

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Tecnología Específica		2º	1º	6	Obligatoria
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rafael Gallego Sevilla (coord.)</li> <li>M. Esther Puertas García</li> </ul>			Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. 4ª planta, ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos. Campus de Fuentenueva. Despachos num. 4 y 5. Correo electrónico: <a href="mailto:gallego@ugr.es">gallego@ugr.es</a> y <a href="mailto:epuertas@ugr.es">epuertas@ugr.es</a>		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE <sup>(1)</sup>		
			Puesto que pueden sufrir cambios, consultar horarios de tutorías en las páginas: <a href="http://sl.ugr.es/Gallego">http://sl.ugr.es/Gallego</a> y <a href="http://sl.ugr.es/EPuertas">http://sl.ugr.es/EPuertas</a>		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS MÁSTERES A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos</li> </ul>					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Tener cursada y superada la asignatura Mecánica de los Medios Continuos. Tener conocimientos adecuados sobre Análisis Numérico y Ecuaciones en Derivadas Parciales.					

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente  
(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34 Página: 1 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL MÁSTER)

Análisis Estructural de Placas. Análisis Estructural de Láminas. Integridad Estructural.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

**BÁSICAS Y GENERALES**

- **CGM1** - Capacitación científico-técnica y metodológica para el reciclaje continuo de conocimientos y el ejercicio de las funciones profesionales de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, planificación, dirección, gestión, construcción, mantenimiento, conservación y explotación en los campos de la ingeniería civil.
- **CGM11** - Capacidad para el proyecto, ejecución e inspección de estructuras (puentes, edificaciones, etc.), de obras de cimentación y de obras subterráneas de uso civil (túneles, aparcamientos), y el diagnóstico sobre su integridad.
- **CB6** - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- **CB7** - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- **CB8** - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
- **CB9** - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- **CB10** - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

**TRANSVERSALES**

- **CT1** - Capacidad de análisis y síntesis
- **CT2** - Capacidad de organización y planificación
- **CT3** - Comunicación oral y/o escrita
- **CT4** - Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
- **CT5** - Capacidad de gestión de la información
- **CT6** - Resolución de problemas
- **CT7** - Trabajo en equipo
- **CT8** - Razonamiento crítico
- **CT9** - Aprendizaje autónomo
- **CT10** - Creatividad
- **CT11** - Iniciativa y espíritu emprendedor
- **CT12** - Sensibilidad hacia temas medioambientales

**ESPECÍFICAS**

- **TE2** - Conocimiento y capacidad para el análisis estructural mediante la aplicación de los métodos y programas de diseño y cálculo avanzado de estructuras, a partir del conocimiento y comprensión de las solicitaciones y su aplicación a las tipologías estructurales de la ingeniería civil. Capacidad para realizar evaluaciones de integridad



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
grados.ugr.es

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34    Página: 2 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- estructural.
- **TE3** - Conocimiento de todo tipo de estructuras y sus materiales, y capacidad para diseñar, proyectar, ejecutar y mantener las estructuras y edificaciones de obra civil.

#### OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

El estudiante debe aprender a:

- Diferenciar los modelos de placas y láminas de los modelos de barras y distinguir los sistemas estructurales donde son de aplicación.
- Comprender las hipótesis básicas y por tanto las limitaciones de las diferentes teorías de placas, y distinguir los sistemas estructurales donde son de aplicación.
- Aprender las variables cinemáticas y dinámicas que intervienen en las Teorías de Placas y su relación con las magnitudes a nivel de punto de la Teoría de la Elasticidad.
- Resolver problemas de placas por métodos analíticos exactos y aproximados.
- Conocer y aplicar los elementos finitos tipo placa más habituales, sus posibilidades y limitaciones.
- Comprender las hipótesis y por tanto limitaciones de las diferentes teorías de láminas, y distinguir los sistemas estructurales donde son de aplicación.
- Aprender las variables cinemáticas y dinámicas que intervienen en las Teorías de Membrana y de Láminas, y su relación con las magnitudes a nivel de punto de la Teoría de la Elasticidad.
- Obtener los esfuerzos de membrana para diferentes sistemas estructurales.
- Obtener distribuciones de flectores, torsores y cortantes para problemas de láminas restringidas.
- Conocer y aplicar los elementos finitos tipo lámina más habituales.
- Conocer el cambio en el patrón de tensiones en un elemento estructural cuando existe una grieta.
- Comprender los diferentes modos de fractura y los criterios de fallo.
- Conocer la existencia de la zona plástica en el vértice de la grieta y entender la forma que tiene ésta en función del espesor de la pieza.
- Determinar los límites de aplicación de la mecánica de la fractura elástica lineal y cuándo se aplica la mecánica de la fractura elasto-plástica.
- Conocer el proceso de fatiga.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO

##### **BLOQUE I: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PLACAS**

###### **Capítulo 1. Introducción al Análisis de Placas.**

- 1.1. Conceptos básicos de placas.
- 1.2. Métodos de resolución.

###### **Capítulo 2. Teoría de Placas Delgadas: Ecuaciones básicas.**

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Hipótesis de comportamiento.
- 2.3. Relaciones cinemáticas.
- 2.4. Esfuerzos unitarios.
- 2.5. Ecuaciones de equilibrio.
- 2.6. Deformaciones en el prisma diferencial.
- 2.7. Momentos-curvaturas.
- 2.8. Ecuación de la deformada.



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34    Página: 3 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- 2.9. Cálculo de las tensiones.
- 2.10. Validez de la teoría.
- 2.11. Esfuerzos en secciones no cartesianas.
- 2.12. Condiciones de contorno.

### **Capítulo 3. Placas Rectangulares.**

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Solución analítica a la ecuación de placas.
- 3.3. Desarrollo en series de Fourier.
- 3.4. Método de Navier.
- 3.5. Método de Levy.

### **Capítulo 4. Placas Circulares.**

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Ecuaciones de equilibrio en coordenadas polares.
- 4.3. Ecuación de la deformada.
- 4.4. Condiciones de contorno.
- 4.5. Placas circulares con flexión axisimétrica.
- 4.6. Placas circulares bajo carga no axisimétrica.

### **Capítulo 5. El Método de los Elementos Finitos para Placas.**

- 5.1. Introducción.
- 5.2. El método de los elementos finitos.
- 5.3. Teoría de placas de Kirchhoff.
- 5.4. Elementos de placas rectangulares.
- 5.5. Teoría de Reisner-Mindlin

## **BLOQUE II. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LÁMINAS**

### **Capítulo 6. Introducción al análisis de láminas.**

- 6.1. Introducción.
- 6.2. La teoría de láminas.
- 6.3. Geometría de láminas de revolución.
- 6.4. Elemento diferencial: el prisma diferencial.
- 6.5. Esfuerzos unitarios en el prisma diferencial.

### **Capítulo 7. Estado de membrana: ecuaciones de equilibrio.**

- 7.1. Ecuaciones de equilibrio del estado de membrana.
- 7.2. Particularización para el caso de carga axisimétrica.
- 7.3. Particularización para láminas esféricas.
- 7.4. Particularización para láminas cilíndricas.
- 7.5. Particularización para láminas cónicas.

### **Capítulo 8. Desplazamientos y deformaciones en láminas de revolución.**

- 8.1. Hipótesis cinemáticas.
- 8.2. Deformaciones y desplazamientos en un punto cualquiera del espesor de la lámina para el caso axisimétrico.
- 8.3. Deformaciones en un punto cualquiera del espesor de la lámina para el caso general.
- 8.4. Desplazamiento en un punto cualquiera del espesor de la lámina para el caso cilíndrico.
- 8.5. Simplificación de las ecuaciones generales de desplazamientos y deformaciones para el caso axisimétrico.

### **Capítulo 9. Relaciones entre esfuerzos unitarios y desplazamientos en el estado de membrana.**

- 9.1. Introducción.
- 9.2. Relaciones entre esfuerzos unitarios de membrana y desplazamientos para una lámina de gran radio de curvatura bajo carga axisimétrica.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34    Página: 4 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

9.3. Cálculo de los desplazamientos conocidos los esfuerzos

9.4. Particularización para láminas de generatriz sencilla.

**Capítulo 10. Flexión en láminas cilíndricas circulares bajo carga axilsimétrica.**

10.1. Esfuerzos en el prisma diferencial.

10.2. Ecuaciones de equilibrio.

10.3. Ecuaciones de comportamiento y compatibilidad.

10.4. Ecuaciones de equilibrio en términos de los desplazamientos en la superficie media.

10.5. Cálculo de las tensiones en un punto cualquiera del espesor conocidos los esfuerzos.

10.6. Solución de la ecuación diferencial de la flecha.

10.7. Algunos problemas útiles de flexión: cilindro de gran longitud.

10.8. Depósito cilíndrico a presión con extremos planos infinitamente rígidos y libertad de movimientos longitudinales.

**Capítulo 11. El Método de los Elementos Finitos para láminas.**

11.1. MEF para láminas axilsimétricas.

11.2. MEF para láminas.

**BLOQUE III. INTEGRIDAD ESTRUCTURAL**

**Capítulo 12. Integridad Estructural: Introducción.**

12.1. Introducción.

12.2. Modos de fallo en estructuras.

12.3. Evaluación no destructiva.

**Capítulo 13. Mecánica de la Fractura Elástica Lineal.**

13.1. Introducción.

13.2. Factor de Intensidad de Tensiones.

13.3. Postulado de Irwin: criterio de fallo.

**Capítulo 14. La Zona Plástica en el Vértice de la Grieta.**

14.1. Introducción.

14.2. La corrección plástica de Irwin.

14.3. Modelo de Dugdale-Baremlblatt.

14.4. Forma de la zona plástica.

**Capítulo 15. Mecánica de la Fractura Elasto-Plástica.**

15.1. Introducción.

15.2. Equilibrio energético: G y R.

15.3. Relación entre el FIT y G.

15.4. La curva de resistencia R.

15.5. La integral J.

**Capítulo 16. Fatiga.**

16.1. Introducción

16.2. Proceso general de fatiga.

16.3. Modelos de crecimiento de grieta por fatiga.

16.4. Cálculo de la vida a fatiga.

**BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:**

- Puertas García, M.E.; Martínez Castro, A.E.; Gallego Sevilla, R. Análisis Estructural de Placas. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. (se entregarán en PRADO)
- Gallego Sevilla, R; Puertas García, M.E. Análisis Estructural de Láminas. Licencia Creative



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
grados.ugr.es

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34    Página: 5 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. (se entregarán en PRADO)
- Gallego Sevilla, R; Puertas García, M.E. Mecánica de la Fractura. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. (se entregarán en PRADO)

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- K. Bhaskar and T.K. Varadan. Plates. Theories and Applications. Wiley. 2014.
- J. Blaauwendraad. Plates and FEM. Surprises and Pitfalls. Springer. 2010.
- J. Blaauwendraad and J.H. Hoefakker. Structural Shell Analysis. Understanding and Application. Springer. 2014.
- Jurado, J.A; Hernández, S. Análisis Estructural de placas y láminas, Tórculo Ed., 2004.
- T. Krauthammer and E. Ventsel. Thin Plates and Shells. Theory, Analysis and Applications. CRC Press. 2001.
- Monleón Cremadas, S., Análisis de vigas, arcos, placas y láminas, UPV, 1999.
- Oñate, E. Análisis de Estructuras mediante el Método de los Elementos Finitos, UPC, 1995.
- J.N. Reddy. Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells. 2006. CRC Press.
- R. Szilard. Theories and Applications of Plate Analysis. John Wiley & Sons, Inc. 2004.
- A.C. Ugural. Stresses in Beams, Plates and Shells. CRC Press. 2009.

#### ENLACES RECOMENDADOS

- <http://pradoposgrado.ugr.es>
- Plataforma PRADO de la asignatura

#### METODOLOGÍA DOCENTE

La metodología que se va a aplicar incluye las siguientes actividades:

- La lección magistral, como método en el desarrollo de las clases de teoría combinada con actividades motivadoras y aprendizaje colaborativo.
- Las clases de problemas, utilizadas como un modo de apoyar la consolidación de los conocimientos teóricos.
- Los talleres, usados para la presentación y desarrollo de las actividades prácticas bajo una guía y supervisión directa del profesor.
- Trabajo autónomo guiado, que permiten el trabajo de los alumnos en la elaboración de las prácticas, de manera no supervisada.
- Trabajo individual del alumno no guiado ni supervisado, para favorecer al aprendizaje autónomo y la iniciativa del estudiante.
- Las tutorías, como un medio para complementar las restantes actividades, ofreciendo un apoyo directo e individualizado de los estudiantes.
- Evaluación individual a partir de pruebas para comprobar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la asignatura.
- Todas estas actividades se completarán con Seminarios, Charlas, etc. voluntarias para el gran grupo con el objeto de motivar el interés del estudiante.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

La **evaluación continua** se realizará del siguiente modo:



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34    Página: 6 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

1. Examen/pruebas teórico-prácticas parciales (60%): Se realizará una prueba para cada bloque de la asignatura (Placas 40%, Láminas 40% e Integridad Estructural 20%) que consistirá en la resolución de varios ejercicios teórico-prácticos y durarán entre 90-120 minutos.
2. Actividades individuales y/o en grupo supervisadas (40%): Estas actividades se calificarán independientemente. La nota obtenida será la media de las calificaciones de total de actividades desarrolladas a lo largo del curso.

Para aprobar por Curso será necesario:

- Obtener una calificación superior a 3/10 en cada una de las pruebas teórico-prácticas.
- Obtener una media ponderada final superior a 5/10.

La asistencia a clases tanto teóricas como prácticas es recomendable. El estudiantado debe tener en cuenta que en el desarrollo de las clases se realizarán actividades que computan en la evaluación continua.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

La evaluación será continua, salvo si el estudiante solicita **Evaluación Única Final** (artículo 8 de la NCG71/2). En cuyo caso, la evaluación consistirá en un único examen teórico-práctico del programa de la asignatura en la fecha indicada por el Centro.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Los estudiantes están obligados a actuar en la pruebas de evaluación de acuerdo con los principios de mérito individual y autenticidad del ejercicio. **Cualquier actuación contraria en ese sentido dará lugar a la calificación numérica de cero** (artículo 10 de la NCG71/2). En consecuencia, la detección de una acción fraudulenta tanto en el examen como en cualquier actividad individual que se proponga supondrá una calificación final de cero.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 24/05/2019 17:40:34    Página: 7 / 7



AxvD9v404NXbLPyha5ntnX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.