



Método del Elemento Finito

Programa de estudios por competencias

I. IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

ORGANISMO ACADÉMICO: Facultad de Ingeniería								
Programa Educativo: Licenciatura en Ingeniería Mecánica					Área de docencia: Mecánica			
Aprobación por los H.H. Consejos Académico y de Gobierno			Fecha:		Programa elaborado por: González Pérez, Carlos Alberto Zamora Solórzano, Efraín		Fecha de elaboración: 12 de Octubre del 2009	
Clave	Horas de teoría	Horas de práctica	Total de horas	Créditos	Tipo de Unidad de Aprendizaje	Carácter de la Unidad de Aprendizaje	Núcleo de formación	Modalidad
L41085	4	0	4	8	Teórico	Obligatoria	Básico	Presencial
Prerrequisitos (conocimientos previos): Estática, mecánica de materiales, cálculo diferencial e integral y álgebra lineal.					Unidad de Aprendizaje Antecedente: Ninguno		Unidad de Aprendizaje Consecuente : Ninguna	
Programas educativos en los que se imparte: Ingeniería Mecánica								



Universidad Autónoma del Estado de México

Secretaría de Docencia

Dirección de Estudios Profesionales

Coordinación de Desarrollo Curricular

II. PRESENTACIÓN

El Método del Elemento Finito es un método numérico de resolución de ecuaciones diferenciales. Para ello trabaja discretizando la estructura o sistema mecánico (dominio) en elementos de forma variada (pueden ser superficies, volúmenes y barras) llamados elementos finitos (subdominios), que se conectan entre sí mediante “nodos”. La solución de lo que pasa dentro de cada elemento finito es aproximada en función de los resultados obtenidos para los nodos.

El enfoque dado en este curso es para resolver problemas bidimensionales (problemas de esfuerzo plano, deformación plana, así como sólidos con simetría axial) que conciernen a la mecánica de sólidos. De manera complementaria también se da la teoría del método del elemento finito aplicable a problemas de mecánica de fluidos y transferencia de calor.



III. LINEAMIENTOS DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

DOCENTE	DISCENTE
<ul style="list-style-type: none">● Presentar al inicio del curso el contenido de la unidad de aprendizaje● Cumplir en tiempo y forma el contenido del curso● Proponer y cumplir formas y fechas de evaluación● Preparar el material didáctico para las clases y prácticas● Asesorar a los alumnos y resolver sus dudas en un horario establecido de tutoría● Asistir puntualmente a las clases o justificar la ausencia por adelantado● Mantener el control dentro del aula y fomentar el trabajo en equipo.● Mantener una actitud de respeto y tolerancia a las opiniones de los discentes.	<ul style="list-style-type: none">● Asistir a las sesiones y ser puntuales.● Entregar a tiempo y forma los trabajos requeridos● Realizar las evaluaciones que se establezcan● Mostrar actitud participativa dentro del salón de clase● En caso de no asistir, realizar las actividades llevadas a cabo durante la sesión y entregarlas al instructor en la siguiente.● El tiempo límite para tener asistencia será de 10 minutos a partir del inicio de la clase. De 10 a 20 minutos se considerará como un retardo. Tres retardos equivalen a una inasistencia.● En los exámenes, los alumnos que tengan un problema idéntico, ya sea correcto o equivocado, se les pondrá cero en el examen.● TODOS los alumnos tienen derecho a evaluación ordinaria, extraordinaria o a título de suficiencia, excepto por lo indicado en el Reglamento de Escuelas y Facultades de la UAEMex.

IV. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Que el discente pueda calcular: esfuerzos, deformaciones, desplazamientos y obtener elementos mecánicos (fuerza cortante, momento flexionante, momento torsionante, etc.) que permitan el modelado y diseño de elementos y/o sistemas mecánicos (maquinaria y/o estructuras). Lo anterior, haciendo uso del método del elemento finito. Además conocerá los fundamentos del método del elemento finito de modo que el discente pueda aplicarlos posteriormente a otros campos del conocimiento como lo son termofluidos y



electromagnetismo.

V. COMPETENCIAS GENÉRICAS

- Análisis
- Diseño.

VI. ÁMBITOS DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

- Cualquier empresa pública o privada.

VII. ESCENARIOS DE APRENDIZAJE

- Aula, Laboratorio, el hogar del estudiante, la biblioteca.

VIII. NATURALEZA DE LA COMPETENCIA

(Inicial, entrenamiento, complejidad creciente, ámbito diferenciado)

- Entrenamiento

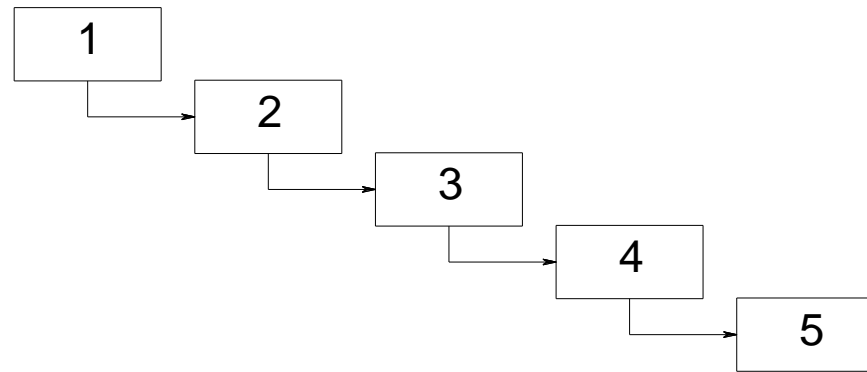
IX. ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

1. Conceptos fundamentales
2. Problemas unidimensionales
3. Problemas bidimensionales usando triángulos de deformación unitaria constante



4. Elementos isoparamétricos e integración numérica
5. Sólidos de simetría axial sometidos a carga axial simétrica

X.- SECUENCIA DIDÁCTICA





XI. DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

UNIDAD DE COMPETENCIA I	ELEMENTOS DE COMPETENCIA		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes / Valores
<p><i>Conceptos fundamentales</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Esfuerzos y equilibrio.</i> ➤ <i>Relaciones deformación unitaria-desplazamiento y esfuerzo-deformación unitaria.</i> ➤ <i>Energía potencial y equilibrio. Método de Rayleigh-Ritz.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar la energía potencial total (energía de deformación interna más energía potencial debida a las fuerzas externas) para sistemas mecánicos unidimensionales. Suponiendo para ello una función que describa el campo de interés buscado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia a las opiniones de otros - preocuparse por aprender - Participación crítica y argumentativa - Mostrar una actitud propositiva - Responsabilidad en el cumplimiento de las tareas asignadas

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS:	RECURSOS REQUERIDOS	TIEMPO DESTINADO
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición en pizarrón por parte del profesor. • Presentaciones preparadas por el profesor. • Series de ejercicios. • Trabajos de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pintarrón. ➤ Plumones y borrador para pintarrón. ➤ Copias del material a emplear. ➤ Calculadora científica. 	<p>12 h (aproximadamente 3 semanas)</p>

CRITERIOS DE DESEMPEÑO I	EVIDENCIAS	
	DESEMPEÑO.	PRODUCTOS
<p>Que mantenga interés por los temas analizados en la unidad de competencia. Ser puntuales y responsables en las tareas y trabajos de investigación que se les encomiende.</p>	<p>Entrega de tareas y trabajos de investigación, los cuales presente en tiempo y forma.</p>	<p>Tareas y trabajos de investigación.</p>



UNIDAD DE COMPETENCIA II	ELEMENTOS DE COMPETENCIA		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes / Valores
<p><i>Problemas unidimensionales</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Coordenadas y funciones de forma.</i> ➤ <i>Enfoque de la Energía Potencial.</i> ➤ <i>Ensamble de la matriz de rigidez global y del vector de carga.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocer los distintos sistemas de coordenadas (globales, locales y naturales) utilizados en el método del elemento finito. ➤ Obtención de las matrices de rigidez utilizando un enfoque directo. ➤ Aplicación del principio de energía potencial mínima para obtener la matriz de rigidez y el vector de fuerzas de sistemas mecánicos unidimensionales. ➤ Obtención de los esfuerzos y desplazamientos para problemas unidimensionales (vigas y elementos sujetos a carga axial). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia a las opiniones de otros - preocuparse por aprender - Participación crítica y argumentativa - Mostrar una actitud propositiva - Responsabilidad en el cumplimiento de las tareas asignadas

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS:	RECURSOS REQUERIDOS	TIEMPO DESTINADO
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición en pizarrón por parte del profesor. • Presentaciones preparadas por el profesor. • Series de ejercicios. • Trabajos de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pintarrón. ➤ Plumones y borrador para pintarrón. ➤ Copias del material a emplear. ➤ Calculadora programable. ➤ Computadora. 	<p>12 h (aproximadamente 3 semanas)</p>

CRITERIOS DE DESEMPEÑO II	EVIDENCIAS	
	DESEMPEÑO.	PRODUCTOS
Que mantenga interés por los temas analizados en la unidad de competencia. Ser puntuales y responsables en las tareas y trabajos de investigación que se les encomiende.	Entrega de tareas y trabajos de investigación, los cuales presente en tiempo y forma.	Tareas y trabajos de investigación.
Evaluación de las unidades de competencia I y II	Que solucione adecuadamente los problemas con los cuales se le evalúe.	Examen escrito



Universidad Autónoma del Estado de México

Secretaría de Docencia
 Dirección de Estudios Profesionales
 Coordinación de Desarrollo Curricular

UNIDAD DE COMPETENCIA III	ELEMENTOS DE COMPETENCIA		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes / Valores
<i>Problemas bidimensionales usando triángulos de deformación unitaria constante</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Funciones de forma.</i> ➤ <i>Obtención de la matriz de rigidez del elemento y de los vectores de fuerza sobre el elemento finito.</i> ➤ <i>Cálculo de esfuerzos.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obtención de las matrices de rigidez y vector de fuerzas en problemas bidimensionales utilizando elementos triangulares de tres nodos. ➤ Calcular esfuerzos y deformaciones en problemas modelados en dos dimensiones. Haciendo uso de elementos finitos triangulares llamados de deformación constante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia a las opiniones de otros - preocuparse por aprender - Participación crítica y argumentativa - Mostrar una actitud propositiva - Responsabilidad en el cumplimiento de las tareas asignadas

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS:	RECURSOS REQUERIDOS	TIEMPO DESTINADO
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición en pizarrón por parte del profesor. • Presentaciones preparadas por el profesor. • Series de ejercicios. • Trabajos de investigación. • Utilización de software de elemento finito. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pintarrón. ➤ Plumones y borrador para pintarrón. ➤ Copias del material a emplear. ➤ Calculadora programable. ➤ Computadora. 	12 h (aproximadamente 3 semanas)

CRITERIOS DE DESEMPEÑO III	EVIDENCIAS	
	DESEMPEÑO.	PRODUCTOS
Que mantenga interés por los temas analizados en la unidad de competencia. Ser puntuales y responsables en las tareas y trabajos de investigación que se les encomiende.	Entrega de tareas y trabajos de investigación, los cuales presente en tiempo y forma.	Tareas y trabajos de investigación.



UNIDAD DE COMPETENCIA IV	ELEMENTOS DE COMPETENCIA		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes / Valores
Elementos isoparamétricos e integración numérica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El cuadrilátero de cuatro nodos. Funciones de forma.. ➤ Obtención de la matriz de rigidez del elemento y de los vectores de fuerza sobre el elemento finito. ➤ Integración numérica. ➤ Elementos de orden superior 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obtención de las matrices de rigidez y vector de fuerzas en problemas bidimensionales utilizando elementos cuadriláteros de cuatro nodos. ➤ Obtención de las matrices de rigidez (mediante integración numérica) y vector de fuerzas en problemas bidimensionales utilizando elementos isoparamétricos de cuatro nodos. ➤ Calcular esfuerzos y deformaciones en problemas modelados en dos dimensiones. Haciendo uso de elementos finitos isoparamétricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia a las opiniones de otros - preocuparse por aprender - Participación crítica y argumentativa - Mostrar una actitud propositiva - Responsabilidad en el cumplimiento de las tareas asignadas

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS:	RECURSOS REQUERIDOS	TIEMPO DESTINADO
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición en pizarrón por parte del profesor. • Presentaciones preparadas por el profesor. • Series de ejercicios. • Trabajos de investigación. • Utilización de software de elemento finito. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pintarrón. ➤ Plumones y borrador para pintarrón. ➤ Copias del material a emplear. ➤ Calculadora programable. ➤ Computadora. 	12 h (aproximadamente 3 semanas)

CRITERIOS DE DESEMPEÑO IV	EVIDENCIAS	
	DESEMPEÑO.	PRODUCTOS
Que mantenga interés por los temas analizados en la unidad de competencia. Ser puntuales y responsables en las tareas y trabajos de investigación que se les encomiende.	Entrega de tareas y trabajos de investigación, los cuales presente en tiempo y forma.	Tareas y trabajos de investigación.



UNIDAD DE COMPETENCIA V	ELEMENTOS DE COMPETENCIA		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes / Valores
<i>Sólidos de simetría axial sometidos a carga axial simétrica</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Formulación de simetría axial.</i> ➤ <i>Modelado por elemento finito: Elemento triangular.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El discente deberá ser capaz de resolver problemas que impliquen sólidos de revolución como tanques, sometidos a presión; los cuales pueden ser modelados con elementos finitos bidimensionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia a las opiniones de otros - preocuparse por aprender - Participación crítica y argumentativa - Mostrar una actitud propositiva - Responsabilidad en el cumplimiento de las tareas asignadas

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS:	RECURSOS REQUERIDOS	TIEMPO DESTINADO
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición en pizarrón por parte del profesor. • Presentaciones preparadas por el profesor. • Series de ejercicios. • Trabajos de investigación. • Utilización de software de elemento finito. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pintarrón. ➤ Plumones y borrador para pintarrón. ➤ Copias del material a emplear. ➤ Calculadora programable. ➤ Computadora. 	10 h (aproximadamente 2.5 semanas)

CRITERIOS DE DESEMPEÑO V	EVIDENCIAS	
	DESEMPEÑO.	PRODUCTOS
Que mantenga interés por los temas analizados en la unidad de competencia. Ser puntuales y responsables en las tareas y trabajos de investigación que se les encomiende.	Entrega de tareas y trabajos de investigación, los cuales presente en tiempo y forma.	Tareas y trabajos de investigación.
Evaluación de las unidades de competencia III, IV y V.	Que solucione adecuadamente los problemas con los cuales se le evalúe.	Examen escrito



XII. EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN

Evaluación	Evaluación Parcial:	Trabajo en el salón de clases, tareas y trabajo de investigación	20%
		Examen parcial	80%
Calificación de la evaluación ordinaria:	Promedio de las evaluaciones parciales si el promedio es mayor a 8 puntos, o: calificación del examen ordinario: 50% promedio de las evaluaciones parciales: 50%		
Calificación de la evaluación extraordinaria:	Examen extraordinario:	100%	
Calificación de la evaluación a título de suficiencia:	Examen a título de suficiencia:	100%	
Condiciones para la acreditación:			
<ul style="list-style-type: none">➤ La calificación de ordinario será el promedio marcado en ordinario sólo si: el porcentaje de asistencias es mayor o igual al 80%. En caso contrario el alumno estará en extraordinario o en título de suficiencia dependiendo de las faltas que tenga.➤ Si el promedio de las evaluaciones parciales es menor a 8 puntos, se presenta el examen ordinario, extraordinario o el de a título de suficiencia, dependiendo de las asistencias que haya tenido en el curso.➤ Si el promedio de las evaluaciones parciales es menor a 6 puntos, se presenta el examen extraordinario o el de a título de suficiencia.➤ Requisito para tener derecho a examen extraordinario: promedio de asistencias mayor o igual a 60%.➤ Requisito para tener derecho a examen a título de suficiencia: promedio de asistencias mayor o igual a 30%.➤ Los exámenes ordinario, extraordinario y a título de suficiencia tendrá todos los temas del curso.			

XIII. REFERENCIAS

- [1] Chandrupatla, T., Belegundu, A., *Introducción al Estudio del Elemento Finito en Ingeniería*, Prentice-Hall, 1999.
- [2] Felippa, C. A., *Introduction to Finite Element Methods*, Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, 2004.
- [3] Hutton, D., *Fundamentals of Finite Element Analysis*, McGraw Hill, 2004.
- [4] Zienkiewicz et al., *Finite Element Method Vol 1, 2*, 5ª Ed., McGraw Hill, 1998.
- [5] Cook et al., *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, 4th, Ed. Wiley, 2002.



Universidad Autónoma del Estado de México

Secretaría de Docencia

Dirección de Estudios Profesionales

Coordinación de Desarrollo Curricular