

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	3,6	Obligatoria	Presencial	Español
<b>MÓDULO</b>		Fundamentos de Ingeniería		
<b>MATERIA</b>		Dinámica de Estructuras		
<b>CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO</b>		Escuela Internacional de Posgrado		
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>		Máster Universitario en Estructuras		
<b>CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA</b>		Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos		
<b>PROFESORES<sup>(1)</sup></b>				
<b>Rafael Bravo Pareja</b>				
<b>DIRECCIÓN</b>		Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, 4ª planta, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Correo electrónico: <a href="mailto:rbravo@ugr.es">rbravo@ugr.es</a> (Rafael Bravo)		
<b>TUTORÍAS</b>		Consultar horario de tutorías de profesores en la web del departamento. <a href="https://meih.ugr.es/pages/personal/mecanica">https://meih.ugr.es/pages/personal/mecanica</a> .		
<b>José María Terrés Nicoli</b>				
<b>DIRECCIÓN</b>		Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, 4ª planta, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Correo electrónico: <a href="mailto:jterres@ugr.es">jterres@ugr.es</a> (José M. Terrés)		
<b>TUTORÍAS</b>		Consultar horario de tutorías de profesores en la web del departamento. <a href="https://meih.ugr.es/pages/personal/mecanica">https://meih.ugr.es/pages/personal/mecanica</a> .		
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>				
<b>COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CB1: 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.</li> <li>• CB2: Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una</li> </ul>				

<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/))



información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

- CB3: 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.
- CB4: Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE1: Conocer herramientas computacionales para el análisis de estructuras.
- CE2: Manejar herramientas computacionales en diversas aplicaciones estructurales.
- CE7: Conocer los fundamentos de la dinámica estructural y emplear técnicas de análisis para sistemas simples y complejos ante diferentes tipos de carga.
- CE12: Conocer y emplear técnicas de identificación de parámetros y daño estructural.
- CE15: Ser capaz de realizar búsquedas bibliográficas de documentos científicos.
- CE18: Conocer y ser capaz de seleccionar técnicas de laboratorio para medidas experimentales en estructuras.

#### OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

##### El alumno sabrá/comprenderá:

Los fundamentos de la dinámica y los métodos de cálculo que le permiten evaluar la respuesta dinámica determinista de estructuras en régimen lineal, bajo cargas generales variables en el tiempo, abarcando:

1. Formulación de las ecuaciones del movimiento.
2. Sistemas con propiedades másicas, de rigidez y de amortiguamiento tanto concentradas como distribuidas.
3. Cálculo de la respuesta de sistemas de un grado de libertad en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.
4. Cálculo de la respuesta de sistemas de múltiples grados de libertad mediante el método de superposición modal.

##### El alumno será capaz de:

5. Obtener manualmente las matrices de rigidez, masa y amortiguamiento globales de estructuras de barras en 2D, a partir de las matrices elementales.
6. Obtener las frecuencias propias y modos propios de vibración de sistemas de múltiples grados de libertad.
7. Obtener manualmente la respuesta dinámica de problemas sencillos aplicando el método de superposición modal.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

Presentar conocimientos fundamentales de dinámica y métodos que permitan al alumno evaluar la respuesta determinista de las estructuras en régimen lineal y no lineal, bajo cargas arbitrarias variables en el tiempo. El curso está orientado hacia las estructuras civiles y de edificación. Entre los diferentes métodos posibles para discretizar la estructura y para formular las ecuaciones del movimiento, el curso se centra en los modelos de masas concentradas y en el planteamiento directo del equilibrio mediante el principio de d'Alembert. Los temas se abordan desde el enfoque determinista.



## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

- Respuesta de sistemas de 1 grado de libertad bajo cualquier tipo de cargas dinámica. Análisis en el dominio del tiempo y de la frecuencia. Transformadas de Fourier. Espectros de respuesta.
- Ecuaciones en elementos monodimensionales sometidas a cargas dinámicas. Sistemas continuos y sistemas discretos.
- Sistemas discretos de N grados de libertad con propiedades elásticas, másicas y de amortiguamiento distribuidas y concentradas. Planteamiento de las ecuaciones de equilibrio dinámico.
- Expresiones analíticas de la matriz de rigidez y de las matrices de masas y amortiguamiento consistentes, de una barra y de toda la estructura. Construcción sistemática de las matrices de rigidez, masa y amortiguamiento de toda la estructura empleando la matriz de conexiones.
- Sistemas discretos de N grados de libertad con propiedades elásticas, másicas y de amortiguamiento distribuidas y concentradas. Vibraciones libres. Frecuencias y modos propios. Ortogonalidad. Coordenadas normales.
- Método de superposición modal. Matriz de amortiguamiento de Rayleigh. Respuesta en desplazamiento y esfuerzos en cada instante. Caso particular de vector de cargas separables.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Chopra Anil K.: Dynamics of structures: theory and applications to earthquake engineering. New York, Prentice-Hall, 2001.
- Benavent-Climent, Amadeo. "Estructuras sismorresistentes", Maia Ediciones, 2010.
- Clough y Penzien: Dynamics of Structures. Segunda Edición, Mc Graw Hill, N. Y., 1993
- Humar. Dynamics of Structures. Balkema. 2005.
- Hurty, Rubinstein: Dynamics of Structures. Prentice-Hall,1964.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Hart, Gary C. y Kevin Wong: Structural dynamics for structural engineers. New York: Wiley, 1999.
- Meskouris, K: Structural dynamics: models, methods, examples. Berlín: Ernst and Sohn, 2000
- Cheng, Franklin Y.: Matrix analysis of structural dynamics: applications and earthquake engineering. New York : Marcel Dekker, 2000.

## ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

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.
- Evaluación individual. Se realizará una prueba final para comprobar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de 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.
- Trabajos prácticos individuales: El alumnado desarrollará actividades propuestas por el profesorado para su entrega y evaluación a lo largo del curso.
- 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.

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

##### CONVOCATORIA ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

Los estudiantes están obligados a actuar en las 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 un examen como en cualquier actividad individual que se proponga supondrá una calificación final en la asignatura de cero (0.0). **Esto incluye las actividades individuales evaluables para realizar en casa.**

La asistencia a todas las clases tanto teóricas como prácticas es recomendable ya que en el desarrollo de las clases se realizarán actividades que computan en la evaluación continua. En cualquier caso, la asistencia ha de superar el 70% de las horas presenciales para poder optar a la evaluación continua.

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

**EVAL 1.- Actividades individuales no presenciales (20%):** Se propondrán trabajos cada una o dos semanas para su realización individual por el alumnado. La presentación de estos trabajos en tiempo y forma será obligatoria para poder presentarse a los exámenes (punto 3). Estos trabajos son individuales, lo cual implica que el alumno se compromete a realizarlos por sus propios medios, sin consultar a otras personas, salvo los profesores de la asignatura en tutorías.

**EVAL 2.- Actividades individuales y/o en grupo en clase supervisadas (30%):** Durante las clases se realizarán ejercicios o test cada una o dos semanas para su realización individual o en grupo por el alumnado.



**EVAL 3.- Examen global teórico-práctico (50%):** Los alumnos que obtengan sobresaliente en las EVAL 1 y 2 no tendrán que hacer la EVAL 3. Para el resto, será condición necesaria aprobar este apartado de forma independiente. La evaluación EVAL 3 constará de cuestiones teóricas (T) y prácticas (P). La media (M) del examen se obtiene mediante la fórmula:

$$M = 0,3 T + 0,7 P$$

Para aprobar este examen es necesario obtener al menos un 3 en la parte Teórica, en caso contrario la calificación será MÍN(M;4,5)

Las calificaciones obtenidas durante el curso en la realización de actividades y estudio no se guardarán para la convocatoria extraordinaria de septiembre, que será únicamente mediante un examen global teórico-práctico.

### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

En ese caso, la convocatoria extraordinaria consistirá en un único examen teórico-práctico del programa de la asignatura en la fecha indicada por el Centro. El examen extraordinario constará de cuestiones teóricas (T) y prácticas (P). La media (M) del examen se obtiene mediante la fórmula:

$$M = 0,3 T + 0,7 P$$

Para aprobar este examen es necesario obtener al menos un 3 en la parte Teórica, en caso contrario la calificación será MÍN(M;4,5)

### 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

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

En ese caso, la convocatoria de evaluación única final consistirá en un único examen teórico-práctico del programa de la asignatura en la fecha indicada por el Centro. El examen extraordinario constará de cuestiones teóricas (T) y prácticas (P). La media (M) del examen se obtiene mediante la fórmula:

$$M = 0,3 T + 0,7 P$$

Para aprobar este examen es necesario obtener al menos un 3 en la parte Teórica, en caso contrario la calificación será MÍN(M;4,5)



## ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
El establecido en el POD salvo que sea modificado por causas de fuerza mayor .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tutoría en el despacho del profesor</li><li>• Email</li><li>• Línea telefónica IP</li><li>• Plataforma Prado</li><li>• Google Meet, Zoom, Skype o similar</li></ul>
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE	
Clases presenciales manteniendo todas las medidas de seguridad establecidas por las autoridades sanitarias.	
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)	
Convocatoria Ordinaria	
Se mantiene la misma metodología de evaluación presencial. Las fechas de evaluación pueden cambiar por causas de fuerza mayor.	
Convocatoria Extraordinaria	
Se mantiene la misma metodología de evaluación presencial. Las fechas de evaluación pueden cambiar por causas de fuerza mayor.	
Evaluación Única Final	
Se mantiene la misma metodología de evaluación presencial. Las fechas de evaluación pueden cambiar por causas de fuerza mayor.	

## ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL	
HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
El establecido en el POD salvo que sea modificado por causas de fuerza mayor.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Email</li><li>• Línea telefónica IP</li><li>• Plataforma Prado</li><li>• Google Meet, Zoom, Skype o similar</li></ul>
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE	
Clases virtuales síncronas teóricas y prácticas según el horario establecido por la escuela a través de Google Meet, Zoom, Google Classroom o similar.	
El enlace de acceso a la clase estará disponible a través de la plataforma Prado. Además, cada clase será	



---

grabada y estará disponible para el alumno de manera que también se pueda seguir la clase de manera asíncrona.

**MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)**

**Convocatoria Ordinaria**

Se mantiene la misma metodología de evaluación, cambiándose las pruebas presenciales por virtuales. Se computará la asistencia a las clases virtuales.

**Convocatoria Extraordinaria**

Se mantiene la misma metodología de evaluación, cambiándose la pruebas presenciales por virtuales.

**Evaluación Única Final**

Se mantiene la misma metodología de evaluación, cambiándose la pruebas presenciales por virtuales.

