

ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Complementos obligatorios	Ingeniería de Estructuras	3º	2º	6	Obligatoria

PROFESOR(ES)	DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)
<ul style="list-style-type: none"> Alejandro E. Martínez Castro (coord., amcastro@ugr.es) Esther Puertas García (epuertas@ugr.es) 	Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. 4ª planta, ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos. Campus de Fuentenueva.
	HORARIO DE TUTORÍAS
	(consultar página http://meih.ugr.es)

GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR
Grado en Ingeniería Civil, en sus tres especialidades: Construcciones Civiles; Hidrología; y Transportes y Servicios Urbanos.	

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)
Prerrequisitos: Tener cursada y superada la asignatura de carácter básico Mecánica para Ingenieros y Teoría de Estructuras
Recomendaciones: Tener cursadas y superadas las asignaturas de carácter básico: Matemáticas I , Matemáticas II , Matemáticas III e Ingeniería Grafica I

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



INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 1 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Generales y básicas

- **CG1:** Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación.
- **CG2:** Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en la construcción de una obra pública, y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia en la construcción dentro del respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de la obra pública.
- **CG3:** Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.
- **CG4:** Capacidad para proyectar, inspeccionar y dirigir obras, en su ámbito.
- **CB1:** Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- **CB3:** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- **CB4:** Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

Específicas

- **COP3:** Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.
- **COP4:** Capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento. Capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas siguiendo las normativas existentes y utilizando métodos de cálculo analíticos y numéricos.
- **CCC3:** Conocimiento sobre el proyecto, cálculo, construcción y mantenimiento de las obras de edificación en cuanto a la estructura, los acabados, las instalaciones y los equipos propios.
- **CCC5:** Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas.

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



OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

El alumno debe aprender a:

- elegir el modelo estructural de cálculo adecuado según la tipología estructural
- calcular matrices de rigidez elementales bajo diversas condiciones de unión y planos de carga, en distintos sistemas de coordenadas
- calcular matrices de rigidez globales a partir de las elementales, teniendo en cuenta diferentes condiciones de apoyo y unión en nudos
- obtener cargas en nudos equivalentes para diferentes hipótesis de cargas en barras y acciones asimilables.
- Resolver estructuras completas mediante el Método Directo de la Rigidez, calculando tanto desplazamientos en nudos, como fuerzas en barras y a partir de ellos, diagramas de esfuerzos.
- Evaluar elementos aislados a compresión mediante teoría de 2º orden aplicando la Tª de Euler, así como evaluar el efecto de excentricidades, imperfecciones, grandes desplazamientos y plasticidad
- Calcular matrices elementales de segundo orden, tanto exactas como utilizando la matriz geométrica
- Calcular la carga global de pandeo de una estructura.
- Modelizar estructuras de elementos lineales mediante elementos finitos.
- Modelizar estructuras tipo sólido mediante elementos finitos.



ugr | Universidad
de Granada

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 3 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

BLOQUE I: CÁLCULO MATRICIAL DE ESTRUCTURAS		2.8 ECTS
TEMA I.1	Conceptos básicos	
	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción. • Métodos matriciales. Relaciones básicas. • Discretización. Elementos y nudos. • Métodos de Compatibilidad y Equilibrio. • Conceptos de matriz de Rigidez y Flexibilidad. 	
TEMA I.2	Coordenadas y matrices elementales	
	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de coordenadas. • Obtención de las matrices de rigidez elementales. • Elemento articulado. • Elemento viga. • Elemento viga con deformación a cortante. • Elemento de emparrillado. • Elemento viga tridimensional. • Transformación de coordenadas. 	
TEMA I.3	El método directo de la rigidez, MDR	
	<ul style="list-style-type: none"> • El elemento y la estructura. • Formación de la matriz de rigidez. • Propiedades de la matriz de rigidez. • Aplicación de las condiciones de contorno. • Postproceso: determinación de esfuerzos y reacciones. • PRACTICA CON SAP2000 	
TEMA I.4	Problemas particulares de carga y apoyo	
	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción. • Cargas aplicadas en barras. • Asiento de apoyos. • Efectos térmicos y defectos de montaje. • Apoyos no concordantes y apoyos elásticos. • PRACTICA CON SAP2000 	
TEMA I.5	Técnicas complementarias de análisis	



INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 4 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.

- Introducción.
- Condensación de grados de libertad.
- Libertades en barras.
- Subestructuras o macroelementos.
- Ligaduras de movimientos.
- Nudos flexibles.
- PRACTICA CON SAP2000

BLOQUE II: ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS MEDIANTE EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS		1.6 ECTS
TEMA II.1	Método de los Elementos Finitos: elementos barra	
	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción. • MEF para barras a axil. • Integración numérica • MEF para vigas delgadas • MEF para vigas gruesas • PRACTICA CON SAP2000 	
TEMA II.2	Método de los Elementos Finitos: elasticidad lineal	
	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción. • MEF para elasticidad bidimensional. • Elementos lineales • Tecnología de elementos. • Aspectos complementarios. • PRACTICA CON SAP2000 	

BLOQUE III: INESTABILIDAD DE ESTRUCTURAS		1.6 ECTS
TEMA III.0	Introducción a las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias.	
TEMA III.1	Inestabilidad de barras comprimidas	
	<ul style="list-style-type: none"> • Motivación. • Ejemplos sencillos de comportamiento no lineal. • Pandeo de una columna aislada biarticulada. • Pandeo de columnas: influencia de las condiciones de contorno. • Ecuación Diferencial de Pandeo de Columnas. • Longitud de pandeo. Hipérbola de Euler. • Pandeo con imperfecciones. • PRACTICA CON SAP2000 	
TEMA III.2	Inestabilidad global de estructuras	



INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 5 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.

- Introducción.
- Modos de pandeo global.
- El elemento viga-columna.
- Análisis no lineal de estructuras en segundo orden: efecto P-Delta.
- Pandeo global de estructuras.
- PRACTICA CON SAP2000

BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de la asignatura proporcionados por los profesores.
- Samartín Quiroga, A. y González de Cangas, J.R., Cálculo Matricial de estructuras, Colegio ICCP, 2001.
- Celigieta, J.T., Curso de Análisis Estructural, Eunsa, 2008
- Martí Montrull, P., Análisis de estructuras: métodos clásicos y matriciales, HE Editores, 2003
- 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
- Z. Bažant and L. Cedolin. Stability of Structures. Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories. World Scientific, 2010.
- J. Domínguez. Elementos para el Cálculo de Estructuras Metálicas. Servicio de publicaciones. ETSII Las Palmas de Gran Canaria, 1982.
- T. V. Galambos and A. E. Surovek. Structural Stability of Steel: Concepts and Applications for Structural Engineers. John Wiley and Sons, 2008.
- S. P. Timoshenko and J. M. Gere. Theory of Elastic Stability. Dover Publications, 2009.

ENLACES RECOMENDADOS

Plataforma PRADO de la asignatura

METODOLOGÍA DOCENTE

Actividades formativas presenciales

- Clases teóricas: El profesorado desarrollará los contenidos descritos en el programa de la asignatura que previamente se habrán facilitado al alumno. Durante el desarrollo de las clases los profesores podrán responder todas las dudas planteadas por los estudiantes e invitarán a la participación de los mismos proponiendo breves cuestiones así como desarrollarán ejercicios sobre los contenidos para permitir fijar los conceptos.
El objeto de éstas es adquirir los conocimientos de la materia, potenciar la reflexión y una mentalidad crítica.
- Clases prácticas en el aula: Se resolverán ejercicios de aplicación de los conceptos teóricos empleando técnicas docentes que permitan al alumno afianzar los contenidos teóricos.
El objetivo de estas actividades es que el alumno desarrolle las habilidades necesarias para la resolución de problemas estructurales.
- Clases prácticas en el aula informática: Se realizarán actividades que permitan al alumnado aplicar los conocimientos adquiridos en clases teóricas y prácticas para la resolución de problemas estructurales complejos empleando software específico (Python, SAP 2000)
Las competencias adquiridas con el desarrollo de las clases prácticas informáticas consisten en potenciar las habilidades de manejo de software en cálculo estructural adaptándose a la actualidad.
- Evaluación individual. Se realizará una prueba final para comprobar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de



ugr | Universidad
de Granada

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 6 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.

la asignatura.

Actividades formativas no presenciales

- Estudio y trabajo individual: El alumnado desarrollará actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesorado que le permitan de forma individual profundizar y avanzar en el estudio de la materia. El objetivo es que el alumnado planifique y autoevalúe su aprendizaje.
- Tutorías individuales o en grupo: Seguimiento personalizado del aprendizaje del alumno. El objeto es orientar el trabajo del alumnado y orientar la formación académica del estudiante.

RÉGIMEN DE ASISTENCIA

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

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

La Evaluación será continua, salvo si el alumno solicita *Evaluación Única Final* en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, por motivos laborales, estado de salud, discapacidad o cualquier otra causa debidamente justificada, tal y como establece el artículo 8 de la NCG71/2. En ese caso, ésta consistirá en un examen teórico práctico del programa de la asignatura en la fecha indicada por el Centro.

La Evaluación Continua se realizará del siguiente modo:

1.- **Exámenes parciales (40%)**: Será condición necesaria *obtener una nota mínima* de 4 puntos sobre 10 en este apartado de forma independiente. Sólo en ese caso se sumarán el resto de calificaciones de evaluación por curso.

La evaluación individual consta de tres exámenes parciales, realizados mediante test de marcas con justificación de respuesta, correspondientes a cada uno de los bloques en los que se divide la asignatura.

- A.- Cálculo Matricial
- B.- Elementos Finitos
- C.- Inestabilidad

Para poder contabilizar la calificación de parciales en el sistema de evaluación continua, será necesario cumplir los siguientes requisitos.

- 1.- Obtener un mínimo de 2 puntos sobre 10 en cada uno de los tres bloques.
- 2.- La media ponderada (0,40, 0,30, 0,30) entre las tres partes debe superar 4 puntos sobre 10.

En caso de no cumplirse estos criterios, no se contabilizarán el resto de calificaciones de evaluación continua, suponiendo directamente la no superación de la asignatura en la convocatoria de junio.

2.- **Test de marcas con realización en clases presenciales (10%)**: De forma periódica se realizarán en clase ejercicios cortos que serán corregidos mediante un sistema de marcas. Su porcentaje de participación será 0,40; 0,30; 0,30, según la parte a la que corresponda cada test de clase (Cálculo Matricial, Elementos Finitos e Inestabilidad, respectivamente).



ugr | Universidad
de Granada

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 7 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.

3.- **Estudio y Trabajo individual (30%)**: Estas actividades consistirán en la realización de cuestionarios individualizados en la plataforma PRADO. Este trabajo tendrá carácter estrictamente individual, y cualquier detección de copia o fraude será calificado con 0 puntos en la asignatura.

Para la realización de algunas de las cuestiones se hará uso del lenguaje de programación **Python**, a nivel básico. No se requieren conocimientos previos de este lenguaje. Se empleará como herramienta que permita realizar operaciones matemáticas con matrices (suma, multiplicación, ensamblaje, resolución del sistema de ecuaciones, resolución de problemas de valores propios generalizados, funciones, objetos, gráficas, etc).

Para estos ejercicios se recomendará el manejo del entorno Spyder de la versión 2.7 del lenguaje Python. Para disponer de este entorno puede instalarse la distribución Anaconda, de Continuum Analytics (gratuita).

4.- **Prácticas de SAP2000 (20%)**: Se propondrá la realización por parte del alumno de una serie de prácticas individuales que le permitirán trabajar de forma autónoma con el programa de cálculo SAP 2000. La realización de estas prácticas es estrictamente individual. En caso de detectarse plagio o copia, el estudiante tendrá la calificación de 0 puntos global en la asignatura.

Las calificaciones obtenidas durante el curso en la realización de actividades **no se guardarán para las convocatorias de septiembre y diciembre** (incluyendo notas de parciales, tests de clase, cuestionarios de PRADO y prácticas de SAP 2000). Para estas convocatorias, y acorde con la normativa de la Universidad de Granada, la evaluación será forzosamente en formato único final.

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.

La **Evaluación Única Final** se realizará del siguiente modo:

Se realizará un único examen, con tres partes, correspondientes a cada uno de los bloques en que se divide la asignatura.

- A.- Cálculo Matricial
- B.- Elementos Finitos
- C.- Inestabilidad

Para aprobar este examen será necesario cumplir los siguientes requisitos

- 1.- Obtener un mínimo de 5 puntos sobre 10 en el bloque de Cálculo Matricial.
- 2.- Obtener un mínimo de 5 puntos sobre 10 en otro de los dos bloques B o C.
- 3.- Obtener en el tercer bloque restante una nota mínima de 3 puntos sobre 10.
- 4.- Obtener una media ponderada superior a 5 puntos (40% Matricial, 30% Elementos Finitos, 30% Inestabilidad)



ugr | Universidad
de Granada

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR
<http://grados.ugr.es>

Firmado por: DAVID LOPEZ MARTIN Secretario de Departamento

Sello de tiempo: 11/10/2016 12:22:36 Página: 8 / 8



rDoCjikpcjKWiHSUxZvKkX5CKCJ3NmbA

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.