



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2017/18

**44523 - ANÁLISIS DE SÓLIDOS  
DEFORMABLES**

**CENTRO:** 105 - *Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles*

**TITULACIÓN:** 4042 - *Grado en Ingeniería Mecánica*

**ASIGNATURA:** 44523 - *ANÁLISIS DE SÓLIDOS DEFORMABLES*

**CÓDIGO UNESCO:** 2205.02      **TIPO:** *Obligatoria*      **CURSO:** 3      **SEMESTRE:** 1º semestre

**CRÉDITOS ECTS:** 6      **Especificar créditos de cada lengua:**      **ESPAÑOL:** 6      **INGLÉS:** 0

## SUMMARY

## REQUISITOS PREVIOS

Para poder alcanzar los objetivos propuestos es importante que el estudiante tenga formación en las siguientes materias/asignaturas:

Resistencia de Materiales y bases de la Teoría de la Elasticidad:  
Relaciones cinemáticas y de equilibrio, ley constitutiva y teoremas energéticos

Mecánica racional del sólido rígido:  
Estática. Concepto y cálculo de resultantes de fuerzas y momentos.  
Diagramas de cuerpo libre y establecimiento de ecuaciones de equilibrio.  
Cálculo de centros de gravedad de áreas y volúmenes y momentos estáticos respecto a ejes cartesianos.  
Tensor de inercia y cálculos de inercia.  
Cinemática del sólido rígido respecto a una base fija.  
Dinámica del sólido rígido. Ecuaciones de Newton.

Cálculo:  
Concepto de derivada y cálculo de derivadas. Ecuaciones diferenciales.  
Concepto de integral simple y múltiple, cambio de variable y cálculo de integrales.  
Fundamentos de cálculo variacional y de análisis de mínimos y máximos.

Álgebra:  
Espacio vectorial, dimensión, base y fundamentos de cálculo matricial.

Operadores vectoriales y diferenciales:  
Cambios de coordenadas.  
Operadores gradiente, divergencia, rotacional y laplaciano. Teoremas asociados.

Termodinámica:  
Primera y segunda ley de la termodinámica.  
Balance de energía.  
Concepto de temperatura, calor y conducción.

**Contribución de la asignatura al perfil profesional:**

La asignatura contribuye al conocimiento y capacidades del alumno en aspectos fundamentales del cálculo estructural y sus aplicaciones en las tecnologías industriales.

**Competencias que tiene asignadas:**

Competencias básicas y generales:

G4 - TRABAJO EN EQUIPO. Ser capaz de trabajar como miembro de un entorno y equipo interdisciplinar ya sea como un miembro más, o realizando tareas de dirección con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

G3 - COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA. Comunicarse de forma oral y escrita con otras personas sobre los resultados del aprendizaje, de la elaboración del pensamiento y de la toma de decisiones; participar en debates sobre temas de la propia especialidad.

G5 - USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN. Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

G6 - APRENDIZAJE AUTÓNOMO. Detectar deficiencias en el propio conocimiento y superarlas mediante la reflexión crítica y la elección de la mejor actuación para ampliar este conocimiento.

Competencias de la titulación:

T3 - Conocimiento en materias básicas de la rama de ingeniería y arquitectura y materias tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

T4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas.

T6 - Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

Competencias transversales:

N1 - Comunicarse de forma adecuada y respetuosa con diferentes audiencias (clientes, colaboradores, promotores, agentes sociales, etc.), utilizando los soportes y vías de comunicación más apropiados (especialmente las nuevas tecnologías de la información y la comunicación) de modo que pueda llegar a comprender los intereses, necesidades y preocupaciones de las personas y organizaciones, así como expresar claramente el sentido de la misión que tiene encomendada y la forma en que puede contribuir, con sus competencias y conocimientos profesionales, a la satisfacción de esos intereses, necesidades y preocupaciones.

N2 - Cooperar con otras personas y organizaciones en la realización eficaz de funciones y tareas propias de su perfil profesional, desarrollando una actitud reflexiva sobre sus propias competencias y conocimientos profesionales y una actitud comprensiva y empática hacia las competencias y conocimientos de otros profesionales.

Competencias específicas:

MTEM4 - Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales.

MTEM5 - Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones

industriales.

## Objetivos:

Análisis y diseño de sistemas resistentes y/o estructurales construidos con materiales elásticos. Los objetivos incluyen:

Asimilación del concepto de sólido deformable elástico.

Concepto de tensión, deformación y ecuaciones constitutivas del material, como herramientas para definir el comportamiento de los medios deformables.

Definición y consecuencias del sólido deformable elástico.

Conocer el significado y alcance de las hipótesis de partida (pequeños desplazamientos y deformaciones, homogeneidad y linealidad del material).

Planteamiento correcto del modelo matemático, incluyendo las relaciones estáticas, cinemáticas y las ecuaciones constitutivas del material.

Conocer los planteamientos diferenciales e integrales del problema, así como distinguir las ventajas e inconvenientes.

Conocer el Método de los Elementos Finitos (MEF) en su aplicación a la resolución de problemas elásticos.

Introducir al alumno en el uso de software basado en el MEF, para la resolución de problemas elásticos de mediana dificultad.

Que el alumno adquiera capacidad de análisis (incluyendo el estado de tensiones, deformaciones y desplazamientos) y de toma de decisiones a la luz de los resultados obtenidos.

Comprensión de las tipologías de elementos estructurales y las diferencias tanto físicas como de modelo que las definen.

Introducción de leyes de comportamiento más complejas que la elástica y lineal.

La aplicación de las competencias, Genéricas, Nucleares, y Transversales relacionadas con el campo de estudio de la materia se tendrán en cuenta a través de trabajos o memorias que los alumnos presentan a lo largo del curso. Sin embargo, no son objeto de evaluación específica.

## Contenidos:

Contenidos que figuran en la memoria del título:

1. Teoría de Elasticidad lineal: Tensor de Tensiones, Deformaciones, Leyes de Comportamiento, Ecuaciones de Gobierno y Condiciones de Contorno.
2. El Método de los Elementos Finitos aplicado a la resolución de problemas que impliquen a elementos mecánicos o estructuras industriales.

Los anteriores puntos se desarrollarán en los siguientes temas:

notación:

T: horas de Teoría

A: horas de prácticas de Aula  
L: horas prácticas numéricas de Laboratorio

#### TEMA 1. Introducción.

T: 1 hora; A: 0 horas; L: 0 horas

- 1.1 Introducción y alcance de la asignatura
- 1.2 Cuestiones académicas y de organización docente.
- 1.3 Hipótesis fundamentales.

#### TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal.

T: 5 horas; A: 3 horas; L: 0 horas

- 2.1 Introducción
- 2.2 Relaciones estáticas o de equilibrio.
- 2.3 Relaciones cinemáticas o de compatibilidad.
- 2.4 Relaciones constitutivas.
- 2.5 Condiciones de contorno.

#### TEMA 3. Rango de validez del comportamiento elástico.

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 0 horas

- 3.1 Introducción
- 3.2 Criterios de plastificación.
- 3.3 Rotura dúctil y rotura frágil.

#### TEMA 4. Planteamientos diferenciales del problema elástico.

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 0 horas

- 4.1 Introducción
- 4.2 Planteamiento diferencial en desplazamientos. Ecuaciones de Navier.

#### TEMA 5. Planteamientos integrales del problema elástico.

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 0 horas

- 5.1 Introducción
- 5.2 Planteamientos en reciprocidad.
- 5.3 Principio de los Trabajos Virtuales.
- 5.4 Método de los residuos ponderados.

#### TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

T: 2 horas; A: 1 horas; L: 3 horas

- 6.1 Introducción
- 6.2 Selección del modelo estructural.
- 6.3 Etapas del método.

#### TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

T: 8 horas; A: 4 horas; L: 4 horas

- 7.1 Introducción
- 7.2 Elasticidad bidimensional
- 7.3 Formulación en elementos finitos. Elemento triangular de tres nodos.
- 7.4 Otros elementos sencillos.
- 7.5 Funciones de forma de elementos bidimensionales de clase  $C_0$ .
- 7.6 Elementos isoparamétricos.
- 7.7 Integración numérica.
- 7.8 Programación.
- 7.9 Aplicaciones.

## TEMA 8. Generalización del MEF.

T: 5 horas; A: 4 horas; L: 4 horas

### 8.1 Introducción

8.2 Elemento tetraédrico de cuatro nodos.

8.3 Otros elementos de sólido tridimensional.

8.4 Cálculo de las integrales.

8.5 Elementos isoparamétricos.

8.6 Integración numérica.

8.7 Ejemplos de aplicación.

8.8 Otros problemas estructurales (placas, láminas, etc.)

## TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

T: 3 horas; A: 0 horas; L: 4 horas

### 9.1 Introducción

9.2 Restricción de movimientos.

9.3 Condensación nodal. Subestructuración.

9.4 Cálculo de tensiones en los nodos.

9.5 Simetrías.

9.6 Estimación del error.

## Metodología:

La transmisión de contenidos de la asignatura se apoya fundamentalmente en información escrita y en clases de pizarra para los contenidos teóricos y problemas. Se desarrollarán en clase los aspectos más importantes de los contenidos teóricos, incidiendo en los aspectos conceptuales y en las conclusiones, y eludiendo en lo posible los desarrollos puramente matemáticos, que podrán ser estudiados en los textos. En las clases de teoría se empleará una técnica expositiva, es decir, el profesor desarrolla la materia y es seguido por los alumnos que irán planteando las dudas que encuentran en el desarrollo. Estas clases pueden incluir aplicaciones en forma de problemas, con el fin de ayudar a la sedimentación de los conceptos. Las clases de problemas se guiarán por una técnica heurística, y es en ellas donde la participación del alumnado debe resultar preponderante.

Existen varios textos recomendados además de una numerosa colección de problemas resueltos, muchos de ellos de exámenes.

La docencia se completa con prácticas numéricas que permiten el acercamiento del alumno a un software de Elementos Finitos para la resolución de problemas elásticos.

## Evaluación:

### Criterios de evaluación

-----

Convocatorias Ordinaria, Extraordinaria y Especial:

Se realizará un examen escrito que incluirá cuestiones teóricas y problemas, y que representa el 90% de la nota final. El 10% restante de la nota final resulta de la evaluación de la asistencia activa y del trabajo personal en relación con prácticas numéricas que se desarrollarán a lo largo del curso. La participación activa en estos trabajos y prácticas numéricas es obligatoria y la no superación de esta parte implica que la nota final no será superior a 4. Así, la no realización o no superación de las prácticas numéricas a lo largo del curso por parte de un estudiante exigirá que dicho estudiante supere un examen de los contenidos prácticos de laboratorio. En esta prueba el estudiante deberá resolver un caso práctico parecido a los realizados en las clases prácticas de laboratorio, haciendo uso del software utilizado en el curso. El tiempo estimado para realizar dicha

prueba será de dos horas.

La calificación de las prácticas numéricas evaluadas satisfactoriamente un curso académico se guardará, si así lo desea el alumno, en los cursos académicos siguientes durante el tiempo mínimo que estipula el reglamento vigente, siempre que no se modifique la relación de prácticas que incluye la asignatura ni el grado de trabajo que implique cada una.

Sistemas de evaluación

-----  
En todas las convocatorias la nota final se basará en la asistencia y realización de la memoria de prácticas de laboratorio (AE2), y un examen con contenidos de teoría y de prácticas de aula (AE3).

Criterios de calificación

-----  
La ponderación del sistema de evaluación se establece a continuación:

AE2: 10%

AE3: 90%

Como ya se ha indicado, para proceder a aplicar esta ponderación es requisito que el estudiante haya superado las actividades prácticas de laboratorio.

### **Plan de Aprendizaje (Plan de trabajo de cada estudiante)**

#### **Tareas y actividades que realizará según distintos contextos profesionales (científico, profesional, institucional, social)**

Trabajo presencial:

- Clases teóricas (contexto científico).
- Clases prácticas de aula (contexto profesional).
- Prácticas de laboratorio y campo (contextos científico y profesional).

Trabajo no presencial:

- Estudio teórico (contexto científico).
- Estudio práctico (contexto profesional y social).
- Elaboración de informe de prácticas (contexto científico y profesional).

#### **Temporalización semanal de tareas y actividades (distribución de tiempos en distintas actividades y en presencialidad - no presencialidad)**

Semana 1: TEMA 1. Introducción; TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal; TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 2: TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal; TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 3: TEMA 2. Relaciones básicas de la elasticidad lineal; TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF).

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 4: TEMA 3. Rango de validez del comportamiento elástico; TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 5: TEMA 4. Planteamientos diferenciales del problema elástico; TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 6: TEMA 5. Planteamientos integrales del problema elástico; TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 7: TEMA 6. Soluciones numéricas. El Método de los Elementos Finitos (MEF); TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 8: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 9: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2

Actividades Prácticas de Aula (h): 1

Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1

Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 10: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2  
Actividades Prácticas de Aula (h): 1  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1  
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 11: TEMA 7. El MEF para problemas de elasticidad bidimensional; TEMA 8. Generalización del MEF.

Actividades Teoría (h): 2  
Actividades Prácticas de Aula (h): 1  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1  
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 12: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2  
Actividades Prácticas de Aula (h): 1  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1  
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 13: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2  
Actividades Prácticas de Aula (h): 1  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1  
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 14: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2  
Actividades Prácticas de Aula (h): 1  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1  
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Semana 15: TEMA 8. Generalización del MEF; TEMA 9. Aspectos computacionales del MEF.

Actividades Teoría (h): 2  
Actividades Prácticas de Aula (h): 1  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 1  
Actividades y trabajo no presencial (h): 6

Resumen de horas totales:

Actividades Teoría (h): 30  
Actividades Prácticas de Aula (h): 15  
Actividades Prácticas de Laboratorio (h): 15  
Actividades y trabajo no presencial (h): 90

### **Recursos que tendrá que utilizar adecuadamente en cada uno de los contextos profesionales.**

- Contexto científico: bibliografía, anotaciones de clase, Campus Virtual y manejo de Internet.
- Contexto profesional: documentación técnica, guiones de prácticas, material audio-visual, Campus Virtual y manejo de Internet.
- Contexto institucional y social: material audio-visual, Campus Virtual y manejo de Internet.

## **Resultados de aprendizaje que tendrá que alcanzar al finalizar las distintas tareas.**

### Resultados del aprendizaje

- 1.- Comprender las hipótesis básicas de comportamiento estructural. Comprender la relación entre la estructura real y el modelo de cálculo.
- 2.- Comprender y aplicar las ecuaciones de la Elasticidad lineal a la resolución de problemas vinculados a la obtención de la respuesta en tensiones/deformaciones/desplazamientos de piezas mecánicas o estructuras continuas sometidas a carga estática.
- 3.- Desarrollar la capacidad para la creación de modelos de Elementos Finitos que permitan calcular la respuesta de piezas mecánicas, estructuras continuas o estructuras de barras sometidas a carga estática.

## **Plan Tutorial**

### **Atención presencial individualizada (incluir las acciones dirigidas a estudiantes en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria)**

En el despacho del profesorado en el horario establecido al principio del cuatrimestre.

Cada semana durante la impartición del curso, se establecerán tutorías presenciales individuales a las que el estudiante puede optar para consultar dudas o cuestiones relacionadas con los contenidos de la asignatura.

### **Atención presencial a grupos de trabajo**

En las clases prácticas de aula.

También los grupos de trabajo constituidos durante el desarrollo del curso para la realización de tareas específicas, pueden optar a las tutorías establecidas para consultar dudas o cuestiones relacionadas con dichas actividades.

### **Atención telefónica**

En el despacho del profesor en horario de tutorías.

A los efectos de concertar citas presenciales o aclarar cuestiones breves de índole administrativa.

### **Atención virtual (on-line)**

Se dispone de la plataforma Moodle de apoyo a la enseñanza presencial (Campus Virtual) de la asignatura.

A través de e-mail o las TIC's a disposición de estudiantes y profesor se atenderán dudas específicas relacionadas con las clases presenciales y/o los trabajos en desarrollo.

## **Datos identificativos del profesorado que la imparte.**

## Datos identificativos del profesorado que la imparte

**Dr./Dra. Orlando Fco Maeso Fortuny**

(COORDINADOR)

**Departamento:** 263 - INGENIERÍA CIVIL

**Ámbito:** 605 - Mecánica De Los Med. Con. Y Teo.De Estr.

**Área:** 605 - Mecánica De Los Med. Con. Y Teo.De Estr.

**Despacho:** INGENIERÍA CIVIL

**Teléfono:** 928451920 **Correo Electrónico:** orlando.maeso@ulpgc.es

**Dr./Dra. José María Emperador Alzola**

**Departamento:** 263 - INGENIERÍA CIVIL

**Ámbito:** 605 - Mecánica De Los Med. Con. Y Teo.De Estr.

**Área:** 605 - Mecánica De Los Med. Con. Y Teo.De Estr.

**Despacho:** INGENIERÍA CIVIL

**Teléfono:** 928451912 **Correo Electrónico:** josemaria.emperador@ulpgc.es

## Bibliografía

---

### [1 Básico] Cálculo de estructuras por el método de elementos finitos: análisis estático lineal /

*Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra.*

*Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería,, Barcelona : (1995) - (2ª ed.)*

8487867006

---

### [2 Recomendado] Métodos de los elementos finitos en la ingeniería civil /

*C. A. Brebbia, J. J. Connor.*

*Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ;, Madrid : (1975)*

8438000215

---

### [3 Recomendado] Teoría de la elasticidad /

*Federico París.*

*Universidad de Sevilla,, Sevilla : (1996)*

8488783183