

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

Unidad responsable: 295 - EEBE - Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
Unidad que imparte: 737 - RMEE - Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería  
Curso: 2015  
Titulación: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA (Plan 2009). (Unidad docente Optativa)  
Créditos ECTS: 6 Idiomas docencia: Castellano

### Profesorado

Responsable: DANIEL DI CAPUA  
Otros: DANIEL DI CAPUA - JOSEP MARIA CARBONELL PUIGBO

### Horario de atención

Horario: Daniel Di Capua: Lunes 15:00 a 17:00hs  
Josep Maria Carbonell: Lunes 15:00 a 17:00hs

### Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

Transversales:

1. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.
2. TRABAJO EN EQUIPO - Nivel 3: Dirigir y dinamizar grupos de trabajo, resolviendo posibles conflictos, valorando el trabajo hecho con las otras personas y evaluando la efectividad del equipo así como la presentación de los resultados generados.

### Metodologías docentes

La asignatura utiliza la metodología expositiva en un 50%, el trabajo individual en un 35%, el trabajo en grupos (cooperativos o no) en un 15% y el aprendizaje basado en proyectos

### Objetivos de aprendizaje de la asignatura

El curso está especialmente dirigido a aquellos interesados en el análisis y diseño de mecánica de sólidos, entendida en un sentido amplio. El Método de Elementos Finitos (MEF) conceptos explicados en el curso, por lo tanto aplicable al análisis de las estructuras en obras de ingeniería civil, edificios y construcciones históricas, componentes y piezas mecánicas estructurales en ingeniería de automoción, naval y aeroespacial, entre otras muchas aplicaciones.

Se ha considerado los siguientes objetivos generales:

1. Introducción a los conceptos básicos de la resolución de problemas de mecánica de sólidos con el MEF.
2. Adquisición de un vocabulario específico del MEF.
3. Capacidad para leer, interpretar correctamente y entender textos, figuras y tablas en la literatura técnica relacionada con el MEF.
4. Capacidad para manejar el software básico del MEF.
5. Adquirir conocimientos básicos de la literatura y la capacidad de realizar búsquedas bibliográficas relacionadas con el ámbito del MEF.
6. Conocer fuentes de información, institucionales y privados, relacionados con el MEF.
7. Capacidad para el aprendizaje autónomo para resolver problemas en el ámbito del MEF.

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

### Horas totales de dedicación del estudiantado

Dedicación total: 150h	Horas grupo grande:	45h	30.00%
	Horas grupo mediano:	0h	0.00%
	Horas grupo pequeño:	15h	10.00%
	Horas actividades dirigidas:	0h	0.00%
	Horas aprendizaje autónomo:	90h	60.00%

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

### Contenidos

#### TEMA 1: INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS EN LA MECÁNICA DE SÓLIDOS

Dedicación: 14h

Grupo grande/Teoría: 4h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h  
Aprendizaje autónomo: 8h

##### Descripción:

¿Qué es el método de los elementos finitos? Métodos analíticos y numéricos. ¿Qué es un elemento finito? Modelado estructural y análisis de elementos finitos. Sistemas discretos. Estructuras de barras. Montaje directo de la matriz de rigidez global. Derivación de las ecuaciones matriciales de equilibrio de una barra aplicando el principio del trabajo virtual. Derivación de las ecuaciones matriciales de equilibrio a través de una barra aplicando el principio de mínima energía potencial total. Pórticos planos. El tratamiento de los desplazamientos prescritos y el cálculo de las reacciones. Introducción al método de elementos finitos para el análisis estructural. El valor de los cálculos de elementos finitos para el diseño estructural y la verificación.

##### Actividades vinculadas:

1- Generación de geometrías con GiD. Parte 1.

##### Objetivos específicos:

Conocer los primeros conceptos de modelo estructural y computacional. Conocer los pasos básicos del análisis matricial de estructuras de barras. Ser capaz de entender la relación entre el MEF y la metodología de análisis del análisis matricial de estructuras. Conocer y ser capaz de entender claramente el concepto de división de una estructura en diferentes elementos, el ensamblaje de las ecuaciones de equilibrio global a partir de la contribución de los elementos individuales.

#### TEMA 2: ELEMENTOS FINITOS DE BARRAS UNIAIALES

Dedicación: 20h

Grupo grande/Teoría: 6h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h  
Aprendizaje autónomo: 12h

##### Descripción:

Introducción. Barras uniaxiales. Barras uniaxiales de sección transversal constante. Discretización con un elemento uniaxial lineal. Derivación de las ecuaciones discretizadas para la interpolación del campo de desplazamientos global. Barra uniaxiales de sección transversal constante. Discretización con dos elementos de barra uniaxial lineal. Generalización de la solución con n elementos de barra uniaxial lineal. La extrapolación de la solución de dos mallas diferentes. Formulación matricial de las ecuaciones de los elementos. Resumen de los pasos para el análisis de una estructura con el MEF.

##### Actividades vinculadas:

2- Generación de geometrías con GiD. Parte 2

##### Objetivos específicos:

Conocer y ser capaz de comprender la formulación de elementos finitos para el análisis de barras uniaxiales con elementos de la barra unidimensionales (1D). Conocer y ser capaz de aplicar los ingredientes clave del MEF, como la discretización, la interpolación, las funciones de forma, la integración numérica de la matriz de rigidez y el equivalente vector nodal para el elemento de fuerza.

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

TEMA 3: ELEMENOS FINITOS AVANZADOS DE BARRAS UNIAIALES Y REQUERIMIENTOS PARA LA SOLUCIÓN NUMERICA

Dedicación: 20h

Grupo grande/Teoría: 6h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h  
Aprendizaje autónomo: 12h

**Descripción:**

(Introducción. Elementos c0 unidimensionales. Elementos lagrangeanos. Formulación isoparamétrica formulación e integración numérica. Integración numérica. Pasos para el cálculo de las matrices y los vectores de un elemento de barra isoparamétricos. Organización básica de un programa de elementos finitos. Selección del tipo de elemento. Requisitos para la convergencia de la solución. Evaluación de las necesidades de convergencia. Otros requisitos para el examen de la aproximación de los elementos finitos: el test de la parcela. Algunas observaciones sobre la compatibilidad y el equilibrio de la solución. Requisitos de convergencia de los elementos isoparamétricos. Tipos de errores en la solución de elementos finitos. Observaciones finales.

**Actividades vinculadas:**

- 3- Generación de mallas con GiD. Parte 1.
- 4- Generación de mallas con GiD. Parte 2.

**Objetivos específicos:**

Conocer y ser capaz de aplicar otros conceptos generales, tales como la prueba del parche, las condiciones para la convergencia de la solución de FE, los tipos de errores, la integración numérica.

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

<p><b>TEMA 4: SOLIDOS BIDIMENSIONALES</b></p>	<p>Dedicación: 26h</p> <p>Grupo grande/Teoría: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 2h Aprendizaje autónomo: 16h</p>
<p><b>Descripción:</b> Introducción. Teoría de la elasticidad bidimensional. Formulación de elementos finitos. Elemento triangular de 3 nodos. Elementos rectangulares de 4 nodos. El rendimiento del triángulo de 3 nodos y el rectángulo de 4 nodos. Derivación de las funciones de forma para los elementos bidimensionales. Elementos lagrangeanos rectangulares. Elementos serendípticos rectangulares. Funciones de forma para elementos triangulares <math>c_0</math> continuos. Cálculo analítico de las integrales en rectángulos y triángulos de lados rectos. El rendimiento general de los elementos triangulares y rectangulares. Mejora del desempeño de elementos 2D usando grados de libertad rotacionales. Elementos cuadriláteros isoparamétricos. Elementos triangulares isoparamétricos. Integración numérica en dos dimensiones. Integración numérica de las matrices y vectores elementales. Programación por ordenador de <math>K(e)</math> y <math>f(e)</math>. Los puntos óptimos para el cálculo de deformaciones y las tensiones. La selección de la orden de cuadratura. Desempeño de los elementos isoparamétricos de sólidos 2D. El test de la parcela de elementos sólidos. Aplicaciones. Observaciones finales.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b> 5- Ejemplos de Sólidos 2D. Parte 1. 6- Ejemplos de Sólidos 2D. Parte 2. 7- Ejemplos de Sólidos 2D. Parte 3.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Conocer y ser capaz de entender los conceptos básicos de la mecánica de sólidos bajo el supuesto de elasticidad en 2D. Conocer y ser capaz de aplicar las ideas clave de la formulación del elemento triangular de 3 nodos. Conocer la forma explícita de la matriz de rigidez del elemento y el vector de fuerzas nodales equivalentes. Conocer la derivación de las funciones de forma de los elementos sólidos 2D de forma rectangular y triangular con los diferentes órdenes de aproximación. Ser capaz de entender que las expresiones resultantes de las funciones de forma son aplicables a elementos sólidos axisimétricos, así como para elementos de placa y muchos elementos de cáscara. Conocer la formulación de elementos sólidos 2D de forma arbitraria (es decir, elementos cuadrilátero irregular y triangular con lados rectos o curvos), utilizando la formulación isoparamétrica y la integración numérica. Conocer y ser capaz de entender las ideas esenciales de la organización de un programa de ordenador MEF general aplicable a los elementos de diferente forma y orden de aproximación.</p>	

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

<p><b>TEMA 5: SOLIDOS AXISIMETRICOS</b></p>	<p>Dedicación: 20h</p> <p>Grupo grande/Teoría: 6h Grupo pequeño/Laboratorio: 2h Aprendizaje autónomo: 12h</p>
<p><b>Descripción:</b> Introducción. Formulación de elementos finitos. Triángulo de tres nodos con simetría axial. Otros elementos de sólidos axisimétricos rectangulares o triangulares de lados rectos. Elementos de sólidos axisimétricos isoparamétricos. Analogías entre las formulaciones de elementos finitos para elasticidad plana y sólidos con simetría axial. Ejemplos de aplicación. Observaciones finales.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b> 8- Ejemplos de Sólidos Axisimétricos. Parte 1. 9- Ejemplos de Sólidos Axisimétricos.. Parte 2.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Ser capaz de aplicar los conceptos explicados en los dos capítulos anteriores, como la derivación de las funciones de elemento de forma, la formulación isoparamétrica y la integración numérica. Discutir varias aplicaciones de sólidos simetría axial y estructuras.</p>	
<p><b>TEMA 6: SOLIDOS TRIDIMENSIONALES</b></p>	<p>Dedicación: 26h</p> <p>Grupo grande/Teoría: 8h Grupo pequeño/Laboratorio: 2h Aprendizaje autónomo: 16h</p>
<p><b>Descripción:</b> Introducción. La teoría básica. Formulación de elementos finitos. Tetraedro de 4 nodos. Otros elementos sólidos 3D. Prismas rectos. Tetraedros de bordes rectos. Cálculo de las integrales elementales. Elementos isoparamétricos 3D. Integración numérica. La integración numérica de las matrices de los elementos. Desempeño de los elementos de sólidos 3D. Ejemplos. Observaciones finales.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b> 10- Ejemplos de Sólidos 3D. Parte 1. 11- Ejemplos de Sólidos 3D. Parte 2. 12- Ejemplos de Sólidos 3D. Parte 3.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Conocer y ser capaz de comprender la formulación de elementos sólidos 3D de forma tetraédricas y hexaédricas. Ser capaz de darse cuenta de que los elementos sólidos 3D permiten al análisis de elementos finitos de cualquier estructura. Conocer los detalles de la derivación de la matriz de rigidez y el vector de fuerzas nodales equivalente el simple elemento tetraédrico de 4 nodos. Conocer y ser capaz de aplicar la formulación de sólidos elementos 3D de orden superior utilizando la formulación isoparamétrica y la integración numérica. Discutir de varias aplicaciones de elementos sólidos 3D para una amplia gama de problemas de mecánica de sólidos como las presas, edificios, construcciones históricas y piezas mecánicas.</p>	

## 820446 - ACMS - Aplicaciones Computacionales en la Mecánica de Sólidos

<p>TEMA 7: TOPICOS ADICIONALES</p>	<p>Dedicación: 24h Grupo grande/Teoría: 7h Grupo pequeño/Laboratorio: 3h Aprendizaje autónomo: 14h</p>
<p>Descripción: Introducción. Condiciones de contorno con apoyos inclinados. Elementos de unión diferentes. Restricciones de desplazamientos. Condensación nodal y subestructuras. Simetría estructural. Estructuras sobre apoyos elásticos. Cálculo de tensiones nodales. Estimación de error y mallado adaptativo.</p> <p>Actividades vinculadas: 13- Trabajo en el Proyecto Final. Parte 1. 14- Trabajo en el Proyecto Final. Parte 2 15- Trabajo en el Proyecto Final. Parte 3</p> <p>Objetivos específicos: Conocer y ser capaz de comprender diversos temas de interés general para el análisis de elementos finitos. Estos incluyen el tratamiento de los soportes inclinados, la mezcla de elementos de diferentes tipos, el estudio de las estructuras sobre apoyos elásticos, el uso de técnicas subestructuración, los procedimientos para la aplicación de restricciones a los desplazamientos nodales, el cálculo de las tensiones en los nudos y los conceptos básicos sobre estimación de errores y estrategias de refinamiento adaptativo de malla.</p>	

### Sistema de calificación

Controles parciales: 30 %  
Prácticas: 35%  
Último control: 35 %

### Bibliografía

#### Básica:

Oñate, E. Cálculo de estructuras por el método de los elementos finitos : análisis elástico lineal. 2ª ed. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1995. ISBN 8487867006.

#### Complementaria:

Bathe, Klaus-Jürgen. Finite element procedures. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, cop. 1996. ISBN 0133014584.