servicio se necesita de un lugar en donde se puedan generar los procesos industriales necesarios para elaborar los productos o servicios a gran escala, a este lugar lo denominamos como planta industrial. Todas las plantas industriales se diseñan de acuerdo a una capacidad determinada, pero muchas veces no se logra alcanzar este objetivo, las razones de no alcanzar la meta se debe a muchos factores, entre los que destacan:

- Problemas de operación de la maquinaria
- Problemas de mantenimiento en la maquinaria y equipo
- Problemas de calidad en la materia prima o en el producto elaborado
- Problema de abastecimiento de la materia prima
- Falta de ventas del producto elaborado

Este artículo está enfocado a conocer los problemas de mantenimiento en la maquinaria y equipo.

Una de las situaciones que más afecta a la eficiencia de una planta industrial es el tiempo muerto de producción. El tiempo muerto de producción puede ser causado por un gran número de razones, las más importante son las fallas repetitivas en el equipo crítico de la planta, la mayoría de las veces las plantas industriales tratan de corregir este problema aplicando el mantenimiento correctivo, lo cual no es una buena opción, debido a que el mantenimiento correctivo presenta muchas desventajas, mismas que indicaremos en la sección de ventajas y desventaja de los diferentes sistemas de mantenimiento.

Otra forma que se utiliza para tratar de incrementar la eficiencia en una planta industrial, es la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo

programado, de tal manera que la maquinaria y el equipo de la planta son sacados de operación constantemente para efectuar revisiones o cambios de sus refacciones de repuesto, en fechas pre – determinadas, sin considerar la vida útil recomendada por el fabricante del equipo.

La aplicación de un sistema como éste (mantenimiento programado) es muy costoso, además de generar paros de planta “preventivos” excesivos, afectando seriamente a la producción e incrementando los costos de operación.

Para eliminar o reducir el tiempo muerto de producción en una planta industrial causado por el mantenimiento de la maquinaria y/o el equipo, e incrementar la eficiencia de la misma, debemos aplicar un sistema de mantenimiento, el cual sea capaz de garantizar la continuidad del proceso de forma segura y confiable, con el menor riesgo para el personal y las instalaciones de la planta, y garantizar la calidad del producto elaborado, con un bajo costo de operación.

Características de diferentes tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se aplica cuando la falla sucede de manera inesperada.

Las desventajas de aplicar un mantenimiento correctivo son las siguientes:

- La falla sucede de manera inesperada, esto puede generar un paro total o parcial del proceso industrial y puede ocasionar, que el equipo o la maquinaria se dañe, además de poner en riesgo al personal y las instalaciones de la planta.
- Genera en exceso tiempos muerto de producción
- No hay una buena planeación al realizar el mantenimiento a la maquinaria o equipo y por “presión excesiva a los técnicos encargados de corregir los problemas presentes” generalmente las reparaciones son de mala calidad
- Consumo excesivo de refacciones
- Como la falla sucede de manera inesperada puede interrumpir el proceso industrial y con esto causar problemas en la calidad del producto elaborado
- Reduce la vida útil de la maquinaria y del equipo
- Entre otras cosas.

Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo dice, tiene como función principal prevenir que la falla suceda de manera inesperada, la actividad es planeada y programada de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes del equipo, de las refacciones o en base a la experiencia propia.

Las desventajas de implementar un mantenimiento preventivo programado excesivo son:

- Se eleva el tiempo muerto de producción por actividades de mantenimiento preventivo excesivo.
- El consumo de refacciones aumenta considerablemente.

- La cantidad de horas hombre se eleva considerablemente.
- Puede existir soldadura mecánica debido al desarmado constante de la maquinaria y equipo de la planta.
- Se desperdician muchas refacciones al ser cambiadas y no aprovecharlas al máximo.
- El costo de mano de obra se incrementa de manera impactante.
- Se incrementan los inventarios de almacén de refacciones y consumibles.
- El costo del mantenimiento de la planta se incrementa considerablemente lo cual genera que el costo total de producción sea elevado.

Anteriormente se mencionó que para mejorar la eficiencia de una planta se debe implementar un sistema de mantenimiento que sea capaz de garantizar la continuidad del proceso de producción de forma segura y confiable, con el menor riesgo para el personal, las instalaciones y los productos elaborados, sin que se vea afectada la calidad del producto y que además se dé a un bajo costo, debemos implementar un sistema de mantenimiento S.P.P.

El S.P.P es un sistema de mantenimiento que integra, tres sistemas de mantenimiento que ya conocemos, aprovechando las ventajas de cada uno de ellos de manera integral y que actualmente se han implementado por separado.

Estos sistemas son:

- El Mantenimiento preventivo sintomático
- El Mantenimiento predictivo
- El Mantenimiento preventivo programado

Este sistema de mantenimiento está basado en aprovechar de manera integral cada una de las características particulares de los tres sistemas, utilizando las ventajas que proporciona cada uno de ellos.

Características del mantenimiento *preventivo sintomático*

- Está basado en los síntomas que presenta la maquinaria y el equipo, estos síntomas son utilizados para detectar a tiempo desviaciones o fallas en ciernes en el equipo de la planta, para esto se realizan recorridos de inspección rutinarios con el fin de detectar anomalías en la maquinaria.
- Al ser detectadas las anomalías en la maquinaria el equipo de mantenimiento correspondiente realiza una clasificación para dar prioridad a la corrección de la falla, planeando las acciones necesarias para corregir el problema además de incluir las órdenes de trabajo correspondiente al programa maestro de mantenimiento preventivo programado.
- El departamento correspondiente clasifica y evalúa el resultado de las correcciones realizadas, registrando las acciones realizadas para la corrección del o los problemas en el historial clínico de la máquina, de esta manera se mantiene un control total de las acciones que se realizan para corregir el problema presentado en la maquinaria.

Características del *mantenimiento predictivo*

- Se realiza una inspección permanente de los equipos y la maquinaria de la planta, haciendo un análisis de toda la información que es recolectada con instrumentos de medición especializados.
- Se planean y programan adecuadamente las acciones recomendadas para la eliminación de los problemas presentados en el equipo y maquinaria basándose en un diagnóstico de estado.
- Se evalúan permanentemente los resultados que se logran en cada una de las acciones recomendadas de acuerdo al diagnóstico realizado.
- Existe un control total de las acciones realizadas por el departamento de mantenimiento.

Características de mantenimiento *preventivo programado*

- Se elabora un plan de mantenimiento en base a las recomendaciones del fabricante.
- Se realizan formatos de control del sistema y procedimientos técnicos para la aplicación correcta del mantenimiento.
- Se define el intervalo adecuado de tiempo para realizar la revisión y/o cambio de alguna pieza de la maquinaria o equipo.
- Se elabora el procedimiento que debe seguirse en cada tipo de intervención programada.
- Se elaboran órdenes de trabajo, teniendo control de las mismas desde su elaboración, clasificación, planeación y ejecución.
- Se elaboran los programas de mantenimiento preventivos que se derivan del programa maestro.
- Existen datos estadísticos de los resultados logrados para cada una de las áreas del departamento de mantenimiento a través de las órdenes de trabajo.

Técnicas de mantenimiento predictivo

Existen cuatro técnicas reconocidas internacionalmente de mantenimiento predictivo:

1. Medición y análisis de vibración en equipo dinámico
2. Termografía
3. Pruebas y análisis a aceites lubricantes
4. Ultrasonido

Vibraciones mecánicas

Esta técnica es aplicada en equipo dinámico de la planta, se utiliza equipo especializado para medir y analizar la vibración presente en el equipo, para aplicar esta técnica se requiere un conocimiento especializado del sistema, las vibraciones indican el estado real del equipo dinámico de la planta (buen estado,

estado aceptable o en mal estado y con riesgo de falla), además del problema que causa la vibración de la maquinaria y la rapidez con la que se desarrolla.

Por ejemplo:

Cuando el problema es mecánico la fuente responsable de la vibración podría ser:

- Desbalance
- Desalineación de ejes
- Soltura mecánica
- Rodamientos dañados, desajustados, desalineados
- Engranajes dañados, desajustados, desalineados
- Bandas en mal estado, desajustadas, desalineadas

Cuando el problema es eléctrico la fuente responsable de la vibración podría ser:

- Desbalance de campos
- Delgas de entrehierro abiertas o cortocircuitadas
- Bobinas sueltas o flojas
- Colectores dañados

Cuando el problema es de proceso la fuente responsable del problema podría ser:

- Problemas hidráulicos
- Problemas aerodinámicos
- Cavitación
- Golpes de ariete



Figura 8. Ingeniero recolectando datos de vibración con el equipo para efectuar el análisis correspondiente a la maquina

Termografía

Esta tecnología es usada para detectar fallas en el equipo eléctrico de la planta, para esto se utilizan cámaras con las cuales se detectan puntos calientes en el equipo, se pueden detectar los siguientes problemas:

- Terminales sueltas o flojas
- Terminales sulfatadas o herrumbradas
- Delgas de entrehierro abiertas o cortocircuitadas
- Fugas de corriente a tierra.
- Entre otras.



Figura 9. Prueba de termografía a un motor

Pruebas y análisis de aceites lubricantes

Esta técnica de mantenimiento predictivo es aplicada al equipo dinámico de la planta.

Los problemas que pueden ser detectados con esta tecnología son:

- Contaminación por agua
- Contaminación por solidos metálicos
- Contaminación por producto
- Contaminación por agentes químicos
- Problemas de viscosidad
- Pérdida de las características físicas del lubricante



Figura 10. Prueba a aceite (Categorías: Metal Blanco, Babbit, Sedimentos, Precipitados, Suciedad, Impurezas, Apariencia, Olor)

Ultrasonido

Esta tecnología del mantenimiento predictivo es usada en equipo estático de la planta como tanques, tuberías, masas de ejes de equipo dinámico, etc.

Con esta tecnología podemos detectar las siguientes fallas:

- Desgaste del espesor de una placa
- Grietas y burbujas internas del material
- Fisuras ocultas en el interior de un material
- Efectos osmóticos por oxidación
- Entre otras.
-



Figura 11. Equipo de ultrasonido

Al aplicar estas 4 tecnologías del mantenimiento predictivo en un sistema integral de mantenimiento respaldadas por el sistema de mantenimiento preventivo sintomático y preventivo programado se garantiza un proceso industrial seguro y confiable.

Entre los beneficios que se obtienen al implementar un sistema de mantenimiento (S.P.P) podemos mencionar:

- Reducción del costo de mantenimiento
- Reducción importante del mantenimiento correctivo
- Reducción de los tiempos muertos de producción y por consiguiente reducción en el costo total de producción
- Incremento en la producción de acuerdo a la capacidad de diseño de la planta
- Reducción en el consumo de refacciones y consumibles
- Aprovechamiento al máximo de las refacciones y consumibles con el menor riesgo
- Reducción del tiempo extra emergente
- Reducción del costo de mano de obra directa
- Bajo inventario de almacén
- Mejor planeación y programación de las actividades de mantenimiento
- Mayor calidad en las reparaciones
- Realizar reparaciones conociendo el origen del problema
- Solución de problemas repetitivos en la maquinaria
- Control total de las ordenes de trabajo
- Reducción de la vibración y ruido en la planta
- Mayor seguridad para el personal y las instalaciones de la planta
- Incremento de la autoestima del personal de mantenimiento y de la misma empresa
- Disponibilidad de tiempo del personal para ser capacitados en su área de responsabilidad
- Incremento en la eficiencia del departamento de mantenimiento y en la empresa
- Mayor competitividad en el mercado
- Incremento de las utilidades
- Mejor calidad de sus productos
- Satisfacción total de los accionista

Conclusiones

Al implementar los tres sistemas de mantenimiento de manera coordinada se garantiza la operación continua del proceso de una planta industrial, con esto se reducen de manera confiable y segura los tiempos muertos de producción causados por el mantenimiento de la maquinaria y equipo, lo cual genera la reducción del costo total de mantenimiento y por consiguiente, el costo de operación de la planta de manera segura y confiable.

Referencias

1. Astudillo Escarramán, J. (2010). Manual de mantenimiento predictivo. Vibraciones mecánicas. Jiutepec Morelos.
2. Equipos para pruebas no destructivas. (s.d.). Acceso em 9 de Febrero de 2013, disponible em https://www.google.com.mx/search?hl=es&gs_rn=2&gs_ri=hp&tok=QSetH5MsWZY1x3WfSJ-3kA&cp=6&gs_id=u&xhr=t&q=ultrasurf&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_cp.r_qf.&bvm=bv.42080656,d.b2U&biw=1280&bih=666&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=OQwXUfCHGLL02wW6qIHgC
3. tekniker. (s.f.). curso lubricantes. Recuperado el 10 de febrero de 2013, de https://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/3/3206/Curso_Lubricantes.pdf.

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN EL PESO DE UNA BARRA DE CEREAL UTILIZANDO CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO

C. Barreto, E. Hernández, O. Román, J.L. Coronel

*Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico no. 27, Zacatepec, Mor. México –
ingcbarretoc@hotmail.com, ha_der@hotmail.com, roscarcoordina@yahoo.com.mx,
zacatepeccoronel@hotmail.com*

Área de participación: Optimización de Sistemas de Manufactura y Mejoramiento de Procesos.

Resumen –En este trabajo se describe el análisis de la variabilidad que se presenta en las barras de cereal elaboradas en la empresa agroindustrial Xomor, que se ubica en la zona sur del estado de Morelos.

Una característica de calidad en la barra de cereal es el peso, debido a que si se elabora con mayor o menor peso a lo especificado la empresa pierde. Al final del proceso de elaboración de la barra de cereal se ha detectado que su peso varía más allá de lo especificado, es decir, de $25 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ ha tenido variaciones de 20 g a 29 g Cuando el producto tiene mayor peso hay pérdidas, porque se entregan gramos extra que no se cobran y representan costo para la empresa y, si el producto pesa menos y el cliente lo detecta, se penaliza a la empresa y el cliente queda insatisfecho porque no le están cumpliendo con lo especificado, lo que repercute en la economía y en la credibilidad e imagen de la empresa.

El objetivo de esta investigación fue analizar, a través del Control Estadístico del Proceso, la variabilidad en el peso de la barra de cereal así como sus posibles causas, con el fin de evitarlas y mejorar la calidad del producto.

Introducción

Hoy en día, existe una gran competencia en el mercado de consumo, sobreviviendo aquellas empresas que logran mayor competitividad a través de la mejora de la calidad y reducción de costos.

De acuerdo con Crosby [Crosby, 1988] la calidad es cumplir permanentemente con las expectativas del cliente, si no es así, entonces el cliente queda insatisfecho con el producto que se le entrega y puede buscar un proveedor que le venda un mejor producto.

Una de las razones por las que no se llega a cumplir con la calidad deseada es la variabilidad que se encuentra presente en todo proceso, y que se debe intentar reducir y controlar para cumplir con las características de calidad solicitadas por el cliente.

La variabilidad en los procesos se genera por la interacción de materiales, máquinas, mano de obra, mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos (6M) aportan parte de la variabilidad en un proceso [Gutiérrez, 2010]; por ejemplo, los materiales no son idénticos, ni toda la gente tiene las mismas habilidades y capacitación. Pero, además, a través del tiempo ocurren cambios en las 6M, como la llegada de un lote de material no adecuado o con características especiales, descuidos u olvidos, etc. Precisamente por la posibilidad permanente

de que ocurran cambios en el proceso que den lugar a una variabilidad más allá de la permitida, es necesario monitorear constantemente un proceso.

Existen dos tipos de causas que provocan la variación, las causas comunes o no atribuibles y las causas especiales o atribuibles. Las causas comunes son aquellas que permanecen día a día; la aportan en forma natural las actuales condiciones de las 6M. Son causas difíciles de eliminar e identificar pero a largo plazo representan la mejor oportunidad de mejora. La variación por causas especiales es generada por situaciones o circunstancias que no están permanentemente en el proceso, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello.

Debido a que existen tanto causas comunes como causas especiales en un proceso, para determinar en qué momento se presentan, es necesario aplicar herramientas probadas y adecuadas, tal como el Control Estadístico del Proceso (CEP).

El CEP fue creado por Walter Shewhart en 1931 [Ruíz-Falcó, 2006] y se refiere a mantener monitoreado y controlado un proceso, a través del cual todas las causas de variabilidad atribuibles (especiales) pueden ser eliminadas, quedando solamente las causas de variabilidad comunes o no atribuibles, lo cual se hace evidente en los gráficos de control por la ausencia de puntos fuera de límites y por la ausencia de corridas o tendencias anormales. El objetivo principal de los gráficos de control, es conservar el proceso dentro de rangos establecidos estadística y experimentalmente mediante la corrección de causas atribuibles detectadas durante el estudio [Granados, 2003]. Existen distintos tipos de gráficas de control, las más comunes son las de medias y rangos (\bar{X} -R), que muestra el comportamiento de la media (posición) y la variación (dispersión) de cierta característica de calidad de un proceso con respecto al tiempo [Escalante, 2008].

Otro aspecto importante del CEP es la comprensión de la capacidad del proceso, ya que es una medida de la variación total de un proceso comparada contra sus especificaciones. Para determinar la capacidad de un proceso han sido ampliamente utilizados los índices C_p (Capacidad del proceso) y C_{p_k} (Capacidad del proceso real), Si el proceso tiene capacidad para fabricar un producto que cumpla con las especificaciones o tolerancias, entonces $C_p > 1$. En general, se exige un $C_p > 1.33$ para mayor seguridad. En la tabla siguiente, ver Tabla 14, se muestran algunos valores de los índices C_p y su interpretación.

Tabla 14: Valores del índice Cp y su interpretación (Fuente: [Juran *et al*, 1992])

ÍNDICE Cp	INTERPRETACIÓN
1.33 < Cp < 2.22	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad. Posee capacidad de diseño.
1.0 < Cp < 1.33	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1.
0.67 < Cp < 1.0	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial. Requiere monitoreo constante.
Cp < 0.67	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.

El coeficiente Cp tiene el inconveniente de que para su correcta aplicación el centro de gravedad del rango de especificaciones debe de coincidir con la tendencia central de las mediciones del proceso. Cuando esto no ocurre se emplea el Cp_k.

El índice Cp_k se usa para dar seguimiento al proceso en relación al tiempo. Evalúa variación y centrado con base en un solo número.

Existen numerosas aplicaciones industriales del CEP; sin embargo, al revisar la literatura, en la industria alimenticia ha sido aplicado el CEP para controlar algunas características de calidad como el peso, un ejemplo de ello es la aplicación en el proceso de laminación de chicles Clorets Nueva Fórmula, éstos se encontraban fuera de control, por lo que se optó por aplicar la metodología del CEP para su monitoreo y control [Granados, 2003]. En este caso, fueron modificados los límites de control de las variables como largo, espesor y peso, siendo este último en el que se presta mayor atención, ya que es la principal variable de este estudio. Para su control se crearon herramientas visuales e indicadores de evaluación. De forma similar, en otra empresa del sector alimenticio, se realizó un estudio del peso del producto. El Límite Superior de Especificación (LSE) del producto se estableció en 200 g y el Límite Inferior de Especificación (LIE) en 194 g Al realizar el estudio se encontró que el proceso se encontraba fuera de control con una gran variabilidad, ya que se esperaba una media en el peso de 197 g y se encontró una media de 206.8 g al tomar 25 muestras que incluyen 5 paquetes del producto cada uno de ellas. Esta investigación, concluyó que existen causas especiales que provocan tal variabilidad, las que deben ser investigadas y eliminadas [Yazici y Sentürk, 2001]. Otra aplicación similar a las anteriores fue el control de peso en el empaque de producto de pescado en una mediana empresa [Nigel *et al*, 1998], donde la aplicación del CEP fue un éxito debido a que se implementó un sistema relativamente simple, que incluía los gráficos de control, proporcionando buenos resultados como la reducción de rechazos debido al peso del empaque, además de que los registros y las tendencias del peso de cada empaque pudieron mostrarse a los clientes como evidencia de las Buenas prácticas de manufactura.

Un trabajo importante [Fermín *et al*, 2009] fue la aplicación del CEP a procesos multivariados en una planta industrial alimenticia. En el artículo se muestra la metodología utilizada, así como la factibilidad del uso del CEP en procesos multivariantes en tiempo real, para el monitoreo de áreas problemáticas y se demostró el uso del gráfico de control multivariante utilizando el estadístico T^2 -Hotelling. Se demostró que la aplicación del CEP a procesos multivariantes es efectivo para detectar cambios en el proceso de laminación de endospermo de granos de maíz para la fabricación de harina precocida.

Tomando en cuenta las aplicaciones encontradas en la literatura y considerando que la metodología del CEP es efectiva para el control del peso de un producto durante el proceso de elaboración del mismo, se decidió aplicarlo en la agroindustria Xomor, que se dedica a la elaboración y venta de cacahuates y botanas, entre las que se encuentra la barra de cereal. Xomor es una mediana empresa que intenta consolidarse en el mercado interno y explorar nuevos mercados, por lo que pretende exportar algunos de sus productos a los Estados Unidos. Por tal motivo, emprende estrategias que le permitan mejorar cada día, y una de esas estrategias es la mejora de la calidad de sus productos mediante la aplicación de herramientas como el CEP, para estudiar la variabilidad en el peso de la barra de cereal, uno de sus productos con mayor demanda. Se ha detectado que el peso de la barra de cereal ha variado más allá de lo permitido, debido a que la especificación es de 25 ± 2 g y ha variado de 20 g a 29 g Esta situación ha causado pérdidas económicas a la empresa, reclamos, mala imagen, falta de credibilidad así como clientes insatisfechos.

Metodología.

De forma general, los autores consultados coinciden con los siguientes pasos para aplicar el CEP:

- **PREPARACIÓN DE LOS DATOS.**- Se selecciona la variable o atributo a medir, además de determinar el tamaño y la frecuencia de la muestra a analizar. De acuerdo a los especialistas en estadística, es recomendable tomar más de 100 observaciones y agruparlos de 3 a 5 muestras.
- **RECOLECCIÓN DE LOS DATOS.**- Registro de los datos a analizar en formatos apropiados para ello.
- **DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL.**- Para la gráfica de medias y rangos, en cada grupo se calcula su media (\bar{X}) y su rango (R). Posteriormente, para determinar los límites de control, tanto el Límite Inferior de Especificación (LIE) como el Límite Superior de Especificación (LSE), se calcula la media de las medias ($\mu_{\bar{X}}$) así como la media de los rangos (\bar{R}) y la desviación estándar total (σ) de los datos utilizando la media de los rangos (\bar{R}) y una constante (d) que depende del tamaño de cada subgrupo. Para el cálculo de los límites se utilizan 3σ , debido a que bajo condiciones de control estadístico, entre $\mu-3\sigma$ y $\mu+3\sigma$ se encuentra 99.73% de los posibles valores que toma la variable en observación. De esta forma, los límites se calculan de la siguiente manera:

$$LIE = \mu - 3\sigma$$

$$LSE = \mu + 3\sigma$$

- ELABORACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL.- Se dibuja el gráfico de control de prueba para determinar la variabilidad del proceso y descubrir causas atribuibles o no atribuibles.
 - ♦ Si no se descubren causas atribuibles, entonces se adoptan los límites de control como definitivos y se construyen gráficos de control con esos límites.
 - ♦ Si solo hay 2 o 3 puntos fuera de control, estos se eliminan y se recalcula la media y los límites de control, construyéndose un nuevo gráfico de prueba.
 - ♦ Cuando las observaciones no siguen un patrón aleatorio, se hace necesario investigar para descubrirlas y eliminarlas.
 - ♦ Una vez eliminadas las causas atribuibles es necesario registrar nuevas observaciones y volver a calcular los límites de control de prueba, es decir, se inicia desde el principio.
- DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES C_p y C_{p_k} .- Para determinar si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente o no es capaz es necesario calcular los índices C_p y C_{p_k} .

Los pasos descritos anteriormente, fueron aplicados en la empresa Xomor, específicamente en el proceso de elaboración de la barra de cereal, cuya especificación para el peso se ha establecido en 25 g \pm 2 g, como a continuación se explica:

PREPARACIÓN DE LOS DATOS: La barra de cereal ha variado desde 20 g hasta 29 g; llegando a rechazar 1200 Kg aproximadamente por cada lote de 40,000 kg solicitado por el cliente, lo que representa un 3% de producto rechazado. Por tal razón, se ha considerado evaluar la variable peso. Como ya se puntualizó anteriormente, es recomendable tomar más de 100 datos y agruparlos de 3 a 5 observaciones. En este caso, para mayor confiabilidad en la información, se consideró tomar 400 barras de cereal y agruparlas en muestras de 5 barras cada 30 min, en cada lote de producción para garantizar la aleatoriedad.

RECOLECCIÓN DE DATOS: Para reunir la información, se preparó una hoja de recogida de datos, en ese formato se registró el peso de cada barra de cereal al final de la línea de producción y antes de empacarlo en su bolsa de celofán. En la Tabla 2 se muestra la información de las muestras tomadas en un turno de producción. En este mismo formato se calculó la media y el rango de cada subgrupo.

Tabla 2. Registro del peso de barra de cereal en grupos de cinco barras en un turno de producción.

FECHA	HORA	No.	NUM OBSERV.					\bar{X}	R
			1	2	3	4	5		
13/08/2012	08:00	1	24	25	26	24	24	24.6	2.00
13/08/2012	08:30	2	25	26	25	27	26	25.8	2.00
13/08/2012	09:00	3	25	25	24	26	26	25.2	2.00
13/08/2012	09:30	4	26	24	23	25	25	24.6	3.00
13/08/2012	10:00	5	24	24	24	25	26	24.6	2.00
13/08/2012	10:30	6	23	26	26	23	26	24.8	3.00
13/08/2012	11:00	7	21	27	25	27	27	25.4	6.00
13/08/2012	11:30	8	25	25	26	26	26	25.6	1.00
13/08/2012	12:00	9	25	25	26	25	25	25.2	1.00
13/08/2012	12:30	10	26	24	25	26	26	25.4	2.00
13/08/2012	13:00	11	25	25	26	23	26	25	3.00
13/08/2012	13:30	12	26	24	27	24	27	25.6	3.00
13/08/2012	14:00	13	27	26	24	24	26	25.4	3.00
13/08/2012	14:30	14	27	26	26	26	24	25.8	3.00
13/08/2012	15:00	15	26	27	27	25	26	26.2	2.00
13/08/2012	15:30	16	25	26	26	24	27	25.6	3.00
13/08/2012	16:00	17	24	25	25	26	26	25.2	2.00
13/08/2012	16:30	18	24	24	28	25	25	25.2	4.00
13/08/2012	17:00	19	25	26	27	25	26	25.8	2.00
13/08/2012	17:30	20	26	27	24	25	27	25.8	3.00
13/08/2012	18:00	21	21	26	26	26	26	25	5.00

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL: Para la determinación de los límites de control se determinaron las medias de las medias (25.418 g) así como la media de los rangos (3.320 g) y la desviación estándar para el calculo de los límites de control. Los límites de control para la gráfica de medias fueron establecidos en: $LIE=23.503$ g y $LSE=27.332$ g, los límites de control para la gráfica de rangos se establecieron en: $LIE=0$ y $LSE=7.019$ g

Elaboración de los gráficos de control:

Con la información obtenida se elaboraron las gráficas de control de medias y rangos (\bar{X} -R) para determinar si el proceso se encuentra bajo control. La gráfica de medias y rangos se muestran en la Figura quienes fueron obtenidas utilizando el software Minitab.

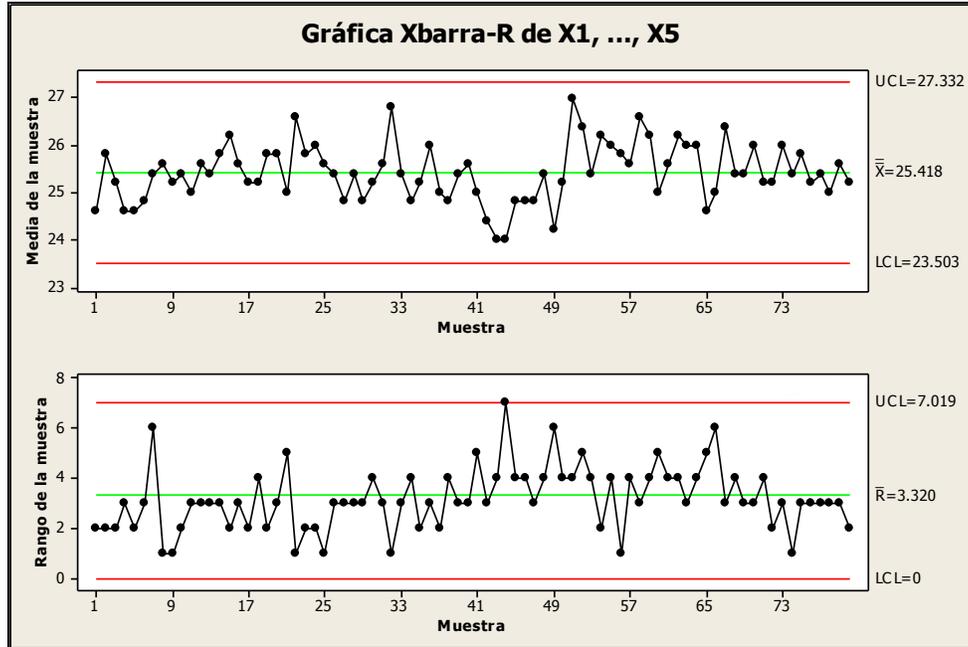


Figura 1: Gráficas de control de \bar{X} -R para el peso de la barra de cereal en XOMOR.

DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES Cp y Cp_k: Con los mismos datos utilizados en los gráficos de control, se determinó el Cp y Cp_k, obteniéndose la información que se muestra en la Figura 2.

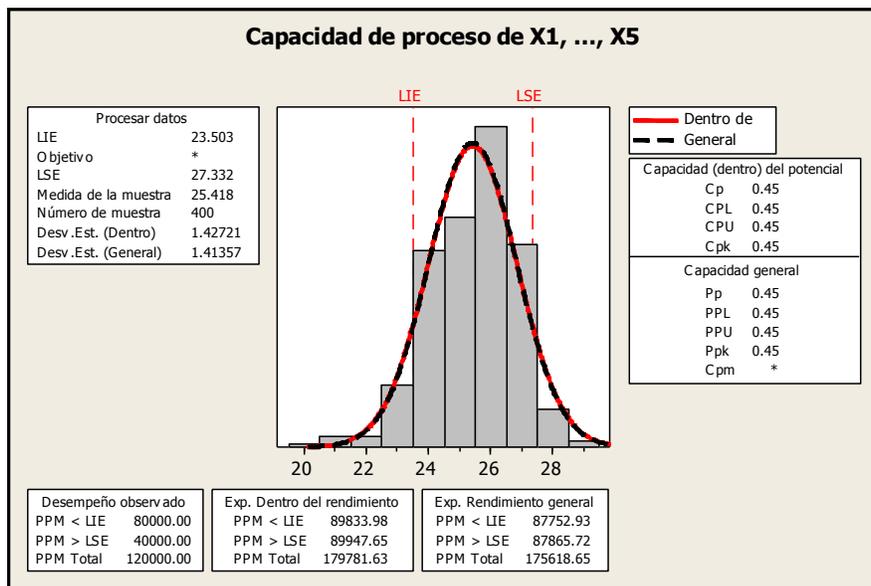


Figura 56. Gráficas de Índices de capacidad del proceso de la barra de cereal en XOMOR.

Resultados y Discusión

Al observar los gráficos de control de \bar{X} -R, se puede notar que, a pesar de que no existen puntos fuera de los límites de control de especificación (LIE y LSE), existen patrones de comportamiento distintos en dichas cartas. En el caso de la gráfica de medias, se observan ciclos en los datos graficados, lo que quiere decir que existen causas especiales o atribuibles que deben investigarse, tales como cambios periódicos en el ambiente, rotación de personal, diferencias en los dispositivos de medición y otros similares. En el caso de la gráfica de medias, se puede observar que existe una gran variabilidad, con puntos cerca de ambos límites de control, lo cual quiere decir que puede haber una mezcla de materiales de calidades distintas. Como no se puede conocer con certeza lo que está generando la variabilidad en el proceso con las gráficas de control, es necesario continuar con el estudio para determinar con exactitud lo que está causando esta problemática.

Con respecto a los índices C_p y C_{p_k} , claramente se observa que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente, si el $C_p < 0.67$ [Juran *et al*, 1992], el proceso no es adecuado para cumplir con las especificaciones de calidad indicadas por el cliente en el diseño inicial del producto, en este caso es menor a ese valor; de ahí la importancia de determinar las causas que originan la variabilidad para mejorar el proceso y ayudar a la empresa en sus intenciones de permanecer en el mercado y exportar a los Estados Unidos.

Conclusiones

En este trabajo se ha mostrado la efectividad del Control Estadístico del proceso para, a través de los gráficos de control, observar la variabilidad que se genera en un proceso y que provoca una calidad deficiente en el producto al no cumplir con las especificaciones solicitadas por el cliente.

Como se pudo observar, en el estudio aquí presentado, un 3% por cada lote de 40 Ton. de barra de cereal elaboradas en la empresa Xomor, se obtienen con una gran variabilidad en su peso final, que se genera por causas atribuibles o especiales y que se deben investigar porque genera problemas de calidad y costos a la empresa.

Agradecimientos

Se agradece a los dueños y administradores así como a los operarios de la empresa Xomor S.A. de C.V. todo el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Se agradece el apoyo económico otorgado por la DGEST a través del ProIFOPEP-2012, para el desarrollo de este proyecto.

Referencias.

1. Crosby Phillip. *Sistema de educación en calidad*. Crosby Associates, Inc. Estados Unidos, 1988.
2. Escalante Edgardo J. *Seis sigma: Metodología y técnicas*. Limusa. México. 2008.
3. Fermín J. Simón, Valdiviezo Martha, Orlandoni Giampaolo, Barreto Simón. *Control estadístico de procesos multivalentes en la industria alimentaria: implementación a través del estadístico T^2 -Hotelling*. Agroalimentaria. Vol. 15, núm. 28. 2009. Pp. 91-105.
4. Granados Mora Dorlé. *Mejoras en el proceso de laminado, para una empresa del ramo de confitería*. Tesis. Escuela de Ingeniería UDLAP. 2003.
5. Gutierrez Pulido Humberto. *Calidad total y productividad*. 3° Edición. McGraw Hill. México, 2010.
6. Juran J.M., Gryna Frank M., Bingham R.S. *Manual de Control de la Calidad*, Editorial Reverté Colombiana, S.A. 1992.
7. Nigel P. Grigg, Jeannette Daly and Marjorie Stewart. *Case Study: the use of statistical process control in fish product packaging*, Elsevier science. Food control. Vol. 9. Núm. 5.1998. Pp. 289-297.
8. Ruíz Falcó Rojas Arturo. *CEP*, Apuntes de clase. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España. 2006.
9. Yazici Berna, Senturk Sevil. *Statistical Process Control And An Application*. Turquia. 2001.

ESTRATEGIAS DE SOCIAL MEDIA PARA LAS MIPYMES Y DISMINUIR LA BRECHA DIGITAL EN TÉRMINOS DE ACCESO Y HABILIDADES DE USO DE TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON EL NUEVO MARKETING.

M. C. Domínguez-Ayala¹, A. Reyna-Ballesteros¹, R. Alvarado-Juárez¹

¹Universidad Internacional(UNINTER)-División de Ingeniería, Ciencias, Arquitectura y Diseño. Pradera No. 80 esq. San Jerónimo, Col. San Jerónimo, Cuernavaca, Morelos, C.P. 62179 – mcdomingueza@gmail.com, mcdominguez@uninter.edu.mx; areyna@uninter.edu.mx; ralvarado@uninter.edu.mx

Área de participación: Gestión de la Mercadotecnia

Resumen – En el presente artículo se describen estrategias de social media y su aplicación en MiPymes para resolver problemas a los que se enfrentan los negocios pequeños que implementan estrategias de este tipo. Se propone el modelo de estrategia Social Media REACTION para MiPymes, el cual involucra dos estrategias importantes: 1) La elaboración del plan de acción en Social Media: al incluir la temática, la forma de comunicación con los clientes, el público al que se va a dirigir y los canales de social media en los que se va a participar. 2) La innovación en estrategias de Marketing y de Web: al propiciar la innovación en las personas, actividades, procesos y darle seguimiento desde su planeación hasta la realización de las siguientes estrategias: a)Social Media, b)Marketing de Compromiso, c)Marketing de Long Tail, d)Realidad Aumentada e)Cómputo en la Nube, f) Participar en Comunidades en Medios Sociales y g) Analítica Web.

Introducción

La revolución informática en la que vivimos ha dado paso a la concepción de nuevos paradigmas que permiten generar información estratégica que ayuda a la toma de decisiones organizacionales y lograr un posicionamiento estratégico en su entorno. Sin embargo, las organizaciones actuales tienen el gran reto de utilizar estrategias de mercadeo adecuado y novedoso, recurriendo al uso de tecnologías para colaborar, crear valor y compartir a todo el mundo.

El uso de las redes sociales, blogs, videos en línea, marketing viral, marketing de compromiso, entre otros pueden ser herramientas adecuadas para llegar directamente al comprador siempre y cuando existan estrategias que orienten y asesoren a los empresarios para entrar en la dinámica de la web 2.0.

Se analizarán algunas estrategias para llegar directamente a los compradores, utilizando distintas herramientas del nuevo marketing, caracterizado por la globalización, cambios tecnológicos acelerados, generando en el cliente percepciones, pensamientos, sentimientos y acciones para relacionarse con la empresa o marca; utilizando publicidad interactiva aportando valor para buscar la implicación del consumidor con la marca, comunicación ubicua, versátil y personalización con los clientes, etc.

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) constituyen la columna vertebral de la economía nacional por su alto impacto en la generación de empleos y en la producción nacional. Sin embargo su permanencia en el mercado es incierto; al no estar involucrados con las nuevas estrategias de marketing, difícilmente logran cubrir las demandas insatisfechas de sus clientes, así como ofrecer un servicio de calidad y una directa comunicación con el cliente.

De lo anterior, surgen algunas preguntas ¿Cómo hacer que las MiPymes logren un mejor posicionamiento con el uso de los medios sociales o social media?, ¿Cómo hacer para integrar diferentes estrategias de marketing y lograr comunicarse con el consumidor (escuchar sus necesidades, entender el porqué y cuando compran los productos y como lo utilizan una vez que lo adquieren)? ¿Cómo lograr que los clientes participen y colaboren con la empresa a través de redes sociales?

Aunado a esto, se propone un modelo de estrategias de social media para MiPymes y difundirlo a través de un portal o sitio web cuyo objetivo es ofrecer a las empresas de forma fácil e integrada, el acceso a una serie de recursos y servicios relacionados con las nuevas estrategias de marketing de social media para elevar la competitividad de las microempresas en Morelos y disminuir la brecha digital en términos de acceso y habilidades de uso de tecnologías relacionadas con el nuevo marketing.

Sección Experimental.

Tomando como base el marketing de compromiso de Pablo Muñoz y José Martí, el marketing de cola larga de Chris Anderson y el fenómeno de participar en comunidades en las redes sociales de Nicholas A. Christakis, se propone el modelo de estrategia Social Media REACTION para MiPymes.

Dicho modelo, involucra dos estrategias importantes: la elaboración del plan de acción en Social Media y la innovación en Estrategias de Marketing y de Web. La siguiente figura 1 representa de manera resumida los componentes que incluye el modelo propuesto.



Figura 1. Modelo de Estrategias Social Media REACTION¹

1.- Elaboración del Plan de Acción en Social Media

Esta estrategia involucra los siguientes aspectos:

- La forma de comunicación que se utilizará en los medios sociales deberá ser personal, cercana y social.
- El contenido de las publicaciones deberá ser de la actividad profesional, información útil, con valor y generar un aprendizaje.
- El cliente tiene prioridad para ser escuchado y atendido.
- Los objetivos a utilizar en el plan de social media, determinando cuáles serán las KPI(*Key Performance Indicator*), por ejemplo: lograr una mejor atención del cliente, ganar número de clientes, fortalecer la marca, etc.
- Determinar límites que ayuden a desempeñar una mejor actividad profesional y a mantener una base de clientes, por ejemplo:
 - No todo es comunicable, la información sobre el negocio que aún no es segura, no deber ser publicada, para no crear falsa expectativas.
 - La falta de información y el exceso de la misma son igualmente perjudiciales.

Para la elaboración del plan de acción se sugiere realizar los siguientes pasos:

- a) Determinar cuál será la temática que se va a tratar en social media.
- b) Indicar la forma de comunicar las cosas, de manera formal, tipo de lenguaje y tono a usar en la publicación de contenidos.

¹ Elaboración propia

- c) Conocer el público al que se va a dirigir para anticipar el contenido que quiere y poder publicarlo antes de que el usuario lo solicite.
- d) Establecer en cuales canales de social media se va a participar. La recomendación es utilizar aquellos donde los clientes están, por ejemplo: *Facebook, Twitter y YouTube*.

2.- Innovación en las Estrategias

En esta sección se debe tener predisposición a cambiar las formas existentes, los conceptos y creencias de la empresa, encontrar el valor añadido a la marca, intuir que cosas se pueden ofrecer además de las que se tienen, e incluir la creatividad para establecer el proceso innovador más adecuado en las estrategias del marketing y de web.

A continuación se enlistan algunas estrategias que tiene cada uno de los elementos que componen el modelo Social Media REACTION:

Estrategias de Social Media

- a) *Autenticidad*: se refiere a comunicarse con los clientes de manera natural, informando la realidad de lo que se quiere comunicar, de tal manera que los seguidores tengan confianza de lo que se escribe, por ejemplo: mostrar a través de historias de personas, situaciones del negocio como mejorar el ambiente o casos de ayuda humanitaria, generar contenido de calidad.
- b) *Integración*: incluir las herramientas de social media que se utilizan en las actividades del negocio. Por ejemplo: Facebook, Twitter, Youtube.
- c) *Participación*: lograr que los clientes y los empleados del negocio, participen en comunidades en línea de manera voluntaria.
- d) *Análisis y Medición*: realizar estudios de cuál es el comportamiento del negocio en las redes sociales y evaluar los tiempos utilizados en los medios sociales, así como los resultados generados con las estrategias utilizadas.

Estrategias de Marketing de Compromiso

- Generar en los clientes vínculos emocionales que los hacen comprometer con la marca y lograr una relación colaborativa.
- Conectar con los consumidores en el momento correcto y en el lugar donde sea más receptivo el mensaje publicitario, sin interrumpir sus actividades.
- Generar escenarios de experiencias y emociones para involucrar y hacer actuar a los clientes en la propuesta de la marca, comprometiendo a los consumidores mediante vías memorables.

Estrategias de Marketing Long Tail

- Ofertar continuamente una gran variedad de productos a través de servicios web, desplazando la demanda de productos hacia la derecha, diversificando y aumentando productos, nichos y grupo de clientes.
- Dar respuesta a todo tipo de segmentos, intereses y nichos de mercado.
- Convertir el consumidor en *prosumer* (productor/consumidor), al involucrarlo a través de opiniones, sugerencias, generación de contenidos y participación voluntaria.

Estrategias de Realidad Aumentada

- Emplear la plataforma *Wikitude* para realizar búsquedas directas del negocio o de puntos de interés para tener acceso a sus datos de contacto.
- Utilizar el navegador de realidad aumentada *Junaio* para el reconocimiento de imágenes y la superposición de objetos digitales en dos o tres dimensiones acerca del negocio.

Estrategias de Cómputo en la nube

- Emplear el servicio de *hosting* para el almacenamiento de datos vía web, con alta disponibilidad y almacenamiento ilimitado.
- Manejar computación distribuida, es decir utilizar recursos remotos agrupados dinámicamente para resolver problemas.
- Recurrir a plataformas web para publicar contenidos que interactúan con otros sitios web y presentar una sola información.

Estrategias para participar en Comunidades en Medios Sociales

- Mantener siempre la atención a las preguntas o consultas individuales, porque en ellas se encuentra una comunidad significativa
- Generar mensajes honestos y transparentes hacia la comunidad, conservando siempre el respeto y la atención a las necesidades de los clientes

Estrategias de Analítica Web

- Emplear la herramienta *Google Analytics* para entender mejor a los visitantes del sitio web del negocio y mejorar su experiencia
- Utilizar *Google insights for Search*, para comparar patrones de volumen de búsqueda a través de determinadas regiones (conocer donde se encuentran sus clientes), categorías (salud, deportes, la película más taquillera de verano), plazos y propiedades (compras de navidad en Morelos).

Para la implementación del modelo se determinaron los siguientes 13 indicadores:

Factor Plan Social Media

1. Objetivos del plan de social media.
2. Marcar límites para un mejor desempeño de la estrategia.
3. Formas de comunicación con los clientes.
4. Selección de la temática en social media.
5. Participación en canales de social media.

Factor Innovación en las estrategias

1. Innovación en las personas, actividades y procesos.
2. Autenticidad, Integración, participación y Análisis en Social Media.
3. Marketing de Compromiso (Muñoz, et. al., 2008).
4. Marketing Long Tail (Anderson, 2006).
5. Participación en comunidades (Christakis, et. al., 2010).
6. Realidad Aumentada.
7. Cómputo en la nube.
8. Analítica Web (Kaushik, 2010).

Para probar la viabilidad del Modelo de Estrategias Social Media REACTION se utilizó:

- El análisis de tres casos (tres MiPymes):
 - La Cafeteria Xoco
 - El Restaurante Casa Tamarindo
 - Cendi Chiquitines
- La Aplicación de los 13 indicadores propuestos a las tres MiPymes
- Implementación de un portal sitio web www.smediapymes.com para la difusión de las estrategias de social media en las MiPymes.

Resultados

Se sugirieron algunas estrategias del Modelo en los tres casos de estudio y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 1. Factor Plan Social Media resumen tres casos

<i>Factor Plan Social Media</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Valoración</i>		
		<i>Casa Tamarindo</i>	<i>Cafetería Xoco</i>	<i>Cendi Chiquitines</i>
Objetivos del plan de social media	0-20	15	10	13
Marcar Límites para un mejor desempeño de la estrategia	0-20	10	5	9
Formas de comunicación con el clientes	0-20	8	5	9
Selección de la temática en social media	0-20	15	15	15
Participación en canales de social media	0-20	10	10	10
Subtotal:	100	58	45	56

Tabla 2. Factor innovación en las estrategias resumen tres casos.

<i>Factor Innovación en las estrategias</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Valoración</i>		
		<i>Casa Tamarindo</i>	<i>Cafetería Xoco</i>	<i>Cendi Chiquitines</i>
Innovación en las personas, actividades, procesos,	0-10	8	5	7
Autenticidad, Integración, participación y Análisis en Social Media	0-10	8	7	7
Marketing de compromiso	0-10	7	5	6
Marketing Long Tail	0-10	8	8	7
Realidad Aumentada	0-10	0	0	0
Cómputo en la nube	0-10	6	5	6
Participación en comunidades	0-10	8	8	8
Analítica Web	0-10	5	5	5
SubTotal:	80	50	43	46

Tabla 3. Resultados Modelo Social REACTION resumen tres casos

Modelo de Estrategia Social Media REACTION	Ponderación	Valoración		
		Casa Tamarindo	Cafeteria Xoco	Cendi Chiquitines
Factor Plan Social Media	100	58	45	56
Factor Innovación en las estrategias	80	50	43	46
Total	180	108	88	102

Conclusiones

Esta investigación, a pesar de que las tres empresas obtuvieron resultados bajos en la ponderación, se logró el objetivo, de contribuir a un mayor conocimiento en las técnicas de marketing, para poder ofrecer a las MiPymes un marco, que les permita conocer y tomar una mejor decisión en este ámbito, incrementar las oportunidades de uso en la web para competir con recursos intangibles (principalmente buenas ideas) y, sobre todo, Influir directamente en las actitudes de los clientes al participar directamente con la empresa.

Es preciso resaltar la actual circunstancia de los negocios, al encontrarse inmersos en un ambiente totalmente dinámico, el internet, la web 2.0 y las herramientas de social media, han generado un público cambiante en sus hábitos de compra, su manera de expresarse, su necesidad de interaccionar y relacionarse con las campañas publicitarias, su demanda a ser escuchado por la empresa, su necesidad de crear y compartir contenidos relacionados con las marcas y de influir en la evolución de ésta o de cualquiera de sus productos.

Dado lo anterior, se sugieren las siguientes recomendaciones dirigidas a las MiPymes que deseen involucrarse en el ambiente de social media.

1. Tener bien definido el plan de social media que se utilizará en la empresa, incluyendo los cuatro pasos que se especificaron en la propuesta del Modelo: Temática a utilizar, forma de comunicación, tipo de público al que se va dirigir y canales de social media en los cuales desea participar.
2. Propiciar la innovación en las personas, actividades, procesos, etc., que se realizan de manera cotidiana en las empresas.
3. Utilizar las estrategias de social media que mejor se adapten al negocio y a las nuevas exigencias experienciales por parte de los clientes.
4. Convertir el consumidor del negocio, en *prosumer* (productor/consumidor), al involucrarlo a través de opiniones, sugerencias, generación de contenidos y participación voluntaria.
5. La aplicación de estrategias que involucran realidad aumentada es relativamente incipiente en la MiPymes, si se busca un factor de

- diferenciación y crear experiencias personalizables, esta puede ser una alternativa.
6. Ofertar continuamente una gran variedad de productos (cola larga) para dar respuesta a todo tipo de segmentos, intereses y nichos de mercado, es decir vender menor cantidad de muchos y diversos productos.
 7. Utilizar el RSS (*Really Simple Syndication*) o también conocido como *Feed*, para monitorizar las relaciones en los medios sociales y recibir actualizaciones de contenido (blogs, noticias, etc.) que son del interés del negocio.
 8. La creciente necesidad de las empresas para capacitarse en nuevas tecnologías, siempre involucra un alto costo, la utilización del sitio www.smediapymes.com facilitará la difusión de información en estos rubros.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado a las tres MiPymes: Restaurante Casa Tamarindo, Cafetería Xoco y Cendi Chiquitines por su participación en la implementación de este modelo en sus negocios.

Referencias

1. Anderson, Chris. *La Economía Long Tail, de los mercados de masas al triunfo de lo minoritario*, Ed. Urano, España, 2006.
2. Burson-Marsteller. *Global Social Media, Check up 2012, 2012*, <http://www.burson-marsteller.com/social/Presentation.aspx>
3. Christakis, Nicholas A, Fowler James H. *Conectados*, Ed. Taurus, México, 2010.
4. *Cocktail Analysis. Observatorio de la redes sociales cuarta oleada, 2012*, <http://tcanalysis.com/blog/posts/las-marcas-empiezan-a-encontrar-limites-en-la-utilizacion-de-las-redes-sociales>
5. Domínguez A. M.C. Tesis Doctoral, Universidad Internacional, 2013
6. Fundación Banesto. *Observatorio sobre el uso de las redes sociales en la PYMES españolas*, 2011, <http://www.slideshare.net/fundacionbanesto/observatorio-sobre-el-uso-de-las-redes-sociales-en-las-pymes-espaolas-9885854>
7. Kaushik, Avisash, *Analítica Web 2.0, el arte de analizar resultados y la ciencia de centrarse en el cliente*, Ed. Gestión 2000, Grupo Planeta, España, 2010
8. Meerman Scott, David. *Las Nuevas Reglas del Marketing*, Ed. Anaya, México, 2010
9. Muñoz, Pablo, Martí, José., *Engagement Marketing, una nueva publicidad para un marketing de compromiso*, Prentice Hall, México, 2008.

EVALUACIÓN VOCACIONAL DE LOS ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN CONTADURÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE IGUALA

M. de los A. Bárcenas Nava, R. Marchán Lázaro, E. Trujillo Beltrán, I.A. Fernández Jaimes y F. Manuel Regino.

¹Instituto Tecnológico de Iguala (ITI) Niño Artillero No.8, Col Juan N. Álvarez, Iguala, Gro. C.P. 40030, México—angeles.barcenas@itiguala.edu.mx; rmarchanl@hotmail.com; elisatru@yahoo.com.mx; Israel_fj@hotmail.com; cpcfermaregis@live.com.mx

Área de participación: Gestión en Mercadotecnia, Administración y Recursos Humanos

Resumen – Podemos señalar que la elección de una carrera está íntimamente ligada a la elección de un estilo de vida y es en esa elección donde la subjetividad debe articularse lo más armoniosamente posible con la realidad.

La vocación reúne el “gusto” por la tarea, la habilidad ó “aptitud” para llevarla a cabo y el sentimiento de la necesidad de dicha actividad para los demás o para la vida, es decir, genera una sensación de “entrega”.

Determinar de manera razonable el número de estudiantes que se inscriben en la Licenciatura en Contaduría del Instituto Tecnológico de Iguala realmente por vocación, es la finalidad de esta investigación la cual será una herramienta de vital importancia para la administración y dirección de nuestro plantel, ya que los resultados obtenidos y las variables empleadas dan una idea clara del potencial con que cuenta nuestra institución.

Como consecuencia de esta investigación se muestra una de las distintas razones del índice de reprobación y deserción que cuenta la Licenciatura en Contaduría, así como el potencial de nuestros estudiantes y egresados para su incorporación en el campo laboral.

Introducción

Todos los trabajos son dignos y más que tener muchos títulos inoperantes es mejor hacer las cosas bien aspirando a la excelencia. Elegir adecuadamente una carrera o una profesión garantiza una buena inserción laboral, buenos ingresos y mayores posibilidades de una realización personal.

La vocación (del latín: vocāre; llamar) es una forma de expresar nuestra personalidad frente al mundo del trabajo, del estudio, y todos los ámbitos, que se manifiesta como disposición "natural" al realizar ciertas actividades y a preferir determinados ambientes y contextos de actividad. Sin embargo, la vocación no es algo innato. Se puede englobar bajo la denominación proyecto de vida.

Mitos y realidades

¿Vocación, elección, decisión? ¿Se hace o se nace? Por ejemplo, es común pensar que existen profesiones que para ejercerlas requieren un talento particular con el que se nace. Sin embargo, aquello que parece innato responde en realidad al capital cultural que el individuo posee y que le permite destacarse en la actividad que realiza. No se nace, se hace.

La vocación como categoría moderna expresa una certeza, un absoluto, que en la vida subjetiva puede descubrirse, vía revelación y/ o hallazgo o por el contrario, la vocación se encuentra a través de un proceso de construcción más o menos racional a lo largo de la vida. Desde autores como Castoriadis, Derrida, Foucault la vocación conlleva la posibilidad de buscar, de explorar, de crear.

La vocación más que una revelación o construcción de algo seguro categórico será una Búsqueda. En este sentido, la metáfora del horizonte es la que mejor representa la dinámica de la vocación como proceso incesante y en cierta medida difícil.

La vocación es un proceso abierto, es algo que se va construyendo a lo largo de la vida, como algo que se mantiene pero también cambia, la vocación sí existe y podemos desarrollarla, reorganizarla.

Papel de los padres en la orientación vocacional

Los padres tienen una influencia decisiva sobre el proyecto de vida de sus hijos. La profesión que ellos mismos ejercen, lo que esperan de sus hijos, sus formas de actuar con ellos y con otras personas, los juicios valorativos o desvalorizantes que expresan, en síntesis, el permanente modelo en acción que presentan a sus hijos, les imponen pautas predominantes para sus preferencias y rechazos. Y lo que es más importante, todo esto influye también en la formación de su personalidad, cuyos aspectos positivos y negativos pondrán en juego al desarrollar su actividad.

Cuando un hijo está deliberando acerca de su futuro es como si los padres tuvieran que volver a definirse. Quizá revivan los momentos en que ellos querían realizar algo que soñaban. La situación parece la misma, pero es distinta porque ese hijo que está tratando es una persona única, que se parece a sus padres pero que tendrá que ser cada vez más ella misma y vivir por sí misma, en una época y lugares distintos en sus circunstancias, con condiciones y personas distintas.

Factores que determinan la vocación

La historia familiar. Tanto las experiencias familiares como la educación recibida en el seno de la familia son fundamentales en la vida de cada individuo y forman sus gustos y preferencias. También las expectativas de los padres influyen en la elección vocacional.

El medio social y cultural. Todas las familias viven en una sociedad que comparte una serie de valores y creencias. En cada tiempo y lugar existen diferentes profesiones que las personas desarrollan. Las necesidades sociales son factores muy importantes para tener en cuenta en la elección vocacional. La imagen y la representación que cada uno tiene de sí mismo. Durante la infancia se va conformando una imagen de sí mismo ejerciendo algunas profesiones.

La historia escolar. Durante la escuela básica y la enseñanza media, cada joven se pone en contacto con distintas áreas de conocimiento determinando cuáles le resultan más atractivos e interesantes.

Fundamento Teórico

OBJETIVO GENERAL

Determinar e identificar el número promedio de estudiantes de contaduría que se encuentran inscritos por vocación y no como una alternativa de las carreras que ofrece el Instituto Tecnológico de Iguala, con el fin de abatir el índice de deserción y reprobación de la carrera de la licenciatura en contaduría.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el número de alumnos que no cuenta con vocación para esta carrera
- Observar que semestre tiene más estudiantes sin vocación profesional
- Determinar si el índice de reprobación se debe a la falta de vocación
- Determinar si el índice de deserción se origina por la falta de vocación
- Canalizar a los alumnos que no cuenten con vocación para estudiar la licenciatura en contaduría con orientadores especialistas a fin de determinar la factibilidad de reencausarlos a la contaduría
- Aplicar una entrevista y un test antes de dar una ficha a los aspirantes de nuevo ingreso a la licenciatura en contaduría con el fin de determinar si se cuenta con la vocación profesional.

MECANISMOS DE INVESTIGACIÓN

Para efectos de ésta investigación sobre la evaluación vocación de los alumnos y para poder determinar lo que genera la falta de ella en los alumnos inscritos en la Licenciatura en Contaduría, se realizó una Investigación de campo en la cual se optó por aplicar como herramienta el cuestionario y una vez aplicado a la muestra determinada se preparó la gráfica 1.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

La población con la que cuenta el Instituto Tecnológico de Iguala en el presente ciclo escolar 2009-2011 es de 1,150 alumnos inscritos, de la cuales 25.5% estudia la carrera de Licenciatura en Contaduría (293 alumnos). El 13.2% pertenece a la carrera de Ingeniería Industrial con (152 alumnos) y el 23.9% (263 alumnos) pertenecen a la carrera de Licenciatura en Informática y a la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales 33.8%, es decir, (389 alumnos), en Ingeniería en Gestión Empresarial el resto de la población.

La población de alumnos tomada en cuenta para esta investigación de la Licenciatura en contaduría, se seleccionó a partir del semestre Enero – Junio de 2011, es importante aclarar que en el semestre enero –Junio no hubo inscripciones al primer semestre. Por lo tanto se iniciará a partir del cuarto semestre el cual cuenta con 97 alumnos, el sexto semestre se inscribieron 90 alumnos, el octavo semestre 91, el décimo semestre cuenta con 12 alumnos, el doceavo semestre cuenta con 2 alumnos, el décimo cuarto semestre se inscribió 1 alumno.

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población, es decir un subconjunto de los elementos que pertenecen a ese conjunto definido anteriormente en sus características al que llamamos población.

La precisión de dichos estimados depende del error en el muestreo, que es posible calcular, pues hay errores que dependen de la medición y estos errores no se calculan probabilísticamente.

El tamaño de la muestra se determinó utilizando el método aleatorio estratificado, ocupando como herramienta computacional a la hoja de cálculo de Excel.

Dicho método nos permite calcular el tamaño de la muestra que es de 147 alumnos a encuestar, del tamaño de la población que son 293 alumnos, diseminados en los semestres anteriormente descritos de la carrera de Licenciatura en Contaduría.

También definiremos el error estándar (probabilidad) y el nivel de significancia o margen de error, así como el nivel de confianza. Se trabajará bajo un nivel de confianza del 95% y 5% de error respectivamente. Calculamos el tamaño de la muestra con la fórmula estadística de Chao, que se describe a continuación:

Fórmula estadística de Chao.

$$n = \frac{N}{1 + N(E)^2}$$

N = Tamaño de la población.

n = Tamaño de la muestra.

E = Nivel de significancia o margen de error.

IC = Índice de confiabilidad (Margen de confiabilidad).

IC = 100 – E

Una vez determinado lo anterior se procedió a aplicar la encuesta por semestre a los alumnos, con un instrumento de evaluación diseñado para este caso, como fue el cuestionario.

Resultados y Discusión

RESPUESTA DE LA ENCUESTA APLICADA

1.- La secundaria donde estudiaste se impartían talleres técnicos

Si	No
SI	76.92%
NO	23.08%

Análisis: Esta respuesta nos sirvió para determinar si al cursar sus estudios de secundaria cursaron algún taller específico que pudiera orientarlos sobre su vocación.

2.- En caso de la respuesta sea positiva que taller llevabas

Nombre del taller _____

Computación	15.38%
Dibujo Técnico	8.28%
Secretariado	16.57%
Contabilidad	5.33%
Cocina	6.51%
Electricidad	4.14%
Electrónica	4.14%
Corte y confección	6.51%
Otras	10.06%

Análisis: Estas respuestas nos muestran que de los alumnos encuestados solo el 5.33 % curso un taller relacionado con la carrera que están estudiando y que pudo ser donde descubrieron su vocación.

3.- En tu bachillerato que estudiaste ofertaban especialidades técnicas

Si _____ No _____

SI	81.07%
NO	18.93%

Análisis: Esta respuesta nos sirvió para identificar si cursaron sus estudios en un bachillerato técnico o en una preparatoria.

4.- En caso de la respuesta sea positiva que especialidad llevabas

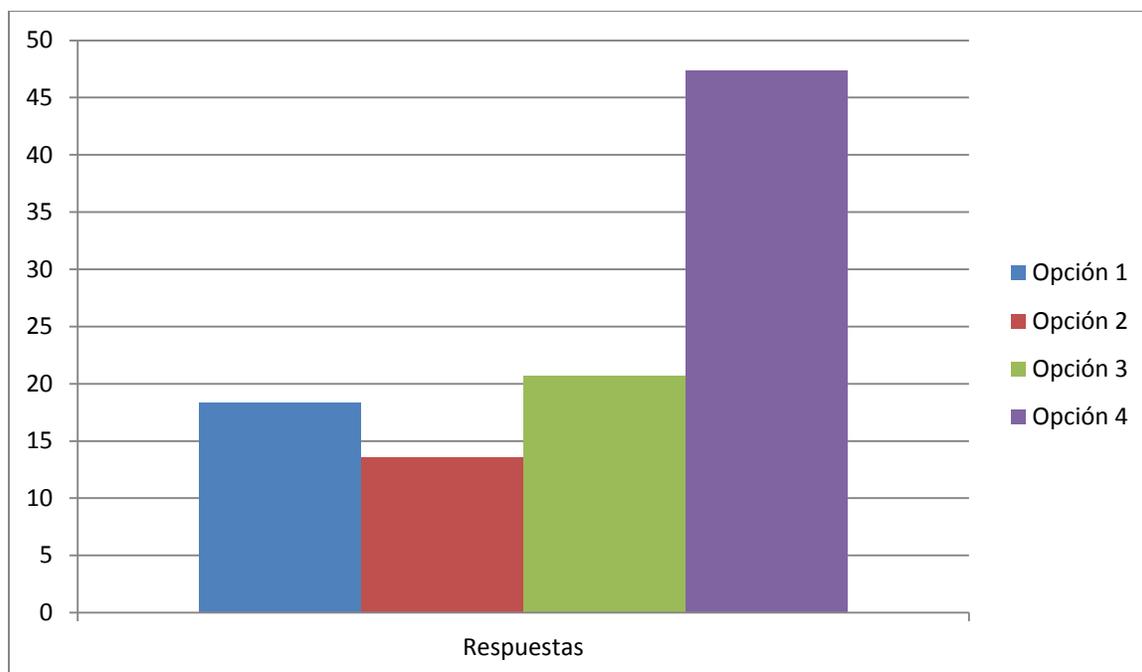
Nombre de la especialidad _____

Contabilidad	49.70%
Informática	13.61%
Administración	7.69%
Técnico en Laboratorio	3.55%
Pedagogía	2.96%
Otras	3.55%
NO	18.93%

Análisis: Esta respuesta nos sirvió para determinar si al cursar sus estudios de bachillerato tomaron la especialidad que pudiera orientarlos sobre su vocación, como podemos ver este es un porcentaje mucho más alto que el de secundaria, pero se puede observar que el 18.93 % no llevo ninguna especialidad que pudiera orientarlo respecto a su vocación profesional.

5.- ¿Porqué decidiste estudiar esta carrera?

1.- Por sugerencia de mis padres	18.34%
2.- Por sugerencia de familiares y amigos	13.61%
3.- Porque no había otra opción en el tecnológico	20.71%
4.- Porque realmente es la carrera que me gusta	47.34%



Gráfica 1.

Del total de la muestra se encontró que el porcentaje de 47.34% considera que sí tiene vocación para cursar la carrera de Contador Público, 20.71% consideran que no había otra opción de acuerdo a sus intereses en este plantel, 18.34% indica que se decidió a estudiar la carrera por sugerencia de sus padres y el 13.61% por sugerencia de familiares y amigos.

Conclusiones

Podemos señalar que uno de los mayores problemas en el ámbito educativo hoy en día es la falta de seguridad vocacional, entendida como el nivel de decisión que muestran los individuos al realizar una elección para desarrollarse profesionalmente.

El problema se agrava en el momento que los y las jóvenes eligen una profesión, ya que no reciben la asesoría ni orientación adecuada esto se debe a que no están disponibles los conocimientos e instrumentos válidos y confiables, útiles en

la orientación de los alumnos que ingresan a universidades o instituciones de nivel superior; por lo que el conocer el campo de acción o perfil de egreso de las carreras, debe dar un panorama al estudiante si la carrera que eligió cumple con las expectativas para un mejor desempeño en el campo laboral.

Cada institución debe seleccionar su curso de acción y adoptar diversas medidas para luchar contra la deserción: Por ejemplo, pueden proporcionar asesoramiento académico más eficaz en la etapa temprana de la carrera, o tratar de integrar las actividades de las dependencias dedicadas a la admisión, asesoramiento, orientación y servicios estudiantiles, para facilitar la transición del colegio de nivel educativo medio a la universidad. Como se demuestra en los resultados que arrojaron las encuestas aplicadas para este fin. La gran influencia que se da en los jóvenes por su amigos o por complacencia de los padres da como resultado una mal elección de estudiar una carrera y por lo tanto un fracaso en la culminación de esta.

Agradecimientos

A las Autoridades del Instituto Tecnológico de Iguala por habernos apoyado en el desarrollo y conclusión de esta investigación, a los estudiantes participantes por la seriedad y responsabilidad al contestar la encuesta y a los compañeros maestros por su tiempo y dedicación y a todos aquellos que en forma directa o indirecta nos apoyaron.

Referencias

1. ACOSTA Silva, Adrián, En la cuerda floja. Riesgo e incertidumbre en las políticas de educación superior en el foxismo, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, enero – abril 2002, vol. 7, núm. 14, pp. 107-132.
2. ACOSTA Silva, Alberto, *Estado, políticas y universidades en una período de transición*, Universidad de Guadalajara/Fondo de Cultura Económica, México, 2000.
3. ALTBACH, Philip, *Educación superior privada*, UNAM, Centro de estudios sobre la
4. universidad, M.A. Porrúa, México, 2002.
5. ANUIES, *La universidad mexicana en el umbral del siglo XXI, visiones y proyecciones*, Colección Biblioteca de la Educación Superior, ANUIES, México, 1998.
6. BARBA Álvarez, Antonio y Luis Montaña Hirose (coord.), *Universidad, organización y sociedad: arreglos y controversias*. UAM/M.A. Porrúa, México, 2001.
7. CASANOVA Cardiel, Hugo y Roberto Rodríguez Gómez (Coord.), *Universidad*
8. *Contemporánea: política y gobierno*. Centro de Estudios sobre la Universidad,
9. UNAM/Porrúa, México, 1999.

10. CHAO Stephen, 1968, 20^a.Edición.
11. CLARK, Burton R., *Creando universidades innovadoras: estrategias organizacionales para la transformación*, Coordinación de humanidades, UNAM/M.A. Porrúa, México, 2000.
12. <http://www.sie.es/crl/vocacion.htm>
13. <http://www.itiguala.edu.mx>
14. <http://www.sep.gob.mx>
15. http://www.mb.com.mx/contento/?name=ov_adolescVocacion
16. http://educacion.123.cl/especiales/paa_02/Orientacion_vocacional.htm
17. http://www.ibi.herrera.unt.edu.ar/ing_biomedica/Novedades/Or_Vocacional/hoja1.htm
18. <http://www.mi-carrera.com/Distinguirvocacion.html>

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MICROEMPRESAS **Una aproximación entre el sector formal e informal.**

Sergio A. Chavarria Puga

*Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ) – Calzada Tecnológico No.27, Col. Centro,
Zacatepec, Morelos, México- sergioachavarria@yahoo.com.mx*

Área de participación: *Gestión de Mercadotecnia, Administración y Recursos Humanos.*

Resumen – La importancia de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) radica en la cantidad de establecimientos que existen en México. Este tipo de unidades económicas han proporcionado una de las mejores alternativas para la independencia económica y para generar en gran medida el empleo tanto formal como informal; estas empresas representan una importante oportunidad, a través de la cual los grupos sociales en desventaja económica han podido iniciar un negocio, tener una forma de vida y consolidarse por méritos propios.

Introducción.

En el ámbito empresarial, principalmente en el sector de los micro negocios, las sociedades urbanas se encuentran fragmentadas en dos sectores: *formal e informal*. El sector formal involucra a todas aquellas actividades que concentran la fuerza laboral en la estructura económica integrada por diferentes unidades económicas de producción de bienes y servicios (industria, servicios, comercio, construcción y agricultura), cumplen con las normas establecidas por el Estado en materia laboral, fiscal y legal, con el fin de regular las relaciones de producción y empleo. El sector informal, por otra parte, presenta las mismas características que el sector formal, diferenciándose de éste por el hecho de realizarse dentro de un ambiente oficialmente no regulado.

Las microempresas conforman una red de negocios hasta cierto punto compleja, pero que son una realidad en nuestro país; y operan, tanto en el comercio formal como en el informal y de ahí se desprende toda la red de negocios que se convierten en microempresas que son la forma de vida de millones de personas y que no tienen ningún registro formal dentro del ámbito empresarial, tampoco se apegan a ninguna regulación laboral, fiscal o legal; se dedican a la producción de bienes o a la prestación de servicios crean la mayor parte de empleos en el país y generan riqueza; ya sea que estén o no dentro de la formalidad.

Existen 20 millones de microempresas en el país, casi el 50% del total de empresas que hay en México. El 29.2% de la Población Económicamente Activa (PEA) se desempeña dentro del sector informal; mientras que el 60% de mexicanos se encuentran en condición de informalidad laboral. Es decir, miles de personas realizan trabajo no protegido, en unidades económicas formales; tanto públicas como privadas.

Situación Actual de las Microempresas.

Sector Formal.

Las sociedades urbanas se encuentran fragmentadas en dos sectores: *formal e informal*. El sector formal involucra a todas aquellas actividades que concentran la fuerza laboral a la estructura económica integrada por diferentes unidades económicas de producción de bienes y servicios (industria, servicios, comercio y construcción) y cumplen con las normas establecidas por el Estado en materia laboral, fiscal y legal, con el fin de regular las relaciones de producción y empleo.

El *comercio formal* se entiende como todas aquellas empresas establecidas en un local con una superficie de hasta 200 m² en promedio, con un domicilio fijo y plenamente identificado y que atienden todas sus obligaciones fiscales, laborales y legales.

Comprende los *establecimientos fijos*. Es decir, unidades económicas que tienen una sola ubicación física, asentada en un lugar de manera permanente y delimitada por construcciones e instalaciones fijas, para realizar alguna actividad económica. En este tipo de establecimiento están comprendidas las viviendas cuando en algún espacio de la casa-habitación se realiza alguna actividad económica.

También, se encuentran los *establecimientos semifijos*, que están enclavados en el suelo, y que permanecen de día y de noche en el mismo sitio aunque sus instalaciones sean frágiles o rústicas. De la misma manera aquellas instalaciones que aún cuando no estén enclavadas al suelo no pueden ser movidas de donde están; pueden tener carácter temporal o estacional, siempre y cuando permanezcan activas durante un periodo de por lo menos tres meses consecutivos.

La Tabla I muestra los establecimientos fijos y semifijos constituidos por la población económicamente activa de acuerdo al tipo de unidad económica (MiPyMEs), mismas que están dentro de la economía formal y atienden todas sus obligaciones tanto fiscales como laborales y legales relativas a la constitución propia de cada negocio.

Tabla I. Población Económicamente Activa (PEA) por Unidad Económica

Unidad Económica	Población	Porcentaje
Microempresas	20 millones	49.2
Pequeñas Empresas	7.1 millones	17.6
Medianas Empresas	4.7 millones	11.5
Grandes Empresas	4 millones	9.8
Otras Unidades Económicas	4.8 millones	11.9

Elaborado a partir de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo ENOE tercer trimestre 2012.

Fuente: INEGI.

La Tabla II muestra la población que esta en edad de tener un empleo remunerado o no remunerado, de acuerdo a la condición de empleo a partir de la población total del país. Así, puede observarse la población total de 14 años y más

que esta en condición de trabajar; y a partir de ésta se encuentra la PEA con el 59% de la población total en edad de trabajar; asimismo, puede observarse la población empleada (94%) y desempleada (5%); además, se observa la PNEA con el 17.5% de personas que no trabajan, pero que buscan empleo, mientras que el 82.5% de esta población implica buscar y no buscar empleo.

Tabla II. Población Según su Condición de Actividad.

Indicador	Nacional 2012	Porcentaje
Población Total	115,296,767	
Población 14 años y más	85,777,703	100
Población económicamente activa (PEA)	51,378,927	59.9
Ocupada	48,732,252	94.8
Desocupada	2,646,675	5.2
Población no económicamente activa (PNEA)	34,398,776	40.1
Disponible	6,024,387	17.5
No Disponible	28,374,389	82.5

Elaborado a partir de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo ENOE tercer trimestre 2012.

Fuente: INEGI.

Sector Informal.

Presenta las mismas características que el sector formal, diferenciándose de éste por el hecho de realizarse dentro de un ambiente oficialmente no regulado. El *comercio informal* esta constituido por todos aquellos negocios que no se encuentran establecidos en un local y por lo tanto no están completamente identificados por un domicilio fijo y no se apegan a ninguna regulación laboral, fiscal o legal. Por lo regular las personas que desempeñan sus actividades laborales dentro de esta actividad comercial son consideradas por las autoridades como comerciantes, forman parte de la PEA y no se consideran desempleados; sino, microempresarios. Funcionan en pequeñas escalas, con una organización rudimentaria en la que hay muy poca o ninguna diferencia entre el trabajo y el capital como factores de producción. Las relaciones de empleo se basan en el empleo ocasional, el parentesco o las relaciones personales y sociales.

El sector informal esta constituido por todas aquellas actividades económicas de mercado que operan a partir de los recursos del hogar, pero sin constituirse como empresa.

El concepto ampliado de la informalidad adoptado por INEGI de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), incluye ya no solo el empleo de unidades económicas no registradas en donde el negocio y la persona son lo mismo y que se conoce como Sector Informal categorizado, entre otros como: comercio ambulante, otros servicios ofrecidos en la vía pública, empresas caseras, artesanales, tianguis, ferias, etc., sino que ahora incorpora también a todo el trabajo no registrado ante la seguridad social, esté o no operando en unidades económicas típicas del Sector Informal.

Existen 14.2 millones de personas que trabajan en el sector informal, lo cual representa el 29.2% del total de la PEA. Por otra parte, 48.7 millones de mexicanos se encuentran en la informalidad laboral, lo cual equivale al 60%

Significa entonces que hay miles de personas que se desempeñan en trabajo no protegido; sin seguridad social en actividades como la agropecuaria, el servicio doméstico remunerado, así como los trabajadores subordinados que trabajan para unidades económicas formales, tanto públicas como privadas, pero que no están registrados ante el seguro social.

Gran parte de la población mexicana económicamente activa se encuentra inmersa en el sector informal. Mismo que ha crecido de manera importante en los últimos años.

El sector informal ocupa un lugar importante en la economía del país; se originan una amplia diversidad de microempresas en la informalidad como una forma de subsistencia y posteriormente como una forma de vida de miles y millones de personas cuyo propósito es tener un empleo o una forma de trabajo. Por ello, este sector contribuye de manera importante en la economía creando fuentes de ocupación patronal y fuentes de empleo laboral.

Por otra parte, es conveniente decir; gran parte del comercio informal se encuentra localizado en establecimientos semifijos e incluso fijos, bajo las mismas características de conceptualización del comercio formal.

Asimismo, también existen miles de negocios registrados ante el la Secretaría de Hacienda y pagando puntualmente sus impuestos correspondientes, pero sus trabajadores carecen de las prestaciones de ley; entonces hay trabajadores informales en empresas formales, pero hasta que punto se puede hablar de formalidad o considerarse un negocio bajo estas características como formal, aún cumpliendo con sus obligaciones fiscales.

El diferenciar las actividades formales e informales en la economía puede ser de utilidad, pero el establecer una división estricta entre ellas resulta sin lugar a duda inconveniente, ya que una se sostiene de la otra, se complementan y una es consecuencia de la otra. Es decir, el comercio informal se sostiene del comercio formal, ambos se complementan y la informalidad es consecuencia de la formalidad. Además, el sector informal se encuentra bajo la permisibilidad del gobierno, ya que aún cuando no tenga registros legales, tiene aportaciones a la economía del país, creando empleo, invirtiendo capital en la creación de micro negocios, crea sustentabilidad y propicia bienestar social a miles de familias, con los ingresos obtenidos contribuyen al consumo de bienes y servicios de empresas del sector formal e incluso contribuyen también con ahorro. Además, de utilizar servicios del sector público.

Sin embargo, no se debe confundir con otros tipos de micro negocios que conforman la economía subterránea y que son considerados como actividades ilícitas, no así el comercio informal.

Desde el punto de vista económico, el sector informal tiene características tales como: utilización de tecnología rudimentaria, poco capital disponible, sin acceso a financiamiento, mano de obra poco o no calificada, bajo nivel de práctica administrativa y productiva, baja remuneración, poca o nula distinción entre capital y trabajo, propiedad familiar, no contabilización en el PIB. Sin embargo, las personas que se encuentran dentro de la informalidad son individuos que forman parte de la Población Económicamente Activa (PEA) y que no se consideran desempleados.

Por otro lado, desde la perspectiva jurídica, se encuentran individuos y negocios que no cumplen con las normas establecidas por el Estado. De hecho, así es como se conoce la economía informal.

Sin embargo, no debe confundirse la falta de cumplimiento de la normatividad establecida por el gobierno, dado que las condiciones que enfrentan no lo permiten; con actividades ilegales realizadas por individuos que buscan obtener ganancias extraordinarias. La economía informal es aquella parte de la *economía subterránea* que adquiere legitimidad debido al alto costo de las leyes gubernamentales y sus regulaciones.

Para el Centro de Estudios Económicos del Sector Privado (CEESP), la *economía subterránea* se refiere a un concepto bruto, es decir, comprende el conjunto de actividades legales e ilegales, cuyo registro escapa de las regulaciones fiscales y laborales; mientras que la economía informal abarca exclusivamente las actividades lícitas y que igualmente no son registradas, o lo son parcialmente, en las cuentas nacionales y el sistema fiscal. Ambas tienen la característica común de escapar total o parcialmente de las normas del Estado.

La economía informal esta constituida por todas aquellas actividades económicas no criminales, pero que tampoco, están totalmente reguladas por el gobierno. Mientras que las actividades ilícitas fuera del sector informal, pero que son parte de la de la economía subterránea son aquellas tales como: el contrabando, la piratería, la prostitución, el tráfico de drogas, tabaco y alcohol, juegos ilegales, entre otras.

Dentro del contexto de los micro negocios, quienes forman el comercio informal son la gente pobre que ha encontrado en la informalidad una condición de subsistencia y de ocupación. Sin embargo, cabe aclarar que no todas las personas que se encuentran dentro del sector informal son personas de escasos recursos económicos, sino también, personas que en la informalidad han encontrado un medio de incrementar su calidad de vida.

Por lo regular el comercio informal se ubica en negocios móviles, negocios ambulantes, puestos callejeros, entre otros.

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Micro Negocios (ENAMIN) Elaborado por INEGI, considera como micro negocios sin local a los siguientes:

- Micro negocios en vehículo con o sin motor.
- Puestos improvisados en la vía pública.
- Puestos fijos en la vía pública.
- Puestos improvisados en un mercado en tianguis al aire libre.
- Puestos semifijos en un tianguis.
- Ambulantes de casa en casa o en la calle.
- Micro negocios cuyas actividades se realizan en el domicilio de los clientes.
- Micro negocios en su domicilio con una instalación especial.
- Micro negocios en su domicilio sin una instalación especial.
- Otro lugar (sin local).

La deficiente administración pública, la corrupción, la falta de programas idóneos orientados a la formación, desarrollo y fortalecimiento de las microempresas, la falta de fuentes de financiamiento que apoyen de manera

importante al sector microempresarial, la falta de un discurso político *ad hoc* a la problemática, la cual implica desempleo, falta de oportunidades de inversión, burocracia, entre otros, han propiciado un crecimiento desordenado en los diferentes sectores productivos del país y peor aún pobreza. México es un país de pobres y ante la falta de oportunidades de empleo para subsistir millones de mexicanos se ven obligados auto emplearse en la informalidad.

Conclusiones.

El comercio informal ha sido una constante en la economía mexicana. El crecimiento que ha tenido en los últimos años, es debido a las insuficiencias del actual modelo de desarrollo económico, el cual implica desempleo, falta de oportunidades de inversión de manera lícita, la burocracia o exceso de trámites para abrir una unidad económica en términos legales principalmente.

Es bien conocido por todos que el sector informal es un factor dañino a la economía pues estimula la evasión de impuestos, la competencia desleal a los negocios formalmente establecidos, propicia corrupción e incluso delincuencia. Sin embargo, representa también, una salida que han encontrado millones de mexicanos como un medio de subsistencia y sostenimiento para sus familias, ante la falta de empleos en el sector formal de la economía.

El sector informal ocupa un lugar importante en la economía del país; se crea una amplia diversidad de microempresas en la informalidad como una forma de subsistencia y posteriormente como una forma de vida de miles y millones de personas cuyo propósito es tener un empleo o una forma de trabajo. Por ello, este sector contribuye de manera importante en la economía creando fuentes de ocupación o de empleo.

Lo cierto es que gran parte de la población mexicana económicamente activa se encuentra inmersa en el sector informal.

Referencias:

1. J. Rodríguez; *Administración de pequeñas y medianas empresas*, Ed.; CENAGE Learning, México, 2010.
2. A. Morales; *Pymes*, Ed.; GASCA sicco, México, 2006.
3. J. C. González; *Viva la Microempresa*, Ed.; JC, México, 2009.
4. L. J. Fillion; L. Cisneros; J. H. Mejía; *Administración de Pymes*, Ed.; Pearson, México, 2011.
5. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo ENOE tercer trimestre 2012. INEGI.
6. Censos económicos de 1999. "Micro, pequeña, mediana y gran empresa. en INEGI, México.
7. Estratificación de los establecimientos, INEGI, México, 1999.
8. Perspectiva Estadística de Morelos 2011. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011
9. Diccionario de la Real Academia Española. Vigésima segunda edición. España, 2001.

CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA DOCENTE, UNA NECESIDAD URGENTE PARA LA INCORPORACIÓN DE LAS TIC'S EN ESCUELAS PRIMARIAS.

I. Patiño-Galvan¹, M. Verduzco-Rodríguez²

¹ISC-TESE, Av. Tecnológico s/n, Col. Valle de Anáhuac, CP 55210, (55)50002300, ispa_ga@hotmail.com, martinverduzco@yahoo.com.mx

Área de participación: Objetos de Aprendizaje y TIC's Aplicadas a la Enseñanza de la Ingeniería

Resumen – El factor educativo es un punto estratégico para cualquier país, ya que este influye directamente en el desarrollo y crecimiento de un país. En México no es la excepción, por lo que se deben implementar apoyos de diversos tipos para impulsar y elevar los niveles educativos de la población, entre ellos el apoyo de tecnologías de información, que colaboren en la mejora continua de esta, en especial capacitar a los docentes ya que son el principal instrumento de la divulgación del conocimiento ya sea administrativo y docente frente al alumno.

Abstract. The educational factor is a strategic point for any country, since this one influences directly the development and growth of a country. In Mexico it is not the exception, by what there must be implemented supports of diverse types to stimulate and to raise the educational levels of the citizen, between them the support of technologies of information, which collaborate in the improvement continues of this, especially to training the teachers since they are the principal instrument of the spreading of the knowledge already be administrative and educational in front to the pupil.

Introducción

El aspecto educativo es uno de los principales factores que todo país debe de contemplar como estratégico para desarrollarse y crecer como un país competitivo, ya que el hacerlo tiene muchas aristas de beneficio, por citar un ejemplo, el incrementar los apoyos a la educación con el objetivo de elevar la calidad educativa y acceso a esta, proporciona mejores oportunidades de desarrollo para su población, ciudadanos mejor preparados y con diferentes perspectivas.

Para ello se deben de orientar los esfuerzos por impulsar la educación de una manera integral y realizando las investigaciones académicas que garanticen un mejor aprovechamiento de los recursos.

En el presente artículo el objetivo es evidenciar que en base a las investigaciones realizadas y a los resultados obtenidos de la misma, se requiere de analizar todo el ambiente que rodea a la educación en particular la capacitación de los profesores, los cuales son el principal instrumento de divulgación del conocimiento para con el alumno, adicional a ello orientar dicha capacitación para asegurar la

incorporación de tecnologías de la información como apoyo al sector educativo, ya que si se capacita al personal se podrán realizar una retroalimentación para mejorar y aportar ideas sobre la utilización y continuidad de dichas tecnologías.

El no hacerlo propicia que no se utilicen adecuadamente las tecnologías y por ende se trunque la retroalimentación que debe existir para la mejora de estas, adiciona a ello el no explotar al máximo las tecnologías como apoyo al sector educativo, al largo plazo resulta una inversión poco provechosa y al no dar un seguimiento se pierde el verdadero objetivo de la utilización de las tecnologías.

Metodologías

La metodología de la investigación ofrece los métodos y procedimientos para realizar la actividad científico-investigativa con calidad. Los métodos son el acceso a las fuentes, de ahí la importancia de su selección y utilización. En el caso de esta investigación se distinguen los siguientes: Métodos de investigación:

El Método Sistémico estructural funcional, del cual Fernández, Nares y García (2008), indican lo siguiente, sistémico estructural funcional. Se emplea en las tesis que presentan estructuras que conforman sistemas.

Su acción se evidencia en la interrelación de las ideas, la conexión de los conceptos, los sistemas de recomendaciones y unido al modelado en modelos, metodologías y estrategias. Por lo tanto en esta investigación se hará uso del Método Sistémico estructural funcional. Se estudiará cada una de las partes administrativas y operativas que integran a las escuelas (estructura, manuales de organización y procedimientos), y su relación entre ellos.

Se incluye el Método Inductivo del cual indica Castillo (2010). Es el razonamiento, que partiendo del conocimiento de los caracteres necesarios o de la conexión necesaria de parte de los objetos de una clase, se infiere una conclusión universal acerca de los objetos de esa clase.

De lo anterior en esta investigación se parte del estudio de las diversas áreas administrativas de una muestra de escuelas primarias públicas y a partir de ello se analicen los datos que sirvan como referencia en otras escuelas del estado de México.

Comparativo de metodologías tecnológicas para el desarrollo.

Dada la naturaleza de la investigación la metodología empleada en esta es orientada a objetos y ciclo de vida orientado a objetos. A continuación se muestra en el cuadro 1, un comparativo entre las distintas metodologías.

Cuadro 1. Comparativo entre metodologías.

Metodologías generales	Ventajas	Desventajas
Metodología Estructurada	Se descompone en pequeños módulos individuales	No se puede reutilizar el código
	Es más fácil resolver problemas pequeños	Es complejo conforme aumenta el número de módulos
	División de procesos según su complejidad	
Metodología Orientada a Objetos	Arma módulos basados en componentes	Es complejo conforme aumenta el número de objetos
	Cada componente es independiente a otro	
	El código es reutilizable por otro proceso	
	Fácil de mantener	
	División de procesos según su complejidad	

Fuente: Dante (2006), Cuadro comparativo de metodologías de la programación. Implementación y debugging Zigzag, Chile. Pág. 20

Porque se selecciona la metodología orientada a objetos. Comenta Dante (2006), que la metodología orientada a objetos, arma módulos basados en componentes, es decir cada componente es independiente del otro, esto permite que el código sea reutilizable.

Derivado de lo anterior se crearan diversos bloques para poder desarrollar el sistema ligados entre ellos (retroalimentación) de ellos, además de separar las tareas de cada uno de ellos dependiendo del objetivo o función de cada módulo se podrán compartir funciones entre ellos. De igual la presente esta investigación comparte la metodología del ciclo de vida orientado a objetos, según el cuadro 2.

Cuadro 2. Comparativo entre las distintas metodologías

Metodologías detalladas	Ventajas	Desventajas
Ciclo de vida lineal	Se descompone la actividad global en etapas separadas que son realizadas de manera global	No acepta retroalimentación entre etapas del proceso
	Fácil dividir las tareas y prever tiempos	Es muy costoso retomar una etapa anterior al detectar una falla
	Sencillez de su gestión y administración	

Continúa cuadro 2.

Ciclo de vida en cascada puro	Admite iteraciones	Modelo rígido, poco flexible
	Tiene una planificación sencilla	Existen muchas restricciones para su aplicación
	no se requiere personal altamente calificado	si se han cometido errores y no se detectan en la etapa siguiente es costoso y difícil regresar a resolver el problema
		Los resultados no se pueden visualizar hasta que no se está en la etapa final
Ciclo de vida orientado a objetos	Cada funcionalidad solicitada por el usuario es considerada como un objeto	Es costo en tiempo en cada desarrollo, dependiendo de la magnitud del proyecto.
	Es un modelo flexible	
	Soporta de mejor manera la incertidumbre de los requerimientos de los usuarios	Se requiere de personal con conocimiento
	Favorece la reducción de la complejidad del problema, y permite la mejora continua del proyecto	
	Se puede utilizar en cualquier tipo de lenguaje	
	Es un modelo versátil	

Finaliza cuadro 2.

Fuente: Dante (2006), Cuadro comparativo de metodologías de la programación. Implementación y debugging Zigzag, Chile. Pág. 21 – 34

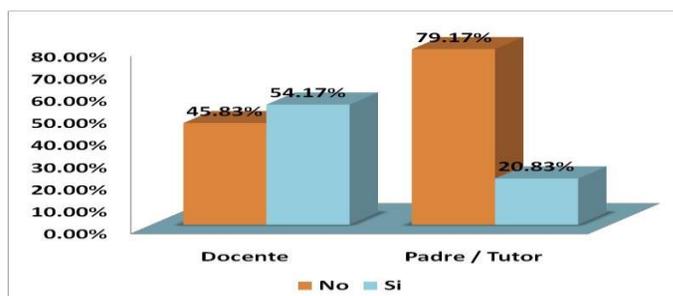
Resultados y Discusión

Se describen a continuación algunos resultados de la investigación realizada. Cabe señalar que estos se obtuvieron derivados de la aplicación de un instrumento (encuestas), dirigido a docentes y padres de familia de escuelas primarias públicas del municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.

Actualización Educativa. Se observa un déficit del 45.83 % en relación la toma de cursos de computación del personal docente, lo que representa un factor relevante para la incorporación satisfactoria de tecnologías de información, para la administración de información escolar. Por otro lado, a pesar de que el restante 54.17% del personal docente ha tomado cursos, solo el 20.83% lo ha tomado en los últimos 6 años, según la gráfica 1. De la muestra seleccionada de docentes solo el 20% ha tomado cursos de computación los últimos 6 años, Y en el caso de los padres de familia, solo el 12.5 % ha tomado cursos en dicho periodo.

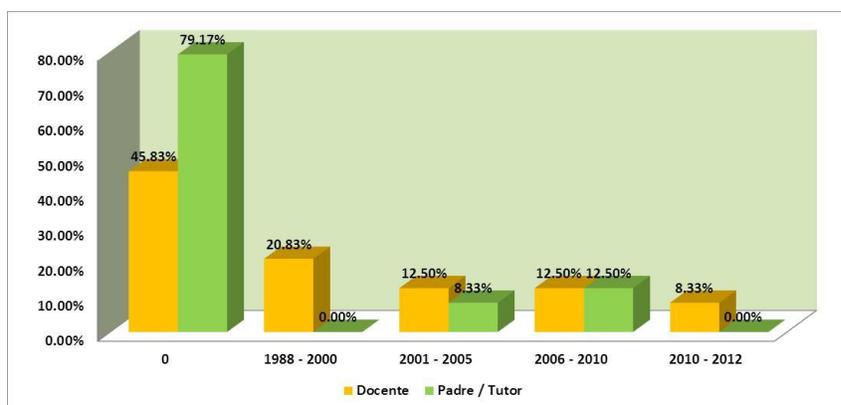
Lo que significa que solo 24 de cada 120 profesores se ha capacitado en el lapso de tiempo indicado, cuando deberían de estar todos capacitados, y por lo menos tomar un curso al año.

En el caso de los padres de familia es más grave ya que solo el 12.85% se ha actualizado en los últimos 6 años, lo que significa que de cada 120 padres de familia solo 15 han tomado curso de computación. En este sentido entre docentes y padres deberían de plantear capacitarse en conjunto, en la misma institución, para aprovechar la infraestructura y solicitar a las autoridades correspondientes el apoyo en cursos por lo menos una vez al año, como se indica en la gráfica 2.



Fuente: Elaboración propia (2012), en base a resultados de la investigación de campo

Gráfica 1. Docentes y padres de familia que han tomado cursos de computación.

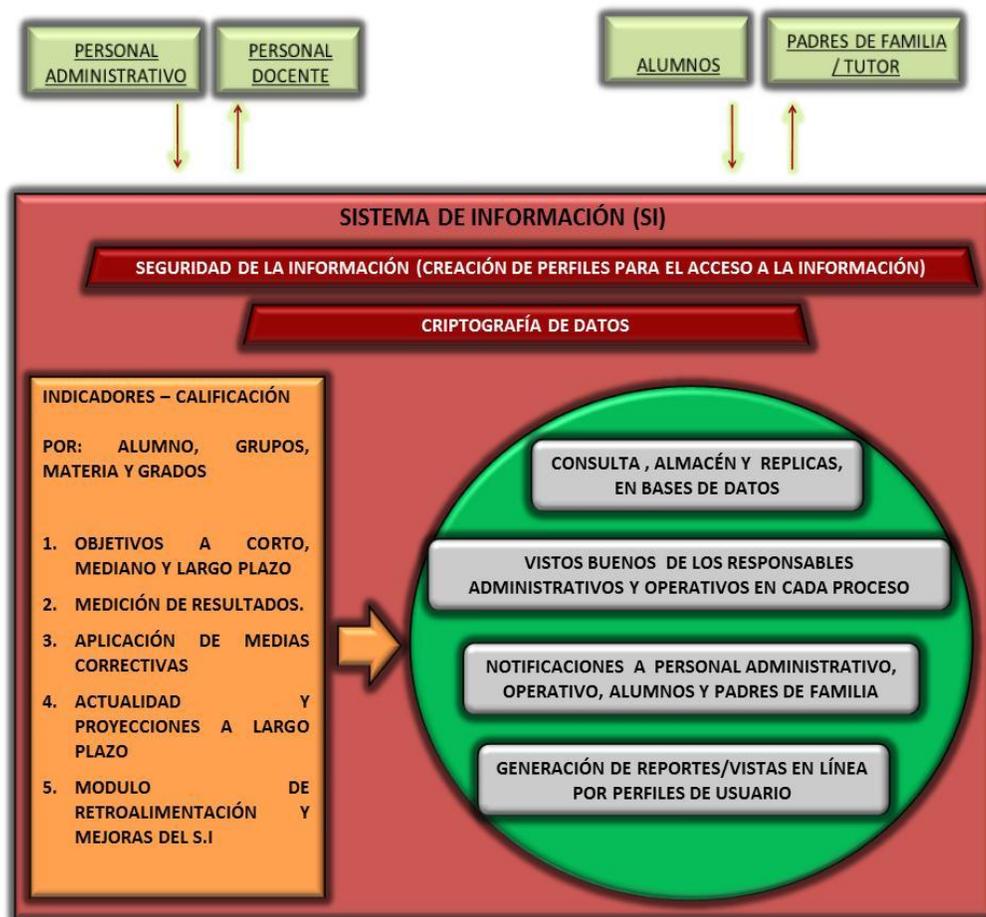


Fuente: Elaboración propia (2012), en base a resultados de la investigación de campo

Gráfica 2. Cursos de computación tomados por docentes y padres de familia en los últimos 6 años

De lo anterior se propone desarrollar un sistema de información para la administración de información escolar con cifrado de datos, que propicie la retroalimentación entre los docentes, administrativos y padres de familia o tutores. Para resumir dicha propuesta se anexa el diagrama 1. Cabe señalar que es primordial y urgente que se capacite por un lado al docente en cuestiones de tecnologías de información, y también aprovechar la infraestructura para hacer partícipes a los padres de familia en cuanto a dicho tema, con el objetivo de que la incorporación de dichas tecnologías sea lo más satisfactorio posible.

Propuesta



Fuente: elaboración propia (2012), en base a Kaplan y Norton (2002), Cuadro de Mando Integral para organizaciones no lucrativa o gubernamentales.

Diagrama 1. Propuesta de Sistema de información para la administración de información escolar con criptografía de datos.

Conclusiones

Es de carácter urgente que se realicen investigaciones principalmente de carácter académicas, que fundamenten la incorporación de tecnologías de la información, y sobre todo se contemple en dicha incorporación la capacitación de los docentes, personal administrativo y padres de familia, en coordinación con las autoridades correspondientes para que maximice su utilización, y más aún se dé seguimiento a dichos sistemas para poder mejorar estos en funcionalidades que la misma necesidad vaya requiriendo. En base a estos datos se desarrollará un Sistema Integral para la Administración de Información Escolar con Criptografía de datos

Referencias

1. Andreu, R., Ricart, J., & Valor, J. (1991). *Estrategia y Sistemas de Información*. Madrid: Mc Graw-Hill.
2. Bertalanffy, L. (1998). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
3. Camara de Diputados. (2012). *Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Camara de diputados.
4. Castillo de la Peña, J. (2010). *Metodología para la elaboración del trabajo científico*. México: Instituto Politécnico Nacional.
5. Cohen, D. (2004). *Sistemas de información para los negocios: un enfoque de toma de decisiones*. México: Mcgraw-Hill interamericana.
6. Daltabuit Godás, E., Hernandez Audelo, L., Mallen Fullerton, G., & Vázquez Gómez, J. (2007). *La seguridad de la información*. México: Noriega Editores.
7. Dante Contone . (2006). *Implementacion y debugging*. Chile: Zigzag.
8. Date, C. (2001). *Introducción a los sistemas de Bases de Datos*. México: Prentice Hall.
9. De Pablos Heredero, C. (2006). *Dirección y gestión de los sistemas de información en la empresa: una visión integradora*. España: ESIC.
10. Edwards, C., Ward, J., & Bythesway, A. (1998). *Fundamentos de Sistemas de Información*. Madrid: Prentice Hall.
11. Fernández, F., Nares, R., & Garcia, L. (2008). *Metodología de la investigación en ciencias sociales*. México: Grupo Editorial Patria.
12. García Bravo, D. (2000). *Sistemas de Información en la Empresa*. Madrid: Pirámide.
13. García Córdoba, F. (2005). *La investigación tecnológica. Investigar, Idear e Innovar en Ingenierías y Ciencias Sociales*. México: Limusa Noriega.
14. Gomez Vieites, A. (2009). *Sistemas de información: herramientas prácticas para la gestión*. México: Alfaomega grupo editor.
15. Granados Paredes, G. (2006). *Introducción a la Criptografía*. México: Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM.
16. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*, (1ra. Ed.). Colombia: McGraw Hill.
17. Hernandez Trasobares, A. (1997). *Los sistemas de información: evolución y desarrollo*. México DF.
18. Hyman, H. (1971). *Diseño y Análisis de las encuestas sociales*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
19. INEGI 2010. (01 de 12 de 2010). *México en Cifras*. Recuperado el 01 de 02 de 2011, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras>
20. Kendall, K., & Kendall, J. (2005). *Analisis y diseño de sistemas* [Sexta edición]. México: Pearson educación.
21. Laudon, K., & Laudon, J. (1996). *Administración de los Sistemas de Información*. México: Prentice Hall.
22. Maiorano , A. (2009). *Criptografía: Técnicas de desarrollo para profesionales*. Argentina: Alfaomega.

23. Nash, A., Duane, W., Joseph, C., & Derek . (2001). Cifrado Simétrico, Asimétrico e Híbrido: PKI Infraestructura de claves públicas. EUA: Osborn e Mc. Graw- Hill.
24. Pons Martorell, M. (2006). Criptografía. Italia: Escola Universitària Politècnica de Mataró, Departament de Telecomunicacions.
25. Ralph M, S. (2010). Principios de sistemas de información: un enfoque administrativo. México: Cengage learning.
26. Ramez , E., & Navathe, S. (2007). Fundamentos de sistemas de Bases de Datos. España: Pearson / Addison Wesley.
27. Rob, P., & Coronel, C. (2006). Sistemas de Bases de Datos: Diseño, Implementación y Administración. México: Thomson Editores.
28. Seberry, J., & Pieprzyk,. (1989). Cryptography. An Introduction to Computer Security. Australia: Prentice Hall.
29. Servicios Educativos Integrados al Estado de México (SEIEM), . (07 de 02 de 2012). Directorio de escuelas primarias públicas. Obtenido de <http://www.edomexico.gob.mx/seiem/escuelas/directorio/directorio.asp>
30. Silberschatz, A., & Korth , H. (2002). Fundamentos de Bases de Datos. España: McGraw-Hill / Interamericana de España.

INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍA EDUCATIVA PARA LA FORMACIÓN DOCENTE INTERCULTURAL BILINGÜE

A. Segundo C.¹, M. E. García C.², M. E., N. Pacheco S.³, B. E. Guerra E.³

¹ Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos - a_x_a_2@yahoo.com; ² Universidad de Quintana Roo, México - euggarci@uqroo.mx;

³ Centro Regional de Educación Normal Javier Rojo Gómez, México – jonapac9@yahoo.com.mx; superestrella_227@yahoo.com.mx

Área de participación: Objetos de aprendizaje y TIC's Aplicadas a la Enseñanza de la Ingeniería; Otra

Resumen – En el presente trabajo se presentan avances y consideraciones respecto al uso del punto nodal en el proceso de formación de docentes de la Licenciatura en Educación Primaria Intercultural Bilingüe en Quintana Roo, México. El punto nodal, es utilizado en la formación de docentes, como estrategia para diseño de propuestas didácticas en condiciones de interculturalidad y constituye una de las innovaciones para la formación docente frente a la formación que reciben los estudiantes de la Licenciatura en Educación Primaria del Centro Regional de Educación Normal Javier Rojo Gómez, en Bacalar, Quintana Roo, México. El trabajo inicia presentando una diferenciación entre concepciones de tecnología educativa e innovación que permiten ubicar al uso del punto nodal, como una innovación en tecnología educativa para la docencia.

Introducción

La generación de innovaciones educativas representa uno de los mecanismos de mejora de la calidad educativa en las instituciones de educación superior. En el Centro Regional de Educación Normal Javier Rojo Gómez, de Bacalar Quintana Roo, México, la formación de docentes en la Licenciatura en Educación Primaria Intercultural Bilingüe ha iniciado diversos procesos de innovación, uno de los cuales utiliza el concepto de punto nodal en la formación de docentes y como estrategia para la elaboración de propuestas didácticas con pertinencia cultural y lingüística en condiciones de interculturalidad.

El presente trabajo, presenta avances de dicha innovación y consideraciones que con respecto al uso del punto nodal han surgido de la experiencia de trabajo en la formación de docentes.

Tecnología educativa e innovación educativa

Cuando se habla de tecnología educativa por lo común se piensa en equipo de cómputo y software para la educación, o en redes de comunicación u otro tipo de equipamiento escolar que ayudará con los propósitos educativos

Sin embargo el concepto de tecnología en su sentido amplio, se refiere a la forma en cómo se lleva a cabo una tarea específica. De esta forma, un mismo instrumento, digamos un simple palo, puede ser utilizado con distintos fines mediante tecnologías distintas, por ejemplo, para una lanzadera, para un arco, para auxiliar a un ciego, para medir una superficie, para sembrar, para un reloj de sol, para trazar ángulos de 90^a, para separar el grano en las espigas, para matar

una víbora, para pescar o para cocinar, por mencionar sólo unos cuantos ejemplos.

Acorde con la definición anterior, la tecnología educativa es el conjunto de acciones que definen la forma en que se lleva de manera específica un proceso de enseñanza-aprendizaje. Antúnez (1997, p.19), define la tecnología educativa como el “conjunto de acciones y maneras de actuar propias de la institución, orientadas intencionalmente, ejecutadas mediante unos determinados métodos e instrumentos y justificadas después de un proceso de análisis” y aunque no lo hace explícito, en la cita textual, se refiere a instituciones educativas.

Otra diferencia en los términos de tecnología educativa, es la que se refiere a la tecnología en la educación y tecnología de la educación, donde el primer término se refiere al uso de medios en la enseñanza y el segundo es definido como un proceso por medio del cual se aplican los resultados de la investigación en resolver problemas de la educación (Cabero, 2001). La tecnología educativa entendida como tecnología de la educación, correspondería por lo tanto, a las acciones tendientes al diseño de situaciones mediadas de aprendizaje (Association for Educational Communications and Technology [AECT], 1977).

En lo que se refiere al concepto de innovación, es definido como la creación o modificación de un producto (RAE, 2001) y en lo que a educación se refiere, serían los cambios o creaciones en las prácticas, instrumentos, artefactos, estructuras y en todos aquellos elementos y situaciones mediadas de aprendizaje, con la finalidad de mejorar los resultados educativos (Antunez, 1997).

Las definiciones utilizadas, nos llevan a considerar que una innovación en la tecnología educativa, es por lo tanto los cambios o creaciones que se dan en las situaciones mediadas de aprendizaje, con la intención de mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje. En el presente trabajo, se aportan algunos elementos del uso del punto nodal, como innovación en la tecnología educativa, entendida esta como tecnología de la educación, y que están siendo utilizados para la formación de docentes en Educación Primaria Intercultural Bilingüe en el CREN Javier Rojo Gómez de Bacalar, Quintana Roo, México.

El punto nodal como innovación educativa

La Reforma Integral de la Educación Básica de 2011, tiene como objetivo “favorecer el desarrollo de competencias para la vida y el logro del perfil de egreso, a partir de aprendizajes esperados y del establecimiento de Estándares Curriculares, de Desempeño Docente y de Gestión” (SEP, 2011, p. 9) y señala que para ello, se requiere el desarrollo de materiales educativos y de nuevos modelos de gestión que garanticen la equidad y la calidad educativa, adecuados y pertinentes a los distintos contextos presentes en el territorio nacional, condición que no es general en el caso de la educación primaria.

En el presente documento se presentan orientaciones acerca del concepto de “punto nodal”, que pueden ser utilizadas para el diseño de propuestas didácticas que permitan el desarrollo de las competencias señaladas en el Plan de Estudios (SEP, 2011), partiendo del conocimiento local.

Para la elaboración de este trabajo se asume que una competencia es “la capacidad de responder a diferentes situaciones, e implica un saber hacer (habilidades) con saber (conocimiento), así como la valoración de las

consecuencias de ese hacer (valores y actitudes)” (SEP, 2011, p. 22) y se parte del principio de que existen marcos curriculares distintos que articulan la diversidad social, cultural y lingüística al incluir saberes y cosmovisión de pueblos y comunidades y desarrollo de competencias que el uso de estos saberes sustenta.

El propósito del trabajo al iniciar, fue generar alternativas que permitieran innovar la práctica educativa en educación primaria intercultural, incorporando ceremonias, normas, utensilios tradicionales, costumbres, tradiciones y conocimientos locales de la comunidad en que se ubica la escuela, como estrategia para hacer significativo el aprendizaje y como estrategia para la revalorización del conocimiento local en las comunidades.

Población objetivo

El trabajo está orientado principalmente a estudiantes en proceso de formación docente en escuelas normales, docentes en ejercicio en escuelas de educación primaria de comunidades rurales con población indígena, directivos de escuelas primarias y directivos y docentes de instituciones formadoras y capacitadoras de docentes y pretende generar un impacto indirecto en estudiantes de educación primaria a través de los actores mencionados.

El concepto de punto nodal

Coincidiendo con Jiménez (2010), se concibe a la cultura como una visión del mundo y como una práctica socio-comunicativa constante, donde la forma en que los individuos interactúan y se relacionan, se construye a partir de una continuidad social e histórica.

La complejidad generada por esta dinámica socio-histórica, hace necesario establecer procedimientos de análisis que permitan en un momento dado, analizar su funcionamiento como si de un objeto estático se tratara, para identificar los “puntos de encuentro” donde coinciden los elementos culturales conspicuos del grupo social que se pretende abordar. Estos puntos de encuentro conforman los puntos nodales, que corresponden a lugares de anclaje que permiten detener el incesante movimiento de significación dentro de la cadena signifiante (Lacan, 1984).

En congruencia con lo anterior, el punto nodal no se construye, sino que debe ser identificado a partir de las creencias y las ideas de una *gens* y de sus prácticas socioculturales y constituyen pilares culturales que sostienen la *gens*, pero que no son inamovibles en el tiempo, por lo que pueden dividirse o diversificarse a partir de intereses de la comunidad.

Como representación cultural, el punto nodal incluye dimensiones de la cosmovisión de la *gens*, sin representar la totalidad de la cultura, por lo que existen tantos puntos nodales como prácticas sociales existen en la comunidad, coincidiendo en estas prácticas un mayor o menor número de individuos de la comunidad, en función de los roles que desempeñan.

Si la cultura se interpreta como una visión del mundo y como resultado de una práctica de armonización/conflicto socio-comunicativa construida social e históricamente, el lenguaje como parte de la cultura, es uno de los elementos mediante el cual se hacen patentes la armonización y el conflicto de las

actividades socio-comunicativas, cognitivas y reflexivas de una visión cultural, tangible en condiciones concretas, como son la milpa maya en Quintana Roo (kool), o la milpa en el grupo tzeltal de Sam Pedro Pedernal en el Municipio de Huixtan en Chiapas (awal).

Estos dos casos concretos, se refieren a puntos nodales distintos que hacen referencia a comportamientos milperos con aspectos similares entre sí, pero en situaciones concretas distintas y por lo tanto, con normas y reglas culturales y prácticas socio-comunicativas distintas.

El punto nodal constituye por lo tanto, un punto de anudamiento, de síntesis de los elementos culturales, que pueden constituir una base para pensar en una cultura y para ver como se correlacionan y cómo se objetivan en la realidad dichos elementos culturales, pero también constituye un procedimiento para acceder al conocimiento mediante la confrontación concreta con una realidad contextualizada, multidimensional, compleja y problematizada (Jimenez, 2010).

Trabajando con el punto nodal

El primer paso para el docente o futuro docente, consiste en familiarizarse con los elementos más evidentes de la cultura, como son la lengua, las ceremonias, las formas de organización, los sistemas de producción, el acceso y uso de los recursos ambientales, los rituales, las fiestas, los juegos, la música, los valores éticos y estéticos, las formas del trato social y los valores jurídicos entre otros elementos y reconocer que son elementos portadores y transmisores del conocimiento local y de la cultura.

Algunos ejemplos de actividades donde se integran elementos evidentes de la cultura son la milpa, el aprovechamiento forestal maderable, el aprovechamiento forestal no maderable, la elaboración de cestas, la cacería, la pesca, el *wuajikool*, el *saka*, el rancho maya, la fiesta maya, o el resguardo del santuario maya por mencionar algunos.

Es conveniente, identificar en los ejemplos anteriores, los grupos de la comunidad que intervienen, especificando si se trata de mujeres, varones, niños, o distintos subgrupos dentro de la comunidad (milperos, sacerdotes, jueces, médicos adivinos, músicos, poetas, políticos, bufones, maestros, carpinteros, forestales recolectores, alfareros, pescadores, cazadores, amas de casa, ...). En este momento, se tienen elementos suficientes para elegir un evento o grupo de eventos, que por el número y tipo de integrantes que lo llevan a cabo y por el significado que tienen para la comunidad o parte de ella, representa un punto de unión o confluencia cultural y por lo tanto representa un **punto nodal**.

Jiménez (2010) propone que una vez identificado y seleccionado el punto nodal, se identifiquen sus **dimensiones**, mediante el análisis de la relación que exista entre el punto nodal con los diferentes aspectos de la vida en el grupo de interés, como son la familia, la vida, el trabajo, la espiritualidad o la recreación y que a continuación, se identifiquen las **prácticas sociales** que se llevan a cabo con respecto al punto nodal, identificando para cada práctica social, las dimensiones en las que repercute cada práctica.

La experiencia de trabajo en campo señala sin embargo que es conveniente invertir el orden, comenzando con la descripción en concreto de las prácticas sociales y a partir de éstas, hacer la identificación de las dimensiones de de la

gens, en las que tienen impacto dichas prácticas sociales. También a diferencia de Jiménez (2010), nos referimos a las dimensiones como resultado del análisis de las prácticas sociales en su relación con los diferentes aspectos de la vida en la gens, utilizando el significado del término *gens* en latín o *genos* en griego, "para designar al grupo que se jacta de constituir una descendencia común ... y que está unido por ciertas instituciones sociales y religiosas, formando una comunidad particular" (Engels, 1884, p. 39), que en estos casos corresponderían a los aspectos de creencias religiosas e ideas sobre la vida para la organización política de la gens en lo familiar, laboral, espiritual o recreativo.

Como un ejemplo de la práctica social y la organización mencionada, el wajikool maya tiene entre sus prácticas sociales, la excavación del lugar donde se llevará a cabo, actividad que corresponde a una dimensión social reservada exclusivamente para los varones mayores participantes, aspecto determinado por un sistema de normas transmitidas a los descendientes en línea patrilineal de las comunidades mayas del centro de Quintana Roo.

La descripción de las prácticas sociales, puede auxiliarse mediante preguntas tales como ¿en qué creen? ¿qué ideas tienen? ¿qué se hace?, ¿para qué se hace?, ¿por qué se hace?, ¿cuándo se hace?, ¿cómo se hace?, y ¿dónde se hace?

Las prácticas sociales, no se encuentran aisladas entre sí, sino que cada uno de los elementos que conforman aspectos puntuales de la cultura, como festines, cultos, compadrazgo, afinidades de parentesco y relaciones conyugales entre otros se encuentran intrínsecamente relacionados con otras actividades culturales del grupo en particular como caza, pesca, reforestación, milpa, recolección, música o medicina y construyen en su conjunto la cosmovisión cultural de esa gens.

Durante las actividades que se llevan a cabo para cada punto nodal, se presentan **situaciones socio-comunicativas**, que son las situaciones concretas bajo las cuales se da la relación entre los individuos que participan en la actividad, incluyendo la comunicación que se establece entre los participantes. Estas situaciones socio-comunicativas, constituyen el tercer elemento de un punto nodal, y pueden ser identificadas a partir de preguntas como ¿quiénes participan?, ¿quién hace qué cosa? ¿cómo participan?, ¿qué se dice?, ¿cómo se dice?, ¿qué se hace?, ¿quiénes hacen?, ¿qué importancia tiene en la creencia del grupo?, ¿qué lengua predomina?, o ¿qué idea se aborda con lo que se dice y se hace?

Reflexiones finales

El reconocimiento de los puntos nodales como manifestaciones concretas de la cultura de las comunidades mayas de Quintana Roo, permite a los docentes, la elaboración de propuestas didácticas con pertinencia cultural y lingüística, capaces de proporcionar aprendizajes significativos en los niños de educación primaria, debido a que son aprendizajes relacionados con las creencias e ideas que la gens tiene de su entorno, aprendizajes que percibe podrá utilizar en su vida cotidiana y no únicamente en la escuela.

Distintos documentos de la SEP (SEP, 2006; SEP, 2011), coinciden en señalar que los aprendizajes promovidos en la escuela deben de tener una correspondencia significativa con el origen cultural de los educandos y que el

diseñar propuestas didácticas con base en lo que se cree y se piensa del contexto, permite aprovechar recursos existentes que habitualmente se ignoran aun cuando tienen mayor significado para los niños.

Sin embargo, es necesario seguir generando innovación en tecnología educativa, bajo el concepto de tecnología de la educación, que permita aprovechar la riqueza que el conocimiento local y la diversidad que ofrecen para hacer relevantes y significativos los aprendizajes. Este es uno de los retos que se plantea para los futuros docentes y docentes en ejercicio de la educación básica.

Referencias

1. Antúnez, Serafín. (1997). Claves para la organización de los centros escolares. Barcelona, España: ICE, Universitat de Barcelona - Horsori.
2. Association for Educational Communications and Technology (1977). The definition of educational technology. Washington, USA: AECT.
3. Cabero A., J. (1999). Tecnología educativa. Madrid, España: Ed. Síntesis.
4. Friedrich Engels (1884) El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado. Edición digital de la Sección en Español del Marxist Internet Archive. Recuperado de: http://www.marxists.org/espanol/m-e/1880s/origen/el_origen_de_la_familia.pdf
5. Jiménez Ocaña, Juan Manuel. (2010). Punto Nodal: Una estrategia metodológica, para la enseñanza de las lenguas originarias. Documento de trabajo. Recuperado de <http://formacioncontinua.sepbcgs.gob.mx/DESARROLLO%20DE%20COMPETENCIAS/Antologia/UNIDAD%201/Jim%C3%A9nez%20Oca%C3%B1a.pdf>
6. Lacan, Jacques. (1984). Subversión del sujeto y dialéctica del deseo en el inconsciente freudiano. Escritos, Vol. 2, México DF: Siglo XXI, pp. 773-807.
7. Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española. Vigésima segunda edición. Versión en línea consultado en: <http://lema.rae.es/drae/>
8. SEP. (2006). Fundamentos generales. Asignatura de Lengua y Cultura Indígena para la Educación Secundaria. 4° Diálogo con Directores Escolares. D.F., México: SEP.
9. SEP. (2011). Acuerdo número 592 por el que se establece la Articulación de la Educación Básica. Primera edición electrónica, D.F., México: SEP. Recuperado de: http://basica.sep.gob.mx/dgdc/sitio/pdf/Acuerdo_592.pdf

LAS FUNCIONES ACTUALES DE LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

E. Guerrero-Visoso, A. Soler-Durán

Universidad Autónoma del Estado de Morelos (ICE) – elyvisoso@hotmail.com; alsodu@yahoo.com

Área de participación: *Docencia*

Resumen – La materia de Historia a lo largo del tiempo ha sido utilizada para cumplir diferentes funciones en una sociedad; mismas que van desde ser maestra de vida hasta ser formadora de identidad de un determinado grupo. En el 2011 la Secretaría de Educación Pública (SEP) hace una reforma a la educación, misma que es llamada Acuerdo No. 592 por el que se establece la articulación de la educación básica, firmado por el entonces Secretario de Educación Alonso Lujambio. Uno de los cambios que esta reforma trae consigo son las funciones que ejerce en la sociedad la materia de Historia, siendo estas, la función patriótica, función propagandística, función ideológica, función para la memoria histórica, función científica, función pseudodidáctica y función para el ocio cultural. De esta forma esta materia se convierte una de las materias importantes no solo para la educación de los jóvenes de secundaria, sino para la sociedad en general. Pero, ¿de qué manera se están cumpliendo estas funciones? ¿Se cumplen las siete funciones? Si es así, ¿por qué hoy en día es una de las materias más aburridas y memorísticas?

Introducción

En el 2011 la Secretaría de Educación Básica (SEP), editó una colección titulada *Teoría y Práctica curricular de la Educación Básica*, con el propósito de una mejor comprensión de los enfoques, campos formativos, asignaturas y contenidos del currículo. Uno de los tomos está dirigido a la enseñanza y aprendizaje de la Historia en la educación básica; en él se describe ampliamente el valor, los fines y las funciones que tiene la enseñanza de la Historia en la sociedad.

En relación con las funciones que de acuerdo a la SEP tiene la enseñanza de la Historia, este documento enlista siete funciones: 1) función patriótica, 2) función propagandística, 3) función ideológica, 4) función para la memoria histórica, 5) función científica, 6) función pseudodidáctica y 7) función para el ocio cultural. Según el documento la enseñanza de la Historia debe cumplir con estas siete funciones, mismas que se van adquiriendo a lo largo de toda la educación básica mediante la enseñanza de los contenidos curriculares que se establecen en el Acuerdo No. 592 por el que se establece la articulación de la educación básica, firmado por el entonces Secretario de Educación Alonso Lujambio en el año 2011.

Si bien es cierto que la enseñanza de la Historia es de suma importancia para la sociedad ya que como menciona Joaquín Prats “Vivimos en el seno de sociedades que utilizan la Historia para legitimar las acciones políticas, culturales y sociales”⁽¹⁾ en muchos de los casos la Historia se convierte sólo en la repetición de hechos y personajes que se dieron en el pasado y se transforma en una materia aburrida sin funcionalidad en la sociedad⁽²⁾. Esto nos hace cuestionarnos si la enseñanza

de la Historia está cumpliendo con sus funciones, si no es así ¿cuáles son los factores que obstaculizan el cumplimiento de dichas funciones, y si son los contenidos curriculares y las estrategias didácticas las adecuados?. El estudio sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Historia han sido estudiado por diferentes pedagogos, sin embargo a mediados de los sesenta estos problemas se convierten en una preocupación constante de pedagogos, psicólogos educativos e historiadores⁽³⁾. Estas preocupaciones siguen siendo temas de investigación; uno de los campos que no han sido investigados a profundidad en México es la evaluación de los programas de Historia, así mismo las funciones que cumple la Historia sólo están escritas de manera ideológica, pero no se han hecho investigaciones sobre su verdadera ejecución en la sociedad.

En la actualidad existen una variedad de autores cuyos trabajos se enfocan en la enseñanza de la Historia, la gran mayoría de ellos en España, por mencionar algunos, entre ellos se encuentran Joaquín Prats, Mario Carretero, Rafael Valls, entre otros. En México son pocos los trabajos que se han realizado en torno a esta temática, y ninguno de ellos se ha atrevido a cuestionar el papel que juega la materia de Historia en la sociedad, sus funciones y si se están obteniendo los resultados que la SEP pretende con esta materia.

Es por esto, que lo que se pretende con este trabajo, es determinar si la materia de Historia está cumpliendo actualmente con las funciones sociales que marca la Secretaría de Educación Pública en el nivel secundaria, así como determinar qué es lo que favorece u obstaculiza el cumplimiento de las funciones, desde el punto de vista de lo contenidos curriculares y los recursos didácticos que se utilizan para su enseñanza. Tradicionalmente el objetivo de la Historia era que el alumno memorizara fechas, lugares y nombres de personajes famosos, en la actualidad se ha producido un cambio en los objetivos¹, pero esto solo se ha quedado en la teoría, ya que en la práctica, dentro de los salones de clases se siguen reproduciendo los contenidos de la manera tradicional; convirtiéndose la materia de Historia como la más aburrida, son clases en las que no hay innovación en cuanto a las técnicas de enseñanza y por lo tanto el alumno es un sujeto pasivo, bajo la tutela del profesor⁽⁴⁾.

Fundamento Teórico

Pregunta Rectora

- ¿La enseñanza de la Historia, cumple, en la actualidad, con las funciones señaladas por la Secretaría de Educación Pública, en la educación secundaria?

Preguntas Secundarias

- ¿Los planes y programas de la materia de Historia permiten que se cumplan las funciones que marca la SEP?
- ¿Los materiales de apoyo con los que cuentan los profesores, permiten que se cumplan las funciones de la materia de Historia?

- ¿El libro de texto de la materia de Historia en el nivel secundaria ayuda al cumplimiento de las funciones de la Historia?

Objetivo General

Determinar si la enseñanza de la Historia, en la educación secundaria, cumple con las funciones señaladas por la Secretaría de Educación Pública

Objetivos Específicos

1.- Analizar las funciones que establece la SEP para la enseñanza de la Historia en educación secundaria, en relación con los contenidos temáticos de los planes y programas de Historia.

2.- Determinar si los materiales de apoyo de los profesores, utilizados para la enseñanza de la Historia favorecen u obstaculizan las funciones de la enseñanza de la Historia en la educación.

3.- Analizar el libro de texto de la materia de Historia de 2° y 3er año para saber si este ayuda al cumplimiento de las funciones de la Historia.

Los trabajos que se han realizado en relación con la materia de Historia son muchos y muy variados, de los cuales algunos de los autores que se tomarán como fundamento para esta investigación son, Enrique Florescano, Joaquín Prats, Mario Carretero, Sebastián Plá, Marc Ferro, Victoria Lerner y Luis Gonzáles, todos ellos hablan sobre los problemas que existe con la enseñanza y aprendizaje de la enseñanza de la Historia.

Mario Carretero en su libro *Construir y enseñar las ciencias sociales y la Historia* (2005) habla acerca de la evolución de los conceptos sociales en el niño y el adolescente, la comprensión de tiempo y la causalidad histórica así como de los procesos de razonamiento y la solución de problemas en esta área.

Define a la Historia como una actividad de razonamiento y no como una materia que se limita a memorizar, copiar del libro o hacer resúmenes y esto lo fundamenta con la teoría piagetana, por lo tanto para que se cumpla con la actividad de razonamiento se debe utilizar el método del historiador.

En otra de sus investigaciones no habla de cómo a los alumnos se les dificulta comprender los contenidos sociales e históricos y llegan a la conclusión de que el conocimiento previo que el alumno tiene sobre la materia es muy importante y que condiciona en cierta medida su aprendizaje.

Sobre este método del historiador Sebastián Plá lleva a cabo una investigación en México con alumnos de bachillerato que tiene como objetivo describir la función de la escritura de la historia en el pensar históricamente de los adolescentes Las conclusiones a la que llega son:

- El conocimiento histórico que se obtiene en la escuela no es igual al conocimiento histórico profesional.
- Para desarrollar el pensar históricamente se requiere del desarrollo de habilidades de pensamiento y de un desarrollo cognitivo general.

- La historiografía puede influir en la construcción del conocimiento histórico escolar, pero no viceversa.

Pierre Villar se une a Carretero y Plá en cuanto al historicismo, pero a diferencia de estos dos Villar en su libro *Pensar la Historia* menciona su preocupación por la opinión que se tienen de la Historia, que es aquella que establece hechos y juzga a los individuos. Resaltando que es labor del historiador acabar con esa opinión. Es decir deja el método historiográfico a los historiadores y no lo involucra con los alumnos.

Estos autores se centran solo en la enseñanza de la Historia dando opciones para un mejor aprendizaje de la misma. Por otro lado está Victoria Lerner y Enrique Florescano quienes hacen una crítica más profunda en cuanto a los problemas que hay en la enseñanza aprendizaje de la Historia y en las funciones que cumple esta en la sociedad respectivamente. Victoria Lerner en un artículo publicado en la revista *Perfiles* (1997) artículo explica la investigación que llevó a cabo con los materiales didácticos que se utilizan en la materia de Historia en nivel básico y superior llegando a la conclusión de que:

- No existe conocimiento sobre la utilidad que tienen la Historia.
- En el nivel secundaria no se hacen discusiones en cuanto a los temas.
- El tipo de Historia que se enseña en cada nivel debe tomar en cuenta las necesidades de los destinatarios.
- En cuanto a los libros de texto a los materiales didácticos que se utilizan muchos de los maestros solo dependen del libro de texto.
- El libro de textos es el único material que cubre el programa de estudios.
- En secundaria no existen materiales didácticos complementarios y el maestro no se documenta en otras fuentes.

Finalmente es Enrique Florescano quien en su libro *Funciones sociales de la Historia* (2012) nos hace un recuento de cuál ha sido la función de la Historia a través de tiempo desde su función como forjadora de identidades hasta su función como reconstructora crítica del pasado.

Si bien las investigaciones de todos estos autores son de suma importancia, cabe destacar que ninguno de ellos a pesar de llevar a cabo alguno de sus investigaciones en México, se ha atrevido a cuestionar los planes y programas de estudios, y quizá sea ahí donde radique el problema principal.

Conclusiones

Si bien este trabajo aún se está iniciando y hace falta un largo camino por recorrer, los resultados de esta investigación, ya sean positivos o negativos, serán de gran importancia para las investigaciones que ya se realizaron en torno a la enseñanza de la Historia y para los futuros trabajos; ya que el análisis de los planes y programas, del libro de texto y del material de apoyo, nos darán un resultado aún más preciso, en relación a que si son los profesores quienes están haciendo mal su tarea, o son los programas de estudio los que permiten o no que se cumplan las funciones sociales de la Historia, que la misma SEP establece.

Agradecimientos

A CONACyT por la beca otorgada para los estudios de Maestría en Investigación Educativa, a la Dra. Alcira Soler, al Dr. Dominique de Voguel y al Dr. Antonio Padilla por sus asesorías en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

1. Prats J., Tejuelo n°9 (2010) En defensa de la Historia como materia educativa.
2. Florescano E., Para qué estudiar y enseñar Historia, IEESA, México, 2000, p 132
3. Plá, S. Aprender a pensar históricamente. La escritura de la historia en el bachillerato. PLAZA Y VALDÉZ EDITORES. México, 2005. p. 26
4. Carretero M, Limón M, Construir y enseñar las ciencias sociales y la Historia. ed. Aique, Argentina, 2005, pag.33
5. Florescano E., Para qué estudiar y enseñar la Historia, Instituto de Estudios Educativos y Sindicales de América, México, 2000, pp 136 y 137

MÉTODO DE PROYECTOS POSIBLE INSTRUMENTO PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN FÍSICA.

C. Mureddu Torres, M. Domínguez Quezada

Centro de Investigación en Docencia del Estado de Morelos.(CIDHEM) Profesor investigador de Bases epistemológicas del aprendizaje, Curso de titulación.cmureddu@gmail.com. Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR) P.A. de Ing. en Biotecnología, Ing. en Tecnología Ambiental. mdominguez@upemor.edu.mx

Área de participación: *Objetos de aprendizaje aplicadas a la enseñanza de la ingeniería.*

Resumen. La física es una de las ciencias naturales que más ha contribuido al desarrollo y bienestar de la humanidad, porque gracias a su estudio e investigación ha sido posible encontrar en muchos casos, una explicación clara y de utilidad para entender los fenómenos que se presentan en nuestra vida diaria.

La importancia que la física representa para cualquier persona y para la sociedad en general, su aprendizaje formal en el nivel superior, debe comprenderse como una actividad cultural, que requiere de: a) la adquisición de conocimientos y habilidades básicas y ejecutivas, b) capacidad práctica en la actividad científico – investigadora, c) actitudes y valores, que en su conjunto le posibiliten valorar los beneficios de la ciencia y los inconvenientes del uso irresponsable de los conocimientos científicos.

La enseñanza de la física en general, en el nivel universitario en México, puede calificarse en su mayoría de tradicional pues ha estado centrada en la transmisión de contenidos y supone ingenuamente la comprensión de los contenidos por parte de los estudiantes.

Se han realizado intentos a través de programas de formación, sin muchos resultados positivos, ya que la práctica docente vuelve a la situación que se encontraba. Una posible explicación puede ser la estructura y el enfoque de los programas académicos de formación y la transformación de las concepciones de los docentes.

Por esto en el siguiente trabajo se realiza una propuesta por medio de aprendizaje significativo tomando como estrategia el método de proyectos para mejorar la enseñanza de la física, a nivel universitario.

Introducción

En la actualidad, el acelerado avance del conocimiento hace que se realice un cambio de paradigma en la enseñanza y el aprendizaje en todos los niveles, particularmente en el nivel superior. Como señala Jacques Delors, ya no basta que el individuo acumule un conjunto adecuado y suficiente de conocimientos, pensando que le serán de utilidad durante toda su vida y le permitirán afrontar situaciones de diversa índole en su actividad profesional y social.

Por el contrario, requerirá prepararse para estar en condiciones de aprovechar y utilizar las diversas oportunidades que se le presenten para actualizar, profundizar y enriquecer ese primer conjunto de saberes y poder adaptarse así a un mundo en constante cambio.

En el presente trabajo tratare de ubicar algunas de las posibles estrategias de enseñanza que consideró serían de gran utilidad para la propuesta de la enseñanza de la física, en las que se hace énfasis en el aprendizaje experiencial o situado, utilizando el método de proyectos.

El principal aporte en este modelo de enseñanza es que promueve el aprendizaje significativo en lugar del aprendizaje de memoria que es el que tradicionalmente se utiliza y vemos que no queda en la memoria a largo plazo. Este modelo consiste en explicar o exponer hechos o ideas. Este enfoque es de los más apropiados para enseñar relaciones entre varios conceptos, pero antes los alumnos deben tener algún conocimiento de dichos conceptos.

Otro aspecto en este modelo es la edad de los estudiantes, ya que ellos deben manipular ideas mentalmente, aunque sean simples. Por esto, este modelo es más adecuado para los niveles más altos de primaria en este caso nos interesa el nivel universitario.

Sección Experimental

1 PARTE. Se realizo una evaluación diagnóstica en donde se enfocan los conocimientos previos que deben presentar los alumnos al ingreso de la carrera. La población a evaluar son 2 grupos de la carrera de Ing. en Biotecnología (IBT) y un grupo de Ing. en Tecnología Ambiental(ITA).

A continuación se presenta el análisis.

ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA ING. EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL FÍSICA 1 “A”

COMPETENTE (10)	INDEPENDIENTE (9)	BÁSICO AVANZADO (8)	BÁSICO UMBRAL (7)	INSUFICIENTE (NA)
0	1	1	1	30

Total de alumnos: 34

Nota: 1 alumno no aplico evaluación.

ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA ING. EN BIOTECNOLOGÍA FÍSICA 1 “A”

COMPETENTE (10)	INDEPENDIENTE (9)	BÁSICO AVANZADO (8)	BÁSICO UMBRAL (7)	INSUFICIENTE (NA)
0	0	0	1	31

Total de alumnos: 35

Nota: 3 alumnos no presentaron evaluación.

**ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA
ING. EN BIOTECNOLOGÍA FÍSICA 1 “B”**

COMPETENTE (10)	INDEPENDIENTE (9)	BÁSICO AVANZADO (8)	BÁSICO UMBRAL (7)	INSUFICIENTE (NA)
0	0	1	3	31

Total de alumnos: 35 alumnos

Nota: 1 alumno es de recursamiento.

Se realizará la comparación con los grupos de Ingeniería en Biotecnología el grupo “A” se evaluará con proyecto y el grupo “B” no se tomara en cuenta este recurso.

Resultados y Discusión

Resultados alcanzados en el grupo 1”A” IBT

COMPETENTE (10)	INDEPENDIENTE (9)	BÁSICO AVANZADO (8)	BÁSICO UMBRAL (7)	INSUFICIENTE (NA)
0	11	10	5	6

Indicadores académicos alcanzados en el curso:

Deserción: 3/35

Reprobación: 6/35

Proyectos realizados: “Bobina de Tesla”, “Prototipo de tren que levita”, “Generadores eléctricos (energía eólica)”, “Motor Stirling”, “Generador eléctrico de turbinas para lavado”.

Resultados alcanzados en el grupo 1”B” IBT

COMPETENTE (10)	INDEPENDIENTE (9)	BÁSICO AVANZADO (8)	BÁSICO UMBRAL (7)	INSUFICIENTE (NA)
0	9	16	3	5

Indicadores académicos alcanzados en el curso:

Deserción: 2/ 35

Reprobación 5/35

Proyectos realizados: Preparación e investigación de los temas de debate, discusión y conclusión en equipo; dándole énfasis en la importancia y aplicaciones de la carrera.

Resultados alcanzados en 1ºA de ITA

COMPETENTE (10)	INDEPENDIENTE (9)	BÁSICO AVANZADO (8)	BÁSICO UMBRAL (7)	INSUFICIENTE (NA)
0	1	8	11	9

Indicadores académicos alcanzados en el curso:

Deserción: 5/ 34

Reprobación: 9/34

Proyectos realizados: “Energía eólica”, “Fugas de electricidad” “Medición de circuitos en serie y paralelo” (propuesta de práctica de laboratorio “Ley de Ohm”), “Generador eléctrico”, “Brazo hidráulico”.

Conclusiones

En el campo educativo es importante conocer técnicas o procedimientos de enseñanza que permitan lograr las propuestas planteadas. De igual modo, es fundamental comprender las bases psicológicas en que dichas técnicas se apoyan. Sin embargo, limitarse estos conocimientos específicos no representa la formación docente más adecuada y productiva, sino que es necesario lograr una teoría instruccional general de la enseñanza, un sistema más amplio que los simples procedimientos o técnicas.

La enseñanza de la física en México, como en muchos otros países en el nivel universitario, puede llamársele como tradicional. Esto se refiere a que está centrada en la transmisión de contenidos y supone la comprensión de conceptos físicos por parte de los estudiantes; una suposición basada principalmente en la lógica de los contenidos y objetivos de los programas de estudio.

Al buscar responder al reto que impone el educando que está llegando a la universidad y la necesidad sentida de formar hombres íntegros con habilidades y valores que respondan al mundo de hoy, se encontró en el trabajo por proyectos y básicamente en la metodología de proyectos colaborativos, que ésta permite un sin número de experiencias que hacen del proceso de aprendizaje un proceso cuyo propósito es el de facilitar y potenciar el procesamiento de información, que permiten el crecimiento y desarrollo del alumno, en su construcción de elaboraciones teóricas, concepciones, interpretaciones y prácticas contextualizadas.

Agradecimientos

A la Universidad Politécnica del Estado de Morelos, por brindarme la oportunidad de ser parte de personal docente.

Al Centro de Investigación en Docencia y Humanidades del Estado de Morelos por todos los conocimientos adquiridos.

Al Dr. Cesar. D. Mureddu Torres por todas las aportaciones hacia el trabajo presentado y ser un apoyo en mi desarrollo académico.

Bibliografía.

1. Arce Islas René. Educación en México ¿oportunidad o desafío nacional de siempre? //Pluralidad o consenso p 4.
2. López M. Ángel O./ Flores C. Fernando / Gallegos C. Leticia. La formación de docentes en física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso. Revista Mexicana de Investigación Educativa, enero-junio vol. 5, núm.9 Consejo Mexicano de Investigación Educativa, México p113-135.
3. Díaz Barriga Arceo Frida. Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. Revista Electrónica de Investigación Educativa. Vol 5, No. 2, 2003
4. Díaz Barriga Arceo Frida. Enseñanza situada: vinculo entre la escuela y la vida. Ed. McGraw Hill Interamericana
5. Hernández Hernández Pedro. Psicología de la educación. Corrientes actuales y teorías aplicadas. Editorial trillas. México, reimpresión 2009.
6. Arce Islas René. Educación en México ¿oportunidad o desafío nacional de siempre? //Pluralidad o consenso p 4.
7. López M. Ángel O./ Flores C. Fernando / Gallegos C. Leticia. La formación de docentes en física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso. Revista Mexicana de Investigación Educativa, enero-junio vol. 5, núm.9 Consejo Mexicano de Investigación Educativa, México p113-135.
8. Hernández Rojas Gerardo. Paradigmas en psicología de la educación. Paidós educación, pp94-95.
9. Guisasola, J. et al, La enseñanza universitaria de la Física y las aportaciones de la investigación en Didáctica de la Física, Revista Española de Física 18, 15-16 (2004).

MODELO INTEGRAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN ESCOLAR, MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

I. Patiño-Galvan, M. Verduzco-Rodríguez

¹ISC-TESE, Av. Tecnológico s/n, Col. Valle de Anáhuac, CP 55210, (55)50002300, ispa_ga@hotmail.com, martinverduzco@yahoo.com.mx

Área de participación: Objetos de Aprendizaje y TIC's Aplicadas a la Enseñanza de la Ingeniería

Resumen – Es de vital importancia que la incorporación de las TIC's en cualquier ámbito social este acompañada de investigaciones que integren el contexto no solo tecnológico sino también contemplar factores como el educativo y estratégico, para que entre estos tres factores interactúen entre ellos y sea dicha incorporación satisfactoria, además de propiciar con ello su permanencia y evolución. Por otro lado al integrar estos factores es necesario contemplar a los actores directos e indirectos que están inmersos en dicha incorporación.

Abstract- It is importance vital that the incorporation of the ICT's in any social this area accompanied of investigations that integrate the not alone technological context but also to contemplate factors as educationally and strategically, in order that between these three factors they interact between them and satisfactory incorporation is said, propitiating with it his permanency and evolution. On the other hand having integrated these factors is necessary to contemplate the direct and indirect actors who are immersed in the above mentioned incorporation.

Introducción

Derivado del estudio de campo y los resultados obtenidos, se recomienda incorporar la tecnología en el sector educativo para la administración de información escolar, apoyándose de tres elementos, que son: Elemento Educativo, Elemento Estratégico y finalmente el Elemento Tecnológico, los cuales interactuaran entre ellos, tomando como base el Elemento tecnológico.

Es primordial elevar los niveles educativos y capacitación tecnológica continúa de los docentes y de manera indirecta de los padres de familia. Por otro lado es importante apoyarse del elemento estratégico para evaluar la eficiencia en el aprovechamiento de los alumnos, y por otro lado utilizar este elemento para evaluar la capacitación tecnológica docente.

Lo anterior para proponer mejoras encaminadas a perseguir el objetivo de administrar la información escolar en particular de las calificaciones de los alumnos y de manera colateral todo lo que conlleva dicha evaluación

Metodologías

La metodología de la investigación ofrece los métodos y procedimientos para realizar la actividad científico-investigativa con calidad. Los métodos son el acceso a las fuentes, de ahí la importancia de su selección y utilización.

Cualitativa. La finalidad de la investigación cualitativa es comprender e interpretar la realidad, tal y como es entendida por los sujetos participantes en los contextos estudiados, pero esta comprensión no interesa únicamente al investigador los resultados del investigador han de ser compartidos, comunicados, según Rodríguez Gómez, Gil Flores, & García Jiménez (1996).

Sistémico estructural funcional. Del cual Fernández, Nares, & García (2008), indican lo siguiente: Sistémico estructural funcional. Se emplea en las tesis que presentan estructuras que conforman sistemas. Su acción se evidencia en la interrelación de las ideas, la conexión de los conceptos, los sistemas de recomendaciones y unido al modelado en modelos, metodologías y estrategias. Se convierte, de ese modo, en una vía importante para la explicación del objeto de investigación.

Inductivo. Se incluye el Método Inductivo del cual indica Castillo de la Peña, (2010). Es el razonamiento, que partiendo del conocimiento de los caracteres necesarios o de la conexión necesaria de parte de los objetos de una clase, se infiere una conclusión universal acerca de los objetos de esa clase. De lo anterior en esta investigación se parte del estudio de las diversas áreas administrativas y operativas de una muestra de escuelas primarias públicas y a partir de ello se analizan los datos que servirán como referencia en otras escuelas del estado de México.

Resultados y Discusión

Derivado de la investigación realizada, se propone incorporar los siguientes 3 elementos como parte de un modelo integral para incorporar satisfactoriamente un sistema de información en el ámbito educativo de México.

Factor educativo

Derivado de los resultados que arrojó la investigación de campo, se considera importante incluir este elemento para apoyar la incorporación tecnológica para la administración de información escolar en escuelas primarias públicas, para ello se propone elevar el nivel educativo y actualización tecnológica de los docentes y de manera indirecta de los padres de familia. Se propone de capacitar a los docentes de las escuelas públicas primarias, en relación al uso y aprovechamiento de tecnológicas, en específico sobre los sistemas de información.

Para ello se recomienda capacitar a los docentes y posteriormente a los padres de familia que estén interesados en tomar dichas capacitaciones:

- Personal docente que tengan entre 18 y 30 años de edad.
- Personal docente que tengan entre 31 y 40 años de edad.
- Personal docente que tengan entre 41 o más años de edad.
- Autoridades Administrativas de las escuelas primarias públicas

El orden de capacitación tecnológica, obedece a que los docentes son quienes utilizarán y aprovecharán de manera directa el uso de los sistemas de información,

Por otro lado se propone hacer distinciones de edades para que aprovechar la inercia educativa que tienen, y sirvan ellos mismos para capacitar al siguiente bloque de docente, posteriormente las autoridades administrativas de las escuelas primarias públicas que estarán involucradas se propone capacitar de manera gradual en la utilización del sistema. Finalmente los padres de familia para que de manera progresiva se puedan incorporar al uso de la tecnología. Se sugiere que los docentes tomen por lo menos 4 cursos de actualización tecnología al año, relacionados al contexto tecnológico, al aprovechamiento de las tecnologías de información, uso correcto de la tecnología y finalmente un curso relacionado sistema integral propuesto. En el caso de las autoridades administrativas y padres de familia, se recomienda tomar por lo menos un curso de actualización tecnológica en el cual contemple parte del contexto tecnológico. Los programas de capacitación tecnológica, se sugiere sean desarrollados y evaluados por el sector académico apoyándose de universidades públicas locales. El motivo de consultar al sector académico, es que apoyen en evaluar y actualizar el programa de manera continua, derivado del avance tecnológico.

Factor Estratégico

El elemento estratégico, es de vital importancia ya que gracias a este se podrá evaluar la eficiencia educativa relacionada con las calificaciones, encontrar la problemáticas y proponer soluciones a estas, involucrando a los principales actores como son los docentes, personal administrativo, padres de familia y alumnos.

La propuesta está basada en indicadores, que se orientan para obtener una mayor eficiencia en la administración de información escolar, capacitación tecnológica y finalmente en la facilidad de uso del sistema de información. En la siguiente figura se observan los 3 indicadores. A continuación se detalla la manera de generar los indicadores propuestos.

- A. Difusión. Difundir información sobre la incorporación tecnológica (sistemas de información)
- B. Educativo. Detectar deficiencias y elevar los niveles de aprovechamiento de los alumnos.
- C. Tecnológico. Evaluar el tiempo de respuesta y facilidad de uso del sistema de información

Finalmente se presentan a continuación los siguientes rubros de los indicadores, los cuales tendrán el mismo procedimiento.

Resultado Meta. En el apartado de meta, será el porcentaje propuesto por parte del docente o director de la escuela.

Diferencia. Será el resultado de restar el resultado real – el resultado meta, para poder detectar en que porcentaje se está cercano a la meta propuesta.

Proyección. Este rubro será el resultado de sumar al último resultado real del bimestre, el promedio de las diferencias del bimestre o periodo a evaluar, para lo cual se deberá de generar la diferencia del resultado real por bimestre.

Estrategias de mejora. Este apartado corresponde al director o docente que correspondan, para que tome como referencia los resultados reales obtenidos, las retroalimentaciones de los involucrados, y se logren elevar los niveles de aprovechamiento de los alumnos, así como de los indicadores tecnológicos y de difusión.

Factor Tecnológico

Analizar las necesidades que se necesiten para incorporar un sistema integral para la administración de información escolar, con criptografía de datos, proyectando este a largo plazo. Además de seleccionar las herramientas de desarrollo tecnológico acorde a las necesidades de las escuelas públicas primarias. Proponer la mejor manera, de que la tecnología sea fácil de implementar y usar, así como propiciar su retroalimentación e interacción entre los actores. Derivado de lo anterior en los siguientes subtemas del elemento tecnológico.

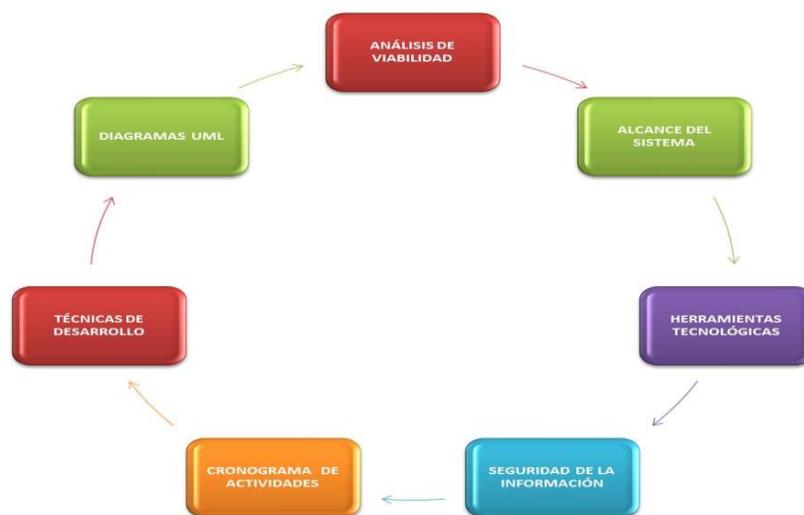


Figura 1. Subtemas del elemento tecnológico. Fuente: Elaboración propia (2013)

Es importante mencionar que se requiere de la coordinación entre las autoridades educativas y las escuelas públicas, con el fin de detallar y limitar la funcionalidad del sistema, las responsabilidades de cada actor, así como documentar los procedimientos que estarán inmersos, los cuales se recomienda sean autorizados formalmente por las autoridades correspondientes.

El inicio en el desarrollo de esta propuesta, depende en gran medida de la coordinación y plan de trabajo que se acuerde entre dichas autoridades. Por otra parte es necesario realizar un análisis detallado de las necesidades que se

requieren para implementar un sistema de información y éste sirva para mejorar la administración de información escolar. Además de seleccionar las herramientas de desarrollo, los niveles de seguridad que se requieran para la protección de información, así como los diagramas de casos de uso que ejemplificarán de manera detallada y general los procedimientos y alcances del modelo propuesto. También busca la mejor manera de que el componente tecnológico sea fácil de implementar y usar, así como propiciar su retroalimentación e interacción entre los actores que intervienen

Conclusiones

Es recomendable contextualizar todos los elementos que están inmersos en la aplicación del modelo, y principalmente realizar investigaciones de carácter académico que fundamenten la incorporación de tecnologías de la información, y sobre todo se contemple en dicha incorporación la capacitación de los docentes, personal administrativo y padres de familia, en coordinación con las autoridades correspondientes para que maximice su utilización, y más aún se dé seguimiento a dichos sistemas para poder mejorar estos en funcionalidades que la misma necesidad vaya requiriendo.

Referencias

1. Andreu, R., Ricart, J., & Valor, J. (1991). *Estrategia y Sistemas de Información*. Madrid: Mc Graw-Hill.
2. Bertalanffy, L. (1998). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
3. Camara de Diputados. (2012). *Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Camara de diputados.
4. Castillo de la Peña, J. (2010). *Metodología para la elaboración del trabajo científico*. México: Instituto Politécnico Nacional.
5. Cohen, D. (2004). *Sistemas de información para los negocios: un enfoque de toma de decisiones*. México: Mcgraw-Hill interamericana.
6. Daltabuit Godás, E., Hernandez Audelo, L., Mallen Fullerton, G., & Vázquez Gómez, J. (2007). *La seguridad de la información*. México: Noriega Editores.
7. Dante Contone . (2006). *Implementacion y debugging*. Chile: Zigzag.
8. Date, C. (2001). *Introducción a los sistemas de Bases de Datos*. México: Prentice Hall.
9. De Pablos Heredero, C. (2006). *Dirección y gestión de los sistemas de información en la empresa: una visión integradora*. España: ESIC.
10. Edwards, C., Ward, J., & Bythesway, A. (1998). *Fundamentos de Sistemas de Información*. Madrid: Prentice Hall.
11. Fernández, F., Nares, R., & Garcia, L. (2008). *Metodología de la investigación en ciencias sociales*. México: Grupo Editorial Patria.
12. García Bravo, D. (2000). *Sistemas de Información en la Empresa*. Madrid: Pirámide.

13. García Córdoba, F. (2005). La investigación tecnológica. Investigar, Idear e Innovar en Ingenierías y Ciencias Sociales. México: Limusa Noriega.
14. Gomez Vieites, A. (2009). Sistemas de información: herramientas prácticas para la gestión. México: Alfaomega grupo editor.
15. Granados Paredes, G. (2006). Introducción a la Criptografía. México: Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM.
16. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). Metodología de la investigación, (1ra. Ed.). Colombia: McGraw Hill.
17. Hernandez Trasobares, A. (1997). Los sistemas de información: evolución y desarrollo. México DF.
18. Hyman, H. (1971). Diseño y Análisis de las encuestas sociales. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
19. INEGI 2010. (01 de 12 de 2010). México en Cifras. Recuperado el 01 de 02 de 2011, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras>
20. Kendall, K., & Kendall, J. (2005). Analisis y diseño de sistemas [Sexta edición]. México: Pearson educación.
21. Laudon, K., & Laudon, J. (1996). Administración de los Sistemas de Información. México: Prentice Hall.
22. Maiorano , A. (2009). Criptografía: Técnicas de desarrollo para profesionales. Argentina: Alfaomega.
23. Nash, A., Duane, W., Joseph, C., & Derek . (2001). Cifrado Simétrico, Asimétrico e Híbrido: PKI Infraestructura de claves publicas. EUA: Osborn e Mc. Graw- Hill.
24. Pons Martorell, M. (2006). Criptografía. Italia: Escola Universitària Politècnica de Mataró, Departament de Telecomunicacions.
25. Ralph M, S. (2010). Principios de sistemas de información: un enfoque administrativo. México: Cengage learning.
26. Ramez , E., & Navathe, S. (2007). Fundamentos de sistemas de Bases de Datos. España: Pearson / Addison Wezley.
27. Rob, P., & Coronel, C. (2006). Sistemas de Bases de Datos: Diseño, Implementación y Administración. México: Thomson Editores.
28. Seberry, J., & Pieprzyk,. (1989). Cryptography. An Introduction to Computer Security. Australia: Prentice Hall.
29. Servicios Educativos Integrados al Estado de México (SEIEM), . (07 de 02 de 2012). Directorio de escuelas primarias públicas. Obtenido de <http://www.edomexico.gob.mx/seiem/escuelas/directorio/directorio.asp>
30. Silberschatz, A., & Korth , H. (2002). Fundamentos de Bases de Datos. España: McGraw-Hill / Interamericana de España.

PROGRAMAS DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA PARA EL DOCENTE DIGITAL

A. Reyna-Ballesteros¹, M.C. Dominguez-Ayala¹ y R. Alvarado-Juarez¹

San Jerónimo No.304, Col. San Jerónimo, C.P.62179, Cuernavaca, Morelos

¹Universidad Internacional (Uninter) –División de Ingeniería, Ciencias, Arquitectura y Diseño.
areyna@uninter.edu.mx; mcdominguez@uninter.edu.mx, ralvarado@uninter.edu.mx

Área de participación: Objetos de Aprendizaje y TIC´s Aplicadas a la Enseñanza

Resumen: El presente artículo, aborda importantes aspectos que detallan las experiencias y logros obtenidos a través de la implementación de diversas herramientas, prácticas y metodologías, como parte del contenido curricular del Programa de Posgrado en Educación y Tecnología Educativa de la Universidad Internacional- UNINTER-. En la primera parte, se acerca al lector al conocimiento de los conceptos, ideas e información base, referentes de la docencia digital y tecnología educativa; posteriormente y como parte medular, se muestra la forma en que se han abordado e incluido conocimientos modernos y nuevas prácticas para los estudiantes en formación; se detalla el uso asignado a una serie de recursos TIC gratuitos, disponibles para el público en general- sugeridos por el Marco de Competencias de los Docentes en Materia de TIC de la UNESCO-, pero que de forma ingeniosa, los estudiantes de posgrado han utilizado para impartir sus clases; normalmente a niños y adolescentes pertenecientes a instituciones públicas de educación básica como escuelas primarias y secundarias. Finalmente se expone a discusión los resultados y análisis de estas experiencias; se sugieren áreas de oportunidad, proyectos a mediano y largo plazo, se abordan hipótesis y se concluye con las respectivas fuentes de información.

Introducción

La Universidad Internacional es una institución privada ubicada en la ciudad de Cuernavaca, en el estado de Morelos, inició sus actividades en 1980, con el Centro de Estudios Lingüísticos y Multiculturales, que hasta la fecha se aboca a la enseñanza del español para extranjeros. Su misión fue propiciar el entendimiento de la cultura mexicana y el idioma español, y buscar su integración a un nivel internacional para su difusión y defensa entre las culturas y pueblos del mundo.

En 1997 atendiendo a la petición de un sector de la sociedad morelense y de algunas universidades asociadas, UNINTER extiende los beneficios de sus programas de enseñanza a los jóvenes mexicanos, estableciendo la universidad. Hoy en día, la universidad ofrece una amplia oferta educativa que va desde secundaria, bachillerato, licenciaturas, ingenierías, especialidades, maestrías y doctorados, además de cursos y talleres en educación continua y seguir ofreciendo programas de español a más de 200 universidades de los Estados Unidos de Norteamérica, y secundarias y bachilleratos en 25 distritos escolares de esa nación [1].

La División de Posgrado e Investigación (DPI) es la encargada de coordinar todos los programas oficiales que la universidad ofrece, que a su vez se encuentran organizados por categorías o áreas temáticas, siendo el caso de la Maestría en Educación y Tecnología Educativa (MET), la que se tomó como objeto de estudio

para este documento de investigación. MET es un programa de maestría cuyo objetivo es formar maestros en educación y tecnología educativa capaces de diseñar, desarrollar, administrar y evaluar proyectos académicos basados en Tecnologías de información y Comunicación (TICs), que promuevan mejores ambientes de enseñanza-aprendizaje en sus contextos educativos [2], fomentando competencias académicas y didácticas, así como diseñar e implementar las transformaciones que exigen esas demandas en escenarios interdisciplinarios y multidisciplinares.

El plan de estudios contempla 100 créditos repartidos en 16 asignaturas, organizadas a su vez en tres áreas de formación: básica, sustantiva y de especialización (véase figura 1). Dónde la primera parte – formación básica– comprende cursos que brindan al estudiante las bases de conocimientos como los modelos de enseñanza del siglo XXI, paradigmas de aprendizaje e innovación educativa, temas referentes a aspectos sociales vinculados con su aplicación y aspectos teóricos asociados al pensamiento metodológico universal.

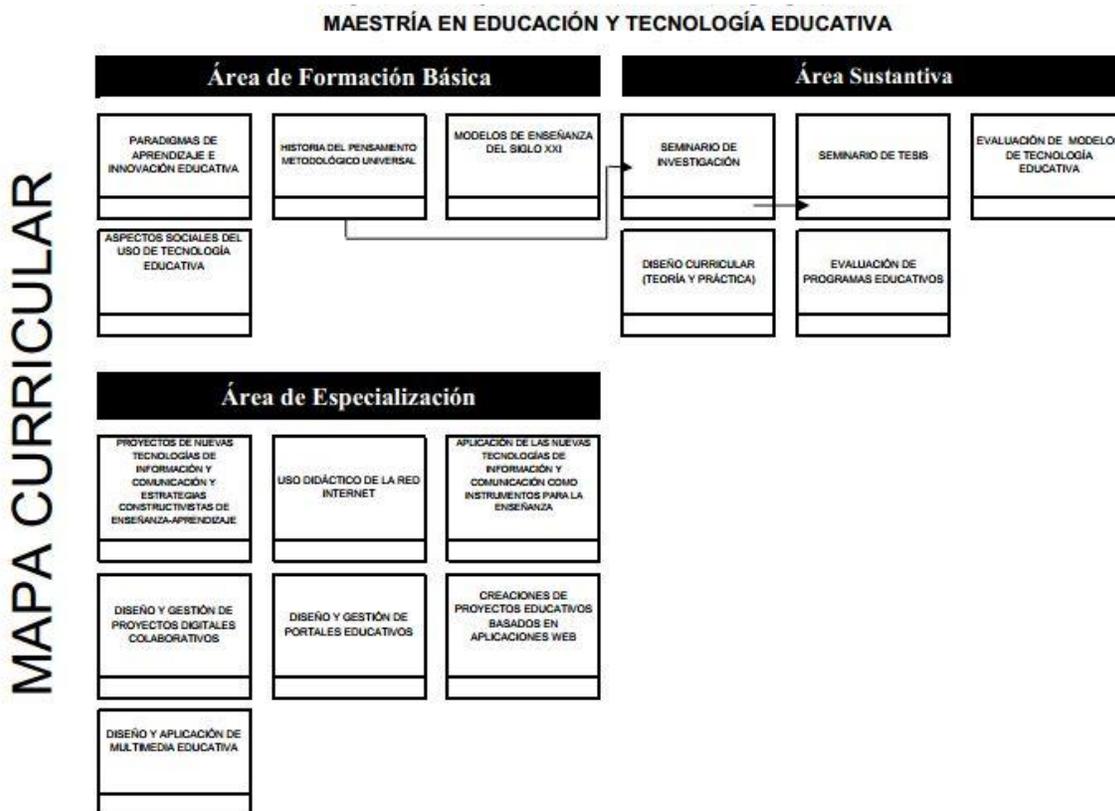


Figura 57. Mapa Curricular MET

El apartado referente al área sustantiva, propicia asignaturas que exigen el aprendizaje de tópicos referidos a la evaluación de modelos y programas educativos, diseño curricular y seminario de investigación. Por último y sujeto de esta investigación- el área de especialización-, comprende las materias donde los estudiantes interactúan con nuevas tecnologías sugeridas por el Marco de

Competencias de los Docentes en materia de TIC de la UNESCO (ICT-CFT por sus siglas en inglés) que permiten el diseño y gestión de proyectos digitales colaborativos, el trabajo constructivista, el enfoque de trabajo bajo proyectos, multimedia educativa, entre otros [3].

Tal como lo sugiere ICT-CFT, el programa de posgrado en mención- MET- hace hincapié en que no basta con que los docentes sepan manejar las TIC para que sean capaces de enseñar esta materia a sus alumnos. Los docentes han de ser capaces de ayudar a los estudiantes para que estos trabajen mancomunadamente, resuelvan problemas y desarrollen un aprendizaje creativo mediante el uso de TICs, de manera que lleguen a ser ciudadanos activos y elementos eficaces de la actual fuerza laboral demandada; buscando la aplicación de tres principios:

- 1) El aprendizaje de los elementos básicos de la tecnología.
- 2) La profundización del conocimiento.
- 3) La creación de conocimiento.

Demostrando que la incorporación de las TIC al trabajo del profesorado constituye hoy un imperativo y que su uso no se reduce a la adquisición de equipos, sino que puede contribuir significativamente a mejorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes y a optimizar los procesos de gestión de las escuelas, tal como se ilustra en el estudio de Experiencias de Formación Docente utilizando Tecnologías de Información y Comunicación [4], referente importante de este proyecto experimental-de investigación.

Fundamento Teórico

Para comprender mejor la temática aquí expuesta, se realiza una serie de aportes que describen brevemente el contexto suficiente para abordar la situación mostrada, partiendo del entendido de que la incorporación de las TICs, es necesaria tanto para la propia formación del docente, como para el aprendizaje de sus estudiantes.

A) Contextualización de Educación

La contextualización de la educación ha sido tema de diversos estudios y personajes a través de la historia, y han sido varios los intentos por integrar una sola definición del mismo. En la sociedad moderna, es común asimilar la educación con ciertos modos de ser o usar el concepto para referirse a alguien con ciertas cualidades y conocimientos, ¿pero realmente es posible definir “educación”? De acuerdo a la Real Academia Española [5], etimológicamente la palabra educación tiene dos significados, *educare* que significa formar o instruir y *educere* que significa guiar o conducir, haciendo alusión al proceso ida y vuelta que permite transmitir conocimientos, valores, tradiciones, costumbres, etc.

Para Ausbel, Novak y Hanesian, citados por Basabe Peña [6], la educación son todos los conocimientos, órdenes y métodos que brindan soporte al individuo para desarrollarse intelectual, moral y físicamente. Mientras que Vigotski propone tres elementos que operan en la educación: el aprendiz, el profesor y el problema, disponiendo que el problema será resuelto por el aprendiz con ayuda del profesor, para dar lugar a la creación de nuevo conocimiento.

B) El Rol del Docente en TICs

Si bien son variadas las apreciaciones y las funciones que este actor cumple en cada una de las experiencias, en todas ellas es considerado central [7]. En los estudios realizados es posible identificar tensiones en relación al docente, profesor o facilitador en TICs que se manifiestan en distinto grado en cada uno de ellas. Ahora bien estas tensiones no sólo se explican por el perfil de los maestros que trabajan en la incorporación de TICs en la vida escolar, sino que expresan y ponen de manifiesto un conjunto de otros problemas del sistema escolar y de la formación y perfeccionamiento de maestros en su conjunto.

Abarcar en un sólo concepto la gama educativa, sus elementos, fundamentos, objetivos y sujetos que la describen es complicado, pero con la finalidad de proporcionar un concepto para fines prácticos de este trabajo, la educación puede definirse como el proceso por medio del cual el alumno es guiado por el profesor en TICs para la creación de conocimiento, que le permite al individuo su desarrollo integral, la solución de problemas y su participación efectiva dentro de la sociedad.

Y donde marcadamente se definen sus responsabilidades; siendo el primero el del aprendizaje de los elementos básicos de la tecnología, que facilita a los estudiantes el uso de las TIC para aprender de manera más eficaz. El segundo consiste en la profundización del conocimiento, que permite que los estudiantes adquieran conocimientos más avanzados de las asignaturas escolares y los apliquen a problemas complejos de la vida real [10]. El tercero es la creación de conocimiento, que dota a los estudiantes, los ciudadanos y la fuerza laboral en la que se integrarán de la capacidad de crear los nuevos conocimientos necesarios para forjar sociedades más armoniosas, satisfactorias y prósperas [9].

Propuesta Metodológica

La Universidad Internacional claramente tiene presente que todo docente, profesor, educador o facilitador de aprendizaje que no haga uso de tecnologías de información y comunicación, se encuentra en desventaja respecto a sus estudiantes, independientemente de que todavía un importante número de escuelas públicas no posea equipos de cómputo, proyectores o acceso a Internet; esto no necesariamente quiere decir que los estudiantes no estén siendo usuarios de tecnologías como los juegos de video, aparatos de audio y televisión, Internet, telefonía celular, etc [4]. En el campo de las tecnologías los estudiantes, de todas maneras, las aprenden y utilizan aunque en otros contextos.

La premisa y punto de partida de los docentes participantes dentro del programa de posgrado en Educación y Tecnología Educativa, no solo fue apoyarlos para que conocieran y manejaran equipos tecnológicos, sino también fue necesario modificar los programas de estudio, hacerlos reflexionar acerca de su impacto en el aprendizaje, uso adecuado, potencialidades y límites. A ésta altura del debate educativo, hay certeza de que ni las tecnologías son la panacea para los problemas de las escuelas [3], ni la educación puede seguir de espaldas a los cambios que ocurren a su alrededor.

Tras toda la información anteriormente expuesta, los autores de la presente investigación caracterizaron las principales herramientas y usos didácticos con sus estudiantes, muchas de estas experiencias reflejan la práctica diaria de los profesores frente a grupo con sus alumnos.

A) Modelo Educativo

En el campo de la pedagogía no existe nada tan cambiante como las ideas en relación al modelo pedagógico idóneo para determinado tipo de sociedad. De un modelo educativo se espera que sea capaz de influir en el individuo a través de la adquisición de habilidades y conocimientos para el desarrollo de la sociedad y para que el individuo sea capaz de ingresar a la sociedad y alcanzar su plenitud y felicidad.

Los programas de posgrado de la Universidad Internacional integran conocimientos provenientes de diversas disciplinas, en una propuesta que avanza en el dominio de nuevos saberes, actualiza y amplía los paradigmas de la dirección o administración de las organizaciones de acuerdo a las demandas de la comunidad y entre sus principales objetivos se encuentran los siguientes [2]:

- Contribuir a la formación de personal capaz de transmitir y aplicar el conocimiento en forma original e innovadora.
- Preparar personal creativo que haga avanzar el conocimiento científico, humanístico y tecnológico, que contribuya al desarrollo del país.

Para ello y como parte del modelo educativo, se lleva a cabo un proceso de intercambio de experiencias del entorno, tanto en el ámbito de la educación y la tecnología, como el de la administración; fortaleciendo el desarrollo del estudiante y de esta manera estar en condiciones de comprender la realidad que se vive en un entorno globalizador y cambiante; es importante para UNINTER hacer partícipe al estudiante en formación, de múltiples eventos de extensión académica tales como congresos, coloquios y seminarios que se llevan a cabo a lo largo de todo el año.

B) Dinámica de Trabajo

Para los estudiantes de posgrado participantes dentro de este proyecto, la dinámica de trabajo se centró en aquellos cuya asignatura en curso, fue alguna de las siguientes en los ciclos comprendidos entre los años 2009 y 2011, periodo que abarcó 4 semestres de estudio:

- 1) Proyectos de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación y Estrategias Constructivistas de Enseñanza-Aprendizaje
- 2) Uso Didáctico de la red Internet
- 3) Aplicación de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación como Instrumentos para la Enseñanza
- 4) Diseño y Gestión de Proyectos Digitales Colaborativos
- 5) Diseño y Gestión de Portales Educativos
- 6) Creaciones de Proyectos Educativos basados en Aplicaciones Web
- 7) Diseño y Aplicación de Multimedia Educativa

Los docentes titulares de estas asignaturas, presentaron una serie de herramientas y metodologías con las cuales sus estudiantes, realizaron actividades que implementaron en sus centros de trabajo con sus propios alumnos. Las cuales básicamente consistieron en trabajar bajo el modelo de proyectos empleando alguna tecnología estudiada en clase.

C) Competencias a Desarrollar

Retomando los requerimientos adoptados por la UNESCO dentro Marco de Competencias de los Docentes en Materia de TIC (véase figura 2), los principales ejes motores fueron los siguientes [3]:

- 1) Incrementar la capacidad de los estudiantes, los ciudadanos y la mano de obra para comprender las tecnologías, integrando competencias tecnológicas en los planes de estudios (enfoque de nociones básicas de tecnología).
- 2) Incrementar la capacidad de los estudiantes, los ciudadanos y la mano de obra para utilizar los conocimientos con vistas a añadir valor a la sociedad y la economía, aplicando dichos conocimientos para resolver problemas complejos y reales (enfoque de profundización de los conocimientos).
- 3) Aumentar la capacidad de los estudiantes, los ciudadanos y la mano de obra para innovar, producir nuevos conocimientos y sacar provecho de éstos (enfoque de creación de conocimientos).

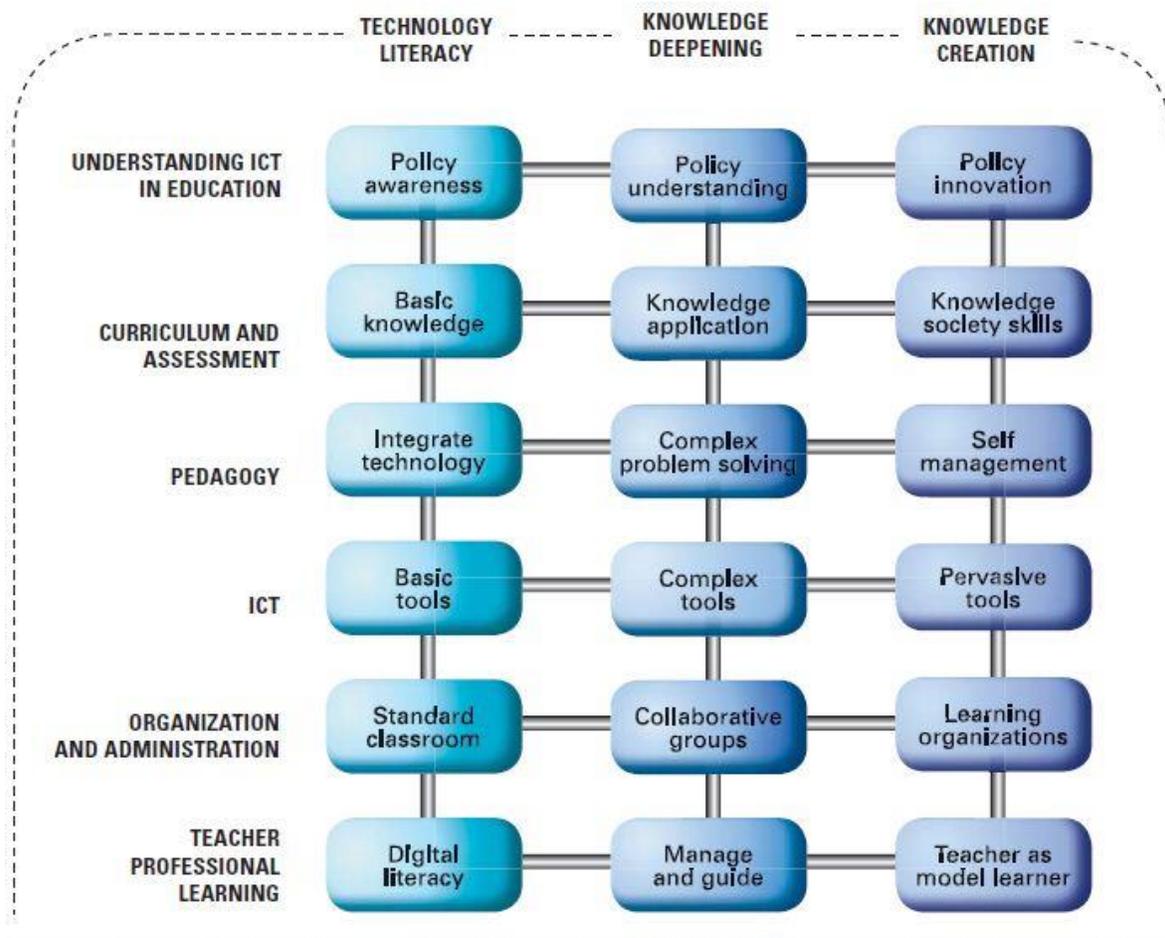


Figura 58. Sugerencias de UNESCO

D) Matriz de Herramientas TIC

Como ya se mencionó con anterioridad, las TICs son instrumentos y procesos utilizados para recuperar, almacenar, organizar, manejar, producir, presentar e intercambiar información por medios electrónicos y automáticos [7], es decir, son aquellas tecnologías que permiten transmitir, procesar y difundir información de manera instantánea; dentro de este ámbito, las herramientas seleccionadas y empleadas para el trabajo bajo proyectos, fueron las descritas en la tabla 1.

Tabla 15. Herramientas TIC objeto de estudio

No	Herramienta TIC
1	Gestión de video conferencias con Adobe Connect
2	Aplicación de diagramas colaborativos con Cacao
3	Actividades Multimedia con Educaplay
4	Diseño de actividades de aprendizaje con Factoría del tutor
5	Haciendo 3D movies con Xtranormal
6	Sesión colaborativa con SecondLife
7	Asesoría remota con Team Viewer
8	Gestión de espacio virtual con DropBox
9	Generación de subtítulos con UniversalSubtitles
10	Diseño de presentaciones interactivas con SlideRocket
11	Creación básica de blogs con Wordpress
12	Generación de juegos educativos con Classtools
13	Actividades colaborativas con Zoho Work Online
14	Actividades de aprendizaje con Kubbu
15	Gestión de talkgroups con VoxoPop
16	Creación de revista digital con Calameo
17	Screen recorder con Screencast-O-Matic
18	Trabajo colaborativo con Microsoft Office 365

E) Descripción de la Matriz de Herramientas TIC

A continuación se presenta una breve descripción que explica la forma en que se empleó cada una de las herramientas TIC descritas con anterioridad y su área de impacto en los estudiantes:

1. Gestión de video conferencias con Adobe Connect

Es un sistema de comunicación Web empleado principalmente para formación, marketing, conferencias Web múltiples y colaboración en línea. Se utilizó trabajar con los estudiantes en sesiones remotas, introduciendo el uso de la cámara Web y los dispositivos móviles.

2. Aplicación de diagramas colaborativos con Cacao

Cacao es una herramienta online para hacer diagramas de diversos tipos, desde el esquema de una oficina hasta diagramas UML, pasando por el prototipado de pantallas, entre otros. Es gratuita y dispone de una gran variedad de paletas de objetos diferentes, permite el trabajo colaborativo simultáneo, es decir un mismo diagrama se puede editar a la vez por más de una persona. Se utilizó con los estudiantes para ayudarles a trabajar *on group* en distintos documentos.

3. Actividades Multimedia con Educaplay

Es una plataforma para la creación de actividades educativas multimedia que permite la creación de aplicaciones de diversos tipos, se puede usar para mapas, como herramientas para hacer tests, adivinanzas, aplicaciones de dictado, crucigramas, entre otros. De momento solo dispone de 11 componentes que

pueden ser personalizados para adecuarse a diversas necesidades y facilita su integración a recursos generados a través de LMSs (Learning Management Systems). Los estudiantes emplearon esta herramienta para la generación de actividades varias, con capacidad de registro de evaluaciones.

4. Diseño de actividades de aprendizaje con Factoría del tutor

Es otra interesante plataforma social y educativa basada en tecnología DoBook que propicia la integración de las TIC en el aula, a través de herramientas como autor, programaciones didácticas, SCORM, red social, repositorio, entre otras. Particularmente esta plataforma se usó como medio integrador, apoyando las experiencias de los estudiantes.

5. Haciendo 3D movies con Xtranormal

Xtranormal por su parte es una aplicación online gratuita que permite la creación de películas para clases, explicando contenidos a través de imágenes y audios. Básicamente se debe seleccionar un escenario, los personajes, crear los diálogos, integrar los movimientos de cámaras y exportar la animación. Fue una divertida aplicación que contribuyó a la participación de estudiantes en situación de timidez.

6. Sesión colaborativa con SecondLife

Se trata de una comunidad virtual a la que se puede acceder gratuitamente a través de programas de interfaz, denominados *viewers*, los cuales permiten la interacción haciendo uso de *avatars*, es una red social 3D orientada principalmente a usuarios mayores de edad. Esta aplicación provocó algunas limitantes debido al excesivo consumo de ancho de banda y a la información sin restricciones que circula a través de esta red, sin embargo demostró apoyar bastante, las situaciones donde los estudiantes tenían como tarea proyectar aspectos de personalidad.

7. Asesoría remota con Team Viewer

Teamviewer es una interesante aplicación que permite tomar el control de equipos de cómputo conectados a Internet a través de la instalación de un plug-in que genera un código y contraseña, los cuales cambian cada vez que es iniciada la aplicación. Los estudiantes mostraron interacción con esta aplicación al conectarse entre ellos y utilizar remotamente sus equipos de cómputo y dispositivos móviles.

8. Gestión de espacio virtual con DropBox

Es un servicio de alojamiento de archivos multiplataforma en la nube, que permite a los usuarios almacenar y sincronizar archivos en línea y entre dispositivos, compartiendo archivos y carpetas con otros. Es un software que enlaza todas las computadoras mediante una sola carpeta, lo cual constituye una manera fácil de respaldar y sincronizar información. Valioso programa que los estudiantes usaron para la generación de redes de aprendizaje y como repositorios de información.

9. Generación de subtítulos con UniversalSubtitles

Es un proyecto de código abierto, apoyado por Mozilla que permite la creación de subtítulos para documentos en video alojados en casi cualquier plataforma multimedia. Con este programa los estudiantes pudieron practicar principalmente estrategias y metodologías relacionadas con el aprendizaje de los idiomas.

10. Diseño de presentaciones interactivas con SlideRocket

Es una herramienta 2.0 muy útil para crear presentaciones completas con diferentes diapositivas, incluyendo imágenes, texto, archivos flash, etc. Interesante opción para el diseño de aplicaciones en la nube. Los estudiantes la emplearon para hacer sus presentaciones de contenidos de clase para la explicación de temas, presentaciones de imágenes con música, realizar biografías, presentaciones personales en diferentes idiomas, trabajos colaborativos, temas transversales, temas de tutoría, etc.

11. Creación básica de blogs con Wordpress

WordPress es un novedoso sistema de gestión de contenidos, más orientado a blogs, o bitácoras en línea. Por medio de este software e interface, sus usuarios pueden crear sus propios blogs de una manera sencilla y personalizada, es un administrador de contenidos, que facilita el diseño de páginas sin necesidad de cambiar el formato. Además, favorece la publicación de material de una manera sencilla para posteriormente ser vista por otros usuarios. Con este programa los estudiantes pudieron crear blogs temáticos colaborativos.

12. Generación de juegos educativos con Classtools

Es un buen recurso para cuando se desea crear juegos con finalidades educativas, aunque carece un poco de aspectos gráficos modernos, no deja de ser una importante opción para el diseño de actividades *in game mode*, no requiere registro previo, es gratuita y los estudiantes la usaron para dar vida a actividades principalmente cortas y sin tantos criterios de evaluación.

13. Actividades colaborativas con Zoho Work Online

Zoho es una suite de aplicaciones Web orientadas a la gestión del trabajo en grupo, potenciada para actividades colaborativas que incluye más de veinte programas en línea al estilo Microsoft Office. Para poder utilizar cualquiera de los servicios de Zoho es necesario el registro, al que se puede acceder directamente sin invitaciones. Herramienta usada por los estudiantes para sustituir las tradicionales aplicaciones ofimáticas, pero ahora en Internet.

14. Actividades de aprendizaje con Kubbu

Es una web que proporciona las herramientas necesarias para que los profesores puedan crear crucigramas, adivinanzas y otros juegos educativos para que los alumnos los resuelvan online. Con una sección de informes que permitirá comprobar el rendimiento de la clase, Kubbu es gratuito para grupos de hasta 30 alumnos, con un límite de 15 actividades. Su trabajo en las modalidades *Match*, *Divide*, *Slider*, *Composer* y *Crossword*, permitió que los estudiantes formularan actividades simples y como juegos para los alumnos de sus centros de trabajo.

15. Gestión de talkgroups con VoxoPop

Muchas veces la gran dificultad de los alumnos para expresarse oralmente, es el problema de hacerlo en público; con esta herramienta tienen la posibilidad de hacerlo en casa, de poder prepararlo, e incluso hacer varias tentativas hasta que estén contentos con el resultado. También está la posibilidad de que sean ellos los que comiencen las charlas eligiendo los temas, o que utilicen Voxopop para poder lanzar a la red sus mensajes. Se trata de una herramienta orientada fundamentalmente al lenguaje hablado, brindando la oportunidad de crear grupos de debate donde cada alumno pueda participar dando su propia opinión o reaccionando a las opiniones de los otros participantes. Con esta aplicación los estudiantes pudieron expresarse con mayor libertad y se valoró de mejor forma la calidad de sus opiniones.

16. Creación de revista digital con Calameo

Es un servicio online que permite la conversión gratuita de documentos en publicaciones electrónicas. Ofrece la posibilidad de crear, alojar y compartir publicaciones interactivas, admitiendo y convirtiendo una amplia variedad de tipos de archivos como PDF, Word, Powerpoint, OpenOffice, entre otros; en un documento que se puede leer desplazando las páginas como si se tratara de un libro virtual. Demostró ser una herramienta muy valiosa para los estudiantes porque favoreció la entrega de proyectos en formato de publicación con un sentido más profesional.

17. Screen recorder con Screencast-O-Matic

Cuando los estudiantes trabajaron con este programa, se dieron cuenta de que es muy útil cuando se trata de mostrar algún procedimiento o crear un tutorial, ya que al ser una guía visual en video permite un aprendizaje mucho más simple. Es un servicio que permite grabar desde el navegador de Internet, lo que sucede en la pantalla, sin necesidad de instalar programas. El único requerimiento es tener Java instalado.

18. Trabajo colaborativo con Microsoft Office 365

Se trata de las herramientas de colaboración y productividad de esta compañía, pero alojadas en la nube. Integra y permite el acceso desde cualquier lugar al correo electrónico, las conferencias web, los documentos y los calendarios, así como un espacio Web colaborativo para grupos. Con esta aplicación los estudiantes pudieron integrar sus documentos generados a través del escritorio y trabajar con él de forma compartida y en tiempo real.

Conclusiones

A través del presente documento fue posible transmitir las diversas experiencias recabadas a lo largo de dos años de impartir clases dentro del Programa de Maestría en Educación y Tecnología Educativa en la Universidad Internacional; tiempo que ha favorecido el análisis de diversas herramientas TIC gratuitas, novedosas y disponibles para el público en general y que han contribuido en la

formación de docentes actualizados, con firmes conocimientos, acordes a las propuestas sugeridas por la UNESCO y que cumplen con las metas y modelos de enseñanza del siglo XXI. Se aportan diversos logros que ya se fueron enunciando a lo largo de este escrito, sin embargo se considera más importante destacar los siguientes desafíos, objeto de estudio de futuras investigaciones:

Desafíos

- Establecer indicadores de rendimiento que permitan medir el mejoramiento escolar de los estudiantes antes y después de haber hecho uso de herramientas TIC.
- Crear una academia o red interescolar que permita hacer llegar materiales, mejores prácticas, recomendaciones y sugerencias de contenidos acorde a los temas de clase de los profesores.
- Derivar temas de tesis e investigación, producto de la experiencia del trabajo en clase con herramientas TIC.
- Integrarse a alguna red nacional que fomente el uso de TICs en clase para docentes mexicanos.
- Organizar eventos estatales que favorezcan los encuentros entre pares académico- estudiantiles.
- Acercar a las empresas proveedoras de software para tomar en cuenta las recomendaciones de los docentes mexicanos.
- La generación de TICs a la medida y tropicalizadas a contextos particulares, como por ejemplo con traducción a lenguas indígenas.
- Entre otros.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Internacional y a los diferentes grupos de estudiantes de posgrado, quienes a través de sus prácticas y experimentos -en sus centros de trabajo con sus estudiantes- aportaron información valiosa, base de este documento. Sin ellos, muchas de las ideas aquí expuestas, no sería posible fundamentar. Asimismo se agradecer a las empresas proveedoras del software necesario, por las facilidades aportadas para las cuentas de acceso de prueba y las licencias extendidas.

Referencias

1. Quijano, A. (24 de Noviembre de 201). Oferta Educativa. Recuperado el 6 de Febrero de 2013, de <http://www.universidad.uninter.edu.mx/ofertaEducativa/licenciaturas/index.php>
2. Vergara, A. (7 de Junio de 2012). Maestría en Educación y Tecnología Educativa. Recuperado el 6 de Febrero de 2013, de http://www.universidad.uninter.edu.mx/ofertaEducativa/educacion_tecnologia_educativa
3. P. Hine; in *UNESCO ICT Competency Frameworks for Teachers*, Ed UNESCO and Microsoft, Paris, 2011; 10-15.
4. M. Robalino; in *Formación Docente y las Tecnologías de Información y Comunicación*, Ed OREALC- UNESCO Santiago, Chile, 2005; 9-28.
5. RAE; in *Diccionario de la Lengua española*, Ed McGrawHill, España, 2010; Vol 2, 123-124.
6. Basabe Peña F. in *Educación a Distancia en el Nivel Superior*, Ed Trillas, México, 2007; 27-40.
7. M. Manso; in *Las TICs en las Aulas: Experiencias Latinoamericanas*, Ed Grupo Planeta, Argentina, 2011; 45-67.
8. M. Cerbian de la Serna; in *Procesos Educativos con TIC en la Sociedad del Conocimiento*, Ed Piramide, España, 2011; 13-19.
9. D. Medina, Master Thesis, Universidad Internacional de la Rioja, 2012
10. E. Marcelo, F. Grinsztajn in PDF 6 Proceedings, JEITICS 2005, CD.

SISTEMA INTEGRAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN ESCOLAR, INCLUYENDO SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN.

I. Patiño-Galvan, M. Verduzco-Rodríguez

ISC-TESE, Av. Tecnológico s/n, Col. Valle de Anáhuac, CP 55210, (55)50002300,
ispa_ga@hotmail.com, martinverduzco@yahoo.com.mx

Área de participación: Objetos de Aprendizaje y TIC's Aplicadas a la Enseñanza de la Ingeniería

Resumen – En la actualidad, los avances tecnológicos en especial de los sistemas de información son cada vez más acelerados y esto involucra a cualquiera de las actividades públicas y privadas, como son los sectores empresariales, educativos, comerciales, de investigación, por mencionar algunos. Dentro de dichos avances, la seguridad de la información no es la excepción, ya que debe de progresar al mismo tiempo que los sistemas de información, e inclusive avanzar con mayor rapidez por tratarse dentro de varias características de proteger la información. Por otra parte la incorporación de los sistemas de información en la educación pública básica en México, depende en gran medida del análisis de necesidades que hagan las autoridades correspondientes, ya que no se trata de incorporar la tecnología como parte del auge tecnológico mundial, más bien de integrarla como parte de una investigación que logre maximizar la utilización de esta, para apoyar entre otras cosas a la administración de información escolar.

Abstract. Today, advances in technology especially information systems are increasingly accelerated and this involves any of the public and private activities, such as the business sector, educational, commercial, research, to name a few. Among these advances, information security is no exception, as it must to progress while information systems, and even move faster because it within several features to protect information. Moreover, the incorporation of information systems in public basic education in Mexico is highly dependent on the needs analysis to make appropriate authorities, as no technology is incorporated as part of the global technology boom, rather to integrate it is part of an investigation that achieves maximum use of this, among other things to support the information management school.

Introducción

La carencia de voluntad e investigaciones que avalen la incorporación tecnológica, es un factor determinante para dicha incorporación, y cuando se llega a incluir no se le da el seguimiento, que es vital para ir mejorando y evolucionando en este aspecto, derivado de lo anterior no se aprovechan las pocas tecnológicas que se implantan. Una visión pesimista que se tienen para la incorporación de los sistemas de información en la administración de información escolar pública, es sin duda en retroceso lejos de progresar y evolucionar en el uso de estas tecnologías de información, pareciera un desperdicio en recursos económicos, humanos, etc. Ya que no se realizan investigaciones adecuadas, analizando las necesidades, llevando acabo investigación de campo, etc. Por otro lado una visión optimista de las perspectivas es que se tienen muchas oportunidades de mejora, desde los análisis de necesidades, selección de tecnologías,

proyecciones, y sin dejar a un lado el seguimiento que se les da a dichas incorporaciones.

Es importante mencionar también que el factor humano que opera dichos sistemas requiere también de actualizaciones académicas tecnológicas, principalmente para que aporte ideas y también maximice las bondades que ofrecen las tecnologías de la información. La presente investigación se basa en una muestra de escuelas que se localizan en municipio de Ecatepec de Morelos. Es por ello que se propone desarrollar un sistema de información para la administración de información escolar con criptografía de datos.

Metodologías

La metodología de la investigación ofrece los métodos y procedimientos para realizar la actividad científico-investigativa con calidad. Los métodos son el acceso a las fuentes, de ahí la importancia de su selección y utilización. En el caso de esta investigación se distinguen los siguientes: Métodos de investigación:

El Método Sistémico estructural funcional, del cual Fernández, Nares y García (2008), indican lo siguiente, sistémico estructural funcional. Se emplea en las tesis que presentan estructuras que conforman sistemas.

Su acción se evidencia en la interrelación de las ideas, la conexión de los conceptos, los sistemas de recomendaciones y unido al modelado en modelos, metodologías y estrategias.

Por lo tanto en esta investigación se hará uso del Método Sistémico estructural funcional. Se estudiará cada una de las partes administrativas y operativas que integran a las escuelas (estructura, manuales de organización y procedimientos), y su relación entre ellos.

Se incluye el Método Inductivo del cual indica Castillo (2010). Es el razonamiento, que partiendo del conocimiento de los caracteres necesarios o de la conexión necesaria de parte de los objetos de una clase, se infiere una conclusión universal acerca de los objetos de esa clase.

De lo anterior en esta investigación se parte del estudio de las diversas áreas administrativas de una muestra de escuelas primarias públicas y a partir de ello se analicen los datos que sirvan como referencia en otras escuelas del estado de México.

Comparativo de metodologías tecnológicas para el desarrollo.

Dada la naturaleza de la investigación la metodología empleada en esta es orientada a objetos y ciclo de vida orientado a objetos. A continuación se muestra en el cuadro 1, un comparativo entre las distintas metodologías.

Cuadro 1. Comparativo entre metodologías.

Metodologías generales	Ventajas	Desventajas
Metodología Estructurada	Se descompone en pequeños módulos individuales	No se puede reutilizar el código
	Es más fácil resolver problemas pequeños	Es complejo conforme aumenta el número de módulos
	División de procesos según su complejidad	
Metodología Orientada a Objetos	Arma módulos basados en componentes	Es complejo conforme aumenta el número de objetos
	Cada componente es independiente a otro	
	El código es reutilizable por otro proceso	
	Fácil de mantener	
	División de procesos según su complejidad	

Fuente: Dante (2006), Cuadro comparativo de metodologías de la programación. Implementación y debugging Zigzag, Chile. Pág. 20

Porque se selecciona la metodología orientada a objetos. Comenta Dante (2006), que la metodología orientada a objetos, arma módulos basados en componentes, es decir cada componente es independiente del otro, esto permite que el código sea reutilizable.

Derivado de lo anterior se crearan diversos bloques para poder desarrollar el sistema ligados entre ellos (retroalimentación) de ellos, además de separar las tareas de cada uno de ellos dependiendo del objetivo o función de cada módulo se podrán compartir funciones entre ellos. De igual la presente esta investigación comparte la metodología del ciclo de vida orientado a objetos, según el cuadro 2.

Cuadro 2. Comparativo entre las distintas metodologías

Metodologías detalladas	Ventajas	Desventajas
Ciclo de vida lineal	Se descompone la actividad global en etapas separadas que son realizadas de manera global	No acepta retroalimentación entre etapas del proceso
	Fácil dividir las tareas y prever tiempos	Es muy costoso retomar una etapa anterior al detectar una falla
	Sencillez de su gestión y administración	

Continúa cuadro 2.

Ciclo de vida en cascada puro	Admite iteraciones	Modelo rígido, poco flexible
	Tiene una planificación sencilla	Existen muchas restricciones para su aplicación
	no se requiere personal altamente calificado	si se han cometido errores y no se detectan en la tapa siguiente es costoso y difícil regresar a resolver el problema
		Los resultados no se pueden visualizar hasta que no se está en la etapa final
Ciclo de vida orientado a objetos	Cada funcionalidad solicitada por el usuario es considerada como un objeto	Es costo en tiempo en cada desarrollo, dependiendo de la magnitud del proyecto.
	Es un modelo flexible	
	Soporta de mejor manera la incertidumbre de los requerimientos de los usuarios	Se requiere de personal con conocimiento
	Favorece la reducción de la complejidad del problema, y permite la mejora continua del proyecto	
	Se puede utilizar en cualquier tipo de lenguaje	
Es un modelo versátil		

Finaliza cuadro 2.

Fuente: Dante (2006), Cuadro comparativo de metodologías de la programación. Implementación y debugging Zigzag, Chile. Pág. 21 – 34

Por otra parte, la metodología de la investigación ofrece los métodos y procedimientos para realizar la actividad científico-investigativa con calidad. Los métodos son el acceso a las fuentes, de ahí la importancia de su selección y utilización.

Cualitativa. La finalidad de la investigación cualitativa es comprender e interpretar la realidad, tal y como es entendida por los sujetos participantes en los contextos estudiados, pero esta comprensión no interesa únicamente al investigador los resultados del investigador han de ser compartidos, comunicados, según Rodríguez Gómez, Gil Flores, & Garcia Jiménez (1996).

Sistémico estructural funcional. Del cual Fernández, Nares, & Garcia (2008), indican lo siguiente: Sistémico estructural funcional. Se emplea en las tesis que presentan estructuras que conforman sistemas. Su acción se evidencia en la interrelación de las ideas, la conexión de los conceptos, los sistemas de recomendaciones y unido al modelado en modelos, metodologías y estrategias.

Se convierte, de ese modo, en una vía importante para la explicación del objeto de investigación.

Inductivo. Se incluye el Método Inductivo del cual indica Castillo de la Peña, (2010). Es el razonamiento, que partiendo del conocimiento de los caracteres necesarios o de la conexión necesaria de parte de los objetos de una clase, se infiere una conclusión universal acerca de los objetos de esa clase. De lo anterior en esta investigación se parte del estudio de las diversas áreas administrativas y operativas de una muestra de escuelas primarias públicas y a partir de ello se analizan los datos que servirán como referencia en otras escuelas del estado de México.

Resultados y Discusión

Se presenta a continuación una propuesta de sistema de información para administrar la información escolar de los alumnos de educación básica. Además que derivado de la metodología científica y tecnológica utilizada, esta propuesta se propone implementar en los niveles educativos secundarios, medio superior y superior. Complementando a los sistemas que hoy en día operan en dichas instituciones académicas públicas.

Las pantallas presentadas en este artículo son solo las más representativas, ya que dicho sistema consta de formas adicionales, para gestionar los datos que se requieren para el funcionamiento del mismo. Para efectos del presente trabajo, se abordará la seguridad de información tomando en consideración los siguientes servicios y métodos de seguridad, dado a que se limitará este a garantizar el acceso al sistema.

Servicios de seguridad de la información a implementar en el sistema integral.

A. Servicio 1.

- Objetivo 1. Confidencialidad
- Suposición.
 - Acuerdo de llaves privadas, se genera de manera local.
 - Cada usuario guardará su clave privada acordada.
 - Es responsabilidad del usuario no comprometer la llave privada
 - La llave privada será cifrada al momento de generarse.
 - Se recomienda incluir la huella digital para evitar ataques de descifrado.
- Algoritmos. AES / 3 DES

B. Servicio 2.

- Objetivo 2. Verificación de integridad.
- Suposición.
 - El emisor y receptor de la información conocen la información de salida y entrada

- La integridad de la información será validada por los sistemas emisor y receptor.
- Algoritmos. SHA -1 / SHA - 2

C. Mecanismo de seguridad de la información a implementar en el sistema integral

- Confidencialidad: Cifrado Asimétrico.
- Verificación de integridad: Hash.
- Control de acceso: Multinivel de Bell-La Padula / Basado en roles.

Ecuaciones de los servicios de seguridad a implementar:

A: Genera M_a ("User, Pass")

A: $E_{K_{ab}}(M_a) = C_1$

A: $H(M_a, K_{ab}) = V$

A: $A \rightarrow B : C_1, V$

B: $H(M_a, K_{ab}) = V'$

B: $V = V'$

B: $D_{K_{ab}}(C_1) = M_a$

Se presenta en la siguiente figura, la página de inicio del sistema propuesto, integrando los servicios de seguridad mencionados.



Figura 1. Pantalla de inicio del sistema. Fuente: Elaboración propia (2013)

En esta se solicita el usuario, password y la clave. Con el objetivo de validar el acceso, aplicando los servicios de seguridad indicados líneas arriba.

Por otra parte se presenta en la siguiente figura, el detallado en el cual se propone mostrar las calificaciones de los alumnos, dependiendo de la materia y rangos temporales de evaluaciones que se requieran analizar por parte del docente, con el objetivo de proponer mejoras en el rendimiento de los alumnos.

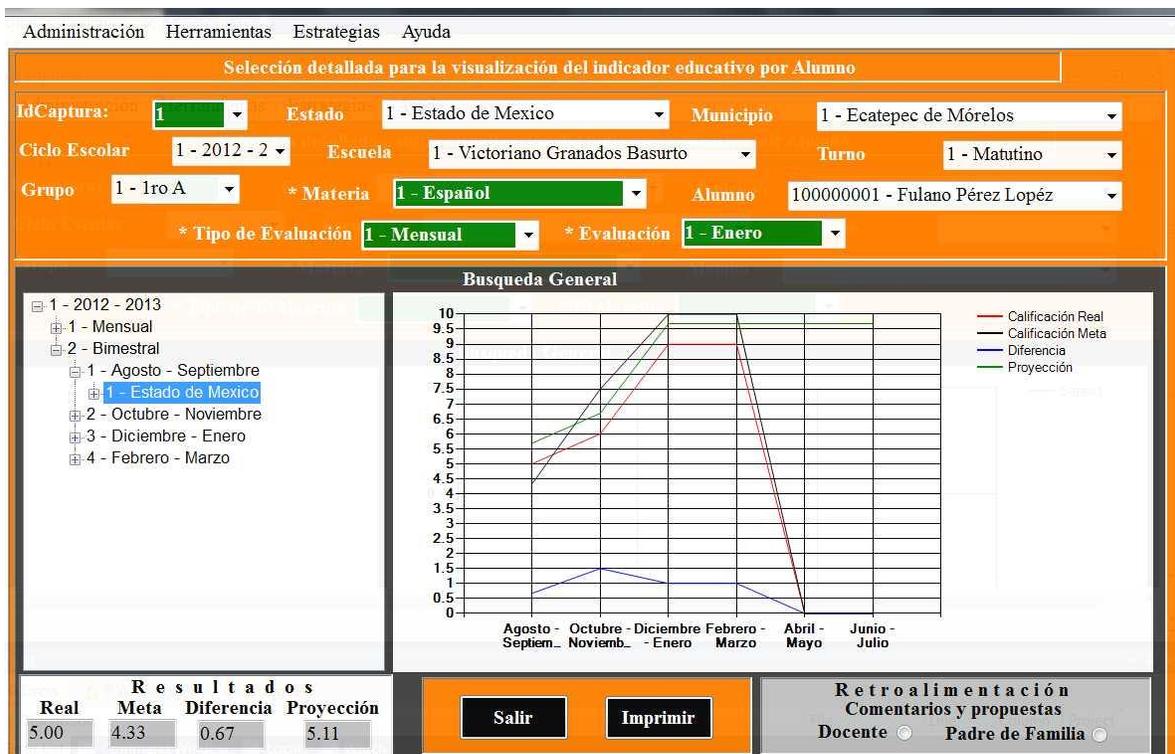


Figura 2. Detalle de calificaciones Fuente: Elaboración propia (2013)

Como se puede observar la administración de información dentro del sistema, permite visualizar el comportamiento de las calificaciones, además de proyectarlas y un aspecto importantísimo en esta propuesta es incluir el indicador, que es las calificaciones meta. La cual es proporcionada por el docente con el objetivo de analizar el comportamiento en el aprovechamiento del alumno.

En esta pantalla se incluyen además de los niveles de detallado por alumno, se incluye un árbol, que muestra el detalle por estado, municipio, escuela, grado, turno, materia y alumno, con el fin de analizar el comportamiento global de cada escuela, finalizando de nuevo en el detalle mínimo del reporte que es a nivel alumno.

Finalmente se presenta a continuación en la siguiente pantalla, una propuesta para que los docentes y padres de familia interactúen, para mejorar el

aprovechamiento de los alumnos, dependiendo del rendimiento proyectado, en esta se propone que ambos actores enriquezcan las alternativas, colocando a su parecer cuales son las debilidades del alumno, así como sus fortalezas y que estrategias recomiendan para poder llegar a la meta propuesta, planteada en la pantalla anterior.

The screenshot shows a web application interface for 'Retroalimentación'. At the top, there are fields for 'Rol: Docente' and 'Nombre: 300000001 - Aurelio Gutierrez Gonzalez'. Below this are several dropdown menus for 'IdCaptura', 'Estado', 'Municipio', 'Ciclo Escolar', 'Escuela', 'Turno', 'Grupo', 'Materia', 'Alumno', '* Tipo de Evaluación', and '* Evaluación'. The main area is divided into three columns: 'Debilidades' (with the text 'se distrae'), 'Fortalezas' (with the text 'es aplicado'), and 'Recomendaciones' (with the text 'leer'). At the bottom, there is a 'Resultados' table and three buttons: 'Guardar', 'Actualizar', and 'Salir'.

Resultados			
Real	Meta	Diferencia	Proyección
1.00	4.50	-3.50	1.29

Figura 3. Estrategias para elevar el aprovechamiento escolar del alumno
Fuente: Elaboración propia (2013)

Es importante que parte importante de la administración escolar de información, es también que permita la interacción de los actores inmersos, en este sentido esta propuesta premia la interacción directa entre el docente y padre de familia para fomentar el aprovechamiento de los alumnos y detectar posibles problemas de aprendizaje y a su vez aprovechar este para proponer alternativas que mejoren este, lo cual se verá reflejado en las calificaciones de los alumnos.

Conclusiones

La presente propuesta está encaminada en ofrecer alternativas, para lograr la administración de información escolar con el apoyo tecnológico, fundamentado en el estudio de campo, recopilación de información además de las metodologías utilizadas, con el objetivo de presentar información estratégica para establecer controles y mecanismos que fomenten el mejoramiento de los alumnos, pero sobre todo administrar la información de manera segura.

Referencias

1. Andreu, R., Ricart, J., & Valor, J. (1991). *Estrategia y Sistemas de Información*. Madrid: Mc Graw-Hill.
2. Bertalanffy, L. (1998). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
3. Camara de Diputados. (2012). *Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Camara de diputados.
4. Castillo de la Peña, J. (2010). *Metodología para la elaboración del trabajo científico*. México: Instituto Politécnico Nacional.
5. Cohen, D. (2004). *Sistemas de información para los negocios: un enfoque de toma de decisiones*. México: Mcgraw-Hill interamericana.
6. Daltabuit Godás, E., Hernandez Audelo, L., Mallen Fullerton, G., & Vázquez Gómez, J. (2007). *La seguridad de la información*. México: Noriega Editores.
7. Dante Contone . (2006). *Implementacion y debugging*. Chile: Zigzag.
8. Date, C. (2001). *Introducción a los sistemas de Bases de Datos*. México: Prentice Hall.
9. De Pablos Heredero, C. (2006). *Dirección y gestión de los sistemas de información en la empresa: una visión integradora*. España: ESIC.
10. Edwards, C., Ward, J., & Bythesway, A. (1998). *Fundamentos de Sistemas de Información*. Madrid: Prentice Hall.
11. Fernández, F., Nares, R., & Garcia, L. (2008). *Metodología de la investigación en ciencias sociales*. México: Grupo Editorial Patria.
12. García Bravo, D. (2000). *Sistemas de Información en la Empresa*. Madrid: Pirámide.
13. García Córdoba, F. (2005). *La investigación tecnológica. Investigar, Idear e Innovar en Ingenierías y Ciencias Sociales*. México: Limusa Noriega.
14. Gomez Vieites, A. (2009). *Sistemas de información: herramientas prácticas para la gestión*. México: Alfaomega grupo editor.
15. Granados Paredes, G. (2006). *Introducción a la Criptografía*. México: Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM.
16. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*, (1ra. Ed.). Colombia: McGraw Hill.
17. Hernandez Trasobares, A. (1997). *Los sistemas de información: evolución y desarrollo*. México DF.
18. Hyman, H. (1971). *Diseño y Análisis de las encuestas sociales*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
19. INEGI 2010. (01 de 12 de 2010). *México en Cifras*. Recuperado el 01 de 02 de 2011, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras>
20. Kendall, K., & Kendall, J. (2005). *Analisis y diseño de sistemas* [Sexta edición]. México: Pearson educación.
21. Laudon, K., & Laudon, J. (1996). *Administración de los Sistemas de Información*. México: Prentice Hall.
22. Maiorano , A. (2009). *Criptografía: Técnicas de desarrollo para profesionales*. Argentina: Alfaomega.
23. Nash, A., Duane, W., Joseph, C., & Derek . (2001). *Cifrado Simétrico, Asimétrico e Híbrido: PKI Infraestructura de claves publicas*. EUA: Osborn e Mc. Graw- Hill.

24. Pons Martorell, M. (2006). Criptografía. Italia: Escola Universitària Politècnica de Mataró, Departament de Telecomunicacions.
25. Ralph M, S. (2010). Principios de sistemas de información: un enfoque administrativo. México: Cengage learning.
26. Ramez , E., & Navathe, S. (2007). Fundamentos de sistemas de Bases de Datos. España: Pearson / Addison Wezley.
27. Rob, P., & Coronel, C. (2006). Sistemas de Bases de Datos: Diseño, Implementación y Administración. México: Thomson Editores.
28. Seberry, J., & Pieprzyk,. (1989). Cryptography. An Introduction to Computer Security. Australia: Prentice Hall.
29. Servicios Educativos Integrados al Estado de México (SEIEM), . (07 de 02 de 2012). Directorio de escuelas primarias públicas. Obtenido de <http://www.edomexico.gob.mx/seiem/escuelas/directorio/directorio.asp>
30. Silberschatz, A., & Korth , H. (2002). Fundamentos de Bases de Datos. España: McGraw-Hill / Interamericana de España.

UNA ESTRATEGIA REUTILIZANDO VIDEOS DE YOUTUBE COMO OBJETOS DE APRENDIZAJE, PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA “APRENDER A APRENDER”.

M. C. Domínguez Marroquín, N.R. Gómez Rivera y C.R. Moncada Andino.

¹*Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), Calzada Tecnológico No. 27, CP 62780, Zacatepec de Hidalgo, Estado de Morelos, México – mc_dmarroquin@hotmail.com; nrgomezr@gmail.com; clara.moncada@gmail.com*

Área de participación: *Objetos de Aprendizaje y TIC's Aplicadas a la Enseñanza de la Ingeniería*

Resumen - Con la introducción de las NTIC en las aulas son numerosas las estrategias y los recursos multimedia que tenemos a nuestra disposición: imágenes, presentaciones, audio, animaciones, vídeo, etc. Estos medios audiovisuales, en concreto, el vídeo supone un recurso excelente como soporte para capturar el interés por el aprendizaje de un temario, unidad temática o asignatura, a través de elementos u objetos de aprendizaje, diseñados para visualizarlos con o sin acceso a Internet. El visionado de los que comparten, en forma gratuita, a través de la Web su talento intelectual como en YouTube, hace posible la reutilización de éstos a bien de lograr acercar el conocimiento en el momento idóneo, cuando en realidad la intención por empoderarse de los saberes es, lo que posibilita el desarrollo de competencias, entre ellas, una de las importantes: “aprender a aprender”, que es parte del proceso de formación integral continuo en la vida de un ser humano, dentro o fuera de un centro educativo. Aunque este trabajo presenta solo una situación particular, el objeto de aprendizaje ajustado y adaptado a una estrategia didáctica, será el medio por el cual esa competencia, como otras se alcancen a corto, mediano y largo plazo; puesto que una mínima implementación no garantiza el logro, al cien por ciento, de las competencias.

Introducción

Desde hace algunos años se implementan diversas estrategias en la práctica docente como el uso de los recursos gratuitos de la Web en diferentes ambientes de aprendizaje, dando una propuesta alternativa, considerando el bajo presupuesto de las instituciones públicas de nivel superior [3].

Conscientes de que los objetivos de la educación son humanos, la implementación de un plan de clase, dirigido a estudiantes de los primeros tres semestres de las carreras de ingeniería como licenciatura, el cual, estructurado de manera significativa brinde la oportunidad de interesar al estudiante en su aprendizaje, logrando en paralelo, el desarrollo de competencias de acuerdo al perfil profesional, y que dé apertura a despertar potencialidades para cuando fuera imprescindible, el estudiante concretice nuevas competencias de acuerdo a las necesidades de tiempo, espacio y circunstancias, a través del uso del video.

La urgencia de transformaciones metodológicas en el proceso educativo, en este siglo, es vital y medular, y uno de los caminos estratégicos es trabajando con video como objetos de aprendizaje, aprovechando el fácil acceso a la información que la sociedad del conocimiento nos brinda, siendo permisible la recreación de

edición, diseño y producción de materiales existentes, como en el de los videos en YouTube, dando los créditos debidos de autoría, al reutilizar estos recursos sin fines lucrativos, para lo que este trabajo es una propuesta de estrategia metodológico-didáctica.

Aunque se ha tenido experiencias de aprendizaje similares, esta es una propuesta porque hasta ahora se ha implementado, en línea, en un escenario de foro de discusión, como parte del proceso de investigación realizado desde hace algunos años, y lo que a continuación se describe, es un procedimiento que da apertura a la posibilidad del estudio individual o en equipo, a bien de que sea de sumo interés para quienes tengan la voluntad de innovar y aprender a aprender desde escenarios diferentes, en los que han nacido esta generación de cultura visual de nativos digitales [2].

Fundamento Teórico

El camino a seguir es similar al mismo para administrar un proyecto –proyecto de clase, tema, unidad temática, asignatura-, para lo cual se identifican los elementos integrantes, sus características, a bien de hacer una selección adecuada de los medios y recursos *ad hoc* al contenido, estilos de aprendizaje, inteligencias múltiples, sin olvidarse del tiempo.

Esta buena administración permitirá que el estudiante produzca más conocimiento a través del dado, en la composición audiovisual producida para él, en su entorno y circunstancias.

Se tomarán como elementos claves del proyecto los siguientes:

- 1) La organización del contenido idóneo, para poder modular la distribución.
- 2) La identificación de requerimientos y necesidades de los estudiantes, para ello se sugiere trabajar con software popular o de fácil adquisición o gratuitos.
- 3) Selección de elementos de diseño para explicar el contenido, es decir, imágenes, textos, audio, etc., que sean de compatible visualización y accesibilidad en el software a utilizar, de creación del docente o tomados de la Web.
- 4) Derechos de autor liberados, ya que al hacer uso de una compilación de materiales de Internet, se deberán dar los créditos a la propiedad intelectual de ese recurso, esté liberado o no de créditos.
- 5) La organización de los elementos del diseño como la dosificación del contenido, que consiste en dar la presentación inteligente del material, en el ambiente de aprendizaje multimedia.
- 6) Diseño de la navegación e interacción, programación e integración de material, y la selección del medio de entrega; todo ello a bien de comprobar la eficacia del recurso, la congruencia de las partes con el todo y la facilidad de manipulación para acceder a él.

7) Uso y evaluación del material, para determinar el funcionamiento de utilidad del recurso para la estrategia a implementar.

Preferentemente se trabaja en equipo, que se podría sintetizar con tres funciones:

- a) un experto en el contenido y diseñador instruccional;
- b) un diseñador gráfico y productor de audio y video;
- c) un integrador de medios y administrador del proyecto.

En este orden de ideas, las características, que deberá tener el proyecto, al menos, son [4]:

- claras especificaciones;
- cronograma de avances de diseño;
- cumplimiento de la intención de la competencia;
- logro de la expectativa del recurso;
- realimentar para mejora del proyecto en futuras ediciones.

En este caso particular, se abordará un concepto de matemáticas, el de derivada, a través de su enfoque geométrico e idea intuitiva. En este tema, el video es un auxiliar pertinente, cuyo uso depende del propósito educativo, en este caso, porque permite, en tiempo real, visualizar la movilidad del desplazamiento de rectas secantes a una recta tangente, en tiempo real, de lo que gráficamente va sucediendo, lo que se puede apreciar en la figura 1 (a), (b) y (c).

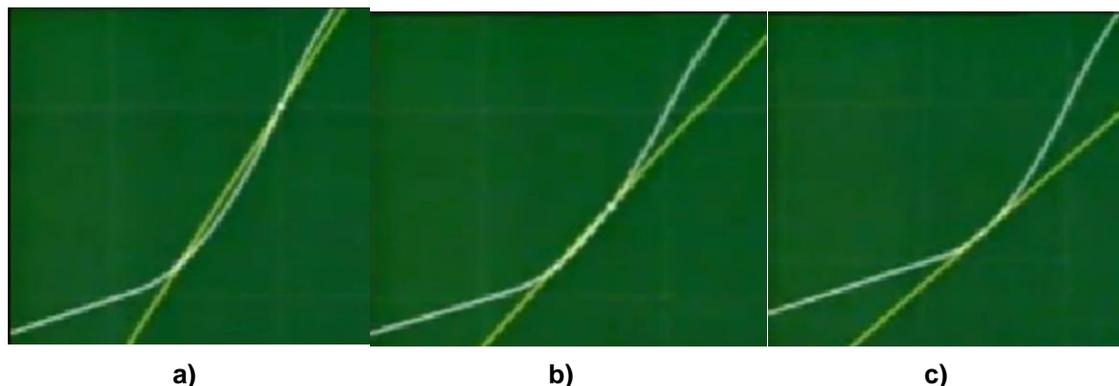


Figura 1 – Desplazamiento de las rectas secantes a) y b), en posición límite de una recta tangente, que representa la derivada en ese punto.

La propuesta que se presenta en este trabajo es hasta el nivel instruccional², aunque está clasificada en el contexto de “*educación con multimedia a través de la computadora*” [1], y dice:

Asignatura: Cálculo

Subcategoría: Cálculo diferencial

Título: La interpretación geométrica de la derivada

Competencia específica a desarrollar (de acuerdo al programa oficial):

Comprende el concepto de derivada para aplicarlo como la herramienta que estudia y analiza la variación de una variable con respecto a otra.

Competencias genéricas (de acuerdo al programa oficial):

- ◆ Mostrar con una situación real el concepto de incremento de una variable.
- ◆ Reconocer el cociente de incrementos de dos variables como una razón de cambio.
- ◆ Reconocer a la derivada como el límite de un cociente de incrementos.
- ◆ Mostrar que el valor de la pendiente de la tangente a una curva en un punto se puede obtener calculando la derivada de la función que corresponde a la curva en dicho punto.
- ◆ Mostrar con una situación física o geométrica el concepto de incremento de una variable.
- ◆ Mostrar gráficamente las diferencias entre Δx y dx así como entre Δy y dy .

Atributos de las competencias adicionales en el estudiante:

- Protagonista del proceso de aprendizaje.
- Movilización de todos los saberes que se posee, definiendo y afrontando una situación problemática verdadera.
- Construye significativamente, de manera escrita y verbal, el progreso de su avance.
- Mejora sus áreas de oportunidad al autoevaluarse de manera espontánea o solicitada.
- Autorregula su conocimiento.
- Potencia las habilidades para el uso de la tecnología.
- Aprender a aprender.

Contenido: Idea intuitiva de la derivada.

Metodología: Los alumnos estudiarán de manera individual el video, a partir del cual podrán comentarlo entre compañeros a bien de socializar el conocimiento en

² La URL original reutilizada está bajo el título “Cálculo Diferencial 1ª parte - [soniazazueta](http://www.youtube.com/watch?v=iT_xJ7OPRZo&feature=share&list=FLOj1S5cTLRqUW4NMRGrqm9Q)” y ha sido tomada de http://www.youtube.com/watch?v=iT_xJ7OPRZo&feature=share&list=FLOj1S5cTLRqUW4NMRGrqm9Q.

multimedia del objeto de aprendizaje reutilizado. El video podría tomarse tal cual o bien editarlo, haciendo uno más breve de acuerdo al interés de las competencias plasmadas en el programa oficial y que se sumen al logro de los atributos esperados. Tras una reflexión individual y compartida, cada alumno responderá a los cuestionamientos hechos, cerrando con una conclusión final propia, construida desde su significado, que incluya una interrogante que lleve al siguiente paso del temario o que lo encadena a una situación concreta de su entorno real. Al finalizar la práctica, habrá una realimentación a bien de completar conceptos e ideas que no pudieran haber quedado muy en claro o reorientarlas. Esta práctica será entregada en un reporte, cuyo formato será facilitado por el docente.

Temporización de la práctica: es extra aula, esperando que el alumno invierta, en total, cuatro horas –de un día para otro-

Acciones previas (de media hora a una hora de clase pero no se toman en cuenta como parte de las seis temporizadas): en el salón de clase se entregan las indicaciones impresas y de haber dudas, éstas se aclaran; se les facilita el recurso multimedia en un formato de lectura universal.

Acciones del proceso: releer indicaciones, visualizar el video, intercambio de opiniones con otros compañeros –no es obligatorio-, responder interrogantes y redactar conclusiones con el cierre de una pregunta de enlace.

Acciones posteriores (de media a una hora de clases): realimentación de las dudas surgidas y aclaración de ideas para la formulación de conceptos, pero antes los estudiantes expondrán sus conclusiones y entregarán el reporte de cierre.

Descripción y cuestionamientos para realizar las acciones de la práctica:

1ª Visualizar el video.

2ª Opcional: comentar lo visto en el video con otros.

3ª Da respuesta a los siguientes cuestionamientos:

- ¿A qué se le llama pendiente?
- ¿Qué ocurre al variar la inclinación de la pendiente?
- ¿Cuál es el significado de una pendiente positiva, de una negativa y cero?
- ¿Cómo se calcula la pendiente en un punto dado de algo en movimiento?
- ¿En qué se diferencia la pendiente de la recta secante con la pendiente de la recta tangente?
- ¿Qué significado tienen Δx y dx así como Δy y dy ? ¿Existe alguna relación hay entre ellos?
- ¿A qué conclusiones llegas sobre la interpretación de la derivada, a partir de la idea intuitiva vista en el video?

4ª Escribe una conclusión personal, a la que hayas llegado, después de haber vivido la experiencia de aprendizaje, cerrándola con una pregunta, diferente a las antes expuestas en el punto 3), pero que sirva de enlace o encadene con una aplicación o el tema subsiguiente.

Proceso de evaluación: será aplicando o con relación a los criterios de evaluación, mismos que conocerán los estudiantes desde el inicio de la práctica. En este trabajo se plasma sólo el análisis relativo a la competencia aprender a aprender. La valoración formativa asignada, tanto cualitativa como cuantitativa, representa, siete puntos del por ciento de la evaluación sumativa.

Tabla 1 – Matriz de valoración de competencias [5] de acuerdo al modelo socioformativo [6] y en conformidad con los lineamientos de evaluación del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica.

Tema: Interpretación geométrica de la derivada					
Criterios:	Insuficiente:	Suficiente:	Buena:	Notable:	Excelente:
Comprende el concepto de derivada para aplicarlo como la herramienta que estudia y analiza la variación de una variable con respecto a otra	Ubica el concepto de derivada sin lograr responder totalmente los cuestionamientos ni genera dudas ni comentarios sobre la variación de una variable con respecto a otra.	Resume bien el concepto de derivada, respondiendo o los cuestionamientos sin aportar comentarios sobre la variación de una variable con respecto a otra.	Comprende el concepto de derivada para aplicarlo como la herramienta que estudia y analiza la variación de una variable con respecto a otra, generando nuevas y acertadas preguntas.	Describe el concepto de derivada para aplicarlo como la herramienta que estudia y analiza la variación de una variable con respecto a otra, generando acertadas preguntas y comentarios.	Formula con sumo detalle el concepto de derivada para aplicarlo acertadamente como la herramienta que estudia y analiza la variación de una variable con respecto a otra, generando nuevas dudas y comentarios.
Ponderación: 07	Puntos: 03	Puntos: 04	Puntos: 05	Puntos: 06	Puntos: 07

Resultados y Discusión

En experiencias de aprendizaje similares, los resultados han sido aceptables, habiendo valorado el proceso a través de una lista de cotejo que contiene las competencias específicas y las genéricas de la asignatura a desarrollar de cálculo diferencial.

Los estudiantes aseveran que, a través de recursos audiovisuales como el video, aprenden cuando quieren, ya que pueden iterar el proceso hasta comprenderlo, construir su propio conocimiento en forma significativa.

De acuerdo a los resultados observados y que los estudiantes señalan, la experiencia de aprendizaje les permite procesar e interpretar información presentada de diferente forma, tomar decisiones y argumentar; desarrollar el pensamiento lógico-matemático-heurístico; potenciar las habilidades para el uso de la tecnología.

El formato que se valoró fue en un ambiente de foro de discusión que, difiere un poco del ejemplo de este trabajo que es principalmente en un escenario individual, quedando abierto a la posibilidad de que el estudiante quiera o no compartirlo con otro u otros compañeros antes, durante o después de realización, sin que eso afecte en absoluto la intención e interés propuesto en el proyecto, pues en la medida que se comenta el conocimiento, éste se socializa y la aprehensión permite alcances a partir de “bueno” con valoración, en mayoría, al menos cinco de siete en los resultados.

Conclusiones

Además del logro en el desarrollo de competencias expuestos, el soportar con recursos multimedia, en particular el video, sean éstos tomados directamente de espacios como YouTube o reutilizados, es una inagotable área de oportunidad para la generación de nativos digitales, siendo en este caso particular de YouTube, una ventana con vista al mundo, para aprender a aprender, cálculo diferencial o cualquier otro contenido de interés de esta generación [7].

Es claro que el uso de las NTIC no implica que sus recursos hagan todo el trabajo del proceso educativo, se precisa del experto temático para administrar cualquier proyecto, el cual deberá contar con momentos para la realimentación, de esta manera, garantizar que lo que se busca es aprendido, y que se obtenga con la trascendencia esperada.

Se invita a vivir esta experiencia, siguiendo esta misma o bien, diseñando la propia de acuerdo al entorno temático en el que se vaya a trabajar.

Agradecimientos

A la juventud mexicana inspiradora para hacer el ejercicio de la práctica docente, de mejor calidad, más estratégica, a bien de satisfacer sus necesidades integrales que les permitan no solo la aprehensión del conocimiento, sino también, el placer por aprender a aprender siempre y con alegría.

Referencias

1. Acuña, A. (2008). *Manual de uso y aprovechamiento de recursos para maestros*. Fernández ed. México.
2. Acuña, A.; Romo, M. (2008). *Diseño Instruccional Multimedia: Herramientas de aprendizaje para la generación digital*. Ed. Progreso – ITESM. México.
3. Cabero, J. (2007). *Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación*. Ed. McGraw-Hill. España.
4. García, J.; López, N. (2012). *El Proyecto Integrador*. GAFRA Ed. México.
5. García, J.; López, N. (2012). *La formación de competencias a través de la metacognición*. GAFRA Ed. México.
6. García, J.; López, N. (2012). *¿Qué son las competencias en educación?* GAFRA Ed. México.
7. Marsé, B. (2012). *YouTube: Las claves para aprovechar todas sus potencialidades*. PROFIT ed. España.

PIZARRÓN DIGITAL-TOUCH

V. I. Camacho Gallardo, A. E. Díaz Domínguez, L. A. Olalde Belevin, J. G. Ramos Galicia, A. Rosas Ramales, & I. Valdez Ramírez.

Instituto Tecnológico de Cuautla (ITC) alberto.24.r@hotmail.com, arturo_ol.be@live.com.mx, iza_1992_bel@hotmail.com, v_1@live.com.mx, artur_diaz_dom@hotmail.com

Área de participación: Innovación

Resumen - El presente proyecto consiste en realizar un dispositivo capaz de convertir una proyección de computadora o un monitor en un pizarrón digital o touch. Estos dispositivos ya se encuentran presentes en muchos lugares como escuelas, salas de presentación, empresas y algunas casas, sin embargo tienen un precio muy elevado que puede ir desde los \$17,500.00 MX, logrando ser uno de los mejores precios ofrecidos por la competencia.

El dispositivo es capaz de ser utilizado directamente sobre la proyección que manda el cañón sobre la pantalla o de otra manera y más usual que es sobre el monitor de una computadora, esto nos permite así mismo utilizarse como una pantalla táctil de tal manera que las operaciones son más accesibles. Toda esta aplicación es permitida por un control, cámara de wii (nintendo), y un bluetooth.

En el transcurso de construcción de este proyecto se utilizaron sensores infrarrojos tales como una cámara VGA (receptores) colocados de manera que reciban la señal de un puntero que emite luz infrarroja (emisores), la información de la posición del puntero es procesada por el dispositivo y enviada por medio del bluetooth a la computadora vinculada así como con el dispositivo y una programación informática que utiliza la información obtenida para traducirla en movimiento o acciones que se desean realizar en el pizarrón sin necesidad de acudir a la computadora.

Al momento de hacer pruebas del funcionamiento se encontraron fallas que se fueron tratando resolver, hasta poder presentar un proyecto confiable, novedoso y accesible contando con errores mínimos y así dejar satisfechos a los usuarios.

Introducción

La educación es el principal derecho que tenemos los mexicanos. Educar es elevar al hombre a su nivel de tiempo. Esto quiere decir que educar es lo más importante que se debe realizar para que las personas crezcan día con día por medio del aprendizaje y así puedan ser mejores en el trabajo que desempeñan, esto conllevará al crecimiento del país mismo.

En la actualidad las instituciones educativas, tienen muy poca herramienta que utilizar para motivar el aprendizaje de los alumnos, esto nos lleva a que el alumno pierda el interés a estudiar y ser mejor cada día, por eso la implementación de aparatos que impulsen la educación de manera dinámica y práctica es una de las opciones mejor tomadas por las instituciones.

Lamentablemente el costo de los aparatos como los pizarrones electrónicos que se existe en el mercado y utilizan algunas instituciones son muy caros, esto provoca que otras no los adquieran y al mismo tiempo no utilicen ese tipo de herramienta para enseñanza.

Se ha decidido, viendo la situación actual en la que vivimos, crear una pantalla digital por medio de un software, una computadora, parte de una consola de video

juegos, un lápiz laser, entre otros materiales, a un costo mucho más accesible y fácil de utilizar. Esto enfocado a la educación didácticamente. Está claro que este material de educación puede utilizarse desde el nivel preescolar hasta los niveles más altos de educación.

Cabe recalcar que no solo las instituciones educativas pueden utilizar esta herramienta, sino que también las empresas, instituciones diversas, entre otras, ya que es fácil de usar y es muy dinámica por la forma de operación.

Fundamento Teórico

El dispositivo o mando fue lanzado el 19 de Noviembre de 2006, junto con la consola de videojuegos de Nintendo Wii. La característica novedosa ante los demás mandos es el reconocimiento de posición angular en un espacio tridimensional, algo fundamental para el proyecto.

Como se sabe este mando es inalámbrico (wireless), una característica con muchas ventajas, posee tecnología bluetooth de corto alcance (10mts) que permite la comunicación hacia la consola. El Bluetooth es un protocolo inalámbrico para redes inalámbricas de Área personal (WPAN, por sus siglas en inglés) operando a una banda de frecuencia abierta, dicha banda se le denomina médico científica de 2.45 GHz.

El dispositivo funciona con un controlador Bluetooth, es un chip 2041 Broadcom, que fue diseñado para ser usado con dispositivos de interfaz humana, tal como el mouse o teclado de una computadora. El mando no requiere de un proceso de autenticidad en el estándar de bluetooth. El radio de operación es de 10 metros aproximadamente.

Dispone de un filtro infrarrojo adelante de la cámara de alta resolución, y solo recibe la imagen de fuentes emisoras de infrarrojos.

Se colocó un leed infrarrojo adelante de la cámara, ésta percibe un punto y envía su posición X e Y, respecto la imagen que capta la cámara en ese momento, que tiene una resolución de 1024 pixeles de ancho por 768 de alto.

El mando dispone de un chip que posiciona el punto que recibe la cámara sobre el plano que capta ésta, y envía la posición del punto por Bluetooth al dispositivo al que esté conectado.

El chip de procesado de la posición de los puntos puede procesar hasta 4 puntos diferentes simultáneamente, y enviar la posición de todos ellos.

El puntero está dotado de un leed infrarrojo en la punta y cuenta con un botón para hacer prender el leed. El sensor detecta la luz infrarroja emitida y posiciona el punto infrarrojo sobre un eje de coordenadas cartesianas. Esto es posible gracias a la calibración realizada antes de usar la pizarra. Para que esto sea posible el sensor tiene que estar ubicado a cierta distancia. Esta tecnología no requiere pegar sensores especiales, ni soportes o superficies sensibles. Tampoco limita el área de proyección pudiendo ser incluso de varios metros cuadrados.

El dispositivo puede ser conectado a una laptop o una computadora de escritorio, debe disponer de conexión a pantalla externa para poder reproducir las imágenes en un proyector. Además, es necesario que el sistema operativo que se utilice sea compatible con el software del dispositivo.

El proyector se utiliza con el objetivo de poder ver la imagen de la pantalla del ordenador sobre la superficie que queremos utilizar como pizarrón digital.

Este software del ordenador es el encargado de recibir la información del hardware externo de sensado e interpretarla para transformar la posición del puntero sobre la superficie de proyección en el punto que se quiere marcar sobre la pantalla del ordenador. Es proporcionado por el fabricante o distribuidor de la pizarra digital y generalmente permite gestionar la pizarra, capturar imágenes y pantallas, disponer de plantillas, de diversos recursos educativos, de herramientas tipo zoom y reconocimiento de escritura, entre otras utilidades.

La función de detección de infrarrojos se desarrolló en el Wiimote después de que Nintendo, durante el desarrollo de su videoconsola "Wii", detectará que el posicionamiento mediante acelerómetro era insuficiente. Deseaban utilizar el mando para mover un cursor por la pantalla, y el acelerómetro no era lo suficiente preciso. Por lo tanto, necesitaban un método para posicionar un punto fijo cercano a la pantalla. Con esa idea en mente, dotaron al mando de un sensor de puntos infrarrojos y diseñaron una barra con dos grupos de cinco leeds infrarrojos separados por diecinueve centímetros entre ellos. Esta barra de leeds se sitúa debajo de la pantalla utilizada, con lo que le permite a la consola posicionar el lugar donde se encuentra la imagen en la que tiene que colocar el cursor. En este proyecto, aprovechamos esta funcionalidad del mando para situar nuestro puntero infrarrojo sobre la superficie proyectada, y de esta manera indicar al ordenador la posición a la que queremos enviar el mouse.

El funcionamiento del Wiimote es simple. Dispone de un filtro infrarrojo delante de la cámara de alta resolución, con lo que la cámara solo recibe la imagen de fuentes emisoras de infrarrojos. Si situamos un leed infrarrojo adelante, esta cámara percibe un punto y envía su posición X e Y, respecto la imagen que capta la cámara en ese momento, que tiene una resolución de 1024 pixeles de ancho por 768 de alto.

El chip de procesado de la posición de los puntos puede procesar hasta cuatro puntos diferentes simultáneamente, y enviar la posición de todos ellos. Por tanto, podríamos posicionar 4 punteros infrarrojos diferentes si se deseara. Si hubiera más de cuatro punteros en la superficie, se elegirían los cuatro puntos más brillantes por defecto.

El emisor receptor bluetooth del mando es el BCM2042 fabricado por Broadcom, se chip se encarga de enviar el conjunto de datos para su recepción en otro dispositivo Bluetooth que aplique el tratamiento necesario a los datos recibidos. La velocidad de transferencia que ofrece este chip es de 2.1 Mbits/s.

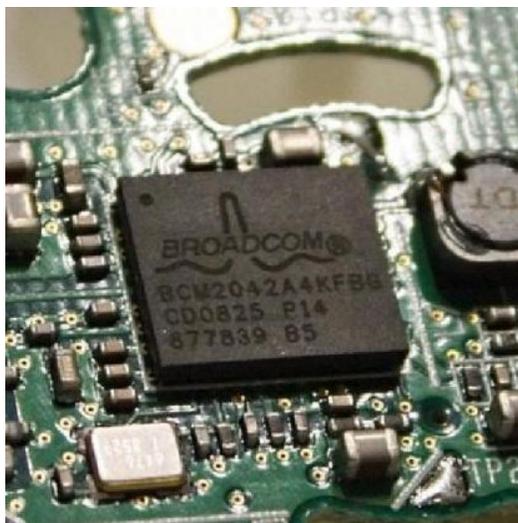


Imagen 1. Chip emisor-receptor Bluetooth

El Wiimote incluye en su parte superior una cámara monocroma con una resolución de 128x96, con procesado de imagen mediante hardware ya incorporado. En la parte delantera del mando encontramos un plástico de color negro. Se trata de un filtro que solo deja pasar rayos infrarrojos, con lo que esta cámara únicamente captará puntos en los que haya un emisor infrarrojo.

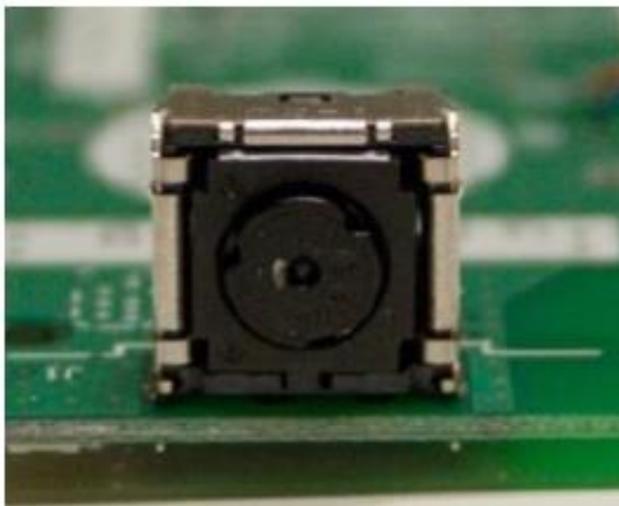


Imagen 2. Cámara sobre la placa PCB

Para comenzar a desarrollar el software, partimos de una librería diseñada específicamente para lenguaje de programación C, la cual implementa todas las posibles funciones que podemos utilizar del mando. Es decir, realiza la conexión con este, activa el censado de fuentes infrarrojas al conectarse y lee toda la información que envía el mando y la coloca en diferentes variables o vectores, según el tipo de información que sea. En definitiva, la almacena en el formato más manejable para su posterior tratamiento. Al disponer de esta librería pública, nos ahorramos el tiempo de crear todo el sistema de conexión a base de envíos de los

bytes comentados en el apartado de “Funcionamiento del mando” por el puerto de datos Bluetooth hacia el mando. Toda esta tarea la realiza esta librería, además de leer la información de los puntos IR que capta y guardarla en vectores para tratarla en diferentes puntos del programa. La librería en cuestión se llama “WiimoteLib v1.7”. Ha sido creada por Brian Peek, programador Senior en ASPSOFT, Inc. y Microsoft C# MVP.

Una vez que tenemos el mando conectado a nuestro ordenador y recibimos los datos que este envía, lo primero que debería hacer el programa sería establecer la relación de correspondencia entre la posición de un punto captado por la cámara y la posición de ese punto sobre la pantalla de nuestro ordenador. Puede parecer una solución trivial, pero no lo es tanto, si tenemos en cuenta que, el mando no está perpendicular a la pizarra, sino que tiene cierto ángulo con esta, con lo que los puntos que posiciona el mando están en una superficie trapezoidal para la visión de éste.

El funcionamiento de la calibración es muy sencillo. Se crea una pantalla con fondo de color blanco y 4 puntos de color rojo, que serán puntos conocidos por el ordenador y corresponderán a las esquinas de la proyección. Entonces el usuario debe de marcar esos puntos con su puntero IR. Al marcar esos puntos, el ordenador lee la posición que envía el mando y la almacena. De esta manera podemos establecer qué punto nos envía el mando en el origen de coordenadas de la pantalla. Relacionamos la posición 0,0 de la pantalla con la que nos envíe el mando para la esquina superior izquierda. Con la calibración también delimitamos nuestra superficie de trabajo, de manera que si utilizamos el cursor fuera de esa zona, no habrá ningún efecto sobre la posición del mouse.



Imagen 3. Bluetooth y mando Wii

Resultados y discusión

Este proyecto pretende obtener un pizarrón interactivo de cualquier computadora que tenga un bluetooth ya que se puede hacer que tu computador sea interactivo con la ayuda de un control de Wii el cual nos permitirá convertir una imagen proyectada de cualquier computador a un pizarrón digital interactivo.

Para poder hacerlo, se utilizaron sensores que indicaron al ordenador la posición de un puntero infrarrojo. El usuario podrá mover el puntero por encima de la proyección y el cursor del ratón deberá trasladarse hasta la posición en la que se encuentre el puntero.

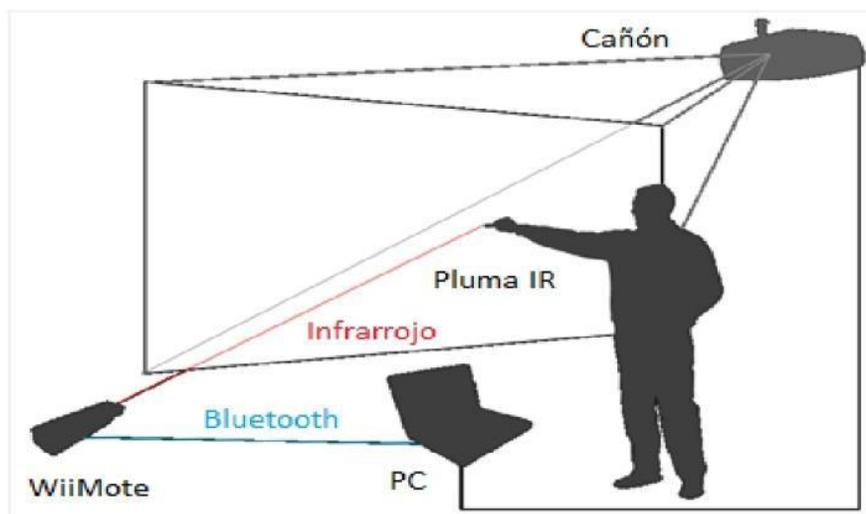


Imagen 4. Comunicación de los dispositivos

El resultado final, se obtuvo una eficiencia bastante aceptable y con una relación de precio muy por debajo de pizarrones digitales ya comerciales, además de tener la ventaja de poder utilizar la pantalla de la computadora o laptop para tener una mejor precisión.

Conclusiones

Realmente es muy fácil de realizar, además de rápido es muy económico para construirse como herramienta de estudio en diferentes campos de la educación o uso de mayor precisión, tendría un uso muy práctico en el manejo de dibujo por computadora, dando una mayor precisión sobre el dibujo, rapidez y facilita el acceso a las herramientas de la computadora, además sería una forma muy divertida para realizarlo, lo que llamaría la atención de los jóvenes hacia el diseño por computadora.

Es una gran ventaja sobre otras pantallas táctiles, ya que ésta es totalmente portátil. Fácilmente podría realizar una exposición didáctica sin necesidad que el lugar donde la vaya a realizar cuente con este tipo de pantalla, que son muy costosas. Haciendo así una exposición entretenida y divertida para el público.

Se han mostrado algunas formas de aplicaciones generales del dispositivo muy útiles sin embargo se pueden seguir desarrollando aplicaciones más específicas que en algún momento tal vez podrían estar presentes en todos lados y dejando en claro que esto es solo el principio de este proyecto.

Referencias

1. Malvino; Principios de Electrónica; *Mc Graw Hill* 7^o ed.
2. Boylestad Nashelsky; Electrónica Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos; Pearson.

LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ORGÁNICA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA INTERCULTURALIDAD

W. Sedano

Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia- sedanoaguilar66@gmail.com

Área de participación: Docencia aplicada a las Tecnologías

Resumen – El análisis de los contextos educativos, así como de las políticas internacionales y nacionales, muestran una falencia en cuanto a la enseñanza de la química en contextos multiculturales. Así, es necesario entender la interculturalidad como las interacciones entre culturas, lo cual permite el entendimiento y el crecimiento de las mismas. La intervención educativa concibe 4 actividades: a) se realizó una actividad de observación directa la cual permitió obtener información sobre la comunidad, b) una segunda actividad (una historia de vida) la cual permitió que los estudiantes reflexionaran sobre su vida y las de su familiares permitiendo el auto-reconocimiento, c) la tercera actividad fue un taller de grupos funcionales y su aplicación o interpretación en el diario vivir, permitiendo que los estudiantes pudieran ver que la química es una de las tantas posturas para interpretar los fenómenos, d) la cuarta y última fue una práctica de laboratorio la cual les permitió ver a los estudiantes que los fenómenos se pueden ver de muchas maneras, en este caso el pensamiento ancestral y el científico, generan espacios de reflexión. Finalmente se puede decir que reconociendo la diversidad cultural de nuestros países, es necesario orientar la educación hacia procesos interculturales.

Introducción

Después de hacer la revisión de artículos e investigaciones, que han aportado a la construcción de la educación intercultural se puede establecer que: en los preceptos de organismos internacionales como la UNESCO (2001), el encuentro de las culturas es una prioridad para la convivencia pacífica. Así mismo, por ejemplo, desde un punto de vista nacional, se observa que la interculturalidad hace parte de la legislación; así, en la constitución se pueden ver artículos que apuntan hacia este fin: 7, 67, 68,70, 71, 72, 330 y la transición del artículo 55. Sin embargo, la revisión del concepto inmerso en la constitución colombiana, es posible identificar que se desconoce la interculturalidad en comunidades mestizas y desplazadas; limitándose a orientar procesos en comunidades indígenas y afro-descendientes, sin tener en cuenta que la interculturalidad no se puede fragmentar territorialmente, pues las interacciones socio-culturales no son fragmentadas.

Así mismo, en el contexto del Colegio Tomás Rueda Vargas -TRV-, es posible ver un reflejo de la realidad colombiana, en tanto los actores de la comunidad son diversos culturalmente, pero ello no es reconocido de manera explícita y las orientaciones curriculares no desarrollan procesos a favor de ello; situación identificada a través del trabajo exploratorio (diario de campo, encuestas y triangulaciones) realizado por el autor en 2010.

De manera particular, en este proyecto se plantea como pregunta de investigación: ¿cómo lograr espacios curriculares para la enseñanza de la química orgánica desde la perspectiva intercultural?

Fundamento teórico

1. Interculturalidad

La cultura hace referencia a la articulación que existe entre costumbres, creencias, religión o cualquier tipo de elemento o proceso que haga alusión a una interacción entre sujeto-entorno y entre sujeto-sujeto; la interculturalidad hace referencia a la interacción o encuentro de las diversas formas culturales. No es de olvidar que el ser es un ente de construcción (cognitiva, social, cultural, espiritual... etc.), lo cual se estructura en el trabajo en grupo e individual, siendo que el primero es el que más alternativas de interpretación social-cultural ofrece. Como plantea Colom (1992): “El interculturalismo es, así, una relación entre culturas iguales (no dominadas-dominantes) que libremente pretenden encontrarse, conocerse y comprender mejor para cohesionar un proyecto a largo plazo”.

De otra forma, la relación entre lo individual y lo colectivo se da “Creando así una interdependencia y desarrollando una síntesis cultural nueva” (Mateo, 1992, p. 612), es decir que la interculturalidad día a día se da y propicia modificaciones de las variables sociales (costumbres, creencias, religión, etc.) entre las culturas que logran el encuentro, lo que a su vez significa nuevas formas de interacción; es decir, es cíclico. Sin embargo, ese ir y venir entre lo cultural individual y lo intercultural colectivo, establece paradigmas que encierran, no solo a las personas, si no que va más allá y establece articulación con el ambiente. Por eso es importante hacer otras lecturas de la educación en general, de la educación en ciencias y para el caso de este artículo, de la enseñanza de la Química Orgánica.

2. Educación Intercultural

Partiendo de lo que plantea Gallego, (2001) “el ser desde su nacimiento es social, pues se necesita de un óvulo y un espermatozoide para su procreación” se puede descifrar que el ser no es homogéneo y que depende de la interacción para su desarrollo como ser, a esto se le adhiere el gran proceso cognitivo y personal que logra a través de su formación y educación que se da a nivel personal y social (Gallego y Pérez, 1997). Es en este punto donde se puede argumentar que el ser es heterogéneo en sí mismo y frente a otros, y por esta razón no se puede buscar el hacinamiento de su pensar, sino que hay que visualizar, por ejemplo las inteligencias múltiples (Gardner, 1983) las cuales establecen que una persona no tiene un solo punto o eje de pensamiento, pues el desarrollo cognitivo se puede establecer en diferentes espacios sociales (arte, filosofía, ciencia o lenguaje); entonces cada cual desarrolla una o más destrezas, las cuales dependerán de su entorno social (Vygotsky, 1978).

Desde la perspectiva de la UNESCO (2001, 2005 y 2006), en la educación se presentan tensiones debido a las condiciones sociales, económicas, políticas y culturales, por lo que por ejemplo a la hora de establecer un concepto el docente no encuentra la manera que sus estudiantes lo interioricen para sí mismos (ya sea por el lenguaje técnico o especializado o por la afinidad que se le tenga al tema o el valor que le vea en su vida cotidiana) y a su vez surge la desarticulación conceptual y social ocasionando fenómenos como la deserción del estudiante hacia una nueva visión social o de conocimiento. Otras de estas tensiones dadas por las diferencias culturales y de intereses, por ejemplo, se dan cuando el docente pierde motivación hacia su labor, formándose una monotonía donde ninguna de las dos partes (docente-estudiante) aporta al desarrollo socio-cognitivo.

No hay que olvidar que la educación debe de ser inclusiva, es en la escuela donde convergen todas las identidades culturales que se preceden de un legado histórico el cual está siendo formado por los educandos, como establece Banks (2008) “la educación intercultural nutre e impregna los principios de una educación inclusiva, donde el referente pedagógico por excelencia es la vivencia y convivencia de la diferencia cultural y social como factor de enriquecimiento educativo” con esto podemos interpretar que la educación intercultural busca establecer una mediación de las interacciones que se presentan en la institución y con esto poder solucionar o buscar alternativas de dialogo a las problemáticas que a diario se viven es la escuela buscando de esta manera la igualdad de oportunidades en la misma, que atienda a la diversidad de género, etnia y culturas a partir de un reconocimiento entre iguales basado en el respeto a la diversidad (Essomba, 2006).

Se puede concluir que la interculturalidad genera en la educación, acciones dirigidas que promueven la participación comunitaria en la escuela (Valls 2002) permitiendo formar nuevos puntos de vista los cuales aportan a la misma comunidad y solucionan problemas de la comunidad sin buscar soluciones externas, que en muchas ocasiones no se acoplan a las necesidades de la comunidad.

Sección Experimental

1. Diagnóstico de las características culturales de la comunidad del colegio TRV:

Consiste en hacer una observación directa de los procesos educativos llevados en el colegio TRV, con especial atención en el curso 11, haciendo registros en los diarios de campo. Así mismo, se determinarán algunas variables que evidencien aspectos culturales, a través de encuestas y entrevistas a profundización. Algunos aspectos a caracterizar son: proveniencia de la familia, motivos de migración, costumbres y tradiciones, ciudades en las que han vivido, conocimiento de las costumbres de los compañeros, entre otros. Así mismo se analizarán los fundamentos del Proyecto Educativo Institucional y el Manual de Convivencia, el

Currículo de Ciencias (Química), en términos de aportes a los procesos interculturales.

2. Auto-reconocimiento de la comunidad:

Esta etapa tiene como objetivo desarrollar procesos de reflexión con la comunidad, para lograr que sistematicen algunos elementos de su historia de vida, en términos culturales; para desde allí orientar la aproximación de las diversas culturas. Esto se logrará, trabajando con la aproximación a la construcción de historias de vida.

3. Hetero-reconocimiento de los otros sujetos de la comunidad:

Una vez los sujetos han realizado el auto-reconocimiento de su identidad cultural, se busca desarrollar acciones que permitan que reconozcan a los demás participantes de su comunidad en términos culturales. Esto se logrará a través de procesos de integración e intercambio de historias de vida. Así mismo, se posibilitará espacios de interacción con personas de grupos afro-colombianos, indígenas, campesinos, entre otros.

4. Orientación de la enseñanza de la Química Orgánica:

Esta etapa del proyecto, tiene como objetivo involucrar de manera específica procesos interculturales al desarrollo del currículo de la química orgánica, en el grado 11. De esta manera, se trabajarán los temas tradicionales de la química orgánica, pero se hará su discusión en contextos culturales diferentes a la tradición occidental y en espacios diferentes al aula. Algunos procesos en el marco de lo descrito, por ejemplo son:

- a) observación directa de la comunidad,
- b) historias de vida, sobre su vida y las de su familiares permitiendo el auto-reconocimiento,
- c) taller de grupos funcionales y su aplicación o interpretación en el diario vivir,
- d) una práctica de laboratorio para el análisis de un fenómeno desde el pensamiento ancestral y el pensamiento científico.

Resultados y Discusión

Fase I. Observación directa para caracterización de la población:

En esta primera actividad se establecieron observaciones directas, las cuales son descritas en los diarios de campo. En la tabla I se busca establecer la articulación que existe entre las actividades académicas del diario vivir. Este análisis se realizara por medio de la interpretación de los diarios de campo.

Tabla I. Análisis de los diarios de campo

CRITERIOS DE ANÁLISIS	ANÁLISIS DIARIOS DE CAMPO
Reconocer la relatividad del conocimiento	No se presenta, ya que no se establece una relatividad del conocimiento, solo existe una única forma de leer un fenómeno. En los diarios de campo se narra cómo durante las clases, la profesora desarrolla acciones como: enseñanza de la química sin hacer notar su finalidad, establecimiento implícito de la química como una verdad, entre otros aspectos.
Reconocer múltiples lecturas del conocimiento	No se logra un reconocimiento de múltiples lecturas de un mismo fenómeno, los estudiantes no logran ver que lo trabajado en clase presenta diversas perspectivas de interpretación. Esto se nota en los diarios de campo puesto que la docente presenta la química como única forma de conocimiento; y los estudiantes no manifiestan inquietudes por otras posibilidades.
Contextualizar el conocimiento químico	No se presenta un afianzamiento del conocimiento químico, ya que se cree que solucionando problemas se puede lograr una aprensión de la química, y no se indaga el por qué de la química en la vida.
Reconocer otras formas de producir conocimiento frente a los fenómenos	No se reconoce otras formas de producir conocimiento, siendo la química el único soporte para la explicación de un fenómeno que presenta diversas interpretaciones. En cuanto a la forma de comprender la producción del conocimiento, no se propicia un acercamiento a las formas de trabajo de comunidades científicas (resolución de problemas y proyectos), más que la simple exposición de temáticas y experiencias de laboratorio con carácter corroborativo.
La construcción del currículo de química orgánica por la comunidad	No se visualiza que los estudiantes y docentes aporten a la construcción del currículo de química orgánica, ya que se aplican y se trabajan temas pre-establecidos.

La interpretación de los diarios de campo nos permitió ver e interpretar ciertas problemáticas que se viven a diario en el colegio TRV, la tabla I nos permite ver que, tanto estudiantes como docentes no ven la importancia de la articulación entre lo aprendido en el aula y lo que se vive a sus alrededores, cuestión que dificulta la convivencia y la aceptación de nuevos saberes, los cuales buscan acoplarse a los saberes que se imparten en el colegio. Se cierra la oportunidad a ver otras alternativas de interpretación de la vida lo cual no aporta a nuevas mediaciones de las relaciones socio-culturales y limitándose así la posibilidad de la interculturalidad.

Fase II. Historias de vida para el auto y hetero-reconocimiento:

Para este proceso se hizo uso de una historia de vida la cual solo entregaron 4 estudiantes de los 26 del grado undécimo.

Para el análisis se establecen 3 niveles de suficiencia de la respuesta o de desempeño. La suficiencia aquí se refiere a que el sujeto dio respuesta clara, detallada y precisa a lo que se le preguntó y que pueden asociarse con la posibilidad que tienen los estudiantes de auto-reconocerse y de dar cuenta de su historia de vida; es decir, se puede asumir que el estudiante que no da una respuesta, es porque no conoce la trayectoria de su familia o porque no reconoce dicha historia de vida. Así, los 3 niveles son:

Nivel 1: No describe ninguna característica, respecto a lo preguntado

Nivel 2: Describe algunas de las características y las expresa en sus respuestas

Nivel 3: Describe totalmente las características y las argumenta en sus respuestas

Tabla II. Historia de vida construida por respuestas a preguntas.

Categoría	Ítem	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Orígenes familiares y lugar de convivencia	I1	1	0	3
	I2	2	1	1
	I3	1	2	1
Descripción de la vida familiar	I4	0	2	2
	I5	1	0	3
Proyecto de vida familiar	I6	1	1	2
	I7	1	0	3
	I8	1	0	3

Analizando la información recogida y su clasificación podemos visualizar que en el primer eje (Orígenes familiares y lugar de convivencia), se busca el reconocimiento de la historia familiar, para dicho propósito se han establecido tres preguntas, las cuales busca que el estudiante reconozca e indague acerca de su familia. Con los anteriores datos podemos deducir que 3 de los estudiantes encuestados logran reconocer e interpretar el origen de sus familiares, lo cual les permite una mayor posibilidad de percibir su entorno socio-cultural en el que viven y una mayor posibilidad de otras interacciones sociales. El estudiante que se encuentran en nivel (I), son estudiantes que no reconocen la historia de su familia lo cual lo cual no les permitirá interpretar ciertos factores de su vida cotidiana.

El eje dos (Descripción de la vida familiar) se encuentra construido por dos preguntas las culas buscan indagar por la familia, esto permite que el estudiante logre interpretar los roles de sus familiares y de esta manera empiece a notar que él también hace parte de una familia y que representa un rol en ella. Por esta razón es muy importante que reconozca la estructura familiar y logre transponerla en un entorno socio-cultural.

El segundo eje se caracteriza por: 2 de los estudiantes encuestados se establecen en un nivel III (Describe totalmente las características y las argumenta en sus respuestas) pues logran describir y reconocer la organización familiar y los roles que cada uno de ellos representan, siendo a su vez la estructura que ellos muestran en sus interacciones socio-culturales. Por otro lado, 2 de los estudiantes encuestados se enmarcan en un nivel II, ya que describen los roles familiares pero no los articulan con su diario vivir, presentando menores posibilidades de interacciones socio-culturales encaminadas a la interculturalidad. En tanto, 1 estudiante se enmarca en un nivel I, ya que no pueden describir a su familia, lo que permite inferir que las interacciones con su familia no son de reconocimiento al otro y por ende no hay elementos suficientes para la interculturalidad.

El eje tres (Proyecto de vida familiar) se argumenta con tres preguntas que buscan que el estudiante reconozca y haga parte de los proyectos de vida familiar, ya que él hace parte de la misma. Como es sabido los proyectos de vida permiten establecer metas, las cuales dan un horizonte o un orden a las actividades del ser, es de suma importancia que el estudiante haga parte de los proyectos de vida de su familia pero a la vez plantee los propios. Con respecto a esto se ha encontrado en los análisis que: 3 de los estudiantes encuestados se encuentran en un nivel III, pues saben de los proyectos de vida de su familia y hace parte de ellos, permitiendo plantear sus propios proyectos de vida. Por otro lado, 1 estudiante se enmarca en un nivel I, no reconocen ni argumentan ningún tipo de proyecto de vida, como una posibilidad para propiciar relaciones entre los sujetos que conforman la familia.

Fase III. Aproximación a una contextualización del conocimiento químico e interpretaciones desde el conocimiento tradicional:

Este taller parte de unos objetivos que permitieron que los estudiantes vieran la importancia de los grupos funcionales orgánicos (en este caso) y cómo estos fenómenos se pueden ver desde diversas perspectivas del conocimiento. Los objetivos se establecen desde dos perspectivas, el pensamiento científico y el conocimiento tradicional, los cuales en esta ocasión permitieron abordar las temáticas desde puntos que los estudiantes no creían óptimos para el entendimiento de la química orgánica.

Para la sistematización de la información recogida, se estructuró una tabla la cual se enmarca en dos niveles de interpretación.

Nivel 1: No describe ninguna característica, respecto a lo preguntado

Nivel 2: Describe totalmente las características y las argumenta en sus respuestas.

Tabla.III. Taller grupos funcionales y su importancia en los fenómenos y procesos naturales

Preguntas	G I	G II	G III	G IV
¿Qué es un grupo funcional?	N2	N2	N2	N2
para las siguientes moléculas, describa el grupo funcional y qué orbital presenta (sp^3 , sp^2 , sp)	N2	N2	N2	N1
Con respecto a lo visto en clase, nombre o realice la estructura molecular de las siguientes moléculas. a) 2,2- dimetilpropano, b) propanona, c) penteno	N2	N1	N2	N2
Cuando habla con sus compañeros o familiares de las cosas cotidianas, cuántas de estas conversaciones hacen referencia a lo que ud vivencia en las clases de química orgánica.	N2	N2	N2	N1
Cuando ud sufre de algún dolor (cabeza, estomago, ojos... etc.), sus familiares optan por una cura. ¿A qué tipo de medicina acuden para dar solución a su dolor, plantas medicinales o medicina tradicional (tabletas, jarabes o ampollitas)? Y ¿por qué?	N2	N2	N2	N1

En la tabla III se han clasificado por niveles de desempeño en las respuestas. En términos generales, cada grupo:

- ✓ Grupo I. En este grupo se ha podido observar que sus desempeños son satisfactorios (nivel 2), con respecto a las de más preguntas podemos ver que han desarrollado un buen proceso ya que han logran describir los procesos químicos y logran aplicarlo a su diario vivir (interacciones socio-culturales).
- ✓ Grupo II. Con respecto a este grupo se puede ver que su nivel de ejecución no es el esperado en cuanto al manejo de la nomenclatura orgánica, por otro lado podemos ver que aplican el conocimiento o perspectiva de la química en algunas de sus actividades o procesos industriales
- ✓ Grupo III. Este ha alcanzado los objetivos planteados en el taller pues en cada una de sus respuestas argumentan y establecen un conocimiento de los temas planteados y los aplica sin dificultad en cualquier aspecto de su vida. Esto muestra que una explicación desde diversos enfoques, permite un mejor acercamiento y entendimiento a los fenómenos socio-culturales.
- ✓ Grupo IV. En este último grupo se puede ver que los estudiantes no buscan una aprensión del conocimiento (en esta caso química) sino que buscan llenar requisitos pedidos para aprobar un curso puesto que la actitud de los integrantes del grupo no fue la mejor, se dedicaron a ver los datos de los demás grupos para poder copiar (ver diario de campo de esta fecha). No se logran ver la articulación entre lo visto en clase y su aplicación en el diario vivir, se limitan a realizar procesos sin tener en cuenta como estos aportan a su vida.

Fase IV. Práctica de laboratorio y dos posturas de interpretación:

Se planteó una práctica de laboratorio, la cual establecía una postura científica y ancestral, se buscaba que los estudiantes vieran cómo se puede interpretar un mismo fenómeno desde diversas perspectivas, la obtención de etanol (proceso químico) a partir de la fermentación (proceso biológico) por levaduras y cómo este mismo proceso lo realizaban nuestros ancestros, los cuales planteaban una visión diferente.

Al iniciar la práctica se entregó una guía la cual establecía el procedimiento a realizar y los objetivos buscados, los estudiantes se encontraban muy entusiasmados y cumplían con todas las normas de seguridad de laboratorio. Se acomodan en grupos (estos grupos ya avían sido organizados por la profesora titular). El investigador explica a los estudiantes esa parte no vista de los efectos de la chicha (rituales ancestrales) y cómo algunas civilizaciones han respetado esto y cómo otras lo han explotado para beneficio industria; lo anterior no significa que los procesos industriales sean malos sino que no hay que dejar de lado lo que es de nuestra cultura y lo que se dio primero, con esta explicación sigue el desarrollo de la práctica, a medida que los muchachos realizaban algún paso preguntaban al practicante que significaba o argumentaban sus conocimientos.

Con esto se pudo ver e interpretar que sin importar el fenómeno siempre tendrá más de una interpretación, los estudiantes reconocieron que la química es tediosa pero cuando se ve su importancia y aplicación se hace muy interesante y más aún cuando dicho proceso primo se dio por nuestros antepasados.

Conclusiones

La interculturalidad es una alternativa en cuanto a las formas de relaciones sociales, alimentando las culturas y las establece en comunión para que sus matices sociales se agrupen y puedan establecer interacciones entre ellos y puedan expandir su visión de los diversos fenómenos en los que a diario transitan. La educación no puede negarse al aporte que brinda la interculturalidad ya que uno de los objetivos (de la educación) de esta es formar y educar seres críticos, interactivos, reflexivos y representen en cada uno de ellos lo que es su sociedad. No se dice que la interculturalidad sea la solución a las problemáticas de la educación pero si es la mediación que tanto aclama la educación. Como se ha establecido y argumentado en este proyecto la interculturalidad aporta sustancialmente al entendimiento de fenómenos, puesto que no se establece un único método o caracterización constante, es susceptible a cambios ya que su campo de desarrollo es la cultura y la cultura está representada por el ser en todos sus aspectos (espiritual, intelectual, social, religioso), esta susceptibilidad de cambio hace de la interculturalidad la perspectiva más óptima para los procesos educativos.

Como es sabido la didáctica de las ciencias se fundamenta en la historia y la epistemología de las ciencias (Adúriz e Izquierdo, 2002; Gallego-Badillo 2001 y 2004) y toma cuerpo cuando es vivida por los docentes; y es en este punto en donde podemos enmarcar una pauta y establecer que, además de lo propio respecto al conocimiento científico, la enseñanza de las ciencias debe ser permeable a procesos sociales con perspectiva intercultural. Es decir que aunque la didáctica de las ciencias se establezca de unas bases epistémicas sobre el conocimiento científico, ésta no tiene sentido si no es contextualizada o llevada de su campo disciplinar a la experiencia social; por tanto se debe hacer la reflexión entre rol del docente, las concepciones epistemológicas del conocimiento, la didáctica de las ciencias y la interculturalidad.

La interculturalidad podría mediar entre la didáctica de las ciencias como cuerpo disciplinar y la acción del educador, ya que es en este punto en donde se presentan obstáculos para interacciones socio-culturales con perspectiva intercultural. La interculturalidad en la didáctica de las ciencias permitiría que los investigadores vieran e interpretaran el contexto de una institución más a fondo, pues como se muestra en este proyecto, la didáctica de las ciencias no está fundamentada hacia la vivencia de la interculturalidad; por lo que se podría decir que se enmarca en una mirada científica, más que social, lo cual no le permitiría la interpretación de fenómenos desde la comunidad y para la comunidad, no desde una interpretación ajena a la comunidad.

En cuanto a la pregunta problema como delimitación de la problemática construida a través de la contextualización, se puede decir, se generaron los espacios para la construcción de hipótesis (por parte de los estudiantes) desde diversas posturas del conocimiento lo cual permitió analizar que los estudiantes si presentaron una reflexión con respecto a su vida y a la diversidad de posturas, las cuales alimentan o establecen concepciones en el ser.

Agradecimientos

Agradezco a los profesores Julio César Tovar y Germán García por su aporte en la formación académica y personal, y a cada una de las personas que me dieron ánimo y fuerza para proyectarme como una persona social y cultural.

Referencias

1. J.A. Banks. *Diversity, Group Identity and Citizenship Education in a Global Age*. Educational Researcher. 2008, 37 (3), 129-139.
2. M. Cedeño. *Aportes de la investigación cualitativa y sus alcances en el ámbito educativo*. Revista electrónica "Actualidades investigativas en educación". Universidad de Costa Rica, Facultad de Educación. Costa Rica. 2001.
3. A. Colom. *Identidad cultural y proyectos supranacionales de organización social, en Educación Intercultural en la Perspectiva de la Europa Unida*. Salamanca, Sociedad Española de Pedagogía, 1992.

4. M. A. Essomba. *Liderar escuelas interculturales e inclusivas. Equipos directivos y profesorado ante la diversidad cultural y la inmigración*. Barcelona. Graó. 2001.
5. R. Gallego-Badillo. *Discurso Sobre Constructivismo, Nuevas Estructuras Conceptuales, Metodologías y Actitudinales*. Bogotá: Magisterio, mesa redonda. 2001
6. R. Gallego-Badillo; R. PÉREZ. *La Enseñanza de las Ciencias Experimentales, El Constructivismo del Caos*. Bogotá: Magisterio, mesa redonda. 1997.
7. J. Mateo. «Nuevos horizontes de la investigación pedagógica desde la Educación intercultural», en *Educación Intercultural en la Perspectiva de la Europa Unida*. Salamanca, SEP, 1992.
8. UNESCO; *Directrices de La UNESCO Sobre La Educación Intercultural*. Francia: UNESCO. 2001
9. UNESCO; Convención sobre la protección y promoción de la diversidad de las expresiones. UNESCO: París. 2005
10. UNESCO; Directrices de la UNESCO sobre la educación intercultural.
11. UNESCO: París. En:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001478/147878s.pdf>. 2006
12. R. Valls. *Comunidades de aprendizaje. Transformar la educación*. Barcelona. Graó. 2002.
13. L. S. Vygotsky, *Pensamiento y Lenguaje*, Madrid: Paidós, 1978

BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN LA WEB DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS ANÁLISIS DE PROTOCOLOS VERBALES

A. Huertas¹

Calle 74 No. 80-35 Bogotá-Colombia

¹*Universidad Antonio Nariño - adripahb@gmail.com*

Área de participación: *Objetos de aprendizaje y TIC's aplicadas a la enseñanza de la ingeniería*

Resumen – Recientes estudios sobre tecnología educativa mencionan que cada vez es más frecuente el uso del internet en contextos escolares y valiéndose de estos recursos tecnológicos los estudiantes apoyan los procesos de aprendizaje en distintas áreas del conocimiento. Prueba de esto, son los estudios realizados en los Estados Unidos y Colombia que han demostrado que cada vez es más frecuente el uso del internet en los estudiantes de secundaria para complementar los procesos escolares, la búsqueda de información, el uso de herramientas tecnológicas, la consulta de textos online y la mensajería electrónica (Arango, Bringué & Sádaba, 2010; NetDay, 2005; Wells & Lewis, 2006).

Introducción

Recientes estudios sobre tecnología educativa mencionan que cada vez es más frecuente el uso del internet en contextos escolares y valiéndose de estos recursos tecnológicos los estudiantes apoyan los procesos de aprendizaje en distintas áreas del conocimiento. Prueba de esto, son los estudios realizados en los Estados Unidos y Colombia que han demostrado que cada vez es más frecuente el uso del internet en los estudiantes de secundaria para complementar los procesos escolares, la búsqueda de información, el uso de herramientas tecnológicas, la consulta de textos online y la mensajería electrónica (Arango, Bringué & Sádaba, 2010; NetDay, 2005; Wells & Lewis, 2006).

Pese al auge en el uso del internet en los últimos años como apoyo al proceso educativo, recientes investigaciones han demostrado que los estudiantes lo utilizan con poca efectividad en las búsquedas de información, lo cual comprobado por Li y Lim (2008) los cuales hallaron que los estudiantes no realizan procesos profundos de búsqueda, selección y análisis de la información y evidencia de esto son los trabajos que presentan, los cuales se caracterizan por copiar y pegar información hecho que demuestra poca planificación y escasa revisión de la información.

En este sentido, Zhang y Quintana (2012), atribuyen esta problemática a tres posible causas:

1. Búsquedas superficiales de la información pues lo estudiantes realizan pocos esfuerzos por leer y entender la información (Wallace, Kupperman, Krajcik, & Soloway, 2000)

2. Ineficiencia en la búsqueda de información en línea causada por la desorientación, definida como la dificultad de encontrar en la red lo que se está interesado en conocer (Días, Gomes & Correia,1999)
3. Poca capacidad autorreguladora en el aprendizaje en línea, debido a que los estudiantes no plantean metas ni usan estrategias que mejoren sus aprendizajes, además no planifican ni monitorean las búsquedas que realizan por internet. A continuación se profundizará en las búsquedas superficiales y capacidad autorreguladora. (Schunk & Zimmerman,2009).

A partir de esta problemática de los contextos escolares, este artículo presenta los resultados de la experiencia de tres estudiantes al realizar búsquedas de información en la web; a los estudiantes les pidió realizar una tarea en el área de las ciencias naturales que consistía en completar un mapa conceptual buscando la información faltante en internet, mientras la desarrollaban la tareas se obtuvo una grabación en video de sus acciones y verbalizaciones, para luego realizar la categorización de las expresiones y su posterior estudio con ayuda de la técnica de análisis de protocolos verbales.

Fundamento Teórico

A partir de esta problemática sentida en diferentes contextos educativos relacionada con los procesos de búsqueda de información, este artículo presenta una revisión del estado del arte en los procesos de búsqueda de información en ambientes hipermedia y en línea desde la perspectiva de los análisis de protocolos verbales, esta técnica de investigación cuantitativa explora los procesos cognitivos que se desarrollan en la realización de una tarea por medio de la verbalización del pensamiento en voz alta.

El estudio del pensamiento y los procesos que lo desarrollan ha sido motivo de interés durante los 50 y 60, en un principio de la psicología y posteriormente de otras ciencias como la educación y la antropología entre otras. Desde sus inicios el proceso del pensamiento se ha entendido como una secuencia de pasos o eventos mentales (Newell & Simon, 1972), pese a los esfuerzos de identificar un método que permitiera identificar los procesos cognitivos de los individuos no se llegaron a generalizaciones en métodos.

Sin embargo, Ericson y Simon(1993) desarrollan la teoría del procesamiento de la información, la cual se sustenta en estudios de investigación previos, esta teoría describe la manera de “pensar en voz alta” los procedimientos que se realizan en el desarrollo de una tarea, un comportamiento o en la solución de un problema, de este modo se obtiene un reporte verbal el cual es analizado con el propósito de obtener una descripción de los procesos cognitivos que realizan los individuos. Los procesos de verbalización de los procesos cognitivos se pueden clasificar de dos maneras, las verbalizaciones concurrentes que capturan la información en la medida que el sujeto desarrolla la tarea, por otro lado encontramos los verbalizaciones retrospectivas en donde el sujeto recurre a la memoria de largo

plazo para realizar la descripción de sus acciones durante el desarrollo de una tarea, los etapas que se destacan en la técnica de análisis de protocolos son:

1. Registro de la verbalización (Escrita y Videograbada)
2. Transcripción de la verbalización
3. Segmentación de la verbalización
4. Definición de Episodios
5. Codificación de los Episodios
6. Revisión y Análisis de la codificación

La técnica de análisis de protocolos verbales ha sido utilizada en varios campos del conocimiento destacándose los siguientes estudios: Hayes y Flower (1983) y Ransdell (1995) en el área de la escritura, Whitney y Budd (1996) por el estudio de la comprensión, Murtaugh (1984) en investigaciones relacionadas con la de la toma de decisiones en compras y por último, Sullivan y Seiden (1995) que evaluaron la educación en línea. Los diversos campos de aplicación de la técnica para identificar patrones, modelos y estrategias dejan ver en está, un enorme potencial que puede ser explorado en otros campos de conocimiento lo que ha permitido a investigadores en el campo de la pedagogía y la TIC su uso para identificar estrategias y habilidades en la búsqueda de información en línea.

Luego de realizar un descripción conceptual de los que son los análisis de protocolos verbales, se presenta una revisión de antecedentes, el primer estudio que se reporta el cual amplía esta problemática fue realizado por Hughes, Packard y Pearson (1998)³, estos investigadores abordan el proceso de búsqueda de información en ambientes hipermedia en estudiantes de secundaria, para lo cual desarrollan un programa con dos interfaces que le permiten a los estudiantes realizar procesos de búsqueda de información y al mismo tiempo de realizar la lectura y análisis, este programa le presenta al estudiantes mecanismos de búsqueda de información, incorpora videos, transcripción del video y un espacio para la toma de notas.

En la implementación de la investigación participaron 11 estudiantes de secundaria, antes de cada sesión a manera de entrenamiento en la técnica de análisis de protocolos se les presentaba un video con contenía ejemplos sobre la manera de pensar en voz alta.

Los resultados que presenta el estudio son de tipo cualitativo no hay una fragmentación de las verbalizaciones y ni categorización, por lo que los resultados son una descripción de las sesiones de trabajo, luego de las trascripciones de la verbalizaciones se llegan a las siguientes conclusiones:

1. Al conceptualizar y desarrollar el explorador de lectura en el aula, se tuvo ideas concretas de cómo los estudiantes y profesores pueden utilizar este programa.

³ Estudio descrito en <http://readingonline.org/research/explorer/article.html#intro>

2. El análisis de los datos permite identificar una diversidad de respuestas tecnológicas, tanto en la forma como los usuarios navegan a través del programa, así como de sus puntos de vista de su entorno de aprendizaje.
3. Los participantes se sorprendieron de la tecnología (programa) y no les pareció difícil de usarla; se sintió los clips de vídeo proporcionan ejemplos concretos y obtuvo nuevas perspectivas sobre la enseñanza de la lectura.
4. La investigación no reporta ninguna diferencia entre el trabajo en grupo y el trabajo individual.

Como se plasma en las conclusiones esta investigación plantea la posibilidad de realizar este tipo de intervenciones en ambientes de aprendizaje Web, este estudio es un referente inicial acerca de lo efectiva que es la técnica de análisis de protocolos verbales al identificar estrategias de búsqueda de información.

Continuando con otra investigación realizada tres años más tarde la cual tiene un manejo más preciso de la técnica encontramos a Branch (2001), el cual investigo sobre los Protocolos verbales concurrentes en estudiantes de secundaria mientras piensan en voz alta y buscan información. En este estudio participaron doce estudiantes (6 H y 6 M, entre los 11 y 15 años) lo cuales completaron más de 140 protocolos concurrentes verbales en su búsquedas de información utilizando dos enciclopedias en CD-ROM. Para el desarrollo de los protocolos verbales se utilizaron las grabaciones de voz y video, luego de la búsqueda de información se dejo ver el video con el fin de recolectar información extra en este momento los participantes tenían la oportunidad de revisar los escritos (agregar, eliminar o comentar información), la información se codifico en las categorías definición, planificación, planificación condicional y evaluación (Meichenbaum & Biemiller, 1992 citado por Branch,2001) la tarea consistía en responder las siguientes preguntas: 1. ¿Quién fue la primera mujer en el espacio?, 2. Describa el pájaro cardenal , 3 ¿Quién fue el primer hombre en el espacio? y 4. Describa el perro boxeador.

La investigación realizó la trascripción de las verbalizaciones y su posterior codificación, lo que le permitió realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de la información. Los resultados revelaron un porcentaje alto de estudiantes no realizan procesos de planeación, monitoreo y evaluación de todas las sesiones lo que se traduce en procesos de búsqueda de información poco autorregulados, por otro lado hay tres estudiantes que se caracterizan por realizar verbalizaciones en todas las categorías en todas la sesiones. A las conclusiones a las que se llegaron son:

1. Los investigadores deben cerciorarse para tener mejores resultados que los estudiantes tengan tiempo suficiente para entrenarse en la técnica.
2. Los estudiantes que sean más expertos en las búsquedas de información tienen mejores habilidades autorreguladoras.
3. La técnica de análisis de protocolos es una manera de buscar de información y datos, este método debe ser utilizado para explorar otros temas en las ciencias y la tecnología (información en internet, en catálogos públicos y en bibliotecas)

4. Es necesario tener en cuenta las diferencias cuando se realizan los procesos de búsqueda lo que puede contribuir a mejorar el proceso de pensar en voz alta (tener en cuenta las características individuales)

Como se evidencia en las conclusiones este estudio se deja al descubierto la necesidad de realizar este tipo de experiencias con ayuda de la web, además de evidenciar procesos autorreguladores en la búsqueda de información en línea.

Atendiendo a las necesidades educativas identificadas en estudios previos Coiro y Dobler (2007), caracterizan los procesos de búsqueda de información en la web y su relación con los procesos de lectura, para este estudio se seleccionaron once de los mejores estudiantes en comprensión de lectora de grado sexto de tres escuelas de Estados Unidos, los once fueron entrevistados en forma individual por un investigador y completaron dos tareas separadas de lectura en sitios de la red con múltiples niveles o usando el mecanismo de búsqueda de Yahoo, luego respondieron a preguntas específicas acerca del uso de estrategias en una entrevista luego de cada sesión de lectura. El análisis cualitativo se desarrolló en cuatro fases distintas, cada una de las cuales incluyó la revisión de protocolos, observaciones de campo y entrevistas semiestructuradas para conocer la naturaleza de la comprensión lectora en línea.

La primera sesión inicia con una entrevista grabada de conocimientos previos sobre el tema de los tigres, luego se les pidió que leyeran la información del sitio web al mismo tiempo que pensarán en voz alta mientras realizaban la búsqueda de las respuestas a 7 preguntas de comprensión literal e inferencial, al final se les aplicó un test.

En la segunda sesión se les aplicó un test de conocimientos previos, se les pidió que buscaran las respuestas a las siguientes preguntas con ayuda de un motor de búsqueda: ¿Que puede hacer que un huracán pierda su poder? y ¿Cuál es la diferencia entre un relleno sanitario y un tugurio?. Luego del trabajo con los estudiantes durante las dos sesiones se procedió a realizar la transcripción de las verbalizaciones, para realizar la categorización en: conocimientos previos, estrategias de razonamiento inferencial y autorregulación en procesos de lectura, atendiendo a esta última categoría los autores proponen un modelo de autorregulación en la lectura que tiene que con el proceso de búsqueda de información, el cual está compuesto por cuatro procesos: planeación, predicción, monitoreo y evaluación.

Las conclusiones a las que llegó el estudio se presentan a continuación:

1. Los hallazgos sugieren que los procesos y las decisiones adoptadas por los buenos lectores de Internet son similares a los de lectores de textos impresos.
2. Los lectores expertos parecían basarse en su conocimiento del tema lo que guiaba la búsqueda de información en línea y la lectura de información.
3. Se encontró que los lectores expertos utilizan estrategias de razonamiento inferencial que eligen que y donde leer en internet.

4. Los lectores expertos utilizan procesos de autorregulación el la lectura (fijan metas, realizan predicciones, hacen seguimiento y evalúan la relevancia de la información en línea)
5. El texto de internet parece estimular el de razonamiento inferencial debido a las múltiples capas de información a las que puede acceder.

Como se evidencia en los antecedentes la técnica de análisis de protocolos verbales permite identificar las estrategias que los estudiantes utilizan en la búsqueda de información en la web.

Sección experimental.

Para identificar las estrategias que emplean los estudiantes en la realización de tareas con ayuda de motores de búsqueda de información se contó con la participaron tres estudiantes de grado noveno de un colegio publico de la ciudad de Bogotá, a los estudiantes (dos mujeres y un hombre) se les entreno en la técnica de protocolos verbales con anterioridad realizando otras búsquedas de información y mostrándoles videos sobre la técnica; luego de identificar habilidades en los estudiantes en el uso de la misma, se les planteó una la tarea de completar un mapa conceptual relacionado con el sistema circulatorio humano (ver figura 1).

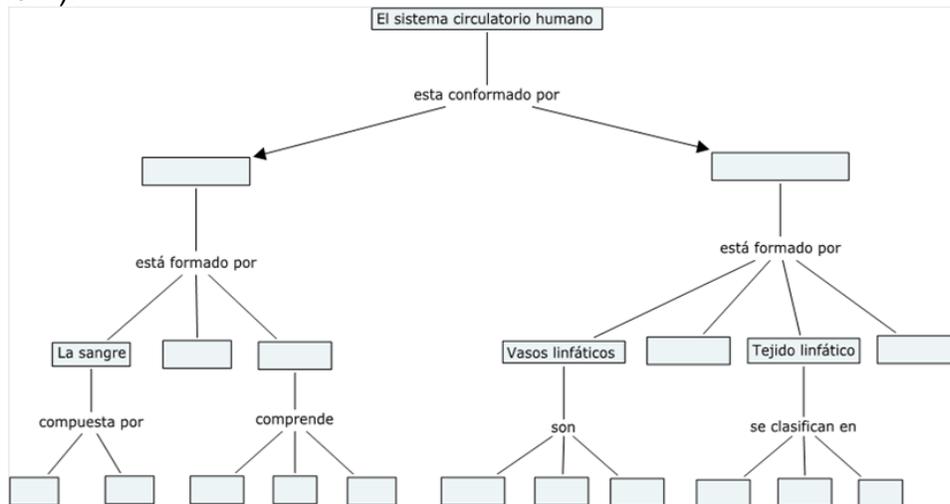


Figura 1. Mapa conceptual propuesto como tarea en la búsqueda de información en la Web

Para la categorización de las verbalizaciones de los estudiantes se utilizó la propuesta de Coiro y Dobler (2007), a continuación se identifican y definen cada una de la categorías utilizadas en el estudio.

Tabla 1. Categorías propuesta por Coiro y Dobler (2007).

Categoría	Definición
Planeación	Piensa acerca de las opciones múltiples, establece un propósito y prepara un plan de acción que aborde la búsqueda
Predicción	Hace, confirma o ajusta una conjetura fundamentada sobre lo que vendrá después, por lo general antes de hacer clic en un vínculo particular
Monitoreo	Habiendo seleccionado un enlace con un resultado anticipado, el lector supervisa la elección que se ha hecho
Evaluación	Activamente evalúa la pertinencia de una elección particular de lectura
Acciones físicas de lectura	Emplea las acciones físicas de lectura utilizando un ratón para navegar texto en internet

Teniendo en cuenta en el propósito de la tarea se decido incluir una categoría propuesta por Biemiller Meichenbaum (1992):

Tabla 2. Categorías propuesta por Biemiller y Meichenbaum (1992)

Categoría	Definición
Definición	corresponde a una declaración sobre las características de las tareas, los procedimientos y los objetos.

Con la ayuda de las anteriores categorías se realizó la clasificación de la sentencias de los estudiantes. Por último se aplicó una entrevista a los estudiantes con el propósito de indagar aspectos generales de sus procesos de búsqueda de información.

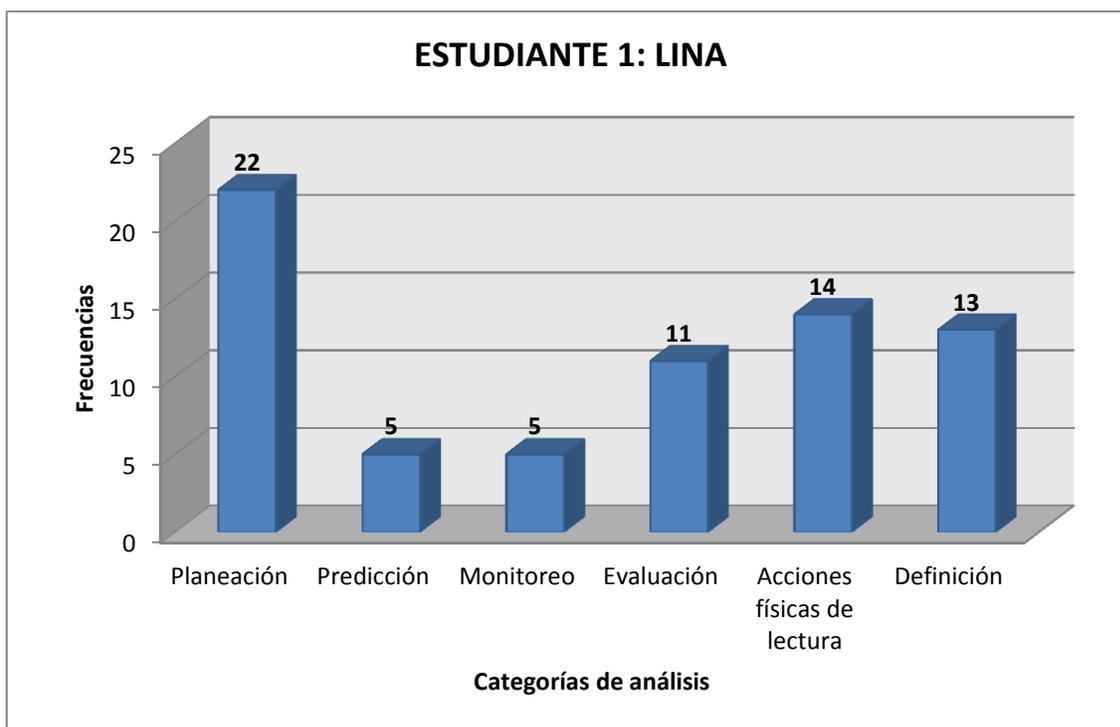
Resultados y Discusión

Los datos recogidos se clasificaron en las seis categorías antes mencionadas, en total se recolectaron 160 verbalizaciones de las cuales de se codificaron 148. A continuación se describen los protocolos de los tres estudiantes.

La estudiante Lina presenta 71 verbalizaciones que fueron categorizadas, sus declaraciones pertenecen a todas las categorías, pero sobresalen 22 de planeación, también se destaca que ella fue la que más verbalizaciones presentó en el desarrollo de la tarea, en la solución necesito un tiempo de 20 minutos.

Tabla 3. Categorización de verbalizaciones del estudiante Lina

CATEGORÍAS	Frecuencia
Planeación	22
Predicción	6
Monitoreo	5
Evaluación	11
Acciones físicas de lectura	14
Definición	13
Total	71



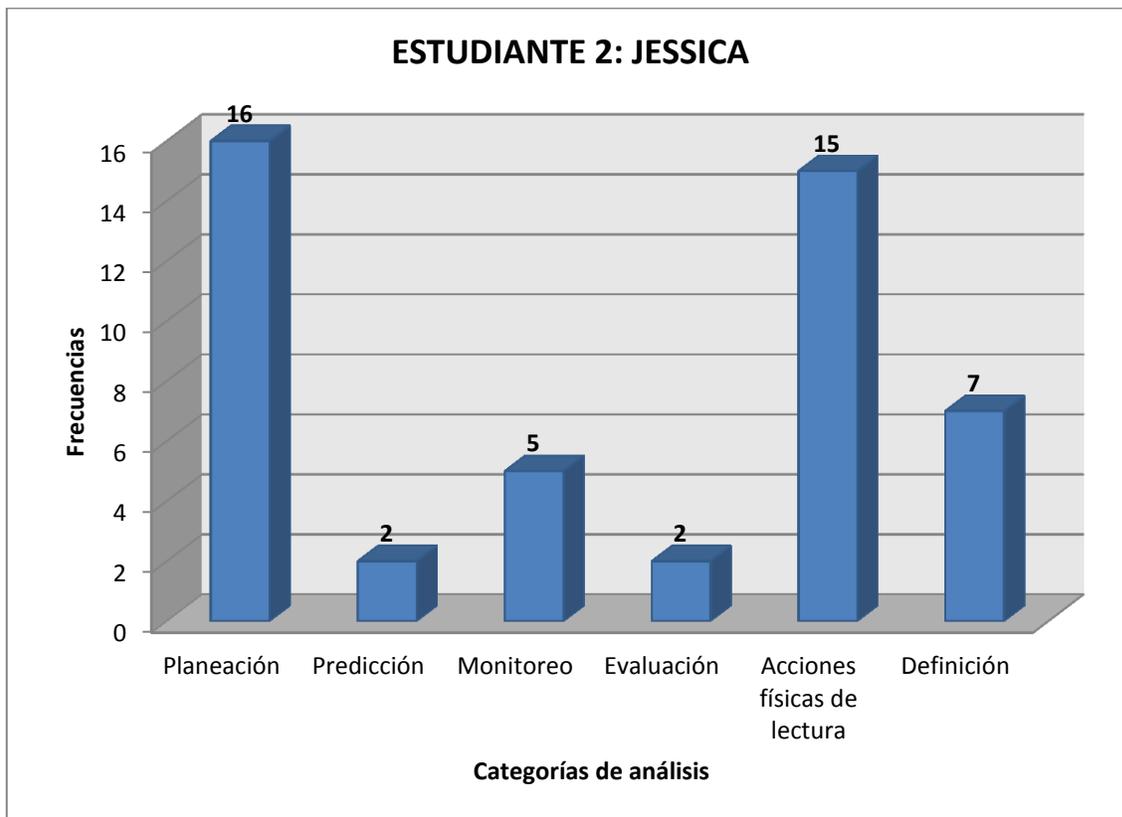
Gráfica 1. Frecuencia de las verbalizaciones estudiante Lina

La gráfica ilustra las frecuencias de las verbalizaciones como ya se había mencionado la estudiante realiza planeación constante en todo su proceso de búsqueda de información.

El segundo puesto respecto al número de verbalizaciones los obtuvo la estudiante Jessica con 47 segmentos codificados, en la solución de su tarea se destaca la frecuencia de la planeación en su estrategia de búsqueda, seguido de las acciones físicas de lectura. El tiempo empleado por la estudiante para el desarrollo de la tarea fue 18 minutos aproximadamente. La tabla 4 permite distinguir la frecuencia de cada una de las categorías en el protocolo de la estudiante Jessica.

Tabla 4. Categorización de verbalizaciones de la estudiante Jessica

CATEGORÍAS	Frecuencia
Planeación	16
Predicción	2
Monitoreo	5
Evaluación	2
Acciones físicas de lectura	15
Definición	7
Total	47

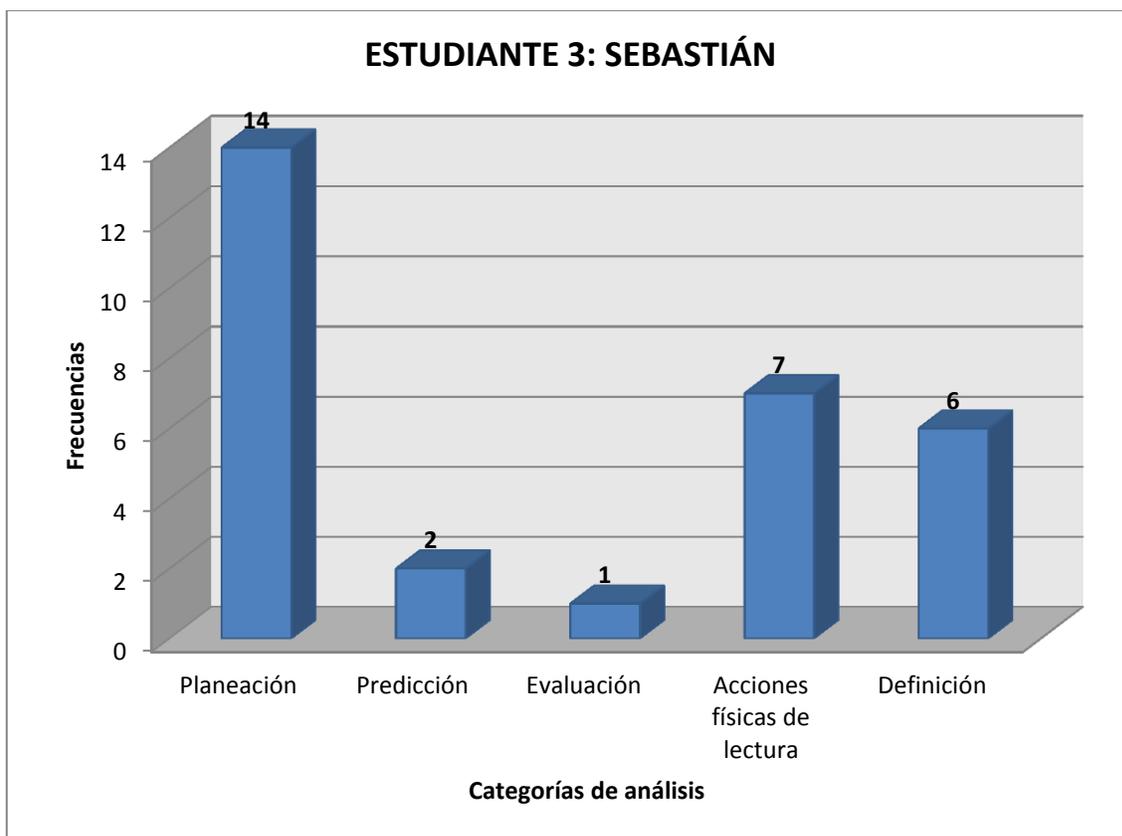


Gráfica 2. Frecuencia de las verbalizaciones estudiante Jessica

El estudiante que realizó menor número de verbalizaciones fue Sebastián en la búsqueda de información para completar en mapa conceptual, él empleó 20 minutos en la realización del ejercicio, en su estrategia de búsqueda de información se destaca la planeación con una frecuencia de 14, por otro lado se evidencia que no expresó verbalizaciones que correspondieran a la categoría de monitoreo.

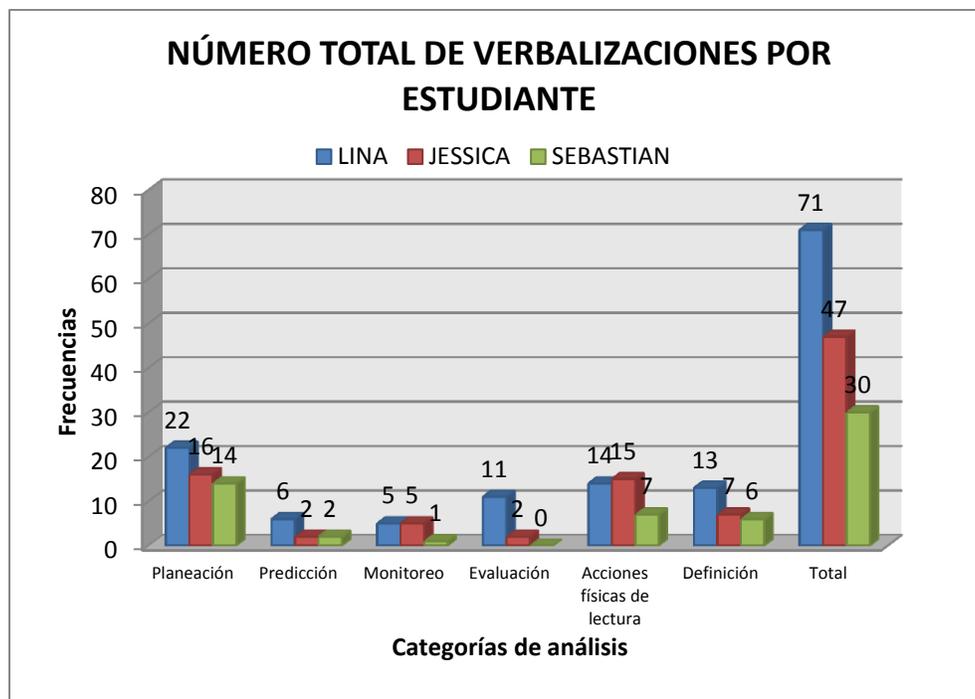
Tabla 5. Categorización de verbalizaciones del estudiante Sebastián

CATEGORÍA	Frecuencia
Planeación	14
Predicción	2
Evaluación	1
Monitoreo	0
Acciones físicas de lectura	7
Definición	6
Total	30



Gráfica 3. Frecuencia de las verbalizaciones estudiante Sebastián

Como se evidencia en la grafica 3 las verbalizaciones del estudiante no reflejan un proceso de monitoreo lo que deja ver una falta en los procesos de supervisión de sus búsquedas.



Gráfica 4. Frecuencia de las verbalizaciones de todos los estudiantes

La anterior gráfica presenta la comparación de las frecuencias que obtuvieron los tres estudiantes al buscar información con el propósito de completar un mapa conceptual del sistema circulatorio, como se evidencia el proceso que se realiza con mayor frecuencia en la búsquedas de información es la planeación, seguido por acciones físicas de lectura y la definición, por otro lado la gráfica permite identificar como bajos los procesos de predicción, monitoreo y evaluación.

Los mapas conceptuales se revisaron teniendo en cuenta el número de conceptos válidos que debían ser colocados en los espacios en las dos ramificaciones del mismo, en la primera parte tenían que completar con conceptos relacionados al sistema sanguíneo en la segunda parte completar el mapa con conceptos del sistema linfático, de este modo se procedió indicar la nota final de los tres mapas.

La siguiente tabla presenta los respuestas correctas al completar el mapa conceptual de los tres estudiantes.

Tabla 5. Nota de la tarea

MAPA CONCEPTUAL	ESTUDIANTES		
	LINA	JESSICA	SEBASTIÁN
Parte 1: sistema sanguíneo	7	7	7
Parte 2: sistema linfático	4	6	3
Total	11	13	10

Acerca de la entrevista que se les realizó luego de protocolo, los estudiantes manifiestan:

Pregunta1: ¿Cómo se sintieron en el desarrollo del ejercicio?

Sebastián: “fue una actividad diferente siempre acostumbramos a investigar pero en la mente, nunca hemos investigado y al mismo tiempo ir diciendo paso a paso lo que hacemos”

Jessica: “me pareció interesante nunca había hecho el ejercicio de hablar lo que pienso, haber escuchado mis pensamientos fue interesante”

Lina: “estuvo interesante, nunca habíamos hecho eso”

Pregunta 2: ¿Cuáles son los buscadores que más utilizan?

Sebastián: “a mi no me gusta casi Wikipedia, pero algunas partes que sirven, algunas veces entro a yahoo a ver los comentarios de las personas que comentan como estudiantes, prefiero páginas donde aparecen diapositivas, me gusta buscar mapas conceptuales”

Jessica: “pues a mi me gusta buscar en Wikipedia me parece que tiene buena información, me gusta buscar diapositivas, me gusta buscar videos y también me gusta buscar en un sitio que se llama monografias”

Lina: “a mi me gusta buscar en Wikipedia porque tiene muchos hipervínculos, sino entiendo algo me puedo meter ahí, la información de ese sitio siempre es completa”

Pregunta 3. ¿Qué les indica que la información que ustedes encuentran es confiable?

Sebastián: “la información en PDF me parece que es confiable, allí se encuentra la persona que lo redactó, también me guio por las personas que los visitan, si son muchas las personas que la visitan uno se van confiando a mirar esa página”

Jessica: “la bibliografía”

Lina: “la redacción de la información”

Conclusiones.

Los proceso de búsqueda de información han sido abordados desde hace más de dos décadas, lo cual ha permitido ampliar el conocimiento de este tema en diferentes escenarios educativos, los resultados de este estudio de caso plantean la necesidad de generar estrategias pedagógicas que favorezcan el desarrollo de habilidades sobre la búsqueda de información en estudiantes de diferentes niveles escolares.

A partir del análisis datos se puede concluir que la búsqueda de información es un proceso cíclico que inicia por las elaboración de un plan de búsqueda que le permitirá predecir los mejores sitios para el hallazgo de la información, luego de encontrar los contenidos los estudiantes evalúan la información, si esta no cumple con las expectativas o no es lo suficientemente clara realizan un proceso de monitoreo que les permite volver a iniciar el proceso de búsqueda, lo anterior se encuentra de acuerdo por lo planteado por Maglione & Varlotta (2009).

Los resultados evidencian que los estudiantes realizan búsquedas de información haciendo uso estrategias de planeación, pero evalúan poco los contenidos resultantes del procesos de búsqueda lo anterior concuerda con Brach (2001), lo cual se refleja en la poca efectividad de sus búsquedas.

Teniendo en cuenta las respuestas de las entrevistas se evidencia una preferencia por wikipedia, lo cual se explica por la cantidad de hipervínculos con los que cuenta este sitio (Kim,1997).

A partir de las categorías propuestas se propone el siguiente modelo, el cual representa las estrategia empleada por los estudiantes en los procesos de búsqueda en la Web, este es planteado a partir de las categorías de análisis utilizadas en la categorización de las verbalizaciones.



Gráfico 5. Modelo sobre las búsquedas de información en la web

Referencias

1. A. Newel; H. Simon. *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1972.
2. C, Maglione; N, Varlotta. Investigación, gestión y búsqueda de información en Internet, Ministerio de Educación Argentino. 2009.
3. D, Li, C, Lim. Scaffolding online historical inquiry tasks: a case study of two secondary school classrooms. *Computers & Education*. 2008, vol.50, pp 1394–1410.
4. E, Martínez. E-learning: un análisis desde el punto de vista del alumno. Universidad politécnica de España, RIED. 2008, vol. 11, pp. 151-168.
5. G. Arango, X; Bringué; C. Sádaba. La generación interactiva en Colombia: adolescentes frente a la internet, el celular y los video juegos. *Revista Anagramas*. 2010, vol. 9 N° 17, pp 45-56.
6. H, Rodríguez. Estudio sobre la deserción estudiantil en los programas de educación de la católica del norte fundación universitaria. *Revista virtual Universidad Católica del norte*, 2011.
7. H, Schunk; B, Zimmerman. *Motivacion and Self-Regulatedlearning*. Nueva York: Routledge, 2009.
8. J. Brach. Junior high students and Think Alouds Generating information-seeking process data using concurrent verbal protocols. *Library & Information Science Research*, 2001, vol. 23, pp 107–122
9. J. Coiro; E, Doibler. Exploring the online reading comprehension strategies used by sixth-grade skilled readers to search for and locate information on the Internet, *Reading Research Quarterly*. 2007, Vol. 42, No. 2, pp 214-257
10. J. Wells; L, Lewis, *Internet access in U.S. publicschoools and classrooms: 1994–2005*, Washington, DC: U.S. Department of Education / National Center for Education Statistics, 2007.
11. K, Ericsson; H, Simon. *Protocol Análisis: verbal reports as data*. Cambridge, 1993.
12. K, Kim. *Effects cognitive and problem-solving styles on information-seeking behavior*. 1997
13. M, Zhang; C. Quintana. Scaffolding strategies for supporting middle school students' online inquiry processes, *Computers & Education*. 2012, vol. 58, pp. 181–196
14. NetDay. *Ourvoices. Ourfuture. Studentan teacher view sons ciencia , Technology and education: National reporton NetDay*, 2005.
15. P. Dias; M, Gomes; A. Correia. *Disorientation in hypermediaenvironments: mechanismstosupportnavigation*. *Journal of Educational Computing Research*. 1999, vol. 20, pp 93–117.
16. R, Wallace; J, Kupperman; J, Krajcik; E, Soloway. *Scienceonthe web: students online in a sixth-grade classroom*. *TheJournal of theLearningSciences*. 2000, vol. 9, pp75–104.

COSECHADO DE ENERGÍA (ENERGY HARVESTING), FUENTES TÉCNICAS Y APLICACIONES.

Juan Carlos Cruz Hurtado.

*“Centro de Investigaciones en Microelectrónica”, Instituto superior Politécnico José Antonio Echeverría, Km 8 de Antigua carretera de Vento, La Habana, Cuba-
juan.cruz@electronica.cujae.edu.cu.*

Área de participación: Eléctrica y Electrónica

Resumen – Las tendencias del desarrollo tecnológico permiten que decrezcan tanto las dimensiones como el consumo de potencia de los sistemas electrónicos en general. Este decrecimiento propicia que surjan nuevos paradigmas de la computación y la utilización de dispositivos electrónicos más pequeños y que trabajen de forma colaborativa por lo menos con fuertes capacidades de comunicación. Ejemplo de estos dispositivos son las redes de sensores. Actualmente estos dispositivos se alimentan por baterías. Sin embargo, las baterías presentan algunas desventajas: la necesidad de remplazarlas, recargas, y el peso de las mismas, comparado con el peso de la electrónica asociada. Una posibilidad de superar estas limitaciones de potencia es extraer la energía del ambiente, ya sea para recarga una batería, o incluso para alimentar directamente el dispositivo electrónico.

El cosechado de energía ambiental se conoce también como búsqueda de energía, o cosechado de potencia y, es un proceso donde la energía se obtiene del entorno, del ambiente. Existen una cantidad de técnicas para cosechar energía, incluyendo la solar, el viento, las olas del mar, la piezoelectricidad, la termoelectricidad y, los movimientos físicos.

En la conferencia se presentan estudios recientes acerca de las fuentes de cosechado de energía ambiental, los sistemas y las aplicaciones electrónicas asociadas a ésta tecnología de cosechado de energía del ambiente. Dentro de las aplicaciones que utilizan ésta tecnología, en sentido general, se tienen:

- Aplicaciones automovilísticas,
- Aplicaciones industriales,
- Aplicaciones de automatización de casas y edificios,
- Aplicaciones de monitoreo ambiental,
- Aplicaciones aeroespaciales,
- Aplicaciones médicas, etc.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Zacatepec poder contribuir, con nuestros modestos conocimientos al desarrollo del intercambio, en la esfera investigativa, en la región de Morelos.

Referencias

1. F. Yildiz, "Potential Ambient Energy-Harvesting Sources and Techniques", *The Journal of Technology Studies*, 2010, PP 40-48.
2. F. Yildiz, D Fazarro, K Coogler, "The Green Approach: Self-Powered House Design Concept for Undergraduate Research", *Journal of Industrial Technology*, April 2010, Vol. 26, No. 2.
3. S.W. Arms, et al, "Energy Harvesting, Wireless, structural Health Monitoring and Reporting System, 2do. Asia- Pacific Workshop on SHM, Melbourne 2-4 December 2008.
4. S.W. Arms, et al, "Power Management for Energy Harvesting Wireless Sensors", *IE Int'l Symposium on Smart Structures & Smart Materials*, 9 march, San Diego, CA.

FORMACIÓN INVESTIGATIVA INICIAL: REFLEXIONES PEDAGÓGICAS Y DIDÁCTICAS.

J C. Tovar-Gálvez

Facultad de Educación, Universidad Antonio Nariño, Calle 76 N° 102-48, Bogotá, Colombia -
joule_tg@yahoo.com, julitovar@uan.edu.co

Área de participación: Docencia aplicada a las Tecnologías

Resumen – La ponencia se plantea como problema de estudio la formación investigativa, como un natural proceso emergente de las condiciones globales del mundo actual. Con ello se aborda aspectos pedagógicos respecto a cómo deben ser pensados los perfiles profesionales, cómo debe ser entendida la formación investigativa y los obstáculos que no permiten lograrla, así como sobre los necesarios cambios que deben darse a nivel curricular. Como una alternativa para dar paso a la investigación y visualizar unos posibles lineamientos curriculares, se plantea la relación entre las competencias y la formación investigativa, así como la posibilidad de estructuración del currículo desde dicha perspectiva. En una segunda instancia se presenta varios escenarios para la formación científica: a) modelos y estrategias pedagógico-didácticas (estudio de casos, resolución de problemas, aprendizaje por investigación, trabajo por proyectos), b) cursos específicos sobre formación investigativa (en lo filosófico, epistemológico, metodológico y comunicativo) y c) los semilleros de investigación.

Introducción

En el camino de orientar los procesos de formación investigativa de los profesionales, en las declaraciones promulgadas en el marco de la *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior* [1], se redimensiona la Universidad y se proponen misiones y funciones enfocadas a la formación investigativa de los profesionales; entre varias de los cuales se encuentran:

Definirse como la articulación de todo tipo de estudios, de formación o de formación para la investigación en el nivel postsecundario,

Propiciar el aprendizaje permanente, la participación ciudadana, los derechos humanos, el desarrollo sostenible, la democracia y la paz.

Promover, generar y difundir conocimientos por medio de la investigación, fomentando y desarrollando la investigación científica, tecnológica, en ciencias sociales, humanidades y las artes, así como a través del fortalecimiento de la innovación, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad para contribuir al desarrollo cultural, social y económico de las sociedades.

Contribuir al reconocimiento y preservación de las culturas nacionales y regionales, internacionales e históricas, en un contexto de pluralismo y diversidad cultural.

Lo anterior posiciona a la Universidad en un lugar que supera la mera profesionalización y emisión de títulos, y le presenta un panorama retador en el que debe ser coherente con las condiciones sociales actuales y al mismo tiempo ser propiciadora de tal sociedad. Frente a los retos de formación investigativa, de articulación con los contextos y de ser motor de las diversas dimensiones de la vida actual, la UNESCO plantea a la Universidad estrategias como:

- a) Fomento de las capacidades investigativas en las instituciones de educación superior, en todas las áreas disciplinares y sobre todo la investigación sobre la propia educación superior.
- b) Fomentar la integración de la comunidad educativa, así como las relaciones interinstitucionales, a través de la cooperación para el hermanamiento de instituciones basados en la solidaridad y la asociación; buscando el interés común, el intercambio y transferencia, el respeto mutuo y la credibilidad, para lograr la transformación de la educación superior.

Es así como se evidencia a nivel mundial la tendencia a conceptualizar la Universidad como un centro de producción de conocimiento; pero que sin embargo debe pasar de ser centro, a ser nodo, en el tejido sobre el cual se sostiene construye la sociedad y desde el que se forman profesionales y ciudadanos que respondan al contexto. Con ello se entiende entonces que la formación de profesionales y ciudadanos debe soportarse en aquellos procesos pedagógicos y didácticos que llevan al sujeto a la reflexión sobre la realidad, a la reflexión sobre los campos disciplinares, a aproximarse cada vez más a las formas de producción de conocimiento, a aproximarse cada vez más a los nuevos lenguajes y formas de comunicación, y sobre todo, a la transformación de la realidad.

Ahora bien, en el contexto presentado, es necesario es necesario entender que la creciente producción del conocimiento en todas las áreas, limita la tradición formativa en términos de exposición de saberes por parte de un experto y la recepción-acumulación de conocimiento por parte de una “*a-lumno*”; y de igual manera, la necesidad de hacer uso del conocimiento para interpretar e intervenir la realidad, en lo cotidiano y en lo profesional, exige que la formación esté orientada hacia la contextualización de los saberes. Con estos dos aspectos se fortalece el argumento respecto a que el sistema tradicional de enseñanza no es acorde con las actuales necesidades, ni responde a las expectativas de formación profesional.

Dicho lo anterior, la investigación educativa ha propuesto que los sujetos deben participar más activamente de sus procesos de aprendizaje, ser cada vez más autónomos en sus procesos formativos [2, 3], aplicar el conocimiento a la solución

de problemas, y como mayor perspectiva, tener la posibilidad de producir conocimiento; lo que de alguna manera conlleva a pensar en la formación investigativa. En este sentido, para la presente ponencia se plantea la siguiente pregunta orientadora: ¿desde qué referentes fundamentar un currículo para la formación investigativa?

Fundamento Teórico

1. Reflexiones Pedagógico-Didácticas:

1.1. Construcción de los perfiles profesionales:

Pensar en formar profesionales con la posibilidad de resolver situaciones de su campo profesional a partir del conocimiento construido durante su formación en la universidad, y aún más, de un profesional que sea capaz de producir conocimiento sobre su experiencia profesional y sobre su disciplina, es un horizonte muy difícil de alcanzar. Y es esto mismo, el horizonte, lo primero que debe cuestionarse la universidad: filosofía institucional, proyecto educativo universitario, perfil docente universitario, articulación con los escenarios profesionales y medios para lo esperado, entre otras cosas; pues es el horizonte el que mostrará qué tipo de profesional se quiere formar y cómo se hará.

Siendo tan amplia la tarea para proponer nuevos perfiles profesionales y, sobre todo, para construir eso que se quiere, es necesario lograr grandes cambios en la universidad y sobre las formas en que se ha venido orientado los procesos. Ello se traduce en que no sólo basta con formular el perfil docente más notable de la demanda en educación superior, ni de tan sólo cambiar las estrategias docentes del momento, sino de toda una transformación de la educación superior.

En estos términos, establecer un perfil profesional con una fuerte formación investigativa o con competencias investigativas, al menos en sus niveles más básicos, es necesario pensar en qué se requiere que cambie la educación superior, para lograr construir el perfil deseado.

1.2. Formación Investigativa:

La formación investigativa puede ser entendida, en términos generales, como aquellos procesos pedagógicos y didácticos que buscan que el sujeto construya los fundamentos ontológicos, epistemológicos, teóricos, prácticos, éticos y sociales necesarios para tener la capacidad de aportar a la construcción del conocimiento en algún área del saber. Con ello se asume entonces que para formar a alguien en lo investigativo, se requiere disponer de fundamentos y acciones que alteren todo el currículo, pues el complejo concepto supone que quienes dirigen los procesos educativos, que los recursos e infraestructuras, que las normativas, que los modelos pedagógicos-didácticos, que la administración y demás dimensiones de la institución de educación superior, están acordes ante tal meta. Finalmente, lograr perfiles profesionales que se caractericen en el campo investigativo, no se puede reducir a simplemente implementar una u otra estrategia didáctica.

En torno a la formación investigativa es posible identificar diversos obstáculos que abren las puertas de una amplia línea de investigación desde diversas perspectivas. En este sentido es posible citar:

a) Las limitaciones pueden radicar en que algunos programas se han dedicado a profesionalizar en el hacer bien lo que corresponde al mundo laboral, pero no se han propuesto producir conocimiento que mejore la lectura e intervención de la realidad profesional [4, 5].

b) No hay un currículo integrado por niveles de competencias, que permita la formación estructurada a través de los diferentes ciclos educativos; así mismo, el currículo no está diseñado pensando desde perspectivas teóricas que conduzcan al desarrollo de las habilidades, saberes y capacidades que requiere integrar el sujeto para llevar a contextos y finalmente constituir la competencia [6, 7].

c) Para algunos [8], el problema para lograr la formación investigativa acorde con los momentos actuales tiene un trasfondo epistémico, en tanto imperan los modelos de producción del conocimiento los cuales son instrumentalistas, fraccionados y especializados, los cuales limitan la mirada compleja de la realidad.

1.3. Relación entre la competencia y la formación investigativa:

Sobre la competencia se ha dicho mucho, desde la connotación que pone a la competencia como una simple lista de chequeo de cosas que debe hacer mecánicamente un operario [9], pasando por la clásica concepción del “*saber hacer en contexto*” [10], hasta las elaboraciones más complejas para las que la competencia es algo multidimensional (incluyendo lo ético y valorativo del sujeto) y en las que el sujeto es capaz de producir cambios en su contexto y de producir conocimiento [11].

La relación entre la competencia y la formación investigativa aparece en el momento de la elección de la postura frente a la competencia, pues: a) si la visión es que el sujeto resuelve tareas mecánicamente, pues se aleja de la idea del sujeto que produce conocimiento, b) si la idea se centra en el resolver problemas, quizás ya es un paso hacia la toma de decisiones, hacia la autonomía y hacia aplicar el conocimiento, c) y si la propuesta es que el sujeto que posee un alto nivel de competencia es aquel que transforma el contexto y produce conocimiento, es más probable que se esté logrando la formación investigativa.

La tercera opción enunciada en el párrafo anterior abre los cuestionamientos en al menos dos aspectos sobre la competencia: a) ¿pueden ser planteadas por niveles básicos, profesionales e investigativos, todos ellos como un currículo articulado que va desde la primaria hasta la educación superior?, o b) ¿se debe estructurar un único currículo en competencias investigativas que va desde la primaria hasta la educación superior?; siendo éstas preguntas que dejan un posible horizonte investigativo.

2. Modelos y Experiencias Formativos:

El currículo entendido como un proceso fundamentado en modelos filosóficos, epistemológicos, pedagógicos y didácticos, y soportado en disposiciones normativas, administrativas, de capital humano, logísticas y financieras, a través del cual se construye el perfil profesional y de ciudadano propuesto por la institución, muestra un gran reto para que se pueda hablar de currículo para la formación investigativa. Es decir que para formar en lo investigativo, no basta con tan solo cambiar algunas estrategias de enseñanza, sino que es necesario lograr cambios en diferentes niveles o estancias curriculares.

Sin embargo, no es posible abordarlo en un solo escrito y propuesta, pues sería irresponsable, ingenuo y reduccionista. En este sentido, el presente segmento se orienta más por lo pedagógico-didáctico del currículo, para lo cual se asumen lineamientos de flexibilidad y la integración formativa por ciclos de complejidad o niveles de competencia, surgiendo con ello la propuesta de que la formación investigativa es un proceso que se lleva desde diferentes perspectivas y desde diferentes escenarios. En función de lo dicho, a continuación se consideran diferentes espacios curriculares para la formación investigativa:

2.1. Modelos y estrategias pedagógico-didácticas:

Asumiendo la formación investigativa como un proceso que se da en niveles de complejidad, según las condiciones de los diferentes niveles educativos, es necesario pensar en revisar los modelos didácticos que aportarían a tal construcción. Para ello se propone retomar algunos de los modelos propuestos en el marco de la Didáctica de las ciencias, los cuales podrían ser postulados como posibles modelos que orienten los espacios académicos para la formación investigativa por niveles de complejidad o por niveles de competencia:

- Estudio de casos: un modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el estudio de casos, como estrategia, se caracteriza porque el profesor contextualiza el conocimiento teórico en situaciones particulares, las cuales muestran cómo se puede interpretar o modificar desde el conocimiento de las disciplinas o áreas de estudio. El aporte que da este tipo de estrategia a la formación investigativa está en una aproximación a la integración entre teoría y práctica, en el estudio sistemático de situaciones, en el reconocimiento de variables o relaciones en el objeto de estudio, en la delimitación o complejización del contexto estudiado, entre otros aspectos antes los cuales un estudiante se ve enfrentado desde esta perspectiva formativa.

- Resolución de problemas: este modelo supone que el aprendizaje no sólo se limita a lo teórico, sino también implica lo procedimental. De esta manera, el docente, además de enseñar conceptos, enseña formas para abordar problemas de la disciplina que enseña. Los problemas planteados no son problemas de frontera de los cuerpos de conocimiento, sino situaciones que suscitan la puesta en escena de saberes y procedimientos en función de lograr una solución. En estos términos, para [12], es necesario enseñar a los estudiantes aspectos como:

a) la identificación de problemas, b) los procedimientos para la solución de problemas, c) la decodificación de lenguajes especializados, d) la reflexión sobre las posibilidades de abordar la situación y e) la toma de decisiones para la acción.

- Aprendizaje por investigación: este modelo se asume como una simulación del proceso que los científicos realizan para producir conocimiento, realizada con el objetivo de lograr aprendizajes contextualizados y centrados en los estudiantes. De esta manera se busca plantear problemas prácticos o de aplicación, que promuevan que el estudiante vincule sus esquemas conceptuales, procedimentales y valorativos, para establecer metodologías y acciones que les permitan resolver los problemas; diferenciándose del modelo anterior en que los problemas ya no son hipotéticos o de "lápiz y papel".

Las primeras reflexiones respecto a la estructura del modelo [13, 14], permiten enunciar varios elementos característicos para que se dé el aprendizaje de las ciencia y la tecnología: a) partir del establecimiento de problemas, b) aproximarse al problema de tal manera que el estudiante comprenda el planteamiento, c) establecer metodologías similares a la científica con emisión hipótesis, realización de diseños experimentales, desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio y obtención y análisis de resultados empíricos, y d) transferencia de lo aprendido a otros contextos. De esta manera, el rol del docente es de director de la investigación de los estudiantes, ocupándose de aspectos relevantes que posiblemente antes no, por ejemplo, la forma en que sus estudiantes se enfrentan a situaciones.

- Trabajo por proyectos: el enfoque pedagógico-didáctico a través de proyectos ha sido interpretado desde varias perspectivas y, por ende, intereses. Ello se evidencia cuando es posible identificar alguna literatura que teoriza o que reporta experiencias sobre el tema de los proyectos como una estrategia para lograr el aprendizaje, otra sobre los proyectos como una forma de investigar en aula y otra sobre proyectos desde la perspectiva de la gestión y la calidad [15].

De esta manera, entre los autores que ubican el trabajo por proyectos en el constructivismo y con especial énfasis en el constructivismo psicológico de Piaget y Vigotsky, se puede citar varios ejemplos [16-18], para quienes los proyectos surgen desde una aproximación a los contextos reales, los problemas a solucionar son identificados por los estudiantes y abordados con el objetivo de lograr cambios en la realidad, se propicia el encuentro entre culturas y formas de conocimiento, se logran procesos educativos reflexivos, se da el trabajo cooperativo

Desde la perspectiva de la complejidad, los proyectos permite procesos integrales, por cuanto: se consideran varias dimensiones del sujeto, se integran los diferentes actores (docentes, estudiantes, institución, sociedad), es aprendizaje para todas las partes y aporta a la transformación de realidades [19].

Este enfoque formativo se diferencia del aprendizaje por investigación dirigida en que las situaciones a abordar no emergen de las preguntas planteadas al interior

de una disciplina, sino desde los contextos específicos, en que la metodología no necesariamente debe ser una simulación de los procedimientos científico-tecnológicos, sino que tienen mucho de la investigación-acción, de la investigación participativa, y de los procesos dirigidos a comunidades en general.

2.2. Cursos específicos sobre formación investigativa:

Este aparte resaltar los espacios académicos específicos que se han creado en los currículos de educación superior, los cuales tienen como objetivo abordar la fundamentación y la metodología investigativa. Estos cursos que tienen una amplia denominación como fundamentos de la investigación, metodología de la investigación, investigación en una u otra disciplina, o simplemente, investigación. Es de esperarse que los cursos que tienen como objetivo aproximar a los estudiantes a las formas de producción del conocimiento en ciertos campos disciplinares, al menos incluyan elementos a tratar como:

a) Reflexión filosófica: es decir, el estudio sistemático de los aspectos relativos a la realidad, al sujeto, al conocimiento, al conocer, a las finalidades, a lo ético, entre otros aspectos.

b) Reflexión epistemológica: siendo este el campo de estudio sobre la naturaleza, la estructura, las finalidades, los métodos y los criterios del conocimiento; es decir, el estudio respecto al conocimiento científico.

c) Estudio de los métodos: una vez identificados los fundamentos filosóficos y epistemológicos respecto al conocimiento científico, en términos de modelos o paradigmas, es posible estudiar las formas o métodos para producir conocimiento a la luz de cada uno de dichos modelos o enfoques filosófico-epistemológicos.

d) Diseños, técnicas e instrumentos: entendidos éstos como los medios y procesos de los que se vale un enfoque investigativo, para obtener y gestionar información.

e) Fuentes especializadas de información: es esta una dimensión crucial, por cuanto en la actualidad es necesario enseñar a los estudiantes las formas de acceder y gestionar la información, a través del manejo de bases de datos, de repositorios, de redes, de bibliotecas, etc., entre muchos otros.

f) Diseño y/o ejecución de proyectos: como principal producto o eje estructural de los cursos sobre investigación, se ha establecido la elaboración de proyectos, los cuales pueden o no alcanzar la fase práctica, en función de la misma estructura curricular del programa académico.

g) Socialización: es este otro espacio muy común en la culminación de muchos cursos que se centran en el trabajo con proyectos, desde el cual los estudiantes también trabajan en la dimensión comunicativa del conocimiento de su disciplina, en tanto a lenguaje y formas de divulgación.

2.3. Los semilleros de investigación:

Siendo la Formación Investigativa uno de los grandes retos actuales de la Universidad, se ha venido construyendo la concepción, el sentido y las posibles dinámicas de los Semilleros de Investigación. En este camino, los semilleros han sido entendidos como espacios de participación en donde los estudiantes pueden ejercer la creatividad y la innovación, a través de proyectos que articulan la investigación y la formación [20]; sin embargo, en otras ocasiones han sido concebidos como estrategias que superan el proceso formativo curricular [21]; pero en todo caso es posible identificar que las concepciones de Semillero abarcan: a) trabajo en equipo y en red, b) el desarrollo del aprendizaje autónomo, c) la interdisciplina, d) una alternativa para la formación activa, y e) la motivación hacia la investigación [22].

Sin embargo, la complejidad de los contextos, las condiciones de cada universidad con sus comunidades educativas, así como las experiencias vividas, hacen necesario ver que el Semillero como proceso para la Formación Investigativa Inicial debe superar la estructura idealizada de un maestro que orienta un grupo de estudiantes que desarrollan un proyecto en espacios extracurriculares. Desde esta perspectiva, el Semillero debe ser pensado más allá del esquema y más allá del espacio; para ser visto como aquellos procesos que aportan la Formación Investigativa Inicial o que aportan al trabajo sobre la semilla que poco a poco va a dar paso a una robusta planta que extiende sus raíces y que sigue produciendo frutos.

Dicho lo anterior, el horizonte es amplio y por ello se puede decir que la configuración del Semillero como proceso es diversa, según las posibilidades y condiciones de cada institución; por lo que es válido hablar de la Formación Investigativa Inicial desde espacios que aportan a su desarrollo en cierta medida o en ciertos niveles de complejidad, tales como: a) cursos o materias que orienten procesos didácticos a través de la resolución de problemas, estudio de casos o proyectos, b) proyectos de semestre, c) proyectos de práctica y/o de grado, d) estudiantes vinculados a proyectos y/o grupos de investigación como jóvenes investigadores o auxiliares de investigación, d) grupos de estudiantes orientados por un(a) docente, que desarrollen proyectos, entre otras posibilidades.

Conclusiones

El contexto global exige que la educación se transforme, para que así forme profesionales que puedan hacer parte del nuevo sistema de producción de conocimiento. Con tal panorama se justifica la investigación y los procesos dirigidos al cambio del currículo en la educación superior; para lo cual es necesario construir referentes en torno a la Formación Investigativa y en cuanto al currículo pertinente para lograrlo.

La revisión realizada permite identificar que abordar el currículo es un proceso complejo, por lo que hablar de currículo para la formación investigativa no es una tarea simple. De allí se deriva la revisión de algunos aspectos pedagógicos y

didácticos, lo que arroja la necesidad de repensar los perfiles profesionales y con ello todos los elementos y condiciones a través de los cuales lograr el nuevo horizonte. En esto términos, los perfiles se dirigen a caracterizar profesionales por su autonomía, por su capacidad para identificar problemas en situaciones del contexto profesional, por su capacidad para transformar o resolver dichas situaciones y por generar nuevo conocimiento a partir de allí.

Si bien es cierto que es necesario pensar en nuevos perfiles profesionales, también es necesario lograr el cambio curricular que permita construirlos, por lo que dentro de muchos aspectos queda abierto el debate en torno a las competencias investigativas, trabajadas por niveles de complejidad y de manera transversal en un sistema de competencias, o como un único currículo.

Las alternativas presentadas constituyen elementos que apoyan en gran medida el cambio pedagógico y didáctico, pero no por ello debe dejarse de lado que para lograr fundamentar y, sobre todo, poner un funcionamiento un currículo para la formación ambiental, los cambios no sólo se dan en lo pedagógico-didáctico, sino también en lo administrativo y financiero, en la infraestructura, en la internacionalización, en la modernización, en el capital humano, en las políticas institucionales, entre otros aspectos.

Referencias

1. UNESCO, *La educación superior en el siglo XXI: Visión y acción*. París, 1998. En: http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
2. J. C. Tovar-Gálvez, Modelo metacognitivo como integrador de estrategias de enseñanza y estrategias de aprendizaje de las ciencias, y su relación con las competencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2008, 46(7). En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/2161Tovarv2.pdf>
3. J. C. Tovar-Gálvez, *Metacognición y Didáctica de las Ciencias*. Editorial Académica Española. Reha GmbH, Saarbrücken-Leipzig, 2012.
4. A. Villalobos, Investigación y docencia: factores claves en la formación y práctica pedagógica del profesor. *Reflexão & Ação*, 2009, 17(2). En: <http://online.unisc.br/seer/index.php/reflex/article/view/878/835>
5. U. Falla-Ramírez, Praxis o investigación: dilemas de una profesión que se construye como ciencia. *Tabula Rasa*, 2010, 13, En: <http://www.revistatabularasa.org/numero13.html>
6. B. López; G. Echeverri, Formación encadenada de técnicos, tecnólogos e ingenieros en telecomunicaciones *Revista Q*, 2007, 1(2). En: www.doaj.org/doaj?func=fulltext&passMe=http://revistaq.upb.edu.co/articulos/descargar/148/2/pdf
7. J. Díaz; G. Bravo; Y. González; L. Menes; E. Hernández; Z. Sánchez, Estrategia de superación para el desarrollo de habilidades investigativas en los

- tutores. *MediSur*, 2012, 10(2). En: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2002>
8. C. Lanz, La formación científica en los estudios de postgrado. Algunas premisas constitutivas. *Espacio Abierto*, 2003, 12 (enero-marzo). En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=12201506>
 9. G. Barreto; J. Ruiz; R. Blanco, Necesidad y utilidad de la categoría 'competencia' en ciencias pedagógicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2006, 45(1). Consultado en: <http://www.rieoei.org/deloslectores/2064Barreto.pdf>
 10. Ministerio de Educación Nacional de Colombia, *Lineamientos curriculares de la lengua castellana*. Cooperativa Editorial Magisterio, Bogotá, 1998.
 11. J. C. Tovar-Gálvez; G. García C.; N. Cárdenas; Y. Fernández, Concepción, formación y evaluación por competencias: reflexiones en torno a posibles alternativas pedagógicas y didácticas. *Educação e Sociedade*, 2012, 33(121), [Em edição].
 12. M. Pino; I. Ramírez, Estrategia que favorece la comprensión de problemas y la planificación de su resolución, durante la enseñanza de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2009, 3 (1), pp. 55-61. En: <http://journal.lapen.org.mx/jan09/LAJPE%20212%20Pino%20preprint%20f.pdf>
 13. D. Gil, Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 1993, 11(2), pp. 197-212. En: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v11n2p197.pdf>
 14. C. Furió; J. Guisasola, Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación, *Revista de Psicodidáctica*, 1996, 1. pp. 79-92. En: <http://ehu.es/ojs/index.php/psicodidactica/article/viewFile/289/286>
 15. Tovar-Gálvez, Julio César. (2012 a). Hacia una educación ambiental ciudadana contextualizada: consideraciones teóricas y metodológicas desde el trabajo por proyectos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58(2), pp. 1-11. En: <http://www.rieoei.org/expe/4322Tovar.pdf>
 16. L. Galena, Aprendizaje basado en proyectos. *Revista CEUPROMED*. 2006. En: <http://ceupromed.uco.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>
 17. D. Arciniegas; G. García, Metodología para la planificación de proyectos pedagógicos de aula en la educación inicial. *Actualidades Investigativas en Educación*, 2007, 7(1). En: <http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/1-2007/archivos/proyectos.pdf>
 18. V. Álvarez; V. Herrejón; M. Morelos; M. Rubio, Trabajo por proyectos: aprendizaje con sentido. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2010, 52 (5). En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/3202Morelos.pdf>

19. J. C. Tovar-Gálvez; N. Cárdenas, Perspectivas en enseñanza-aprendizaje: formación en competencias y metacognición a través de proyectos. *Revista Espiritu Científico en Acción*, 2009, 5(10), pp. 22-34. En: <http://www.educacionbc.edu.mx/departamentos/investigacion/publicaciones/espirituaccion/Archivos/10/A.pdf>
20. L. Torres, Para qué los semilleros de investigación. *MEMORIAS, Revista Nacional de Investigaciones*, 2006, 8(junio), pp. 1-10. En: <http://www.revistamemorias.com/edicionesAnteriores/8/semilleros.pdf>
21. Universidad de la Sabana, *Directrices para Semilleros de Investigación*. Bogotá, 2010. En: http://www.unisabana.edu.co/fileadmin/Documentos/Investigacion/7_lineamientos semilleros investigacion 2011.pdf
22. B. Restrepo, Semilleros de investigación: Relevancia de una experiencia colectiva. En: Molineros, Luis. (Editor). *Orígenes y dinámica de los semilleros de investigación en Colombia. La Visión de los Fundadores*. Taller Editorial de la Universidad del Cauca, Popayán, 2010. En: <http://fundacionredcolsi.org/portal/media/publicaciones/libro%20semillerosluis%20fernando.pdf>

MODELING, PREPARATION AND TRANSMISSION CHARACTERISTICS OF BRAGG FIBERS FOR DELIVERY OF HIGH POWERS AT 1060 NM.

V. Matějec¹, I. Kašík¹, O. Podrazký¹, J. Aubrecht¹, M. Frank², M. Jelínek² and V. Kubeček²

¹Institute of Photonics and Electronics AS CR, v.v.i., Chaberska 57, 182 51 Prague 8, Czech Republic – matejec@ufe.cz; ²Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University in Prague, Brehova 7, 115 19 Prague 1, Czech Republic - vaclav.kubecek@jfifi.cvut.cz

Área of participation: Energy

Abstract – This paper deals with theoretical modeling, preparation and characterization of Bragg fibers with high-index contrasts applicable for delivery high laser powers at 1060 nm. The fibers consist of the silica core surrounded by three pairs of circular Bragg layers. Each pair is composed of one layer with a high and one layer with a low refractive index. A refractive-index difference 0.03 in each pair is designed. Radiation losses of the TE_{01} optical mode in such a structure were calculated on the basis of waveguide optics.

Preforms of the Bragg fibers were prepared by the MCVD method using germanium dioxide, phosphorous pentoxide and fluorine as silica dopants. The fibers with a diameter of 170 μm were drawn from the preforms. Refractive-index profiles of the fibers were measured. Optical losses and angular distributions of the output power of drawn fibers are presented in the paper as well as results of testing the fibers for delivery radiation of a pulse Nd:YAG laser at 1064 nm

Introduction

In last fifty years optical fibers have been employed in many areas of society. In telecommunications optical fibers are used as very efficient transmission medium and also light sources, amplifiers, couplers, etc. [1] and create performance for achieving high transmission speeds and bandwidths necessary for information society. Optical fibers have also been employed in different types of optical sensors for point, remote and distributed sensing of physical and chemical quantities [2]-[4]. Recently, optical fibers have been applied for transmitting high optical powers. Such transmission set ups have been developed for delivering laser radiation in medicine, namely in urology, lithotripsy, dental medicine, chemistry, etc. [5]-[12],[16]. However, optical fibers can also transmit high powers in solar systems in which solar light is used for lighting and heating [13],[14], providing electrical power [15], etc. Generally, the transmission of energy by optical fibers is considered as an alternative to the traditional methods for transfer of heat or electricity [14].

Several types of glass optical fibers with solid fiber cores have been tested for transmitting high powers. They include silica fibers [5]-[9], [13]-[15], sapphire fibers [5],[10], germanium dioxide fibers [11], chalcogenide or fluoride fibers [12]. The most frequently used ones are silica optical fibers, which have been applied in

medicine [5]-[8], in laser processing and chemistry [9], in solar systems [13], etc. However, silica optical fibers can transmit light at a wavelength range of about 300-2000 nm and thus they are not applicable with mid-IR lasers. Moreover, their performance to transmit high laser powers at long-term operations can be limited due to damages inside the fiber or at its end caused by high energies. Damage thresholds of silica fibers in a range from several tens to several hundreds GW/cm^2 have been observed [5], [10].

Sapphire fibers are more durable than silica optical ones. They have been used in urology with lasers employed for prostate ablation [5], [10]. These fibers can transmit high powers in the mid-IR region, however they have higher optical losses than silica fibers. Moreover, they are rigid which limits their use in flexible endoscopes and relatively expensive. Fibers prepared from germanium dioxide can also efficiently transmit high powers in the mid-IR range. They have been employed in flexible endoscopes for transmitting radiation of Er:YAG lasers operating at 2940 nm [11]. Germanium dioxide fibers provided with sapphire or silica tips have been tested for tissue ablative procedures [11].

High powers transmitted in solid glass cores above mentioned fibers can cause nonlinear optical effects such as the generation of harmonics, four-wave mixing, Kerr effect, various types of stimulated scattering, etc. Some of these effects are accompanied by heating of the fibers which can cause fiber damage [10]. This is one of reasons why hollow fibers (HFs) or hollow-core photonic bandgap (HC-PBG) fibers have been tested for transmitting high powers. In such fibers light is guided in air cores which have a higher damage threshold than glass core. Moreover, there are no Fresnel reflections at the fiber ends which enables us a high coupling efficiency.

HFs are flexible hollow capillaries with an internal surface coating, which has very high reflection at working wavelengths [16]-[19]. The coating usually consists of silver and dielectric films [18]. Glass HFs can transmit laser powers from the visible to mid-IR range due to internal reflection on the air/coating boundary [17]. They have also been employed in radiometry [19]. Such fibers enable efficient, high laser power transmission, while still being very durable and chemically stable. However, they can suffer from power losses due to light refractions and fiber bending.

Lower optical losses than those of HFs can be achieved by HC-PBG fibers [20]-[27]. Such fibers consist of a large air hole surrounded by a periodic two-dimensional (2D) array of air holes that forms the fiber cladding [20]. This periodic 2D structure has properties of a photonic bandgap material within which light with some particular wavelengths cannot propagate at a range of angles, confining thus light into the air core [21]. Waveguiding properties of such structures depend on air hole dimensions and pitch. Due to the photonic bandgap effect approximately 98% of light transmitted through HC-PBG fiber can be guided with low losses in the air hole of the core [20], [21]. This performance of HC-PBG fibers has already been tested for transmitting high powers of pulse lasers with densities of hundreds GW/cm^2 [22], [23]. HC-PBG fibers have been designed and tested for delivery of radiation of a Nd:YAG laser at 1064 nm or an Er:YAG laser at 2940 nm [24], [25]. Experimental results reported elsewhere [26] have shown that single laser pulses with energies higher than 1 mJ and pulse durations of about 10 ns could be

successfully coupled into an HC-PBG fiber. A coupling efficiency over 70% and the maximum transmission up to 82% have been achieved with such a fiber. HC-PBG fibers have been employed not only for delivery radiation of lasers for medicine but also for spark delivery or ignition of gas mixtures [27].

The preparation of HC-PGB fibers needs special expertise for setting-up regular input stacks of glass tubes and drawing the fibers from the stack [25]. However, there are special fibers consisting of air or silica cores surrounded by concentric layers of alternating high- and low-index optical materials (Bragg cladding) followed by a uniform outer cladding (see Fig. 1). Such fibers are called Bragg fibers and can be prepared by the MCVD method [28]-[32]. In Bragg fibers the photonic bandgap is caused by a periodic 2D changes of the refractive index of the cylindrical layers. If the Bragg cladding is properly designed it makes possible to confine the transmitted beam efficiently by means of a finite number of Bragg layers.

Bragg fibers with silica cores have been fabricated by the MCVD method. It has been found that Bragg fibers with large mode areas allow us to reduce radiation and bending losses in comparison with standard silica fibers. Theoretical calculations have shown that radiation losses of such fibers can be decreased by increasing the refractive-index contrast between the high- and low-index layers in the fiber cladding. Optical losses of such fibers of about 10 dB/km at 1064 nm have been reported [28]. Air-silica Bragg fibers consisting an air core and three circular layers of air holes have also been drawn from input stacks of regularly arranged silica tubes [32]. Transmission properties of such fibers at 1060 nm have been tested and propagation of the TE_{01} mode has been concluded from experiments.

The review above demonstrates the potential of optical fibers, especially hollow-core photonic bandgap fibers and Bragg fibers, for delivery of high powers. There are still open issues with Bragg fibers such as preparation of fibers with high refractive-index contrasts of Bragg layers, excitation of Bragg modes in fiber cores, optical losses of Bragg fibers, etc. Some of these issues, namely the characterization of Bragg fibers with silica cores and a high-index contrast of Bragg layers prepared by the MCVD method, are addressed in this paper.

Design and modeling of Bragg fibers

Design of Bragg fibers

A refractive-index profile of Bragg fibers is schematically shown in Fig. 1. The fiber consists of a large silica optical core and three pairs of alternating high- and low-index Bragg layers. This profile is similar to that described elsewhere [28].

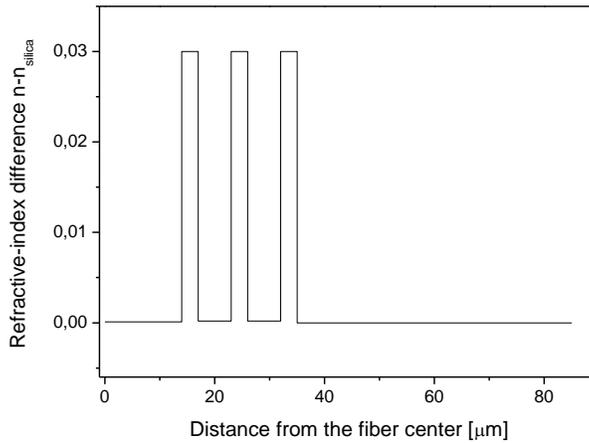


Fig. 1. Designed refractive-index profile of Bragg fibers

Theoretical modeling of Bragg fibers

Transmission properties of Bragg fibers with the refractive-index profile in Fig. 1 have been evaluated theoretically by using waveguide optics [33],[34]. In this approach an the radial dependence of electrical E and magnetic H fields in each part l of this structure were described by a combination of Bessel functions of the first J_m and second Y_m kinds (see Eqs. (1)).

$$\begin{bmatrix} E_z \\ E_\theta \\ H_z \\ H_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_m(k_l r) & Y_m(k_l r) & 0 & 0 \\ \frac{i\omega\epsilon_l}{k_l^2} J_m'(k_l r) & \frac{i\omega\epsilon_l}{k_l^2} Y_m'(k_l r) & -\frac{m\beta}{k_l r} J_m(k_l r) & -\frac{m\beta}{k_l r} Y_m(k_l r) \\ 0 & 0 & J_m(k_l r) & Y_m(k_l r) \\ -\frac{m\beta}{k_l r} J_m(k_l r) & -\frac{m\beta}{k_l r} Y_m(k_l r) & \frac{i\omega\epsilon_l}{k_l^2} J_m'(k_l r) & \frac{i\omega\epsilon_l}{k_l^2} Y_m'(k_l r) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_l \\ B_l \\ C_l \\ D_l \end{bmatrix}. \quad (1)$$

In Eqs. (1), ω is the circular frequency, ϵ_l is the dielectric permittivity of the l -part of the structure., A and B are coefficients which determine the electric field in the l - part and C and D are similar coefficients for the magnetic field. The parameter k_l in Eq. (1) is defined by Eq. (2).

$$k_l = \sqrt{\omega^2 \epsilon_l \mu_l - \beta^2} \quad . \quad (2)$$

In Eq. (2) μ is the magnetic permittivity, and β is the propagation constant of a particular optical mode.

As the Bragg structure in Fig. 1 has a finite number of Bragg layers, Bragg modes are leaky and exhibit radiation losses. Consequently, their propagation constants are complex numbers. However, in the outermost silica part of the structure there is no incoming wave because there is no reflection from outside. Then, Eqs. (1) can be rewritten into Eqs. (3) for the outermost part of the structure.

$$\begin{bmatrix} E_z \\ E_\theta \\ H_z \\ H_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_m^I(k_N r) & H_m^{II}(k_N r) & 0 & 0 \\ \frac{i\omega\epsilon_N}{k_N^2} H_m^I(k_N r) & \frac{i\omega\epsilon_N}{k_N^2} H_m^{II}(k_N r) & -\frac{m\beta}{k_N r} H_m^I(k_N r) & -\frac{m\beta}{k_N r} H_m^{II}(k_N r) \\ 0 & 0 & H_m^I(k_N r) & H_m^{II}(k_N r) \\ -\frac{m\beta}{k_N r} H_m^I(k_N r) & -\frac{m\beta}{k_N r} H_m^{II}(k_N r) & \frac{i\omega\epsilon_N}{k_N^2} J_m^I(k_N r) & \frac{i\omega\epsilon_N}{k_N^2} J_m^{II}(k_N r) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_N \\ B_N \\ C_N \\ D_N \end{bmatrix} \quad (3)$$

In Eq. (3) $H_m^I = J_m + i Y_m$ and $H_m^{II} = J_m - i Y_m$ stand for Hankel functions of the first and second kind, respectively.

By using continuity conditions at boundaries between different parts of the Bragg structure for the four field components above one can derive Eqs. (4) which represents transformation relations between coefficients A_1, B_1, C_1, D_1 and A_N, B_N, C_N, D_N (details see in [33],[34])

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \\ D_1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} A_N \\ B_N \\ C_N \\ D_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_N \\ B_N \\ C_N \\ D_N \end{bmatrix}, \quad (3)$$

where T stands for the transformation matrix. For the coefficients in the core (part 1) and the outermost silica layer (part N) holds

$$B_1 = D_1 = 0 \quad B_N = D_N = 0 \quad . \quad (4)$$

Taking into account Eqs. (4) a determinant equation (5) can be derived.

$$\det \begin{bmatrix} T_{21} & T_{23} \\ T_{41} & T_{43} \end{bmatrix} = F(\beta_r + i\beta_i) = 0. \quad (5)$$

Eq. (7) was used for numerical calculations of a complex propagation constant $\beta = \beta_r + i\beta_i$ for the fundamental mode TE_{01} . The calculations were made in a software MATLAB.

Radiation losses of the TE_{01} optical mode were obtained from an imaginary part of the determined propagation constant β_i using Eq. (6)

$$Loss = \frac{40\pi}{\lambda \ln(10)} \text{Im} \left(\frac{\beta_i}{k} \right), \quad (6)$$

where λ is wavelength and $k = 2\pi/\lambda$.

Experimental

Preparation of Bragg fibers

Preforms for drawing of designed Bragg fibers were prepared by the MCVD method. At experiments several layers of silica doped with fluorine were deposited at first onto the inner wall of a high-quality silica substrate tube. Then, the high-index Bragg layer was prepared by depositing several thin layer of silica doped with germanium dioxide and phosphorous pentoxide. The following low-index Bragg layer was obtained by depositing several thin glass layers of silica doped slightly with phosphorous pentoxide. Then, the same procedure of preparing the high- and low-index layers was repeated in order to fabricate three pairs of Bragg layers. Finally, several thin layers of silica slightly doped with phosphorous

pentoxide were deposited for obtaining the preform core. By collapsing the tube with the deposited multilayers a rod, the preform, was prepared.

Fibers with a diameter of 170 μm were drawn from the prepared preforms. They were coated with a protective polymeric jacket of UV-curable acrylate (De Sotto).

Characterization of Bragg fibers

Cross-sections and dimensions of prepared Bragg fibers were characterized by optical microscopy in the transmission mode. Fiber segments with a length up to 2 cm were used in these measurements. No special procedure was employed for preparing the segment ends. The segments were cut off from prepared fibers by a knife of hard metal without removing the polymeric jacket.

Refractive-index profiles of prepared fibers were determined. For this purpose a refractive-index profiler S14 (York Technology, GB) was employed. This profiler measures a refracted near field on a fiber sample. Fiber-optic samples for these measurements were prepared by using an optical fiber cleaver FK11 (York Technology, GB).

Optical losses of prepared fibers were measured by the cut-back method. In these measurements light from a halogen lamp was focused into a fiber with a length of about 10 m using a lens and a numerical aperture of 0.14. The fiber was coiled on a spool with a diameter of about 200 mm. A spectrum of the output power from the fiber was measured by a spectrometer ANDO (GB). Then the fiber was cut to a length of about 2 m and a reference spectrum was measured.

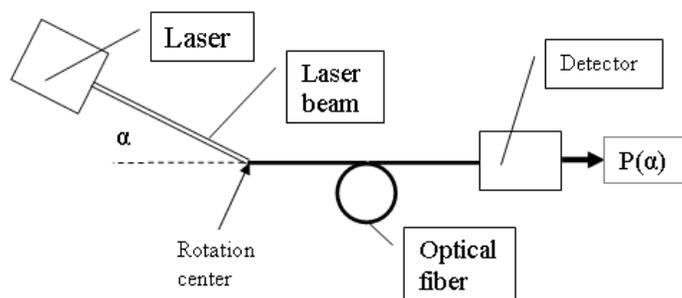


Fig. 2. A scheme of a set-up for measuring angular distributions of the output optical power from an optical fiber

Angular distributions of the output optical power from prepared Bragg optical fibers were measured at a wavelength of 670 nm. In these measurements a collimated laser beam from a solid-state red laser diode with collimation optics was launched into the input fiber end fixed in the center of rotation of the laser (see Fig. 2). The beam with a diameter of about 1 mm was used. The output power from the fiber was measured by a silicon detector. By changing the angle of inclination α the output power $P(\alpha)$ from the fiber was changed and the angular distribution $P=P(\alpha)$ was measured.

Delivery of laser radiation at 1060 nm

For testing performance of prepared Bragg fibers for delivery of a high peak power laser radiation a laboratory-set-up shown in Fig. 3 was used. A designed quasi-continuously pumped Nd:YAG laser in bounce geometry was used as a radiation source. The laser was passively mode-locked by a semiconductor saturable absorber and actively stabilized by an acousto-optic modulator. The laser operated at 1,06 μm and enabled the generation of 20 ps long single pulses at a repetition rate of 5 Hz with the energy of 9 μJ [35]. Fiber samples with a length of 30 cm were tested.

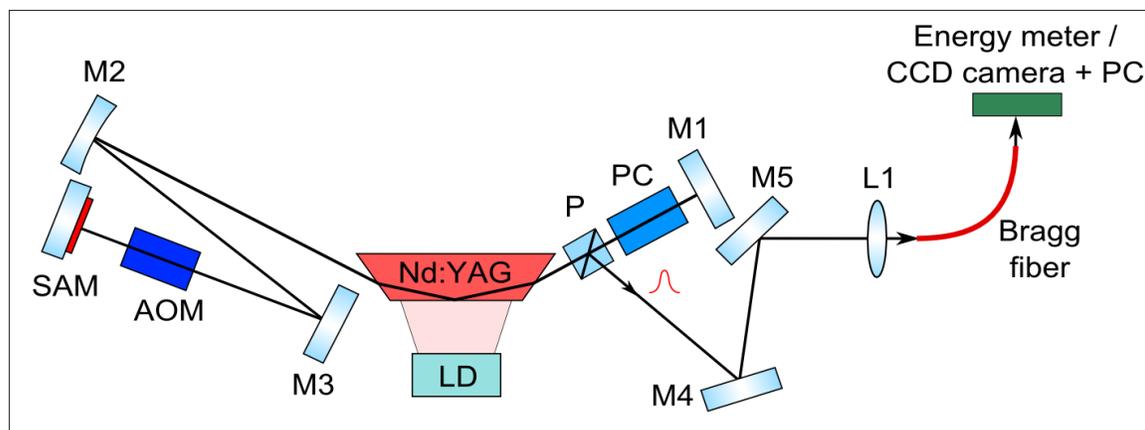


Fig. 3. A scheme of a laboratory set-up for testing fibers for delivery of laser radiation at 1060 nm; SAM/semiconductor saturable absorber with a modulation of 25%, AOM-acousto-optic modulator, M1-M4 mirrors, LD- pumping laser diode operating at 808 nm, P/-polarizer, PC-Pockel cell, L1-lens.

Results and discussion

Bragg fibers with a radius of the core of 14 μm and cladding of three pairs of high- and low-index Bragg layers with thicknesses of 4 and 5 μm , respectively have been investigated (see Fig. 1). The refractive-index contrast of the Bragg layers was 0.03. It has been described elsewhere [28] that Bragg fibers with similar refractive-index profiles exhibit low optical losses and large mode diameters. Large mode areas enable us to decrease the power density in the silica core which suppresses nonlinear optical effects. The fiber described in this paper have the refractive-index contrast increased by about 1.5 times with that published elsewhere [28]. This increase makes possible to better confine Bragg optical modes in the silica core. Spectral radiation losses of the TE_{01} mode for the Bragg structure depicted in Fig. 1 and calculated on the basis of Eqs. (5) and (6) are shown in Fig. 4. Values of the losses on a level of 0.01 dB/m demonstrate that the designed fiber is suitable for delivery of laser power in a region around a wavelength of 1064 nm and also in a region around 950 nm. This curve is similar to that presented elsewhere [28].

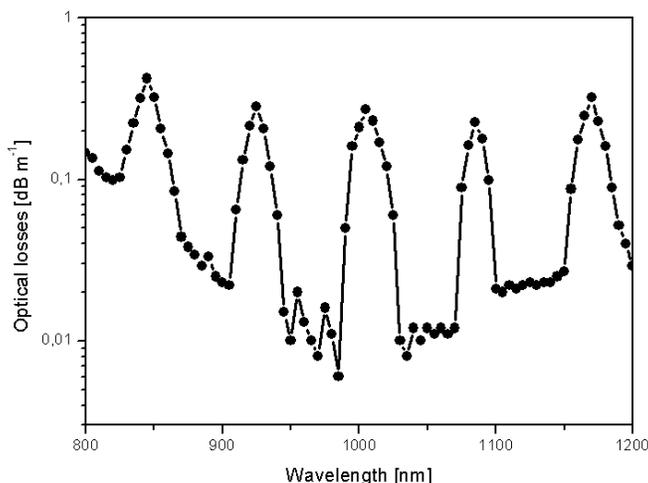


Fig. 4. Spectral losses of the TE₀₁ mode of the Bragg fiber calculated on the basis of waveguide-optics and Eqs. (5) and (6). The symbols show calculated values.

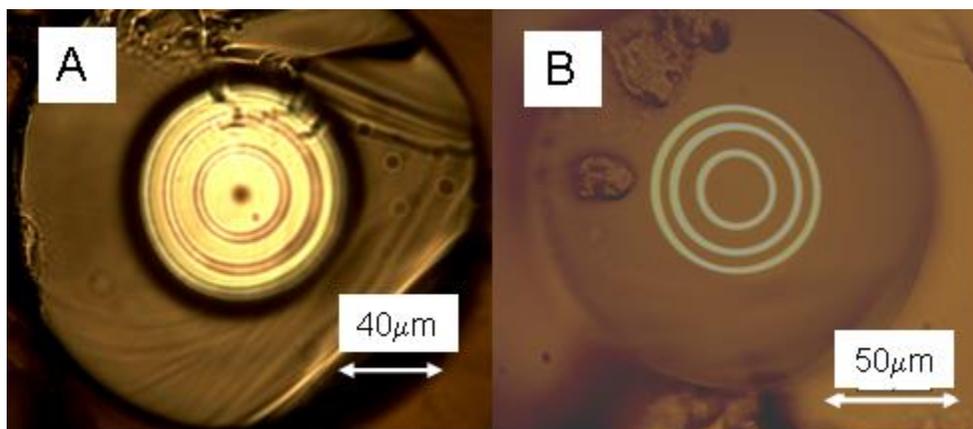


Fig. 5. Photo of the cross-sections of prepared Bragg fiber; A- taken with a minimum numerical aperture, B – taken with a maximum numerical aperture.

An example of the cross-sections of prepared fibers measured by transmission optical microscopy is shown in Figs. 5. Both pictures show that the fiber consists of three alternating high-index layers and low-index layers. Thicknesses of these layers decrease in the direction from the fiber centre. Defects on both photos can be related to small pieces of the polymeric cladding releasing from the sample preparation. Differences in Figs. 5A and 5B can be explained by different excitation apertures. In both measurements the entire cross-section of the sample was illuminated which means that optical modes both in the silica core and Bragg cladding are excited. By changing the excitation aperture different optical modes are excited

A typical refractive-index profile of prepared fibers is shown in Fig. 6. One can find some similarity of this profile with that reported elsewhere [28]. However, dimensions and refractive-index differences of both the profiles differ. A refractive-index difference of about 0.03 can be determined from Fig. 6 which is higher than

of about 0.02 already reported [28]. It is evident that this difference is not the same for all the high-index layers which can be explained by averaging the profile due to a scanning step of 1 μm used by the S14 profiler.

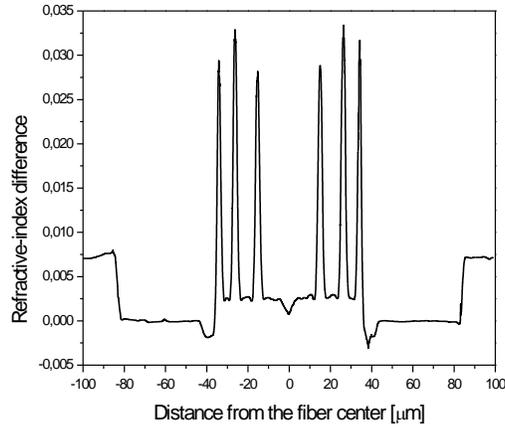


Fig. 6. Refractive-index profile of the Bragg fiber.

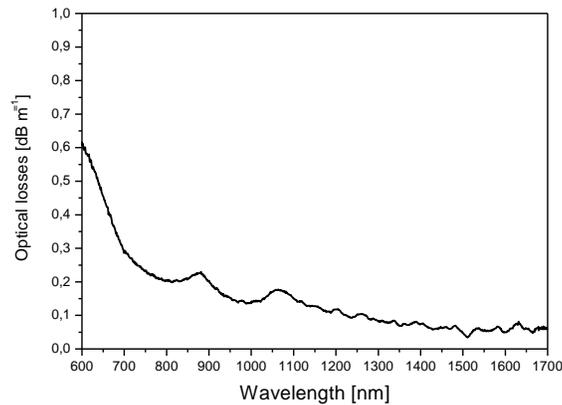


Fig. 7. Spectral optical losses of the Bragg fibers (a fiber length was 11.5 m).

Measured spectral losses of prepared Bragg fibers are demonstrated in Fig. 7. A value of about 0.1 dB/m can be determined from this figure for a wavelength of 1160 nm. This value is comparable with that reported elsewhere for air/silica Bragg fibers [32], however it is higher than that shown in Fig. 3. One explanation for such difference consists in a number of optical modes propagating in the fiber. In the measurements used in this paper entire input face of the fiber is illuminated which means that optical modes propagating both in the core and the high-index layers are excited. Consequently, the measured losses are composed of those corresponding to Bragg optical modes in the core and guided optical modes in the high-index layers. An increase of optical losses can also be attributed to a number of lossy optical modes propagating in the fiber core on a length of 2 m that was used in the reference fiber. Such modes can be excited due to the numerical aperture of 0.14 used in the experiments. Thus, a higher optical power than that

corresponding only to Bragg modes was probably measured on the reference fiber which means higher optical losses. Experiments in which the above discussed effects will be eliminated are prepared. Modulations on the curve in Fig. 7 can be attributed to cut-off effects of optical modes propagating in the fiber.

Examples of angular distributions of the output power measured with prepared Bragg fibers are shown in Fig. 8. This figure shows that the distributions are composed of two distinct parts. The first one is characterized by angles of incidence up to approximately 6 deg. The second part corresponds to angles above 6 deg. The first part can be attributed to optical modes transmitted mainly in the fiber core. However, modes in the fiber cladding and lossy optical modes in the core contribute also to the output optical power because entire input fiber face is illuminated with collimated beams. By increasing the fiber length lossy optical modes in the core are more attenuated which explains differences between the curves in Fig. 8. Optical losses on a level of 1 dB/m can be estimated for a wavelength of 670 nm.

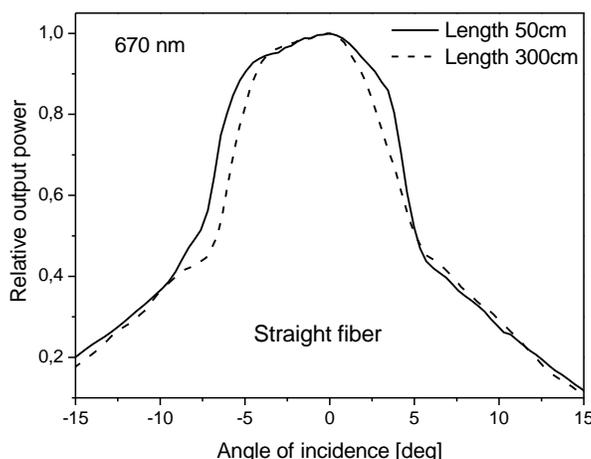
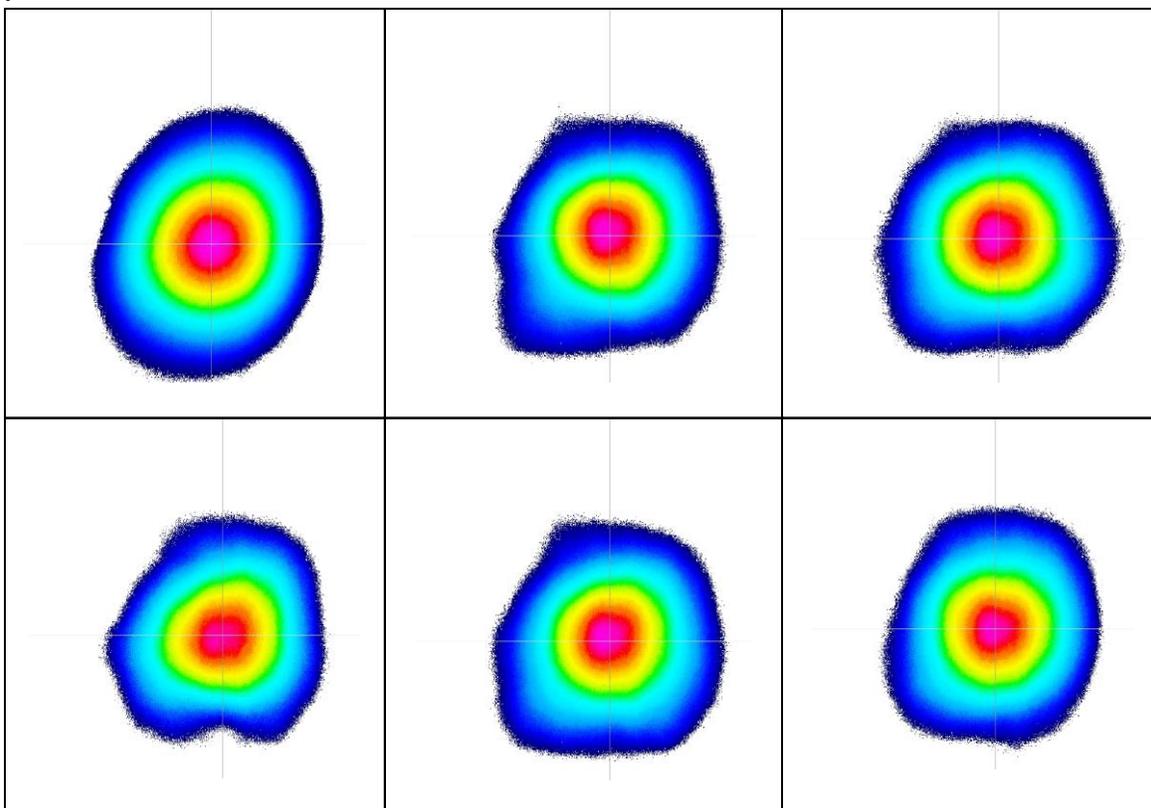


Fig. 8. Angular distributions of the output power from the straight Bragg fiber measured for two fiber lengths of 50 cm and 300 cm.

A sample of the prepared optical fiber with a length of 30 cm was successfully tested for the delivery of radiation of the mode-locked Nd:YAG laser at 1060 nm. Results measured in experiments in which a lens with a focal length of 50 mm was used are shown in Figs. 9. These figures show spatial profiles of the output beam from the Bragg fiber measured with the CCD camera (see Fig. 3). It is evident that very similar profiles can be measured with repeated laser pulses. Using this lens, the laser beam diameter of 36 μm was measured at the focal point placed approximately at the input fiber face. This value approximately corresponds to the core diameter of the tested fiber. The transmission of about 80 % has been determined at these experiments.



Figs. 9. Spatial structure of the 20 ps laser pulse transmitted through the 30 cm long prepared Bragg fiber.

Conclusions

Bragg fibers with the refractive-index contrast of about 0.03 have been prepared by the MCVD method. Optical losses below 0.1 dB/m can be achieved with such fibers. The employment of the fibers for delivery of high-power 20 ps laser pulse radiation has been successfully tested and the transmission of the laser radiation in the fundamental mode up to 80 % has been determined. Future research will deal with hollow-core Bragg fibers and their use for transmission of concentrated solar radiation.

Acknowledgements

This research has been supported by the Czech Science Foundation (contract P102/12/2361)

References

1. E. Desurvire, C. Kazmierski, F. Lelarge, X. Marcadet, A. Scavennec, F.A. Kish, D.F. Welch, R. Nagarajan, C.H. Joyner, R.P. Schneider Jr., S.W. Corzinec, M. Kato, P.W. Evans, M. Ziari, A.G. Dentai, J.L. Pleumeekers, R. Muthiah, S. Bigo, M. Nakazawa, D.J. Richardson, F. Poletti, M.N. Petrovich, S.U. Alam, W.H. Loh, D.N. Payne, *C. R. Physique* 2011, 12, 387.
2. O.S. Wolfbeis, *Anal. Chem. (Wash.)* 2008, 80, 4269.

3. F. Baldini, A. Giannetti, A.A. Mencaglia, C. Trono, *Current Anal. Chem.* 2008, 4, 378.
4. X. Bao, L. Chen, *Sensors*, 2012, 12, 8601.
5. S.A. Pierre, D.M. Albala, *World J. Urology* 2007, 25, 275.
6. O.A. Nazif, J.M.H. Teichman, R.D. Glickman, A.J. Welch, *J. Endourology* 2004, 18, 818.
7. R.L. Blackmon, P.B. Irby, N.M. Fried, *Lasers Surg. Medicine* 2010, 42, 45.
8. R. George, L.J. Walsh, *Lasers Surg. Medicine* 2009, 41, 214.
9. D. Bauerle, *Laser Processing and Chemistry*, 3-rd Edition, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2000.
10. J.A. Harrington, In Proc. SPIE Vol. 2966 – Laser-Induced Damage in Optical Materials, 1966, p. 536.
11. T.J. Polletto, A.K. Ngo, A. Tchazpznikov, K. Leven, D. Tran, N.M. Fried, *Lasers Surg. Medicine* 2006, 38, 787.
12. G.N. Merberg, *Lasers Surg. Medicine* 1993, 13, 572.
13. C. Kandilli, A.K. Turkoglu, K. Ulgen, *Int. J. Energy Res.* 2009, 33, 194.
14. A.S. Biryukov, E.M. Dianov, *Quant. Electr.* 2007, 37, 379.
15. M. Ari, M.C. Taplamaciogiu, *J. Technical Phys. Problems Eng.* 2010, 1, 84.
16. S. Sato, Y.W. Shi, Y. Matsuura, M. Miyagi, H. Ashida, *Lasers Surg. Medicine* 2005, 37, 149.
17. Y.W. Shi, K. Ito, Y. Matsuura, M. Miyagi, *Opt. Letters* 2005, 30, 21, 2867.
18. M. Miyagi, H. Akihito, US Patent number: 5995696, Filing date: Dec 15, 1997, Issue date: Nov 30, 1999.
19. A. Bendada, K. Cole, M. Lamontagne, and Y. Simard, *Infrared Physics Technology* 2004, 45, 59.
20. R.F. Cregan, B.J. Mangan, J.C. Knight, T.A. Birks, P. Russell, P.J. Roberts, D.C. Allan, *Science* 1999, 285, 1537.
21. P.J. Roberts, F. Couny, H. Sabert, B.J. Mangan, D.P. Williams, L. Farr, M.W. Mason, A. Tomlinson, T.A. Birks, J.C. Knight, and P.St.J. Russell, *Opt. Express* 2005, 13, 236.
22. S.O. Konorov, A.B. Fedotov, O.A. Kolevatova, V.I. Beloglazov, N.B. Skibina, A.V. Shcherbakov, E. Wintner, A.M. Zheltikov, *J. Phys.* 2003, D36, 1375.
23. *Laser-Induced Plasmas and Applications (Optical Engineering)*, L.J. Radziemsky, and D.A. Cremers (Editors.). Marcel Dekker Ltd., 1989.
24. J.D. Shephard, J.D.C. Jones, D.P. Hand, G. Bouwmans, J.C. Knight, P.S. Russell, B.J. Mangan, *Opt. Express* 2004, 12, 717.
25. A. Urich, R.P.J. Maier, B.J. Mangan, S. Renshaw, J.C. Knight, D.P. Hand, J.D. Shephard, *Opt. Express* 2012, 20, 6677.
26. J. Tauer, F. Orban, H. Kofler, A.B. Fedotov, I.V. Fedotov, V.P. Mitrokhin, A.M. Zheltikov, E. Wintner, *Laser Phys. Letters* 2007, 4, 444.
27. S. Joshi, A.P. Yalin, A. Galvanauskas, *Appl. Optics* 2007, 46, 4057.
28. M.E. Lichachev, S.L. Semjonov, M.M. Bubnov, E.M. Dianov, V.F. Khopin, M.Yu. Salganskii, M.A. Gurjanov, A.N. Gurjanov, R. Jamier, P. Viale, S. Fevrier, J.-M. Bondy, *Quant. Electr.* 2006, 36, 7, 581.
29. G. Vienne, Y. Xu, C. Jakobsen, H.-J. Deyerl, J. Jensen, T. Sorensen, T.P. Hansen, Y. Huang, M. Terrel, R.K. Lee, N.A. Mortensen, J. Broeng, H. Simonsen, A. Bjarklev, A. Yariv, *Opt. Express* 2004, 12, 3500.

30. S. Février, R. Jamier, J.M. Blondy, S. L. Semjonov, M. E. Likhachev, M. M. Bubnov, E. M. Dianov, V. F. Khopin, M. Y. Salganskii, A. N. Guryanov, *Opt. Express* 2006, 14, 562.
31. R. Jamier, S. Février, G. Humbert, M. Devautour, P. Viale, J.M. Blondy, S.L. Semjonov, M.E. Likhachev, M.M. Bubnov, E.M. Dianov, V.F. Khopin, M.Y. Salganskii, A.N. Guryanov, In Proc. SPIE Vol. 6588-Photonic Crystal Fibres , 2007, p. 58805.
32. G. Vienne, Y. Xu, C. Jakobsen, H. J. Deyerl, T. P. Hansen, B. H. Larsen, J. B. Jensen, T. Sørensen, M. Terrel, Y. Huang, R. Lee, N. A. Mortensen, J. Broeng, H. Simonsen, A. Bjarklev, A. Yariv, In Proc. Optical Fiber Communication Conference, 2004. OFC 2004, Vol. 2.
33. P. Yeh, A. Yariv, and E. Marom, *J. Am. Opt. Soc.* 1978, 68, 1196.
34. S. Guo, S. Albin, *Opt. Express* 2004, 12, 198.
35. M. Jelinek, V. Kubecek, *Laser Phys. Lett.* 2011, 8, 657.

ALTERNATIVAS EN LA FORMACIÓN AMBIENTAL DE INGENIEROS

J. C. Tovar-Gálvez

Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomas, Calle 76 N° 102-48, Bogotá, Colombia -
joule_tg@yahoo.com, juliotovar@usantotomas.edu.co

Área de participación: Docencia aplicada a las Tecnologías

Resumen – La ponencia parte haciendo una reflexión sobre las condiciones globales actuales y cómo ello demanda un perfil profesional de las ingenierías que sea acorde; haciendo especial énfasis en la carencia de avances en la formación ambiental. En camino a una alternativa, se aborda la relación Tecnología-Ambiente, para luego abordar dos enfoques formativos pertinentes para el área de las ingenierías: modelo Concebir-Diseñar-Implementar-Operar -CDIO- y estudio de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente -CTSA-; para finalmente presentar una propuesta integradora que apunta a la formación ambiental de ingenieros desde un curso de química. En las conclusiones se resalta que es necesario investigar en el currículo para la formación de ingenieros y en la formación de docentes universitarios que puedan desarrollar dicho currículo.

Introducción

Las exigencias del mundo globalizado, con problemas ambientales locales-globales, con crecimiento exponencial de la información, con necesidades para una gran población mundial, entre otros aspectos, requiere de profesionales que sean capaces de aprender más sobre su campo, de empelar sus saberes en la solución de situaciones reales, de comunicarse y superar el espacio-tiempo con las tecnologías actuales, de producir conocimiento en su línea profesional y de reconocer y actuar según las implicaciones ambientales que ello significa. Ahora bien, sobre los aspectos comunicativos, resolución de problemas reales y formación investigativa como parte de un núcleo común formativo en profesionales e ingenieros ya se ha avanzado; sin embargo, queda un importante faltante en cuanto a la formación ambiental para los ingenieros, que es un aspecto que no sólo debe interesarle a los ingenieros ambientales.

Abordar cualquier aspecto formativo supone revisar los fundamentos pedagógicos, didácticos y metodológicos del currículo, pues no sólo basta con introducir algunas estrategias. En el camino de pensar la formación ambiental de los ingenieros, se encuentran algunos avances respecto al tema curricular.

De acuerdo a lo anterior, por ejemplo Corchuelo [1] y Bugallo y Russo [2] identifican la necesidad de lograr cambios curriculares que introduzcan los estudios CTS (ciencia, tecnología, sociedad) y la integración del pensamiento crítico de la actividad profesional, respectivamente. Ello con el objetivo de formar profesionales que aporten a la solución de problemas reales, con conocimiento de

las implicaciones éticas del desarrollo científico y tecnológico, y que tengan elementos para proponer sistemas para el desarrollo sostenible con responsabilidad social y ambiental. Las principales características que Corchuelo identifica son que el currículo sigue siendo entendido como el plan de estudios y que así mismo, dicho plan de estudios es un listado de temas a abordar, alejándose de la fundamentación pedagógica requerida.

En el mismo sentido, las investigaciones de Méndez [3] apuntan a algunos aspectos clave para la formación de ingenieros en el siglo XXI: la dimensión ética, capacidad para desenvolverse en un mundo global, capacidad de enfrentarse a sistemas complejos, con elementos suficientes para actuar profesionalmente en el marco del desarrollo sostenible. Tal consideración del autor demanda considerar currículos para la formación de ingenieros que giren en torno a la reflexión sobre las crisis naturales, sociales y políticas mundiales, así como de la condición global y compleja del mundo.

En el plano de las experiencias en la Universidad de Cienfuegos en Cuba [4] se lleva a cabo un proyecto que busca incorporar un curso de educación ambiental a las carreras de ingeniería informática. Para ello, el fundamento es concebir a la educación ambiental como una educación para el desarrollo sostenible, que busca que el profesional en formación inicial construya conocimientos, habilidades, actitudes, comportamientos y valores para desarrollar una acción en su campo, pero que sea reconozca las formas de relación entre la naturaleza y la sociedad. La formación es compleja, flexible y participativa, incluyendo grandes temas: a) Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, b) Sistemas Informáticos y Medio Ambiente, c) Búsqueda, Selección y Valoración de Informaciones Ambientales, d) Sistemas de Gestión Ambiental.

Teniendo el panorama e identificada la problemática, la presente ponencia se propone hacer reflexiones epistemológicas en torno a la relación entre tecnología y ambiente, reflexiones pedagógicas y didácticas sobre la formación de ingenieros, para presentar una propuesta alternativa de formación ambiental para ingenieros.

Fundamento Teórico

1. Tecnología y ambiente

El conocimiento tecnológico hace referencia a los principios, leyes, procesos, métodos y técnicas que rigen o determinan el desarrollo tecnológico. Esto hace suponer el reconocimiento de un cuerpo teórico-práctico-ético que se ha venido construyendo por la tradición de la comunidad de ingenieros. Así mismo, la estructura, las formas de producción y las finalidades del conocimiento tecnológico son regulador por las políticas de los centros de ciencia-tecnología-innovación universitarios o de la industria, por consorcios o agremiaciones de expertos, así como por las políticas gubernamentales y globales.

Ahora bien, la tecnología como objeto y producto de la dinámica del conocimiento tecnológico construido por ingenieros, se constituye como sistemas, procesos, medios, instrumentos, herramientas y maquinaria que tienen como finalidad resolver problemas que condicionen la calidad de vida humana, resolver problemas que signifiquen la transformación del entorno o la adaptación a él, y responder a intereses de ocio, así como a otros meramente comerciales.

Ahora bien, dicha dinámica de resolver problemas de la vida, adaptar el medio o adaptarse a él y de generar productos para el mercado, significa la demanda de materias primas, procesos de diseño y producción, generación de residuos en toda la cadena productiva, de distribución y uso, cambio en los comportamientos de consumo, y en sí, cambio en las formas de convivir en los contextos biofísicos particulares. Todo ello se traduce que la sociedad sustentada en el desarrollo económico impulsado por la ciencia, la tecnología y el mercado, ha significado unas u otras formas de existir y por ende de relación con lo biofísico.

Dicho lo anterior, es posible puntualizar que se trata de una postura compleja del ambiente, en donde ningunos de los componentes es independiente o está desarticulado:

a) el hombre y la sociedad no está fuera del ambiente y no debe “volver” a la naturaleza, pues ya hace parte del ambiente. Entendiendo esto, lo que surge es la necesidad de cuestionar esa forma de existir o formas de relación en el contexto ambiental.

b) la cultura es el producto de las formas en que se relacionan los sujetos y sus variaciones; es decir la política, las organizaciones sociales, los sistemas económicos, los sistemas educativos, las costumbres y tradiciones, los códigos éticos, los cuerpos de conocimiento, etc., todo ello en relación a su contexto biofísico particular (clima, suelo y procesos biogeoquímicos, demás sociedades de organismos, etc.). Esto implica que los cambios en el contexto ambiental se dan en la medida en que las culturas se transformen.

c) los cuerpos de conocimiento y sus productos y finalidades, son formas culturales, es decir, formas de relación entre sujetos respecto a ciertos fenómenos a los cuales buscan responder a través modelos teórico-metodológico-éticos propuestos. De esta manera, el conocimiento tecnológico y la tecnología son producto de la cultura y su dinámica está relacionada con la variación en la cultura en el tiempo y el contexto biofísico.

d) el contexto biofísico condiciona las formas de existir y de relación entre sujetos frente a objetos, es decir, condiciona las formas culturales. De esta manera, se entiende cómo los cuerpos de conocimiento como el tecnológico emergen de la demanda en relación a las condiciones biofísicas. Entonces los procesos y dispositivos tecnológicos surgen como respuesta a la naturaleza del ambiente (como un todo) y a la vez modifican dicho ambiente (como es de esperarse que haga cada parte o componente del ambiente complejo).

2. Alternativas formativas

Sin querer limitar la formación de ingenieros a una u otra postura, a continuación se presentan dos alternativas que son pertinentes, por cuanto la primera responde a un modelo epistémico que da cuenta de la producción del conocimiento tecnológico-ingenieril, y por cuanto la segunda responde a un modelo epistémico que contextualiza la producción del conocimiento tecnológico-ingenieril.

2.1. CDIO:

La iniciativa CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate / Concebir-Diseñar-Implementar-Operar), nace en la década de 1990 en el MIT y se constituye en la actualidad como una red de trabajo que busca formar ingenieros en sistemas de producción reales; para lo cual el currículo se transforma posibilitando espacios para el trabajo en equipo, la formación por competencias y entornos de diseño.

La iniciativa CDIO tiene tres grandes objetivos [5]:

- Formar a los estudiantes para en un dominio más profundo del trabajo sobre los fundamentos técnicos
- Formar a los ingenieros para liderar en la creación y funcionamiento de nuevos productos y sistemas
- Formar a los futuros investigadores a entender la importancia y el valor estratégico de su trabajo

El modelo CDIO consiste a grandes rasgos en: i) el conocimiento de la iniciativa por parte de la comunidad educativa, ii) en la transformación curricular a través de la definición de las competencias del perfil profesional, el diseño de los modelos de evaluación de las competencias y a través de la definición de currículo, espacios, experiencias y fortalecimiento, y iii) en la implementación y evaluación de las experiencias de diseño y del currículo [6].

Desde 2001 surge un elemento más en la orientación de la transformación curricular hacia el modelo CDIO, el cual es denominado CDIO Syllabus, entendido como un intento por proponer un grupo de posibles metas y competencias para la educación en ingeniería. Es así como la propuesta presenta una serie de habilidades en diferentes esferas, las cuáles aportan a la resolución de problemas ingenieriles. Para la versión más reciente del CDIO Syllabus, las habilidades son: a) conocimientos disciplinares y razonamiento, b) habilidades y atributos personales y profesionales, c) habilidades interpersonales: trabajo en equipo y comunicación, y d) CDIO en el contexto empresarial, social y ambiental, [7].

A partir del modelo varias universidades en el mundo han transformado la formación de ingenieros; por ejemplo, en los programas de ingenierías de la Universidad de Chile y la Universidad Católica de Chile se logra el cambio curricular empleando tablas de contenidos por competencias en tres niveles: a) nivel básicos de ciencias, b) núcleo fundamental de ingeniería, y c) fundamentos avanzados de ingeniería; fundamentados en el listado de habilidades ofrecidas por el Syllabus CDIO [8].

Otro ejemplo en la implementación en Colombia, la En la Universidad de los Andes, la implementación del sistema CDIO se hace en diferentes niveles [9]: a) primeros semestres: en donde los estudiantes realizan proyectos asesorados por los profesores, b) mitad de carrera: los estudiantes realizan proyectos asesorados por empresarios, c) formación pos-gradual: durante la maestría y el doctorado, los profesionales vinculados a los programas son vinculados a los grupos de investigación y apoyados por varios sectores como el productivo. El proceso busca que los estudiantes observen la realidad y desde allí definan problemas a solucionar a través de la concepción, diseño e implementación de prototipos; los resultados son presentados por los mismos estudiantes en artículos y una feria dirigida al sector empresarial.

2.2. CTSA:

El mundo moderno, soportado en un modelo centrado en el desarrollo económico y en el consumo, trajo consecuencias ambientales, las cuales han sido preocupación en la agenda de gobiernos y de colectivos no gubernamentales. De allí que surja la necesidad de reorientar las formas de existencia humana, y con ello las formas de producir, las formas de actuar y por ende las formas de educar. Nace así un enfoque próximo a la complejidad, el cual plantea el estudio y desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, más allá de sus razones como disciplinas o campos de estudio, sino que les pone en los contextos sociales-ambientales particulares.

Entonces, el estudio de las Relaciones entre Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente tiene como objetivo identificar que CyT no es una isla, sino que están condicionados o condicionan el contexto social y biofísico histórico en el que se desarrollan. De esta manera, se identifica que existen prioridades y decisiones de los gobiernos en cuanto al desarrollo de CyT, existen demandas y/o participación de los ciudadanos frente a los impactos de CyT, existen políticas que regulan CyT, así como existen condiciones biofísicas de las regiones o el planeta que condicionan CyT; pero así mismo, el mundo ya ha evidenciado cómo el desarrollo de CyT han transformado la cultura, el mercado, las formas de vivir y por supuesto el contexto biofísico (en términos ecológicos).

Ríos y Solbes [10] atribuyen la importancia al estudio de las relaciones CTSA a la posibilidad que abren de comprender la multidimensionalidad de los procesos científicos y tecnológicos, presentan una versión histórica de dichos procesos, además de contextualizarlos; en otros casos se identifica como un campo de investigación pedagógico y didáctico [11], [12]. Ahora bien, otras alternativas [12]-[14] sitúan CTSA como un enfoque que supera las instituciones educativas, hasta el punto de plantearle como un proceso para la formación ciudadana, para la conciencia del contexto, la humanización de la ciencia, la participación de dicha ciudadanía en la toma de decisiones sobre los procesos CyT, así como una acción colectiva consecuente con las implicaciones sociales-biofísicas del desarrollo de CyT.

Algunos problemas de los modelos de enseñanza tradicionales de la ciencia y la tecnología, se evidencian en tanto los profesores no incluyen las relaciones CTSA en su práctica docente, ni las ven como un factor motivacional para los estudiantes; en contraparte, las experiencias en las cuales se ha incorporado CTSA, mejoran la actitud de los estudiantes hacia la clase, logran conectar los contenidos con la realidad y mejoran las metodologías docentes [10]. Sin embargo, es necesario comprender que la ausencia y presencia de CTSA en el currículo está relacionado con las versiones epistémicas que sobre la CyT tienen los docentes, por ello se requiere de un cambio epistémico [12]

Sección Experimental (propuesta)

1. Identificación de situación

Esta parte del proceso tiene como objetivo identificar una situación, problema, circunstancia o contexto, el cual motive a los estudiantes a integrar conocimientos teóricos y procedimentales, con el ánimo de abordarlo. Así, con la ayuda del profesor, los estudiantes identifican de manera general la problemática a abordar e iniciar la dinámica CDIO. Para este caso, la finalidad es partir de un problema relevante en términos sociales y biofísicos, por lo que se propone como objeto de estudio el río Bogotá.

Poco a poco, a medida que avanza el periodo académico, los equipos de trabajo van realizando consultas de diversas fuentes que les permita conocer a fondo el problema de estudio.

2. Integración del conocimiento científico al problema ambiental

En esta parte del proceso se busca que el profesor articule los contenidos del curso de química, con el problema a abordar. Para ello el profesor plantea preguntas orientadoras que permiten estudiar el caso, desde el conocimiento químico abordado a través del curso.

Tabla 1. Relación entre contenidos y el problema, a través de preguntas

Núcleo Temático	Análisis del Problema Ambiental
Leyes fundamentales de la Química	¿De qué naturaleza son los posibles contaminantes del río Bogotá?
Teorías Atómicas	
Tabla periódica y Periodicidad	¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de los posibles contaminantes del río Bogotá?
Enlace Químico	
Reacciones Químicas	
Nomenclatura Inorgánica	¿Cuál es el nombre de los componentes de los posibles contaminantes del río Bogotá?
Estados de Agregación de la Materia	¿Cómo pueden aplicarse los principios de separación de mezclas a la descontaminación del río Bogotá?
Soluciones	
Estequiometría	

3. Portafolio del proceso

Este es entendido como una forma de registrar la información y hacer seguimiento o evaluación al trabajo de los estudiantes. Las partes del portafolio pueden ser:

3.1. Comprensión del contexto ambiental como problema:

Aquí se registran evidencias (reportes de lectura, diagramas, análisis de lecturas, esquemas, informes, etc.) los cuales caractericen el río Bogotá, para desde dicho conocimiento poder visualizar las posibles alternativas.

Además se registran las guías, talleres o productos de las respuestas a las cuatro preguntas orientadoras planteadas para los cuatro núcleos temáticos de la clase de química, pues ello aporta a la interpretación de la problemática.

3.2. Concebir alternativas

Los estudiantes hacen revisión de diferentes fuentes referidas a alternativas de solución ya planteadas, así como de posibles aportes a la solución de la problemáticas desde su campo profesional.

La concepción de la alternativa se nutre de las revisiones realizadas, de la consulta a expertos en su campo del saber, así como del conocimiento abordado en la clase de química.

Podrá establecerse una serie de preguntas que orientan a los estudiantes en la búsqueda y en la aproximación a alternativas:

- ¿Cuáles son los aportes de la ingeniería a la descontaminación de ríos?
- ¿Cuáles son los procesos, instrumentos, maquinaria, software, simuladores y demás que desde la ingeniería se han empleado o proyectado emplear en la descontaminación del río Bogotá?
- ¿Cuáles de los materiales extraídos del río Bogotá pueden ser recuperados y/o transformados?
- ¿Qué procesos industriales pueden ser modificados para disminuir la contaminación del río Bogotá?
- ¿Qué materiales alternativos pueden ser empleados en al menos uno de los casos de industrias que más contaminan el del río Bogotá?
- ¿Qué políticas o normativas regulan la administración de la cuenca del río Bogotá, así como a la industria relacionada con la contaminación del mismo?
- ¿Qué aspectos urbanísticos y de planeación influyen en la administración de la cuenca del río Bogotá?
- ¿Qué procesos educativos, preventivos, informativos, organizativos, etc., son necesarios desarrollar con las comunidades que residen en las inmediaciones de la cuenca media del río Bogotá?
- ¿Qué aspectos de la salud pública están relacionados con la contaminación del río Bogotá?

De acuerdo al enfoque o la especialidad de cada programa de ingeniería, de las preferencias de los estudiantes, así como de la viabilidad, se selecciona alguna de las preguntas para a partir de ella orientar la concepción y diseño de una posible solución.

En términos del portafolio de evidencias, en esta sección se registran las hipótesis, las ideas y las sugerencias que los estudiantes van adquiriendo o proponiendo como posibles soluciones. De ser posible, se propondrán varias alternativas y, aunque una sola de ellas sea seleccionada, ninguna debe ser desechada y permanecer dentro del registro.

Es válido anexar síntesis de artículos, de entrevistas, de conferencias y demás fuentes que aporten ideas para concebir las alternativas de solución al problema, desde la respuesta a alguna(as) pregunta(s) planteada(s) en la fase “concebir alternativas” u otras que surjan.

3.3. Diseño tecnológico

Una vez los estudiantes se han contextualizado frente al problema, han avanzado en la comprensión del mismo desde la química, han realizado consultas y revisiones al respecto y tienen una serie de posibles soluciones, deben disponerse a hacer un planteamiento teórico en el que se desarrolle su propuesta final.

El diseño consiste en la aplicación de los conocimientos, procedimientos y procesos en posibles soluciones al problema de estudio. Para ello los estudiantes y profesor consideran el establecimiento de criterios que permitan la evaluación de la viabilidad de la propuesta y luego una serie de lineamientos para la planeación. Esta parte del portafolio está destinada al desarrollo teórico de la propuesta final de los estudiantes. Aquí se va construyendo un documento que presente los fundamentos, modelos, esquemas, planos, planes y procesos que hagan parte de la propuesta de solución al problema.

3.4. Implementación-operación

Esta fase del proceso CDIO sobre un problema CTSA consiste en concretar la idea concebida y diseñada. Es la conclusión de la búsqueda, del ingenio, de la toma de decisiones, de las asesorías y de las consultas.

La construcción del prototipo debe ser hecha en el marco de la viabilidad por disponibilidad de recursos, cumplimiento de la normativa y el tiempo necesario de ello; por eso se hace relativo y no en todos los casos se va a llegar hasta este nivel de desarrollo. Así mismo, la operación o prueba del prototipo debe ser una fase que cuente con un sistema de indicadores de su éxito y viabilidad.

3.5. Evaluación permanente:

Para todo el proceso es relevante tener un sistema que permita identificar cómo se dan los avances de los grupos de trabajo y si lo que están consultando, concibiendo, diseñando y proyectando implementar-operar, aporta a la solución del problema. Se establecerá un sistema de indicadores para ello.

Conclusiones

El panorama mundial exige la formación de ingenieros que sean capaces de identificar las implicaciones éticas del desarrollo tecnológico, por lo que surge la necesidad de la formación ambiental como proceso común a todos los programas de formación de ingenieros. Las investigaciones y experiencias presentan dos aspectos fundamentales: a) la necesidad de lograr transformaciones curriculares, b) diseñar propuestas que aborden aspectos de la complejidad y el desarrollo sostenible.

Lo anterior hace suponer que la formación de ingenieros debe ser vista como un proceso en el marco de la dinámica compleja del ambiente, puesto que el ser y el hacer del ingeniero es una forma para transformar el ambiente, tanto en lo social-cultural, como en lo biofísico. Entonces lo ambiental no sólo debe ser entendido como aquello que signifique contaminación, sino como un todo que significa formas de existir. Así la finalidad del profesional de la ingeniería queda más clara en cuanto a posibilidad de transformación del ambiente.

Entonces la formación ambiental de ingenieros tiene como objetivo aproximar cada vez más al profesional en formación a dicha complejidad, a la comprensión de que el tipo de conocimiento que le compete es una posibilidad para comprender e intervenir tal complejidad, por lo que de ello también derivan múltiples implicaciones éticas y responsabilidades. La alternativa formativa que se presenta, se sustenta en un modelo sobre la producción tecnológica -CDIO- y sobre un modelo epistémico complejo del conocimiento tecnológico -CTSA- en un contexto ambiental particular -río Bogotá- el cual debe ser abordado desde la integración del conocimiento Científico -química- y Tecnológico.

Si bien es cierto que los enfoques formativos presentados y la alternativa descrita son vías para reorientar la formación de ingenieros en contextos reales y de innovación, también es cierta la necesidad de lograr los cambios curriculares necesarios para lograrlo, así como formar a los docentes en cuanto a la formación por competencias, las metodologías activas y la capacidad de integrar el mundo de la industria y de la responsabilidad social-ambiental con las disciplinas específicas [15].

Frente a la propuesta presentada de manera particular se debe buscar el siguiente nivel en el proceso, el cual consiste en la implementación de los prospectos de solución a los problemas, así como resultados del desarrollo de las fases que ya están en marcha. Así mismo queda enunciada la necesidad de avanzar en la fundamentación del currículo para la formación ambiental de ingenieros.

Referencias

1. M. Corchuelo. Una aproximación a los procesos de formación de ingenieros. *Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa*. 2004, 1(1). En: <http://revista.iered.org/v1n1/pdf/mhcorchuelo.pdf>
2. A. Bugallo; O. Russo. Adecuación de la formación ambiental del ingeniero civil en la UTN; estudio comparativo inter-facultades. En: *Memorias de la primera jornada de investigación en ingeniería civil*, Provincia de Buenos Aires, 2009. Virtual. En: <http://www.frgp.utn.edu.ar/frgp/descargas/carreras/civil/informes/informe-bugallo-russo.pdf>
3. D. Méndez. Nuevos retos en la formación de ingenieros. *Revista Ciencias de la Educación*. 2007, 17(30). En: http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-59172007000200014&nrm=iso
4. M. Alvarez-Guerra; E. Fuentes; E. López; E. Boudy. Experiencias en la educación ambiental de Ingenieros Informáticos. *Bibliociencias: Universidad de Cienfuegos*. En: http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/import/Experiencias_educacion_ambiental.pdf
5. CDIO™, *Benefits of CDIO*. S.F. En: <http://www.cdio.org/benefits-cdio>
6. CDIO™, *The CDIO Implementation Kit*. S.F. En: <http://www.cdio.org/implementation-kit-ikit>
7. E. Crawley; J. Malmqvist; W. Lucas; D. Brodeur. The CDIO Syllabus v2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education. *CDIO Files*. 2011, 7th International Conference. In: http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf
8. P. Poblete; X. Vargas; S. Celis; P. Gazmuri; J. Bilbao; D. Brodeur. Curriculum renewal at two universities in Chile using the CDIO syllabus. *CDIO Files*. 2007, 3rd International Conference. In: <http://www.cdio.org/files/document/file/W3A1Poblete.pdf>
9. C. Ramírez; J. Hernández. Un modelo de formación para la innovación en ingeniería. *Revista Sistemas*. 2012, 121, pp. 64-70. En: http://www.acis.org.co/fileadmin/Revista_121/Tres.pdf
10. E. Ríos; J. Solbes. Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 2007, 6 (1), pp. 32-55. En: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART3_Vol6_N1.pdf
11. R. Gallego-Badillo. Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 2004, 3(3), pp. 301-319. En: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART4_VOL3_N3.pdf
12. L. F. Martínez; Y. M. Villamil; D. C. Peña. Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. Virtual. En: <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p24.pdf>

13. S. Gonçalves; J. Cornejo. La lectura de textos con enfoque CTSA como instrumento para la construcción de un presente con futuro. *Revista Iberoamericana de Educación*. 2009, 50(8), pp. 1-8. En: <http://www.rieoei.org/deloslectores/3187Cornejo.pdf>
14. J. Solbes; A. Vilches. Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las ciencias*. 2004, 22(3), pp. 337-348. En: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v22n3p337.pdf>
15. R. Bragós. Las competencias del profesorado en el entorno CDIO. *Revista de Docencia Universitaria*. 2012, 10(2), pp. 57-73. En: <http://www.red-u.net/redu/index.php?journal=REDU&page=issue&op=view&path%5B%5D=67>

LOS MÉTODOS DE NAVEGACIÓN EN LA ROBÓTICA MÓVIL

A. del Pozo Quintero

Instituto de Cibernética, Matemática y Física (ICIMAF), Calle 15 # 551 entre C y D, Vedado, La Habana, Cuba -- pozo@icimaf.cu

Área de participación: *Ciencia de la computación, Optimización de sistema de manufactura y Mejoramiento de procesos,*

Resumen – En este trabajo se presenta un resumen abreviado de las características de los diferentes tipos de robots en la actualidad. Se definen los atributos de la navegación de los robots móviles. Se puntualizan las tareas involucradas en la navegación de un robot móvil que son: la percepción del entorno a través de sus sensores, la localización de su posición en dicho entorno, la planificación de una trayectoria que evada los obstáculos hasta alcanzar el objetivo seleccionado; y el control de su movimiento para la conducción del vehículo hasta la meta. El trabajo se centra fundamentalmente en los varios métodos de localización de la posición del robot, en las diversas técnicas elaboradas para planificar la trayectoria y finalmente los procedimientos desarrollados para la evasión de obstáculos.

Introducción

En el pasado, los robots móviles fueron controlados por sistemas de computadoras pesadas, grandes y costosas, además, su traslado no era fácil y sus componentes se unían vía cable o dispositivos inalámbricos. Hoy, podemos construir robots móviles pequeños con numerosos actuadores y sensores que son controlados por una computadora empujada barata, pequeña, y ligera, que se lleva a bordo del robot. Por esta razón ha surgido un tremendo aumento del interés en los robots móviles. No simplemente para la construcción de juguetes interesantes inspirado por historias de ciencia ficción o películas sino como una herramienta perfecta para la educación ingenieril. Los robots móviles se usan hoy en casi todas las universidades en cursos de pregrado y postgrado en Ciencias de la Computación, Computación Ingenieril, Tecnología de Información, Cibernética, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, y Mecatrónica. Existen varias clasificaciones de robots de acuerdo a diferentes parámetros, considerando el tipo de locomoción tenemos:

- **Terrestres.** Éstos pueden tener varias ruedas desde 2 hasta 4 ruedas. Es interesante notar que todos estos diferentes diseños de robot móviles con ruedas, solo requieren dos motores en total para conducir y girar y su principal limitación es que necesitan una superficie plana para navegar. Otra variante es, que las ruedas pueden estar montadas sobre una estera que le permiten moverse sobre cualquier tipo de terreno, pero son más lentos y menos precisos en su andar que los primeros.



Fig.1 Robot con ruedas

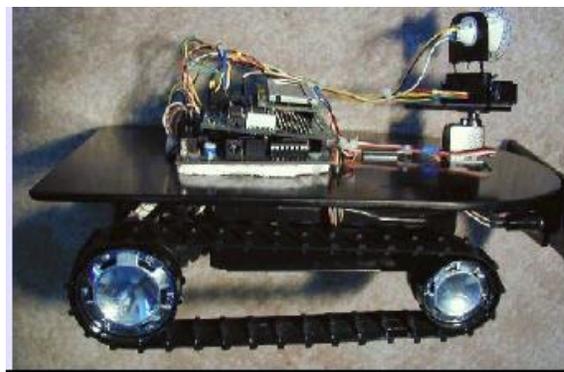


Fig.2 Robot con esteras

- Los robots con patas emulan con la estructura de los insectos y de mamíferos. Los robots con patas pertenecen también a la categoría de terrestre. Como los robots con esteras, ellos pueden navegar por encima de terreno áspero o subir y bajar escalones.. Hay muchos diseños diferentes para los robots con patas, dependiendo del número de patas. Una regla general es: mientras más patas más fácil es el balance. Con un menor número de patas un robot le es más complejo conseguir equilibrar y caminar, por ejemplo un robot con sólo cuatro patas necesitan ser controladas cuidadosamente para no caerse. Los robots con patas normalmente requieren dos o más motores por pata (los grados de libertad), así que un robot de 6 patas requiere 12 motores por lo menos. Muchos robots bípedos o humanoides tienen cinco o más motores por miembro, que produce un número bastante grande de grados de libertad, así como el aumento del peso corporal y considerable costo.

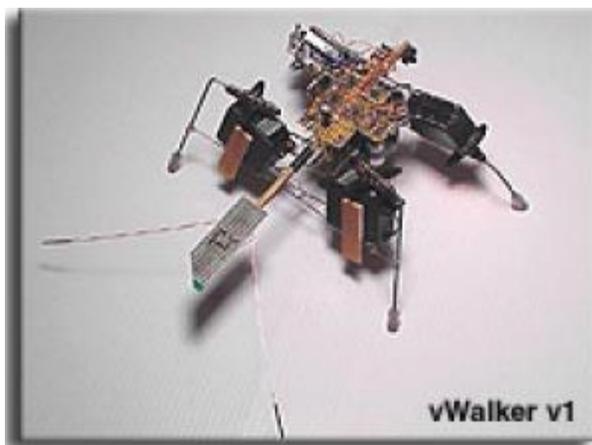


Fig. 3 Robot con patas emulando insectos

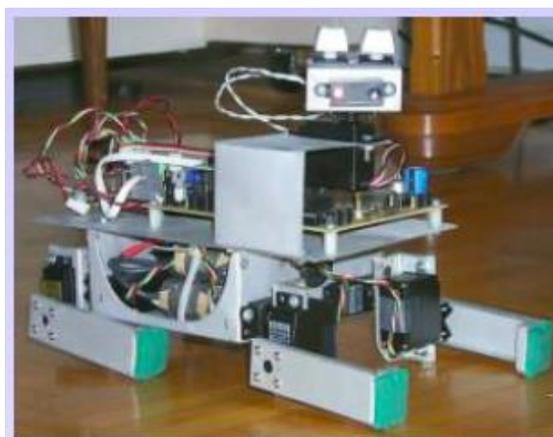


Fig.4 Robot con patas emulando mamíferos

- Acuáticos La Robótica subacuática es un campo en expansión. La mayoría de los robots subacuáticos se diseñan para operaciones de salvamento o de exploración bajo el agua. En el futuro los robots subacuáticos ayudarán en la explotación del océano para incrementar la extracción de peces, minerales, y energía. Un robot flotante es esencialmente ingrávido. La falta de fricción encontrada en el espacio sólo puede simularse en el ambiente subacuático. Si se quiere diseñar un robot que funcione en el espacio, un lugar bueno para empezar está diseñado con un robot subacuático.



Fig.5 Robot submarino

- **Humanoides.** Androides con funciones sociales y de comunicación están en pleno desarrollo, siendo la movilidad uno de los aspectos más importantes. Conseguir que un robot se mantenga en posición erecta sobre dos piernas y camine contorneando la cadera como un ser humano ha sido uno de los grandes retos de la robótica moderna. En 1986 Honda comienza la investigación de los robots humanoides, después de desarrollar 9 modelos androides, en el 2000 Honda lanzó la versión del robot androide, el **ASIMO** (Advanced Step in Innovative Mobility), de 120 cm de altura y 54 Kg de peso, disponible en el mercado y que podría maravillar al mundo sin riesgo para los seres humanos. capaz de caminar con seguridad sobre dos piernas, imitando la marcha humana gracias a sensores de gravedad, visual, de detección de ángulos y de aceleración. Entre sus habilidades figuran las de pasear por terreno llano, subir y bajar escaleras, abrir puertas, pulsar interruptores y empujar obstáculos. En el año 1985, se desarrollan los robots cirujanos como World First, Robodoc, Gaspar o Acrobot, Zeus, AESOP, Probot o PAKI-RCP. Ese año el Departamento de Ingeniería Mecánica del Imperial College of London (UK) comenzó la investigación en robótica médica orientándola hacia la neurocirugía.



FIGURA 4. El robot humanoide Asimo, de Honda.

Fig.6 Robot Humanoide Asimo



Fig. 7 Robot Quirúrgico Zeus

- **Aéreos.** La construcción de un avión autónomo es considerablemente más difícil que los comprensibles vehículos autónomos o los robots caminantes. Los aviones o helicópteros requieren un significativo nivel más alto de seguridad, no solamente porque el avión con su costoso equipamiento podrían perderse, sino lo más importante es para evitar peligro a las personas en tierra. Un número de aviones autónomos o UAVs (Unmanned Aerial Vehícles) se han construido en el pasado para las tareas de vigilancia. Estos proyectos normalmente tienen presupuestos multimillonarios en-dólares, que no puede compararse a los proyectos de pequeña escala en universidades.



Fig. 8 Robot Volador autónomo

2. El problema de la Navegación

Se define navegación como la metodología (o arte) que permite guiar el curso de un robot móvil a través de un entorno con obstáculos. Existen diversos esquemas, pero todos ellos poseen en común el afán por llevar el vehículo a su destino de forma segura. La capacidad de reacción ante situaciones inesperadas debe ser la principal cualidad para desenvolverse, de modo eficaz, en entornos no estructurados.

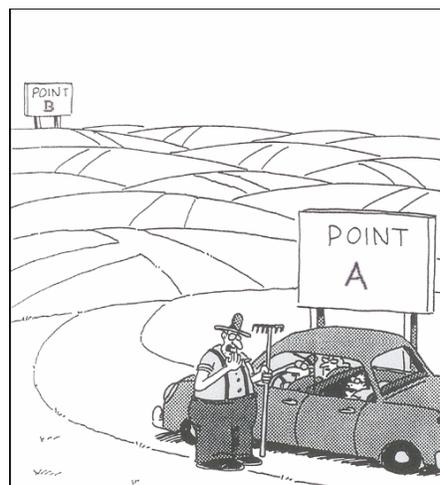


Fig.9 Localización del vehículo en el punto de partida hacia la meta

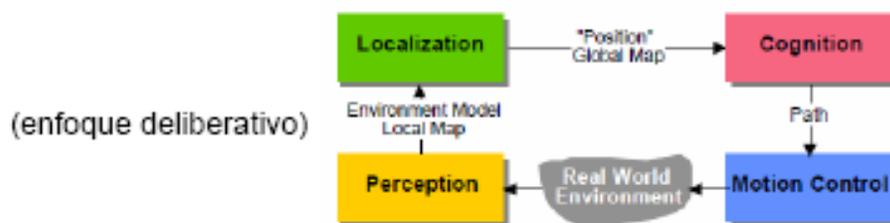
La navegación es la tarea más desafiante requerida de un robot móvil y aún hoy en día es un tema abierto a la investigación. El éxito en la navegación requiere el éxito en las cuatro subtareas que constituyen la navegación: la percepción, la localización, la cognición o planificación de la trayectoria y el control del movimiento,

Estas subtareas de la navegación se definen como: **la percepción** del entorno a través de sus sensores, de modo que le permita obtener una información útil del mundo que le rodea; **la localización** que define su posición en el entorno, **la planificación** de una trayectoria libre de obstáculos, para alcanzar el punto destino seleccionado; y **el control** del vehículo a través de sus actuadores para llegar a la meta. De forma simultánea, el vehículo puede interactuar con otros elementos del entorno. Por tanto, la **navegación es la habilidad más notoria** que caracteriza a un robot móvil y al mismo tiempo constituye el reto más importante.

Resumimos estas subtareas en la siguiente tabla

Tabla1 Subtareas de la navegación

PERCEPCIÓN	... el robot debe ser capaz de ...	interpretar los datos que le suministra sus sensores para extraer información útil
LOCALIZACIÓN		determinar su posición en el entorno
PLANIFICACIÓN		decidir cómo actuar para alcanzar el objetivo
CONTROL DE MOVIMIENTO		gestionar sus actuadores para conseguir la trayectoria deseada



En la navegación surgen dos situaciones que debemos distinguir:

- Existe un **mapa** del entorno suficientemente adecuado para la navegación que ayuda a la **planificación de trayectorias** (análisis global)
- No existe un **mapa** por tanto se plantean dos variantes:
 - ✓ construir un mapa por exploración del entorno y luego planificar el camino, técnica denominada **SLAM**, (*Simultaneous Localization And Mapping*)
 - ✓ o navegar sin mapa utilizando la información de los sensores, técnica denominada **Control reactivo basado en comportamientos**

en ambos casos, es posible que aparezcan obstáculos en el camino de cuya existencia no se tenía conocimiento. Dando lugar a los métodos de **Evasión de obstáculos** (análisis local)

En cualquier caso, es necesario disponer de información de la posición del robot o sea su **localización**. Relativa respecto al inicio del movimiento o Absoluta respecto a un mapa.

3. Métodos de Localización

Localización implica conocer la **posición del robot respecto de un sistema de coordenadas**. Si un robot no conoce la posición exacta en el punto de partida de una trayectoria planificada, entonces encontrará problemas para alcanzar su destino.

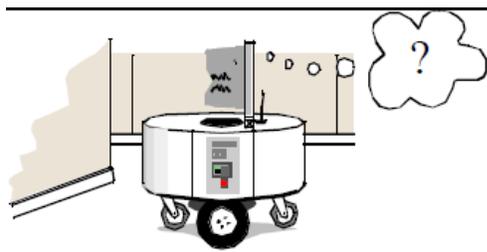


Fig.10. ¿Dónde estoy?

La localización significa más que simplemente determinar la posición absoluta en el espacio; significa construir un mapa, mientras identificamos la posición relativa del robot en ese mapa.

Claramente, los sensores del robot y los actuadores juegan un papel íntegro en los métodos de localización, pero debido a las inexactitudes y el estado incompleto de estos sensores y actuadores, es que la localización presenta desafíos difíciles. Una de estas inexactitudes es, el ruido del sensor que induce una limitación en la consistencia de las lecturas del sensor en el mismo medioambiente que se encuentra y algunos rasgos medioambientales no se capturan por el sensor del robot y se incompleta la información.

Dentro del numeroso grupo de técnicas desarrolladas para resolver este problema tenemos:

3.1 GPS. Este tipo de sistema de posicionamiento es absoluto y su ventaja radica en lograr la posición absoluta del robot móvil en un área suficientemente grande, sin tener que estructural el entorno, lo que permite al robot desplazarse en escenarios diversos (carreteras, parajes semidesérticos, trayectorias forestales, etc.) recorriendo grandes distancias.

El sistema consta de un receptor colocado sobre el robot y estaciones de transmisión de señales de RF situadas en tres satélites. El receptor calcula por

triangulación la altitud, la latitud y la altura del robot de forma continua e instantánea (tiempo entre 30 y 60 nseg). También se puede determinar la velocidad del vehículo mediante el desplazamiento en frecuencia utilizando el efecto Doppler

Esta poderosa herramienta no siempre es posible utilizarla por los siguientes problemas:

- **precisión** (valor en el rango de metros, inaceptable en los casos de minirobots y nanorobots)
- **no disponible la señal en todos los entornos** por ejemplo, dentro de edificaciones, áreas de mucha vegetación, zona bajo el agua, etc.
- necesidad de ver un cierto número de **satélites**
- **atenuación** significativa de la señal en entornos submarinos
- necesidad de la información de la **posición relativa** respecto a elementos del entorno, o sea, debe existir una referencia
- El GPS debe suministra información de la posición con un cierto nivel de precisión y completitud.
- Por tanto, la **localización no es una tarea trivial con este método**

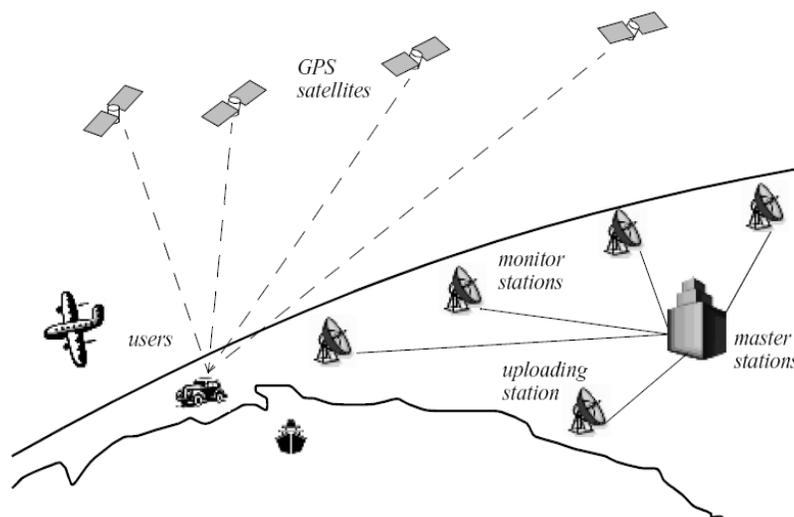


Fig. 11 Sistema de posicionamiento global (GPS) para calcular la posición y orientación del robot

3.2 Mapas: El problema de representar el entorno en el cual el robot se mueve es tan importante como el problema de representar la posible posición del robot. A menudo la fidelidad en la determinación de la posición se ve limitada por la fidelidad del mapa.

- La representación del mapa debe estar de **acorde con la precisión del posicionamiento del robot.**
- La fidelidad de la representación de la posición del robot está limitada por la fidelidad del mapa.

- A la hora de escoger un **tipo de mapa** se ha de tener en cuenta, que la precisión del mapa debe ser adecuada para la **tarea**.
- La precisión del mapa debe estar de acorde al tipo de información suministrada por los **sensores** que se emplean para navegar
- La precisión del mapa influye en el **costo computacional** de las tareas que lo utilizan

3.2.1 Tipos de mapas:

3.2.1.1 Representación continua: La ventaja más importante en la representación de un mapa continuo es la alta precisión, con respecto a la configuración medioambiental, así como la posición del robot dentro de ese ambiente. Precisamente la posición de los detalles en el entorno pueden reflejarse en un mapa continuo. Las aplicaciones de los robots móviles que usan mapas continuos sólo se representan en un espacio de 2D. Esto significa, que en el mapa se asume que la representación especificará todos los objetos del entorno. En una representación 2D los polígonos presentes simbolizan todos los obstáculos en el espacio continuo analizado. Ver las siguientes figuras

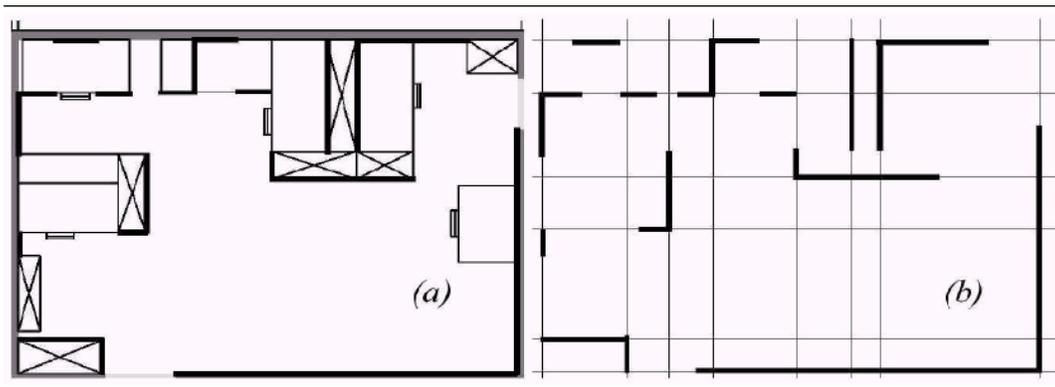


Fig.12 (a) Mapa real (b) Representación por un conjunto de líneas infinitas

- ✓ mapa arquitectónico real
- ✓ representación por segmentos rectos (simplificación del mapa arquitectónico real)

La desventaja de una representación continua es que el mapa puede ser computacionalmente costoso. Pero esa desventaja puede disminuirse empleando la abstracción y capturando sólo los detalles del entorno más relevantes.

3.2.1.2 Representación por descomposición La desventaja de la descomposición y la abstracción es la pérdida de fidelidad entre el mapa y el mundo real. Cuantitativamente, por lo que se refiere a la precisión geométrica. Un mapa muy abstracto no representa a cabalidad a un mapa de alta fidelidad. A pesar de esta desventaja, la descomposición y la abstracción pueden ser útiles, si la abstracción puede planificarse cuidadosamente para capturar los rasgos relevantes, esto es, los detalles útiles del mundo. Mientras desechamos todos los otros rasgos.

La ventaja de este procedimiento es que la representación del mapa puede minimizarse potencialmente.

3.2.1.2.1 Descomposición celular exacta del entorno. Este método introducido por Latombe, logra la descomposición seleccionando los límites entre células discretas basadas en la geometría.

La figura muestra una descomposición exacta de un área de trabajo plana llena de obstáculos poligonales. La representación del mapa azuleja el espacio dentro de las áreas de espacio libre..

La descomposición exacta es una función de los obstáculos particulares del ambiente y el espacio libre. Si esta información es costosa de adquirir o incluso desconocida, entonces tal procedimiento **no es factible**

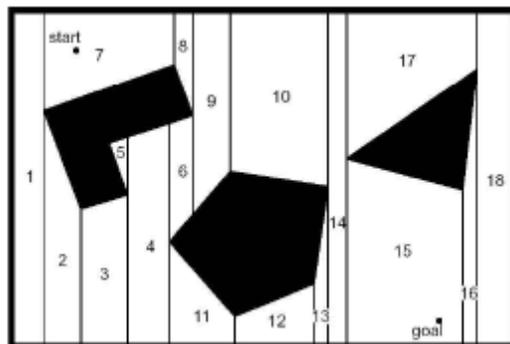


Fig.13 Descomposición celular exacta del entorno

3.2.1.2.2 .Descomposición por celdas fijas aproximada del entorno. Una alternativa es la descomposición fija en que el entorno es azulejado mientras transformamos el ambiente real continuo en una aproximación discreta para el mapa. Tal transformación es representada en la figura a continuación que muestra lo que le pasa a obstáculo-lleño y las áreas libre durante esta transformación. La desventaja más importante de este procedimiento proviene de su naturaleza inexacta. Es posible que los pasadizos estrechos se pierdan durante tal transformación. El concepto de descomposición fija es sumamente el más popular en la robótica móvil; es quizás la más simple técnica de representación de mapa común utilizada actualmente.

- terreno azulejado” de áreas libres
- exige poligonalizar el entorno
- celdas de tamaño fijo (rejillas/mapas métricos)
- celdas de tamaño adaptativo
- descomposición aproximada del entorno a nivel topológico (mapas topológicos)

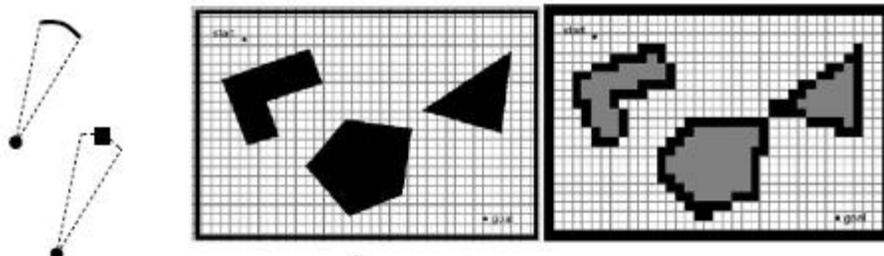


Fig. 14 La descomposición fija del mismo espacio (el pasaje estrecho desaparece).
rejilla de ocupación: : blanco = espacio libre; negro = espacio ocupado; gris = es parte de ambas regiones

3.2.1.2.3. Descomposición celular adaptativa, como es presentado en la figura. Ejemplo de descomposición adaptativa de un entorno

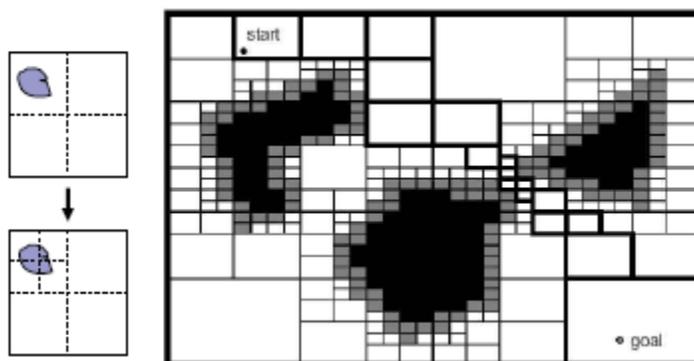


Fig.15 Descomposición celular adaptativa

El rectángulo, limitando el espacio libre, se descompone en cuatro rectángulos idénticos. Si el interior de un rectángulo descansa completamente en el espacio libre o en la configuración espacial del obstáculo, no se descompone más. De lo contrario, es descompuesto recursivamente en cuatro rectángulos hasta que alguna resolución del predefinida se logre.

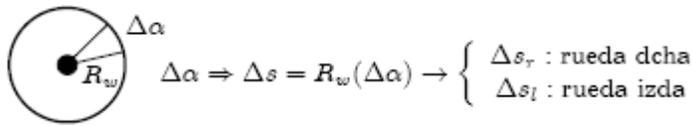
Las células blancas quedan fuera de los obstáculos, el negro dentro de éstos, y el gris es parte de ambas regiones.

Seleccionar una representación de mapa para un robot móvil particular requiere, primero, conocer los sensores disponible en el robot móvil, y, segundo, comprender los requisitos funcionales del robot móvil, (por ejemplo, La precisión requerida para alcanzar la meta.

3.3 Odometría Es un método sencillo para la **estimación de la posición** basado en sensores de medición del **giro de la rueda**.

La Odometría tiene como objeto determinar la posición y orientación del robot móvil a partir del número de pulsos obtenidos al girar las ruedas. La idea fundamental de la odometría es la integración de los incrementos del movimiento en el tiempo, lo que produce inevitablemente una acumulación de errores. La acumulación de errores en la orientación conduce a grandes errores en la posición, lo que se incrementan proporcionalmente con el recorrido del robot.

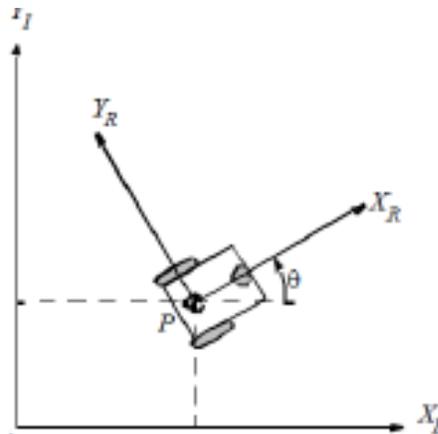
La simplicidad y el bajo costo es una gran ventaja que ofrece la odometría. Sin embargo es necesaria una calibración constante debido al desgaste y pérdida de presión que sufren las ruedas, desajuste de los ejes, imperfecciones del terreno, deslizamiento de las ruedas, etc. Las tareas de la navegación serán simplificadas si se incrementa la precisión en la odometría.



acumulación de desplazamientos (**integración del camino**) = posición actual + posición incremental

$$\begin{pmatrix} x(t + \Delta t) \\ y(t + \Delta t) \\ \theta(t + \Delta t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ \theta(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{pmatrix}_{\Delta t}$$

3.3.1 Odometría: con tracción diferencial



$$\begin{aligned} \Delta s &= \frac{\Delta s_r + \Delta s_l}{2} \\ \Delta \theta &= \frac{\Delta s_r - \Delta s_l}{b} \\ \Delta x &= \Delta s \cos(\theta + \Delta \theta) \\ \Delta y &= \Delta s \sin(\theta + \Delta \theta) \end{aligned}$$

(b = distancia entre ruedas)

$$\begin{pmatrix} x(t + \Delta t) \\ y(t + \Delta t) \\ \theta(t + \Delta t) \end{pmatrix} = f(x, y, \theta, \Delta s_r, \Delta s_l) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ \theta(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\Delta s_r + \Delta s_l}{2} \cos\left(\theta(t) + \frac{\Delta s_r - \Delta s_l}{b}\right) \\ \frac{\Delta s_r + \Delta s_l}{2} \sin\left(\theta(t) + \frac{\Delta s_r - \Delta s_l}{b}\right) \\ \frac{\Delta s_r - \Delta s_l}{b} \end{pmatrix}$$

errores en las mediciones debido a:

- ✓ sistemáticos (deterministas) o no sistemáticos (no deterministas)
- ✓ desalineación de las ruedas
- ✓ error en el diámetro de las ruedas (diferentes diámetros, rueda pinchada o rueda deformada)
- ✓ resolución limitada del sensor
- ✓ una o las dos ruedas patinan, suelo desigual, etc.

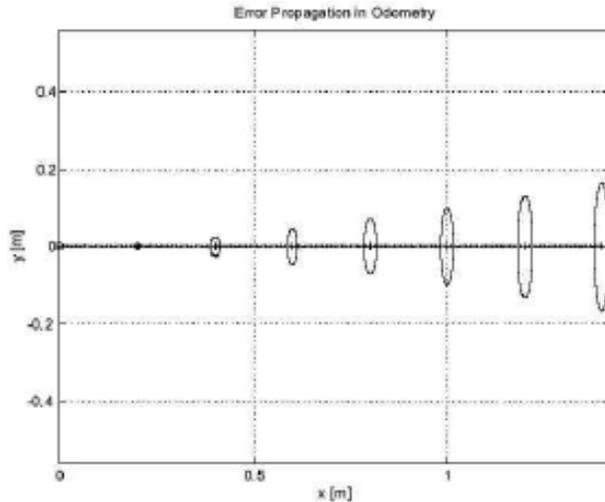


Fig.16 Se muestra el crecimiento de la incertidumbre de la posición en un movimiento en línea recta: Note que la incertidumbre en el eje y crece mucho más rápido que en la dirección de movimiento. Esto es el resultado de la integración de los errores considerando la orientación de robot. Las elipses dibujadas alrededor de las posiciones del robot representan las incertidumbres en la dirección x,y . En la figura no se representa la incertidumbre de la orientación, aunque su efecto puede observarse indirectamente.

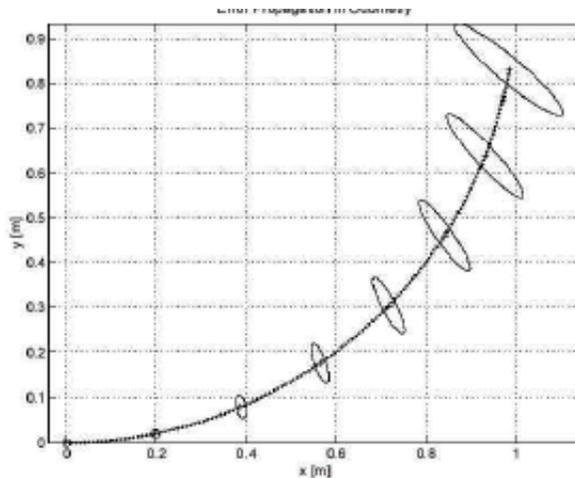


Fig.17. Se muestra el crecimiento de la incertidumbre de la posición en un movimiento circular ($r =$ constante): De nuevo, la incertidumbre perpendicular al movimiento crece mucho más rápido que en la dirección de movimiento. Note que el eje principal de la elipse de la incertidumbre no permanece perpendicular a la dirección de movimiento.

robot móviles. La razón que el (SLAM) es difícil nace precisamente de la interacción entre la actualización de la posición de robot, como éste se localiza y los detalles del lugar. El problema general de construir un mapa- es un ejemplo del problema clásico del huevo y la gallina. Para su localización el robot necesita saber los detalles del lugar, mientras que para construir el mapa, el robot necesita saber donde él está en el mapa.

3.5. Localización basada en rutas:

La ruta que ha de seguir el robot es **explícitamente señalizada**:

- ✓ raíl
- ✓ raíles enterrados y electrificados; el robot se guía en base al efecto inductivo sobre las bobinas empotradas
- ✓ marcas ópticas en el suelo
- ✓ marcas en el suelo realizadas con pintura ópticamente transparente que refleja en el rango ultravioleta

3.6. Localización basada en balizas. Permite determinar la posición del robot en un entorno delimitado por balizas o referencias que se encuentran en posiciones conocidas. La posición del robot es determinada en una forma directa usando el principio de triangulación, a partir de mediciones de distancia o ángulo o combinaciones de ambos. La fiabilidad y precisión que este tipo de estimación ofrece depende fundamentalmente del tipo de señal utilizada (radio frecuencia, ultrasonidos, infrarrojo o laser), de las características del sensor y del tipo de balizas utilizadas en la triangulación

3.6.1: Balizas de tiempo de vuelo

El robot emite señal y espera respuesta de las balizas

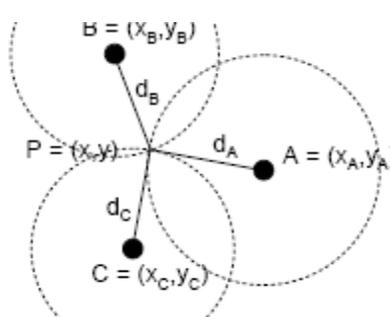
$(t_A, t_B, t_C) \rightarrow (d_A, d_B, d_C)$

$$(1) (x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 = d_A^2$$

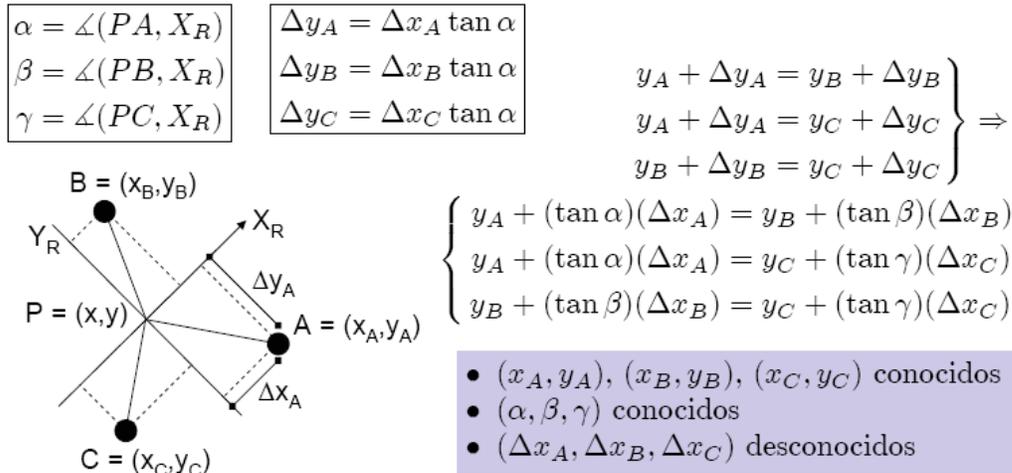
$$(2) (x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = d_B^2$$

$$(3) (x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = d_C^2$$

- $(x_A, y_A), (x_B, y_B), (x_C, y_C)$ conocidos
- (d_A, d_B, d_C) conocidos
- (x, y) desconocidos
- ★ resolver (1,2) y (2,3) p.e. y tomar soluciones para (x, y) que coincidan



3.6.2 Balizas visuales



3.7 Localización basada en marcadores (*landmarks*)

Generalmente, se definen los marcadores como los objetos pasivos situados en el terreno que proporciona un grado alto de precisión en la localización cuando éstos están dentro del campo de vista del robot . Los robots móviles que generalmente hacen uso de los marcadores para la localización usan marcadores artificiales que se han colocados por los diseñadores del robot para hacer la localización fácil. El sistema de control para un navegante basado en marcadores consiste en dos fases discretas.:

Cuando el marcador está en la vista, el robot se localiza frecuentemente y con precisión, usando las tareas de acción y percepción para rastrear su posición sin error acumulativo.

Pero cuando el robot no está en la zona del marcador, entonces sólo la tarea de acción ocurre y el robot acumula un error en la posición, hasta que el próximo marcador entre en el campo de vista del robot

El robot está navegando efectivamente mediante el dead reckoning de una zona de marcador a otra zona de marcador Esto significa a su vez el robot debe consultar su mapa cuidadosamente, asegurando que cada movimiento entre los marcadores es suficientemente corto, así que podrá localizar con éxito al próximo marcador.

- **Marcador** = marcas u objetos pasivos inmersos en el entorno cuya posición (relativa o absoluta) es conocida
 - ✓ *artificiales*: marcas de colores o formas características, códigos de barras, etc.
 - ✓ *naturales*: puerta, esquina, roca, árbol, etc.

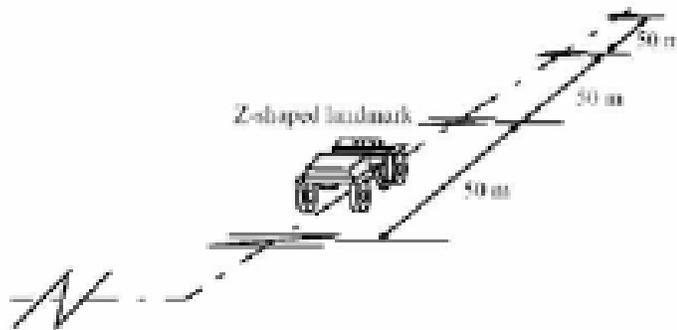


Fig.19 Marcas sobre el terreno en forma de Z

3.8. Localización híbrida: Se combina estos 3 tipos: **odometría /balizas/ marcador**

- **Marcador y balizas** ambos proporcionan información precisa de posición. Cada vez que el robot ve balizas suficientes o bien alcanza un *marcador*, el error de posición pasa a ser 0
- **Odometría** se utiliza cuando el robot no ve suficientes balizas para hacer la triangulación o cuando no alcanza un *marcador*. Se localiza una posición al ver suficientes balizas o al alcanzar un *marcador*

4. Planificación de trayectorias

El primer paso de cualquier sistema de planificación de trayectorias- es transformar posiblemente el modelo continuo del entorno en un mapa discreto, conveniente para el algoritmo escogido de planificación de trayectoria. Los diseñadores difieren acerca de cómo efectuar esta descomposición discreta.

Podemos identificar tres estrategias generales para la transformación:

- ✓ Método mapas de trayectoria (MMT)
- ✓ Método mapas por descomposición (MMD)
- ✓ Método campos de potencial (MCP)

4.3 Método MMT: El mapa de la trayectoria es una descomposición del espacio de la configuración del robot basado específicamente en la geometría del obstáculo. El desafío es construir un grupo de trayectorias que juntas faciliten al robot entrar en un espacio libre de obstáculos, mientras minimizamos el número de trayectorias totales.

Planificación de trayectorias consiste en:conectar puntos de partida y llegada con algunas de los trayectorias, y determinar la secuencia de trayectorias que conduce desde el punto inicial al punto de final. Tenemos dos métodos:

- grafo de visibilidad (los trayectorias están lo más cerca posible de los obstáculos)
- diagrama de Voronoi (los trayectorias están lo más lejos posible de los obstáculos)

4.3.1 MMT: grafo de visibilidad Las características de este método son las siguientes:

- Los nodos que unen todos los pares de vértices que se ven representando la posición inicial y final. Vértices contiguos.
- Buscar el camino más corto.

El algoritmo Dijkstra es típico de este método y consiste en computar todos los caminos más cortos a partir de un nodo de arranque dado en un gráfico totalmente enlazado. Se dan las distancias entre los nodos vecinos como un segmento (n,m) . Es imprescindible la información de la distancia relativa entre todos los nodos y las distancias no deben ser negativas. El método es **completo** y el camino tiene **longitud mínima**.

- Problemas generales de los métodos de grafo de visibilidad:
 - ✓ Necesario poligonalizar el entorno
 - ✓ los caminos deben bordear los obstáculos
 - ✓ poco eficiente si hay muchos obstáculos

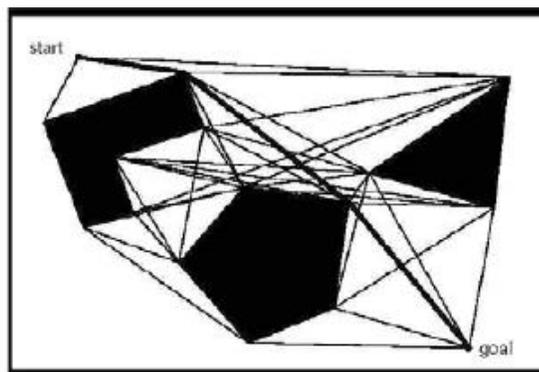


Fig.20 Grafo de visibilidad

4.3.2 MMT: Diagrama. de Voronoi El diagrama de Voronoi consiste en líneas construidas a partir de todos los puntos que son equidistante de dos o más obstáculos. Es un método de camino completo que tiende a maximizar la distancia entre el robot y los obstáculos en el mapa.. El diagrama de Voronoi tiene una debilidad importante en el caso de localización con sensores de rango limitado. Ya que este algoritmo de planificación de trayectorias aumenta al máximo la distancia entre el robot y los obstáculos, entonces cualquier sensor de corto alcance en el robot estará en el peligro de fallar al sensar sus alrededores. Si se usan sensores de corto alcance para la localización, entonces el camino escogido será bastante pobre.

- Une los puntos que son equidistantes a dos o más obstáculos.para cada punto, registrar la distancia al obstáculo más próximo.

- El método es **completo** pero **la trayectorias no es óptimo**
- Desplazar el robot maximizando el número de lecturas de distancia mínima a los obstáculos circundantes (regla para construir el diagrama de Voronoi)

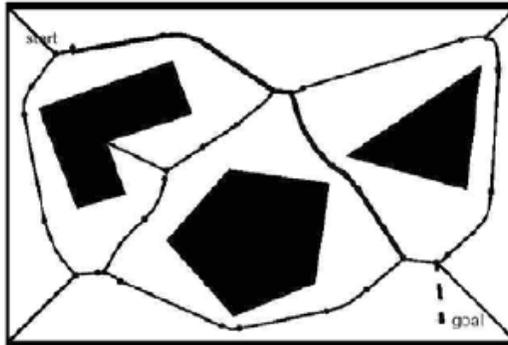


Fig.21 Grafico Voronoi

4.4. Métodos MMD. La descomposición por tramos o célula se basa en diferenciar entre las áreas geométricas o las células que son libres o no están ocupadas y las áreas que están ocupadas por los objetos.

- dividir el espacio en regiones conectadas (celdas)
- construir el grafo de conectividad de las celdas resultantes

- determinar en qué celdas se encuentran los puntos de partida y llegada
- buscar un camino entre la celda de partida y llegada
- determinar el camino a seguir dentro de cada celda ejemplo. entre puntos medios de las fronteras entre celdas

4.4.1 MMD: Descomposición exacta

La figura muestra la descomposición celular exacta, por lo cual el límite de células está basado en la geometría crítica. Las células resultantes son cada una completamente vacías o completamente ocupadas, y por tanto la planificación de camino en la red está completa. La abstracción básica detrás de tal descomposición es que la posición particular del robot dentro de cada célula de espacio libre no es importante; lo que importa es más bien la habilidad del robot de atravesar de una célula libre a las células libres adyacentes..La principal desventaja de la descomposición celular exacta es que el número de células y por consiguiente en la planificación del camino total su eficiencia computacional depende de la densidad y complejidad de los obstáculos en el camino.

- Método completo depende de la complejidad geométrica de los obstáculos y del número de obstáculos.
- eficiente para entornos grandes con pocos obstáculos

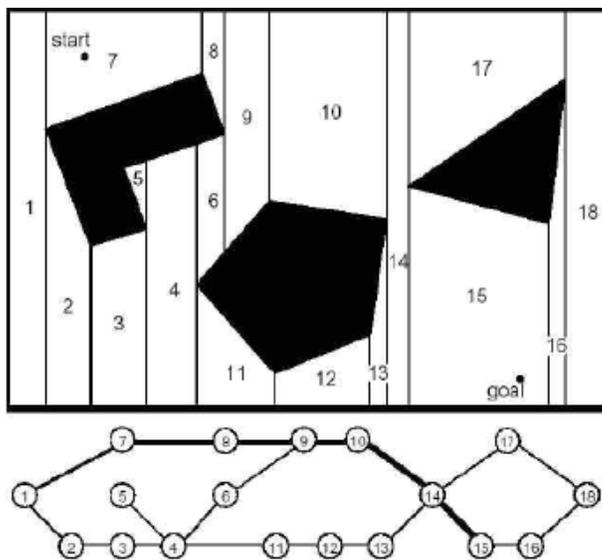


Fig.22 Descomposición exacta

4.4.2 MMD: *Descomposición aproximada celdas fijas*

Por el contraste, la descomposición celular aproximada es uno de las técnicas más populares para la planificación de trayectoria del robot móvil. El tamaño celular no es dependiente de los objetos particulares en un ambiente absoluto, y pueden perderse los pasillos tan estrechos debido a la naturaleza inexacta de los mosaicos.

En la práctica, esta desventaja no es grave, debido al tamaño celular muy pequeño usado (por ejemplo, 5 centímetro en cada lateral). El gran beneficio de tamaño fijo en la descomposición celular es el bajo costo computacional en la complejidad de la planificación de la trayectoria.

- complejidad no depende del número de obstáculos ni de su complejidad geométrica, sólo linealmente del número de celdas
- teóricamente, no es completo (pueden desaparecer las trayectorias estrechas)

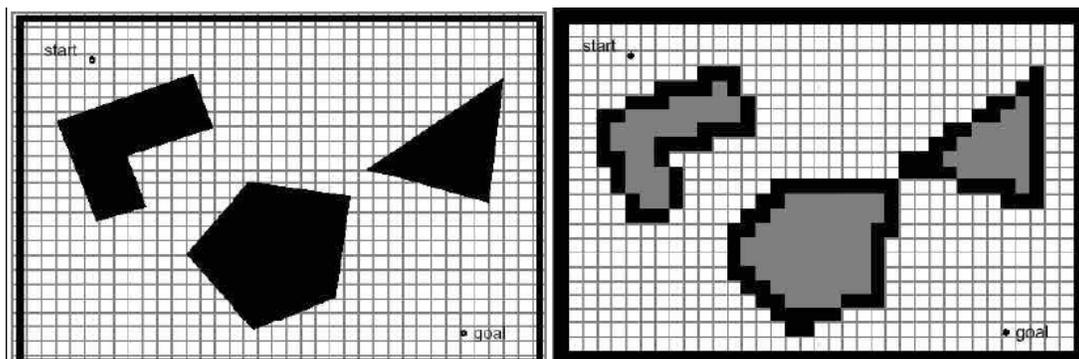


Fig.23 Descomposición aproximada celdas fijas

4.4.3. MMD: **Descomposición aproximada celdas adaptativas**

Ejemplo de la descomposición adaptativa (célula aproximadamente variable) de un entorno. El rectángulo que limita el espacio libre, se descompone en cuatro rectángulos idénticos. Si el interior de un rectángulo descansa completamente dentro de un espacio libre o dentro del espacio de un obstáculo, entonces no se descompone más. De lo contrario es descompuesto recursivamente en cuatro rectángulos hasta que alguna solución predefinida se alcance. Las células blancas quedan fuera de los obstáculos, las negras dentro de los obstáculos y las grises es parte de ambas regiones.

- igual que antes sobre celdas de **tamaño variable**
- definir camino dentro de cada celda teóricamente, **no es completo**

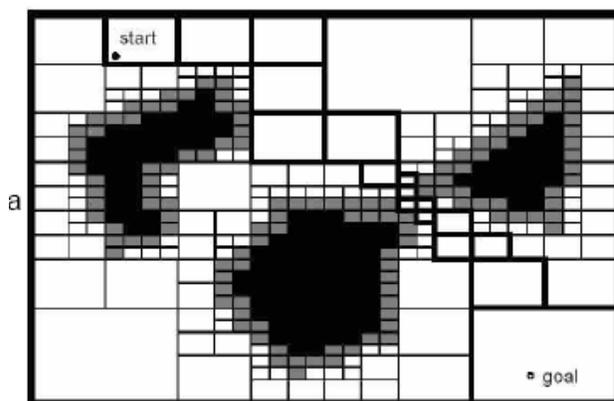


Fig.24 Descomposición aproximada celdas adaptativas

4.5 Métodos MCP:

La planificación de trayectoria mediante campo potencial, crea un campo, o gradiente, mediante el mapa el robot se dirige hasta la posición de la meta a partir de múltiples posiciones iniciales. Este procedimiento fue originalmente inventado para la planificación de trayectorias en manipuladores robóticos y se usa a menudo y bajo muchas variantes en la comunidad de la robótica móvil. El método trata al robot como un punto bajo la influencia de un campo potencial artificial.

El robot se mueve siguiendo el campo potencial, así como una pelota rodaría loma abajo. La meta (un mínimo en este espacio) actúa como una fuerza atractiva sobre el robot y los obstáculos actúan como las crestas, o fuerzas repulsivas. La superposición de todas las fuerzas se aplican al robot que, en la mayoría de los casos, se asume que es un punto en el espacio de la configuración (vea figura). Tal campo potencial artificial guía fácilmente al robot hacia la meta mientras evita simultáneamente los obstáculos conocidos.

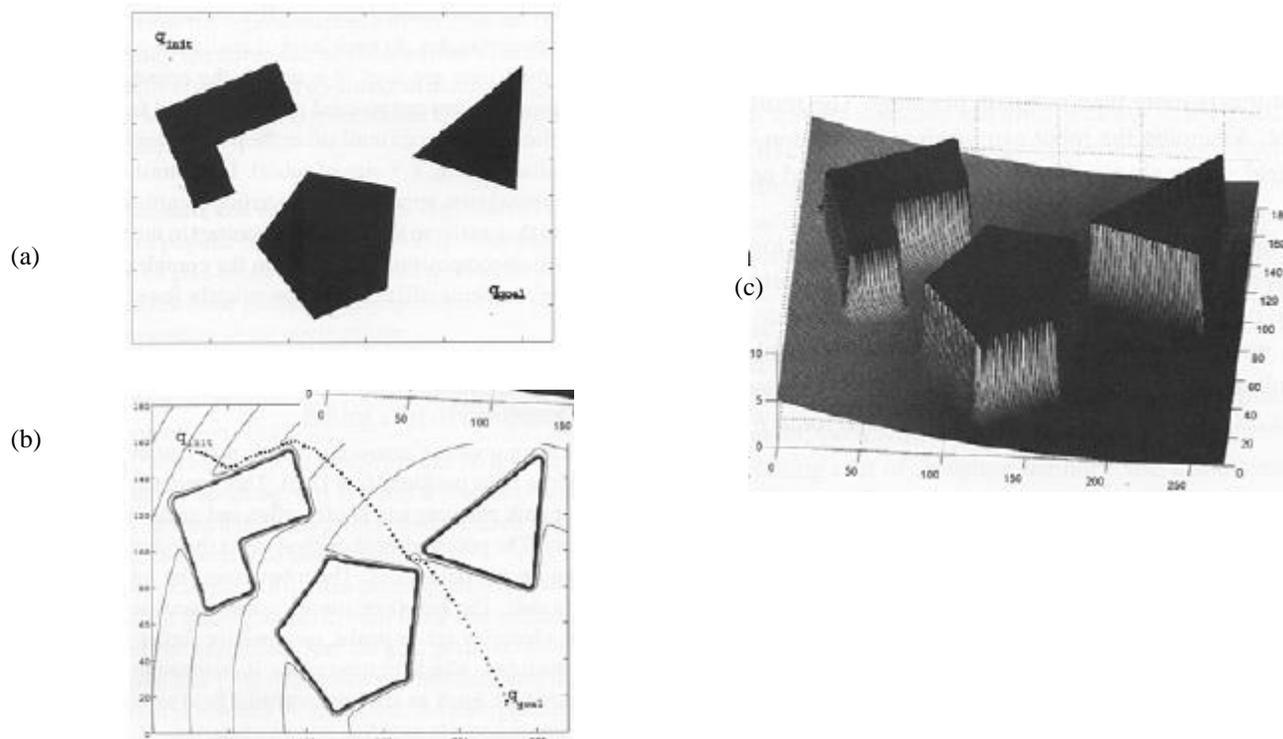


Fig.25 Campo potencial típico generado por la meta atrayendo al robot y dos obstáculos. (a) Configuración de los obstáculos, arranque (parte superior izquierda) y meta (parte inferior derecha). (b) Ploteo equipotencial y el camino generado por el campo. (c) Campo potencial resultante generado por la atracción de la meta y los obstáculos)

5. Evasión de Obstáculos

Durante la ejecución de la trayectoria, los datos reales que el sensor del robot ha medido, pueden discrepar con los valores esperados debido a la inexactitud del mapa o un ambiente dinámico. Por consiguiente, es importante que el robot modifique su trayectoria en tiempo real, basado en los datos del sensor. Esto es la tarea de Evasión de

obstáculos: No se planifican a nivel global. Evitan los obstáculos a medida que los ven. Algunos emplean mapas

Presentaremos algunos de los sistemas que son usados con más éxito en la robótica móvil.

- Bug1, Bug2
- Histograma de Campo de Vectores: VFH, VFH+
- Camino de burbujas (*bubble band*)
- Velocidad de curvatura (*curvature velocity*, CVM)
- Ventana dinámica

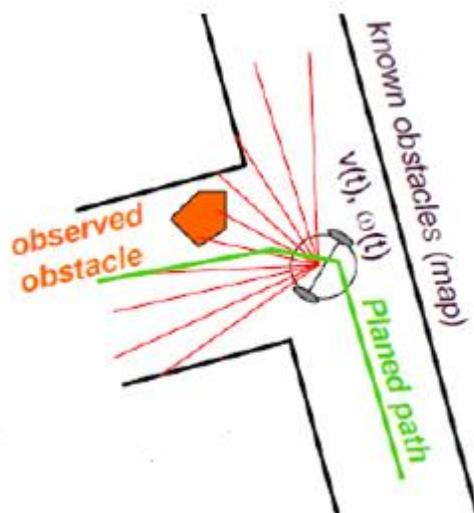


Fig.26 Robot detectando obstáculos

5.1 Algoritmo Bug1

El algoritmo Bug representa el algoritmo más simple de evasión de obstáculos, en tal técnica sólo se usan los valores más recientes de sensor de robot, y el robot solo necesita, adicionar a los valores del sensor la información aproximada con respecto a la dirección de la meta. Con Bug1, el robot primero rodea totalmente al objeto, entonces se desvía a partir de este punto con la distancia más corta hacia la meta. Este procedimiento es, por supuesto, muy ineficaz pero garantiza que el robot alcance la meta.

- Seguir el contorno de cada obstáculo a partir de contacto con el obstáculo
- Circumnavegación completa hasta que se abandona el seguimiento en el punto más cercano al objetivo

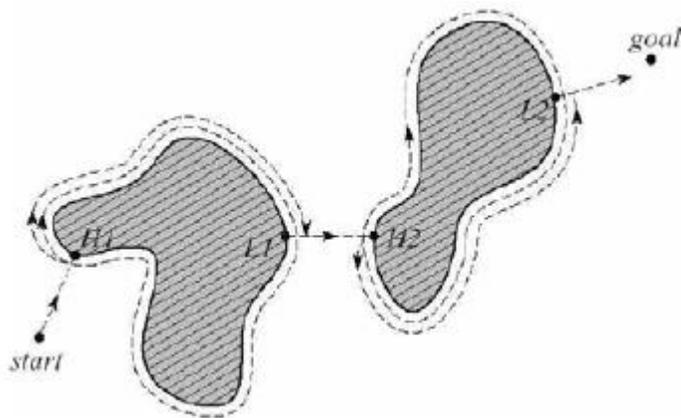


Fig.27 Evasión de obstáculos mediante el algoritmo Bug1

5.2 Algoritmo Bug2

Con Bug2 el robot empieza a seguir el contorno del objeto, pero se desvía inmediatamente cuando se mueve directamente a la meta. En general este algoritmo Bug mejorado tendrá significativamente el recorrido total del robot más corto, como es mostrado en figura. Sin embargo, se pueden construir situaciones en que Bug2 es arbitrariamente ineficaz (es decir, no óptimo)

- Seguir el contorno de los obstáculos siempre a la izquierda o a la derecha
- Abandonar seguimiento cuando se corta la **M-line** (= start → goal)

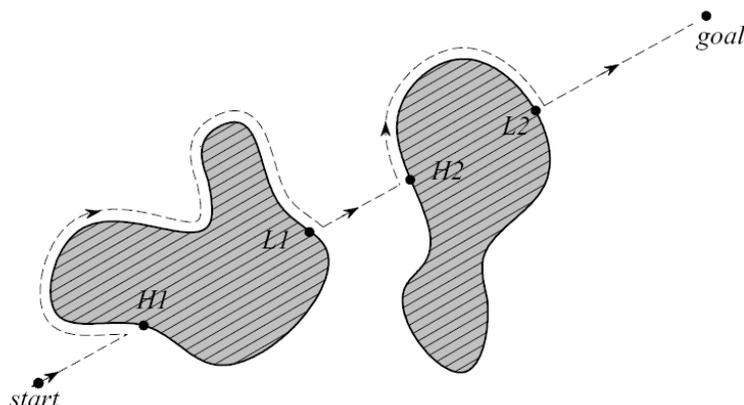


Fig.28 Evasión de obstáculos mediante el algoritmo Bug 2

5.3 Histograma de campo de vectores (VFH)

Las técnicas de VFH crean un mapa local del entorno alrededor del robot. Este mapa local es una rejilla de ocupación pequeña, sólo llena relativamente por las recientes lecturas de rango de sensor. Para la evasión del obstáculo, VFH genera un histograma polar como es mostrado en figura. El eje x representa el ángulo a que el obstáculo fue encontrado y el eje y representa la probabilidad que hay realmente de un obstáculo en esa dirección basada en los valores de la rejilla de ocupación. De este histograma una dirección de conducción es calculada. Primero todas las aperturas suficientemente grande se identifican para que el vehículo las atraviese. Entonces una función del costo se aplica a cada apertura candidata. El paso con el costo más bajo es escogido. La función del costo tiene tres condiciones:

$$G = (a \times \text{target dir diff}) + (b \times \text{wheel dir diff}) + (c \times \text{prev dir diff})$$

dirección_meta = la alineación del camino del robot con la meta;

orientación_rueda = la diferencia entre la nueva dirección y la orientación de la rueda actual;

dirección_anterior = la diferencia entre la dirección previamente seleccionada y la nueva dirección.

- rejilla de ocupación local probabilística
- histograma de direcciones que apuntan a obstáculos
- umbral para detectar direcciones probablemente obstaculizadas
- rangos de direcciones suficientemente anchos

- minimizar función de coste entre las direcciones supervivientes:

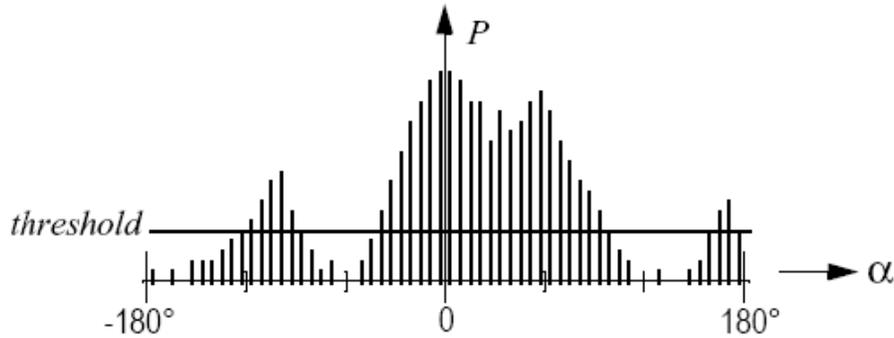


Fig. 29. Histograma polar

5.4 Histograma de campo de vectores mejorado (VFH+)

En el VFH+ mejorado una de las fases de reducción, tiene en cuenta un modelo simplificado de las posibles trayectorias del robot en movimiento, basado en sus limitaciones cinemáticas (por ejemplo, el radio de giro para un vehículo de Ackerman). El robot es modelado para moverse en arcos o líneas rectas. Un obstáculo bloquea todas las trayectorias aceptables del robot las cuales pasan a través del obstáculo, vea la figura a. Esto produce un histograma polar enmascarado dónde los obstáculos son agrandado para que todas las trayectorias cinemáticamente bloqueadas se tenga en cuenta. El histograma se construye teniendo en cuenta las limitaciones cinemáticas del vehículo

- movimiento compuesto de desplazamientos rectos y circulares

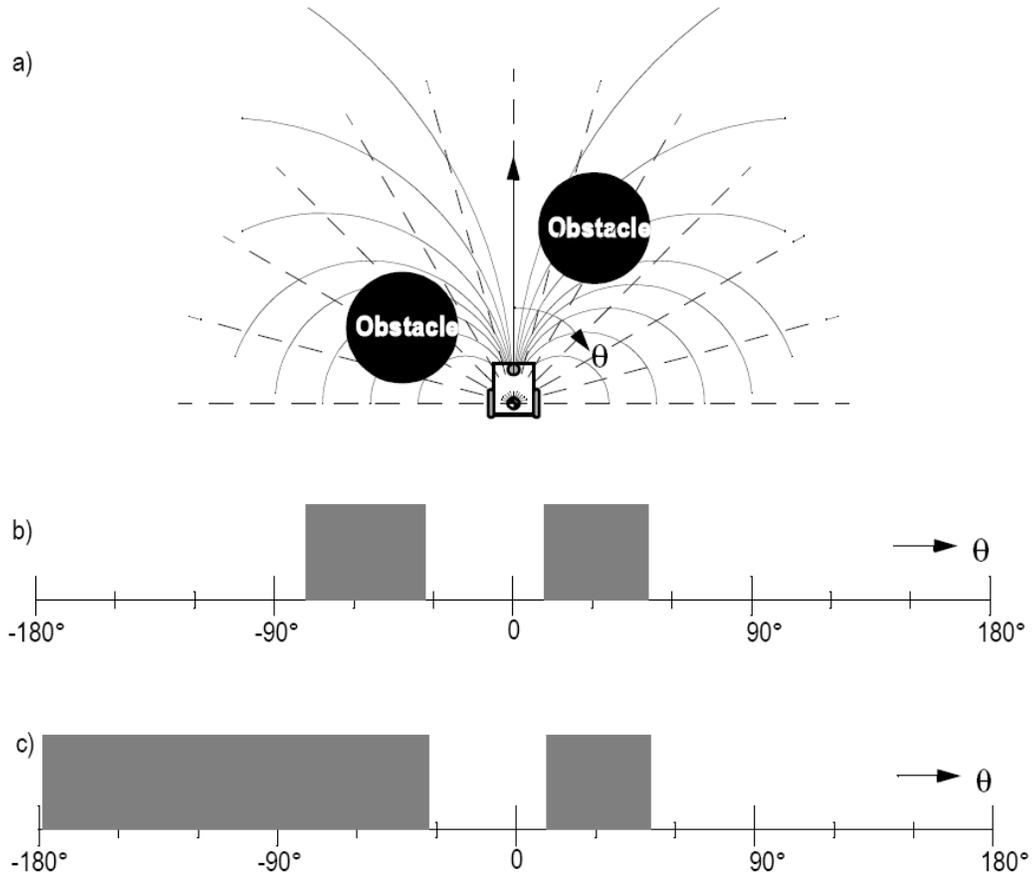


Fig.30 El ejemplo de direcciones bloqueadas y los histogramas polares resultantes. (a) el Robot y los obstáculos bloqueados. (b) el histograma Polar. (c) el histograma polar enmascarado.

5.5 Camino de burbujas (*bubble band*)

Una burbuja se define como el subconjunto local máximo del espacio libre alrededor de una configuración dada de un robot que puede viajar en cualquier dirección sin colisión. La burbuja es generada usando un modelo simplificado del robot junto con la información del rango, disponible en el mapa del robot. Incluso con modelo simplificado de la geometría del robot, es posible tener en cuenta la forma real del robot al calcular el tamaño de la burbuja ver figura.

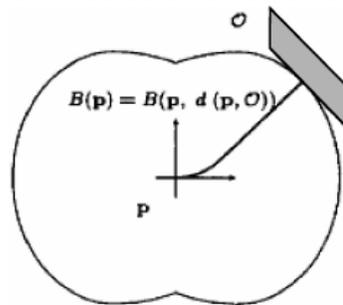


Fig.31 Forma de la burbuja alrededor del robot

Dado tales burbujas, una banda o anillos de burbujas pueden usarse a lo largo de la trayectoria desde la posición inicial del robot hasta su posición en la meta para mostrar al robot el esperado espacio libre a lo largo de su camino, ver figura. Claramente, computar la banda de burbujas requiere un mapa global.

burbuja = espacio libre máximo que puede ser alcanzado en cualquier dirección sin riesgo de colisión

- Ya generado es utilizado un mapa con información de los obstáculos estáticos y dinámicos y un modelo simplificado del robot.
- Se genera un “camino de burbujas” que conecta el punto inicial y el final. Existe una planificación global sobre un mapa global (minimiza la tensión” de la banda).
- Camino del planificador se refina para conseguir una trayectoria suave.

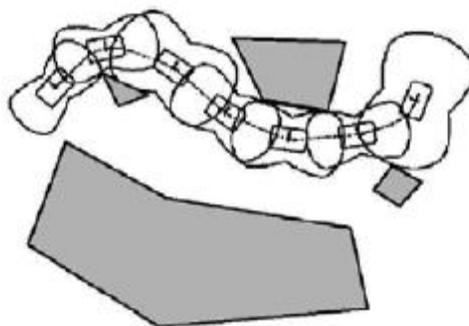


Fig. 32 Una típica banda de burbuja

5.6 Velocidad de curvatura (CVM)

El procedimiento de la velocidad de curvatura (CVM) se habilita las restricciones cinemáticas reales e incluso algunas restricciones dinámicas del robot a tener en cuenta durante evasión de obstáculo. Esta es una ventaja de este método por encima de las técnicas anteriores. CVM empieza agregando las restricciones físicas del robot y del ambiente a un espacio de velocidad. El espacio de velocidad consiste de una velocidad rotacional w y velocidad translacional v , asumiendo así que el robot sólo viaja a lo largo de arcos de círculos con la curvatura. $c = \omega/v$

- define velocidad de curvatura $c = \omega/v$ en movimiento en arcos circulares.
- selecciona curvatura óptima considerando sólo curvaturas tales que:
- $-v_{max} < v < v_{max}$, $-\omega_{max} < \omega < \omega_{max}$.
- curvaturas que verifican las restricciones cinemáticas y dinámicas.
- curvaturas no bloqueadas por obstáculos: trayectoria circular que intersecciona con obstáculo (se asumen circulares)

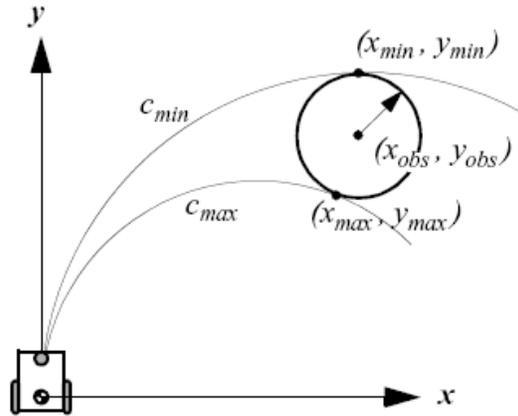


Fig. 33 Curvaturas tangentes al obstáculo

5.7. Ventana dinámica

Otra técnica que tiene en cuenta las restricciones cinemáticas del robot es el método de la ventana dinámica de evasión de obstáculos. Un modelo dinámico simple pero muy eficaz. En el procedimiento de la ventana dinámica local, la cinemática del robot se tiene en cuenta buscando un espacio de velocidad bien escogido. El espacio de velocidad de todo los posibles conjuntos de velocidades (v, ω) donde v es la velocidad y ω es la velocidad angular. El procedimiento asume que los robots sólo se mueven en arcos circulares representando cada conjunto de velocidades, por lo menos durante un intervalo $v(k), \omega(k)$ durante $\Delta t \Rightarrow$ movimiento = Σ arcos circulares pares (v, ω) que pueden ser alcanzados por el robot (aceleración máxima durante Δt). sólo (v, ω) que aseguran que el vehículo podrá parar antes de impactar con un obstáculo.

maximizar función objetivo:

$$O = (a \times \text{heading}(v, \omega)) + (b \times \text{velocity}(v, \omega)) + (c \times \text{distance}(v, \omega))$$

- heading = f (alineación con el objetivo)
- velocity = g (cuanta más velocidad mejor)
- distance = h (distancia al obstáculo más cercano)

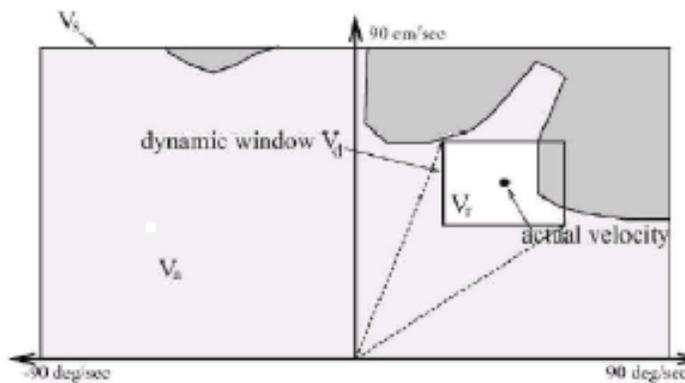


Fig.34 El procedimiento de la ventana dinámica. La ventana rectangular muestra las posibles velocidades (v, ω) y la superposición con los obstáculos en el espacio de la configuración.

6. Conclusiones

1. Se analizó la importancia de los métodos de localización, ya que es fundamental conocer la posición del robot para que el mecanismo de control lo guíe hacia la meta evadiendo los obstáculos que puedan aparecer.
2. Se vio las ventajas y desventajas del GPS, un método poderoso de localización pero que no se puede utilizar en escenario en los cuales no hay visibilidad.
3. Se revisó que el método de la odometría, aunque su empleo introduce errores acumulativos, en combinación con otros es útil en la localización del robot.
4. Se mencionó brevemente la importancia de los métodos probabilísticos por la presencia de ruido en el entorno y en los aparatos de medición.
5. Se trataron los métodos que hacen uso de las referencias como baliza y marcadores y la combinación de estos con la odometría.
6. El otro problema crucial de la navegación es el conocimiento del entorno por donde se moverá robot, lo que ha dado origen a un número grande de métodos, para la construcción de mapas si estos no existieran..
7. Se analizó las características de los mapas continuos y discretos resaltando las ventajas de los discretos.
8. Se vieron detalladamente las tres estrategias generales de planificación de trayectorias, para la transformación de mapas continuos a discretos.
9. Se hizo un análisis del novedoso método del Campo Potencial, basado en la atracción del robot por la meta y la repulsión con los obstáculos .
10. Finalmente se vieron en forma somera 7 métodos de evasión de obstáculos

7. Bibliografía

1. Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, Ed, MIT Press, 2004
2. Gregory Dudek, Michael Jenkin, *Computational Principles of Mobile Robotics*, Ed, Cambridge University Press, 2000
3. J. Borenstein, H.R. Everett, L. Feng, *Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning*, Ed., Michigan University, Ann Arbor 1996 (available at <http://www-personal.engin.umich.edu/~johannb/position.htm>)

CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y DOCENCIA

CITID 2013

2013

