UNIVERSIDAD DE SONORA
Unidad Regional Centro
División de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial
LICENCIATURA INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

Nombre de la Asignatura: MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS					
Clave: 4651	**Créditos:** 7	**Horas totales:** 80	**Horas Teoría:** 2	**Horas Práctica:** 1	**Horas Semana:** 5
Modalidad: Presencial			**Eje de Formación:** Integrador		
Elaborado por: DR. VÍCTOR MANUEL HERRERA JIMÉNEZ, DR. CARLOS FIGUEROA NAVARRO					
Antecedente: Modelación Mecánica, Fluidos y Calor			**Consecuente:** Ninguno		
Carácter: Obligatoria			**Departamento de Servicio**: Ingeniería Industrial		

Propósito:

Obtener mediante un análisis de ingeniería, la capacidad de identificar los principios físicos básicos que rigen el comportamiento de un sistema, además transformar esos principios en modelos matemáticos, compuestos por ecuaciones, que puedan ser resueltas computacionalmente para predecir el funcionamiento cualitativo y cuantitativo del sistema. Este curso es una introducción a los fundamentos teóricos del método conocido como análisis de elemento finito, e incluye el aprendizaje sobre su implementación práctica en un software comercial como el Solidworks o ANSYS, para resolver problemas reales de Ingeniería en Mecatrónica. El curso está enfocado en el análisis mecánico/estructural de materiales sólidos.

I. Contextualización

Introducción:

La asignatura proporciona los conocimientos necesarios para el análisis de elementos de máquinas mediante el uso de la técnica denominada método de elemento finito y el uso de programas de computadora para lograr agilizar el análisis y optimización de los diseños mediante software apropiado. La asignatura permite al egresado del Programa Educativo de Ingeniería en Mecatrónica examinar y evaluar de forma analítica los diseños mecánicos.

El análisis de elemento finito busca que el Ingeniero en Mecatrónica tenga la capacidad de identificar los principios físicos básicos que rigen el comportamiento de un sistema, además convertir esos principios en modelos matemáticos, que, tratados con un software adecuado, se pueda pronosticar como es el trabajo que efectúa el sistema. El modelo matemático resultante debe ser consistente y representar las bases y principios físicos del sistema a modelar.

El método de elemento finito es una técnica numérica que soluciona o se aproxima a una solución a un sistema de ecuaciones diferenciales relacionadas a un problema de carácter físico o ingenieril. Tal método es en la actualidad una poderosa herramienta para el diseño de piezas mecánicas sometidas a esfuerzos, fatigas, calor, cargas eléctricas, magnéticas o de otro carácter físico. Permite planear el diseño de elementos mecánicos, neumáticos y de estructuras. Las unidades didácticas que conforman el curso se mencionan a continuación.

En la Unidad didáctica I trata sobre conceptos fundamentales y el software para el método. La unidad incluye antecedentes y revisión de fundamentos teóricos, la teoría de elemento finito, generalidades y aplicaciones en la industria e investigación. En efecto la unidad consiste en observaciones fundamentales del método del elemento finito, ejemplos de su aplicación, comentarios con respecto a otros métodos similares y antecedentes históricos.

En la Unidad didáctica II se abordan los problemas unidimensionales (elementos tipo barra), que incluye el desarrollo de Formulación 1D por el método de Rayleigh-Ritz, selección de elementos, aplicaciones de carga y condiciones de frontera, problemas de aplicación y validación. En efecto,, el fin es obtener los conocimientos necesarios para la obtención de la formulación matemática de aproximación Rayleigh-Ritz.

En las Unidades didácticas III, IV y V se abordan armaduras (elementos tipo barra), vigas y superficies. La idea es tener las respuestas de los materiales y sus reacciones físicas ante un esfuerzo térmico mecánico o eléctrico. Un amplio rango de funciones objetivo (variables con el sistema) están disponibles para la minimización o la maximización: masa, volumen, temperatura energía tensional, esfuerzo tensional, desplazamiento, velocidad, aceleración.

En la Unidad didáctica VI se cubren los sólidos en tres dimensionales mediante una extensión de la formulación para 2D y 3D. Se presenta un bosquejo de las ecuaciones constitutivas para 2D y 3D; así como los elementos en 2D y 3D.

En las Unidades didácticas VII, VIII Y IX se cubre los temas de presión, análisis mediante cargas dinámicas e introducción al volumen finito. Estas unidades incluyen las simulaciones computacionales de la elaboración de un prototipo virtual. El estudio debe estar enfocado a efectuar un análisis estático que se emplea cuando la estructura está sometida a acciones estáticas, es decir, no dependientes del tiempo. Otra opción hacer un estudio de vibraciones, que es usado para analizar la estructura sometida a vibraciones aleatorias, choques e impactos. Cada uno de estas acciones puede actuar en la frecuencia natural de la estructura y causar resonancia y el consecuente fallo. Y por último se tiene el análisis de fatiga, que ayuda a los diseñadores a predecir la vida del material o de la estructura, prediciendo el efecto de los ciclos de carga sobre el prototipo. Este análisis puede mostrar las áreas donde es más probable que se presente una grieta. El análisis por fatiga puede también predecir la tolerancia al fallo del material.
También es posible efectuar un estudio de análisis de transferencia de calor por conductividad o por dinámicas térmicas que se refiere a las propiedades térmicas en el material que tiene una difusión lineal de calor.

Perfil del(los) instructor(es):	Poseer Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica o Ingeniería Mecánica. Preferentemente con grado académico de maestría o especialidad. Con experiencia docente y desarrollo profesional comprobada cuando menos de dos años en el campo de la materia.

II. Competencias a lograr

Competencias genéricas a desarrollar:

- **Capacidad comunicativa.** Expresa ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas. Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.
- **Pensamiento crítico**. Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética.
- **Competencia digital**. Hace uso de herramientas y medios digitales en su desarrollo profesional. Capacidad

de aprender y actualizarse permanentemente. Comparte sus conocimientos de una manera y usando los recursos más apropiados para ello.

- **Trabajo colaborativo.** Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva. Participa en la formación de los compañeros.
- **Capacidad para aprender y actualizarse permanentemente.** Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida propia a lo largo de la vida cotidiana. Domina los contenidos de una determinada disciplina y mantiene un estado del arte en su actualización.

Competencias específicas:

- CAPACIDAD PARA DISEÑAR Y GESTIONAR, PRODUCTOS Y PROCESOS MECATRÓNICOS.
  - Utilizar las herramientas de software para el análisis y evaluación de elementos de máquinas y estructuras.
- CAPACIDAD PARA MODELAR SISTEMAS FÍSICOS Y CREAR PROTOTIPOS QUE LO CONCEPTUALICEN.
  - Usar el software pertinente para el desarrollo virtual de un modelo físico y geométrico específico.
- HABILIDAD PARA UTILIZAR HERRAMIENTAS DE TECNOLOGÍA EN INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES PARA EL DIBUJO, DISEÑO, MANUFACTURA E INGENIERÍA ASISTIDOS POR COMPUTADORA.
  - Describir como dividir la geometría de un producto y utilizar la técnica en el ámbito de la ingeniería para resolver problemas físicos de interés que se formulan mediante la resolución de una ecuación diferencial en derivadas parciales, a partir de cuya solución es posible modelar dicho problema en campos tales como transmisión del calor, electromagnetismo, cálculo de estructuras. Explicar la técnica mediante el uso de software disponible como herramienta de análisis por elementos finitos para problemas físicos tanto de propósito general, como aplicadas a problemas de ingeniería particulares.
- CAPACIDAD PARA ANALIZAR LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS EN EQUIPOS Y SISTEMAS MECATRÓNICOS Y EMITIR DIAGNÓSTICOS DE EFICIENCIA DE LOS MISMOS.
  - Utilizar herramientas computacionales para analizar la variación de parámetros en los sistemas mecatrónicos.
- HABILIDAD PARA DISEÑAR EQUIPO Y/O MAQUINARIA PARA IMPLEMENTACIÓN INDUSTRIAL.
  - Generar mediante software componentes mecánicos y estructurales para ser ensamblados y dibujados, lo que le permitirá construir mecanismos probados mediante simulación virtual.
- CAPACIDAD PARA APLICAR LA MANUFACTURA COMPUTARIZADA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MECANISMOS Y COMPONENTES MECATRÓNICOS.
  - Usar tecnologías de diseño y manufactura asistido por computadora para elaborar y programar el proceso de fabricación.

Objetivo General:

Aplicar los conocimientos adquiridos para la comprensión, análisis, diseño y evaluación de problemas de la ingeniería mediante la utilización del método de los elementos finitos, así como utilizar herramientas computacionales para obtener soluciones numéricas de problemas cuya solución analítica es extremadamente compleja, de tal manera, que pueda contar con una herramienta computacional en la toma de decisiones en el diseño de piezas, mecanismos o máquinas. Asimismo: conocer la teoría y uso de simulaciones numéricas para situaciones de carga mecánica complejas, que ocurren en estructuras de uso cotidiano; aprender las estrategias de análisis de elemento finito y su implementación en softwares comerciales Solidworks y ANSYS.

Objetivos específicos:

1. Comprender la amplia gama de problemas que se pueden resolver con la técnica de elemento finito, tener los conocimientos de los conceptos para su aplicación y las herramientas computacionales disponibles.
2. Aplicar el método de elementos finitos en problemas unidireccionales, comprender el sistema de ecuaciones para elementos en una dirección y la configuración de la matriz de rigidez.
3. Comprender la aplicación del método en armaduras en 2 y 3 dimensiones y a configurar la matriz de rigidez global.
4. Aplicar y comprender el análisis para elementos de vigas.
5. Aplicar y comprender el análisis en elementos sobre una superficie.
6. Aplicar y comprender el análisis en elementos tetraédricos.
7. Aplicar cargas obtenidas de un estudio de cuerpos rígidos en un estudio de elementos finitos.
8. Aplicar cargas obtenidas de un estudio de volumen finito en un estudio de elementos finitos.

Unidades Didácticas:

Unidad Didáctica I - CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y SOFTWARE PARA EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.
Unidad Didáctica II - PROBLEMAS UNIDIMENSIONALES (ELEMENTOS TIPO BARRA).
Unidad Didáctica III - ARMADURAS (ELEMENTOS TIPO BARRA).
Unidad Didáctica IV - VIGAS.
Unidad Didáctica V - SUPERFICIES.
Unidad Didáctica VI - SÓLIDOS EN TRES DIMENSIONES.
Unidad Didáctica VII - ANÁLISIS MEDIANTE CARGAS DINÁMICAS.
Unidad Didáctica VIII - INTRODUCCIÓN AL VOLUMEN FINITO.

III. Didáctica del programa

Unidades Didácticas:

Unidad didáctica I. Conceptos fundamentales

En la unidad didáctica I el alumno relaciona los conocimientos adquiridos con el principio del método del elemento finito, tipos de análisis, criterios para el análisis. También se busca definir el tipo de problema a analizar, dominio computacional y discretización del dominio.

- Esfuerzos, equilibrio.
- Condiciones de frontera.
- Desarrollo del análisis de elementos finitos.
- Consideraciones en su modelación.
- Tipos de Elementos Finitos.
- Softwares para CAD/CAE.

Unidad didáctica II. Problemas unidimensionales (elementos tipo barra)

En la unidad didáctica II se aplica, analiza y evalúa los conocimientos sobre tipos de elementos finitos, tipos de modelos, matriz de rigidez y nodos, se busca que el alumno aprenda a evaluar y seleccionar un elemento finito que dependa de las características del problema a resolver.

- Construcción del modelo del elemento finito.
- Matriz de rigidez del elemento.

- Términos de fuerza.
- Método Rayleigh-Ritz.
- Ensamble de la matriz de rigidez global y del vector carga.
- Manejo de las condiciones de frontera.
- Problema de aplicación.
- Utilización de software seleccionado.

Unidad didáctica III. Armaduras (elementos tipo barra)
En esta unidad el alumno Infiere las características para estos tipos de elementos. Asimismo, también aprende a formular la matriz global de rigidez y el vector de fuerzas para obtener los esfuerzos, las deformaciones y los desplazamientos en los nodos.

- Armaduras Planas.
- Matriz de rigidez del elemento.
- Matriz de rigidez global.
- Armaduras en 3 dimensiones.
- Matriz de rigidez del elemento.
- Matriz de rigidez global.
- Utilización de software.

Unidad didáctica IV. Vigas
En esta unidad el alumno Infiere las características para estos tipos de elementos. Asimismo, también aprende a formular la matriz global de rigidez y el vector de fuerzas para obtener los esfuerzos, las deformaciones y los desplazamientos en los nodos.

- Consideraciones del Modelo.
- Análisis Preliminar.
- Aplicación y utilización de software.

Unidad didáctica V. Superficies
En esta unidad el alumno clasifica los grados de libertad de un sistema y evalúa la matriz de rigidez. También aprende a formular y obtener las condiciones de frontera para este tipo de análisis.

- Análisis Preliminar en superficies.
- Aplicación y utilización de software.

Unidad didáctica VI. Sólidos en tres dimensiones
En esta unidad el alumno clasifica los grados de libertad de un sistema y evalúa la matriz de rigidez. También aprende a formular y obtener las condiciones de frontera para este tipo de análisis.

- Análisis Preliminar en 3D.
- Cálculo de esfuerzos y deformaciones mediante software seleccionado.

Unidad didáctica VII. Análisis mediante cargas dinámicas
En la unidad VII el alumno aprende los métodos para aplicar cargas obtenidas de un estudio de cuerpos rígidos en un estudio de elementos finitos. Consiste en efectuar análisis de fatiga, que ayuda a los diseñadores a predecir la vida del material o de la estructura, prediciendo el efecto de los ciclos de carga sobre el prototipo

- Estudio de dinámica de cuerpos rígidos y aplicación de cargas en elementos finitos.

Unidad didáctica VIII. Introducción al volumen finito

En esta unidad el alumno estudia cómo aplicar cargas obtenidas de un estudio de volumen finito en un estudio de elementos finitos. La idea es efectuar efectuar un análisis estático cuando la estructura está sometida a acciones estáticas. Otra tarea hacer análisis vibracional, que es usado para analizar la estructura sometido a vibraciones aleatorias. También es posible efectuar un estudio de análisis de transferencia de calor por conductividad o por dinámicas térmicas que se refiere a las propiedades térmicas en el material que tiene una difusión lineal de calor.

- Estudio de volumen finito y aplicación de presiones obtenidas en elementos finitos.

Criterios de desempeño:

1. Elaboración de prácticas en el laboratorio guiadas por el profesor.
2. Entregar oportunamente al menos el 70% de las prácticas.
3. Entregar oportunamente proyecto final.
4. Tener al menos el 85% de asistencia a las prácticas de laboratorio.

Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje:

1. Exposición del maestro.
2. Participación del alumno asociando los conocimientos con su aplicación.
3. Interacción en clase.
4. Asesoría individual y grupal.
5. Presentación del proyecto final.

Experiencias de aprendizaje:

1. Lectura previa de los materiales.
2. Elaboración de mapas conceptuales, esquemas y síntesis.
3. Realización de trabajos en equipo.
4. Entrega reporte de prácticas y proyecto final.

Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):

1. Laboratorio de cómputo.
2. Cañón.
3. Pintarrón.
4. Conexión a internet.
5. Programa Solidworks.
6. Programa ANSYS.

Bibliografía	***Básica/ Complementaria***
Moaveni S. (2015). Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS. 5th edition. USA: Edit. Pearson	***Básica***

Lui G. (2013). The Finite Element Method.: A Practical Course. 2nd edition. USA: Edit. BH.	***Básica***
Chandrupatla T. (2011). Introduction to Finite Elements in Engineering. 4th edition. USA: Edit. Pearson.	***Básica***
Fish J. (2007). A First Course in Finite Elements. 1ª Ed. England: Edit. Willey.	***Básica***

IV. Evaluación Formativa de las Competencias

#	Tipo (C,H,A)	Evidencias a evaluar	Criterios de evaluación	Técnicas e Instrumentos de Evaluación	Ponderación %
1	C,H	Habilidad para seleccionar y utilizar las herramientas adecuada	Se evaluará los conocimientos del manejo de software	Elaboración de prácticas mediante software de diseño.	15 %
2	C,H,A	Asistencia a Practicas de laboratorio	Elaboración y participación de prácticas en laboratorio de computo	Observación y ejercicios prácticos	30 %
3	C,H	Entrega de prácticas de laboratorio	Se revisarán cada una de las prácticas en laboratorio	Entrega oportuna de prácticas asignadas	35 %
4	C,H	Entrega de proyecto final	Se entregará un aglomerado que sintetice los conocimientos adquiridos en el semestre.	Entrega de Proyecto final	20 %
Total					**100 %**

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes