

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Simulación de Sistemas
Clave de la asignatura:	SED - 1802
SATCA¹:	2 – 3 – 5
Carrera:	Ingeniería Electromecánica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura de Simulación de Sistemas permitirá al egresado del Programa Educativo de Ingeniería Electromecánica analizar, predecir y evaluar el comportamiento de distintos sistemas electromecánicos mediante simulación numérica. Ello proporcionará una herramienta de análisis indispensable cuya aplicación a la solución de problemas ingenieriles será inmediata.

El curso le permitirá al alumno conocer los conceptos básicos del método de diferencias finitas, elemento finito y volumen finito con el fin de manejar las herramientas matemáticas y de cómputo para el análisis de problemas complejos de electricidad y magnetismo, transferencia de calor, flujo de fluidos, análisis de esfuerzos y deformaciones en piezas mecánicas ante cargas estáticas y térmicas. La metodología del curso hará énfasis en el estudio de problemas aplicados, a través del uso de los respectivos programas, por lo que brindará a los estudiantes las competencias de articular la teoría con la práctica, sin dejar de lado la interpretación física y fenomenológica de los problemas planteados.

Este curso introductorio servirá como base sólida sobre la cual construir el estudio posterior de temáticas de mayor complejidad, en donde la profundidad de los análisis efectuados y el nivel de los problemas presentados tenderá a ser creciente y más cercana a la realidad.

El curso es profundo y directo, sin dejar de lado la practicidad y la agilidad requerida por los tiempos actuales. Se trata de una instancia de formación donde cada tema teórico encuentra su aplicación directa a muchos de los problemas que a diario debe resolver el Ingeniero Electromecánico.

Intención didáctica

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

El programa se organiza en seis temas los cuales se enfocan en la solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales como modelos matemáticos que representen fenómenos del ámbito eléctrico y mecánico. Esta asignatura está enfocada en los métodos de diferencias finitas, elemento finito y volumen finito.

Estos temas deben ser tratados de manera tal que se resalte la importancia de la solución numérica computacional como una herramienta poderosa para la predicción del comportamiento de sistemas eléctricos y/o mecánicos presentes en diversos problemas ingenieriles. Así mismo, es altamente recomendable que el profesor destaque las ventajas y desventajas de cada uno de los tres métodos para garantizar que el alumno adquiera la competencia de seleccionar el método más adecuado para resolver un problema específico.

En el primer tema se realiza una introducción a los métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales parciales con valores en la frontera. Se abordan los conceptos fundamentales de las ecuaciones diferenciales y las condiciones de frontera a las que pueden ser sometidas de acuerdo al fenómeno que representen. Adicionalmente, se explican las fases del proceso de solución numérico y se finaliza con los fundamentos de la discretización. En el segundo tema se presentan los conceptos y aplicaciones del método de diferencias finitas. Los temas tres y cuatro, se enfocan al método del elemento finito mientras que los temas cinco y seis hacen lo propio para el método de volumen finito. En los temas tres y cinco se estudian los conceptos fundamentales de cada método y en los temas cuatro y seis se contemplan las aplicaciones de los mismos empleando formulaciones propias, así como software especializado. Para problemas sencillos, se recomienda el desarrollo de códigos numéricos propios. Mientras que, para problemas más complejos, se sugiere el uso de software especializado. De esta manera, la formación del alumno será más completa en el campo de la simulación de sistemas.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
09 de Abril del 2018. Instituto Tecnológico de Zacatepec.	Academia de Ingeniería Electromecánica.	Convocatoria para la elaboración del programa de especialidad 2018–2021.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Elabora, interpreta y simula modelos de sistemas mecánicos y eléctricos mediante la utilización de los métodos de diferencias finitas (MDF), de elemento finito (MEF) y de volumen finito (MVF) con la ayuda de la herramienta computacional adecuada.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Métodos numéricos • Resuelve problemas de aplicación en ingeniería con métodos numéricos mediante un lenguaje de programación. • Conoce y aplica conceptos de electricidad y magnetismo. • Conoce y aplica conceptos de la mecánica de materiales como esfuerzo y equilibrio, métodos de energía, deformación unitaria y desplazamiento, diseño del esfuerzo normal máximo. • Conoce y aplica los conocimientos básicos de la mecánica de fluidos y la transferencia de calor. • Conoce y aplica las herramientas de dibujo computarizado (CAD).

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción	1.1 Ecuaciones parabólicas, elípticas e hiperbólicas 1.2 Condiciones de frontera. 1.3 Fases del proceso de la solución numérica. 1.3.1 Fase de pre procesamiento. 1.3.2 Fase de solución. 1.3.3 Fase de post procesamiento. 1.4 Fundamentos de discretización.
2	Método de diferencias finitas.	2.1 Operadores en diferencias finitas. 2.2 Métodos de diferencias finitas en 1D y 2D.

		<p>2.3 Aplicaciones MDF.</p> <p>2.4 Ventajas y desventajas del MDF.</p>
3	Conceptos del Método de Elemento Finito	<p>3.1 Método de residuos pesados, teoría de elemento finito.</p> <p>3.2 Desarrollo de Formulación 1D por el método de Rayleigh-Ritz.</p> <p>3.3 Extensión de la formulación a 2D y 3D.</p> <p>3.4 Ventajas y desventajas del MEF.</p>
4	Aplicaciones del método de elemento finito	<p>4.1 Armaduras en 2D y 3D.</p> <p>4.2 Vigas y marcos sólidos.</p> <p>4.3 Vibraciones mecánicas.</p> <p>4.4 Transferencia de calor.</p> <p>4.5 Campo eléctrico.</p> <p>4.6 Uso de software especializado.</p>
5	Conceptos del método de volumen finito.	<p>5.1 Método del volumen de control, teoría de volumen finito.</p> <p>5.2 Discretización de la ecuación de convección-difusión: difusión pura 1-D.</p> <p>5.3 Extensión de la formulación a 2D y 3D.</p> <p>5.4 Discretización de la ecuación de convección-difusión para convección 1-D.</p> <p>5.5 Ventajas y desventajas del MVF.</p>
6	Aplicaciones del método de volumen finito.	<p>6.1 Difusión de calor.</p> <p>6.2 Ecuación del potencial.</p> <p>6.3 Transporte convectivo.</p> <p>6.4 Uso de software especializado.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1: Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los diferentes tipos de ecuaciones diferenciales parciales. Aplica las diferentes etapas de procesamiento en la solución de dichas ecuaciones. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis. Conocimientos generales básicos. Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar en la bibliografía recomendada los tipos de ecuaciones diferenciales parciales en el contexto electromecánico y sus aplicaciones físicas. Identificar y aplicar las diferentes condiciones de frontera para la solución particular de ecuaciones diferenciales parciales de acuerdo con el fenómeno físico de interés.
2: Método de Diferencias Finitas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los rasgos característicos del método de Diferencias Finitas y sus aplicaciones. Aplica el método de diferencias finitas en la solución de modelos de sistemas electromecánicos. Analiza e interpreta los resultados obtenidos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Solución de problemas. Toma de decisiones. Capacidad de análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar en la bibliografía recomendada el Método de Diferencias Finitas en el contexto electromecánico y sus aplicaciones físicas. Formular el modelo matemático a partir de las ecuaciones gobernantes de acuerdo con el fenómeno físico de interés. Resolver el modelo matemático con el MDF Verificar resultados con problemas de referencia. Discutir las ventajas y desventajas del método de diferencias finitas.
3: Conceptos del Método de Elemento Finito	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los rasgos característicos del método de Elemento Finito y sus 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar en la bibliografía recomendada el Método de Elemento Finito en el contexto electromecánico y sus aplicaciones

<p>aplicaciones.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. 	<p>físicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> Formular el modelo matemático a partir de las ecuaciones gobernantes de acuerdo con el fenómeno físico de interés. Discutir las ventajas y desventajas del método de elemento finito.
<p>4: Aplicaciones del Método de Elemento Finito</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplica el método de elemento finito en la solución de modelos de sistemas electromecánicos. Usa el software comercial adecuado para resolver problemas con el método de elemento finito. Analiza e interpreta los resultados obtenidos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Solución de problemas. Toma de decisiones. Capacidad de análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> Resolver el modelo matemático con el MEF. Verificar resultados con problemas de referencia. Investigar el software comercial disponible que utilice el método de elemento finito. Utilizar software especializado para la solución de problemas.
<p>5: Conceptos del Método de Volumen Finito</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los rasgos característicos del método de Volumen Finito y sus aplicaciones. Plantea el método de discretización de la ecuación de Laplace y Poisson. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis. Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Capacidad para trabajar en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar en la bibliografía recomendada el Método de Volumen Finito en el contexto electromecánico y sus aplicaciones físicas. Formular el modelo matemático a partir de las ecuaciones gobernantes de acuerdo con el fenómeno físico de interés. Desarrollar un código numérico para resolver problemas difusivos 1D. Investigar los algoritmos de solución de las ecuaciones de Navier-Stokes para la simulación de flujo de fluidos con el método de volumen finito. Discutir las ventajas y desventajas

	del método de volumen finito.
6: Aplicaciones del método de volumen finito	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica el método de volumen finito en la solución de modelos de sistemas electromecánicos. • Usa el software comercial adecuado para resolver problemas con el método de volumen finito. • Analiza e interpreta resultados a partir de las simulaciones. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver problemas de transporte difusivo en 1D y 2D. • Graficar campos y perfiles de las variables de interés para discutir los resultados de la simulación. • Investigar el software comercial disponible que utilice el método de volumen finito. • Utilizar software especializado para la solución de problemas.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un programa para aplicar los diferentes métodos para resolver un problema sencillo (Ec. de Laplace para campo eléctrico o conducción de calor, con distintas condiciones de frontera). • Utilizar software comercial para aplicar los diferentes métodos para resolver problemas complejos (conducción de calor en estado transitorio en aletas con distintas geometrías, distribución de velocidades y pérdida de calor en accesorios de tuberías, modelado de campo magnético, potencial eléctrico, convección natural y esfuerzos mecánicos en transformadores de distribución, distribución de potencial eléctrico en aisladores). • Resolver problemas de referencia (benchmark) para verificar la metodología de solución de cada método.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en evaluar aquellas actividades que mejor representen el significado de las competencias:

- Desarrollo de prácticas aplicando seguimiento en el desarrollo del programa.
- Participar en actividades individuales y de equipo.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Exámenes prácticos para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Desarrollar proyectos de dibujo con el manejo de software de actualidad que contemple ensamble, despiece, conjuntos en estructura de alambre y sólido.

11. Fuentes de información

- 1.- Finite Element Analysis. Theory and Application with ANSYS. Saeed Moaveni. Ed. Pearson Prentice Hall. (2008).
- 2.- The Finite Element Method and Application in Engineering Using ANSYS. Erdogan Madeci., Ibrahim Guven., Edtl. Springer (2006)
- 3.- A First Course in the Finite Element Method. Daryl L. Logan., Edtl. Thomson (2007).
- 4.-Engineering Analysis with ANSYS Software. T. Stolarsky., Y. Nakasone and S. Yoshimoto., Edtl. Elsevier Butterworth-Heinemann. (2006).
- 5.- Numerical heat and fluid flow. Suhas V. Patankar, Ed. McGraw-Hill (1980)
- 6.- Dinámica de fluidos computacional para ingenieros. J. Xamán, M.A. Gijón-Rivera, Ed. Palibrio (2016).
- 7.- An introduction to computational fluid dynamics. The finite volumen method. H.K. Versteeg, W. Malalasekera, Ed. Pearson (2007)
- 8.- Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, G.E. Myers Mc Graw Hill (1971).
- 9.-Computational Fluid Dynamics. The basics with applications, J.D. Anderson Jr, McGraw-Hill (1995)