



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**43000668 - Comportamiento Dinámico De Materiales**

### PLAN DE ESTUDIOS

04AP - Master Universitario Ingeniería De Estructuras, Cimentaciones Y Materiales

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	6
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	43000668 - Comportamiento Dinámico de Materiales
<b>No de créditos</b>	1.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	04AP - Master Universitario Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos
<b>Curso académico</b>	2024-25

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Rafael Sancho Cadenas (Coordinador/a)	Dpt.Ciencia Mat	rafael.sancho@upm.es	Sin horario. Tutorías bajo demanda. Solicitud por e-mail
Francisco Rafael Galvez Diaz-Rubio	Dpt.Ciencia Mat	f.galvez@upm.es	Sin horario. Tutorías bajo demanda. Solicitud por e-mail

Victor Rey De Pedraza Ruiz	Dpt.Ciencia Mat	v.rey@upm.es	Sin horario. Tutorías bajo demanda. Solicitud por e-mail
David Angel Cendon Franco	Dpt.Ciencia Mat	david.cendon.franco@upm.e s	Sin horario. Tutorías bajo demanda. Solicitud por e-mail

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimiento básico-medio en mecánica de medios continuos
- Conocimiento sobre el comportamiento elasto-plástico de los materiales

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

C11 - [ligada al Itinerario en Simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales]: Capacidad para la investigación de alta especialización o para la predoctoral en simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales. TIPO: Competencias

C3 - [Proviene de las competencias CE3 y CE9]: Capacidad para la resolución de problemas ligados al diseño, construcción, conservación y evaluación técnica de infraestructuras que requieran la aplicación de las propiedades mecánicas y de fractura de los materiales estructurales TIPO: Competencias

C4 - [Proviene de las competencias CE1 y CE4]: Capacidad para el análisis del comportamiento mecánico y la durabilidad de estructuras de ingeniería civil y edificación, sus materiales y sus cimentaciones TIPO: Competencias

C5 - [Proviene de las competencias CG1 y CE5]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante métodos numéricos TIPO: Competencias

C7 - [Proviene de la competencia CG2]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante el uso de técnicas de programación informática TIPO: Competencias

C8 - [Proviene de las competencias CE1, CE5 y CE8]: Capacidad para la participación en actividades de I+D+i mediante la utilización de recursos de modelización predictiva mediante técnicas de análisis de fiabilidad y seguridad TIPO: Competencias

C9 - [Proviene de las competencias CE9-CE16]: Capacidad para la investigación predoctoral en diseño de estructuras y sus cimentaciones y materiales, simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales, Mantenimiento y conservación de estructuras, sus cimentaciones y sus materiales TIPO: Competencias

K1 - [Proviene parcialmente de la competencia CG1]: Aplica e integra conocimientos científicos avanzados de tipo mecánico, físico y matemático en contextos de investigación científica y tecnológica en el ámbito de las estructuras, las cimentaciones y los materiales TIPO: Conocimientos o contenidos

K2 - [Proviene de la competencia CG2]: Identifica los componentes determinantes para ejercer las funciones de diseño, construcción, conservación y evaluación técnica de estructuras, cimentaciones y materiales, mediante el uso de normativa y documentación científica nacional e internacional. TIPO: Conocimientos o contenidos

K3 - [Proviene de la competencia CG3]: Identifica y explica los aspectos determinantes para diseñar, analizar e interpretar experimentos relevantes, así como usar varios lenguajes de computación, programas de análisis y simulación, y modelos avanzados en ingeniería estructural, geotécnica y de materiales estructurales. TIPO: Conocimientos o contenidos

Sk3 - [Proviene de la competencia CB8]: Integra los conocimientos adquiridos para formular juicios e introducir innovaciones tecnológicas 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 TIPO: Habilidades o destrezas

Sk4 - [Proviene de la competencia CB10]: Demuestra que puede adquirir conocimientos complejos y continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto-dirigido o autónomo TIPO: Habilidades o destrezas

Sk5 - [Proviene de la competencia CG4]: Utiliza la lengua inglesa para expresar conocimiento técnico y científico, de forma oral y escrita. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk6 - [Proviene de la competencia CG5]: Aplica los servicios de comunicación y de obtención de información para su transformación en conocimiento aplicable al ejercicio de las competencias en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk7 - [Proviene de las competencias CB9 y CT1]: Prepara y presenta comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente, y es capaz de discutir las con otras personas. TIPO: Habilidades o destrezas

Sk8 - [Proviene de la competencia CT2]: Planifica, organiza y dirige los esfuerzos de un equipo de personas TIPO: Habilidades o destrezas

Sk9 - [Proviene de la competencia CT3]: Aplica los estándares de deontología en la investigación avanzada TIPO: Habilidades o destrezas

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA16 - Diseña, analiza e interpreta experimentos relevantes en ingeniería estructural, geotécnica y de materiales estructurales

RA13 - Utiliza con eficacia recursos de información y comunicación

RA12 - "Presenta comunicaciones orales, escritas y gráficas, estructurada y argumentadamente, en lengua española e inglesa"

RA20 - conocer los fundamentos físicos de los comportamientos macroscópicos

RA14 - Resuelve problemas de proyecto, construcción, conservación y evaluación técnica de infraestructuras que se planteen en contextos globalizados e involucren aspectos de comportamiento no lineal de estructuras.

RA19 - conocer los modelos teóricos de comportamiento mecánico en rotura de mayor interés aplicables a los materiales estructurales

RA22 - familiarizarse con la metodología científica de las disciplinas en que se apoya la asignatura

RA17 - Utiliza con eficacia recursos de modelización predictiva en una o más de las materias del módulo

RA11 - Utiliza con eficacia, autonomía y polivalencia recursos de modelización predictiva en la temática de la materia

RA21 - saber aplicar los conocimientos anteriores en diseño, construcción y mantenimiento de estructuras

RA1 - RA6

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de esta asignatura es el estudio y comprensión del comportamiento dinámico de los materiales a altas velocidades de deformación. El comportamiento de los materiales puede cambiar con la velocidad de aplicación de la carga o la velocidad de deformación. El estudiante aprenderá las razones físicas que justifican este comportamiento y sus consecuencias. Las aplicaciones estudiadas incluirán la propagación de ondas en sólidos, la absorción de energía frente a impactos, el impacto de baja energía, el impacto balístico, las explosiones y las ondas de choque. También se estudiará la modelización de materiales que incluya los efectos de la velocidad de deformación para estas aplicaciones, así como las técnicas de ensayo necesarias para determinar el comportamiento del material en tales circunstancias. El enfoque de este curso se basa en clases y ejercicios, simulación numérica de algunas aplicaciones y pruebas de laboratorio, que incluyen experimentos con el sistema de ensayos de la barra Hopkinson.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Introducción del curso

1.1. Comportamiento dinámico de los materiales. Efecto de la velocidad de deformación.

1.2. Fundamentos físicos y microestructurales. Velocidad de deformación y calentamiento adiabático. Curvas tensión-deformación isotérmicas y adiabáticas

1.3. Ecuaciones constitutivas para diferentes tipos de materiales

#### 2. Ondas elásticas en sólidos.

2.1. Tipos de ondas en sólidos. Fundamentos de su propagación.

2.2. Propagación de ondas elásticas unidimensionales. Transmisión y reflexión debido al cambio de medio.

2.3. Propagación de ondas elásticas en una barra tridimensional.

#### 3. Métodos experimentales.

3.1. Métodos experimentales a alta velocidad de deformación. Efectos de inercia. Curvas isoterma y adiabáticas. La torre de caída.

3.2. La técnica experimental de la barra Hopkinson



- 3.3. Una introducción al impacto balístico
- 4. Ondas de choque y explosiones.
  - 4.1. Fundamentos de las ondas de choque. Propagación en medios semi-infinitos. El límite elástico de Hugoniot.
  - 4.2. Fundamentos de las explosiones y sus ondas. La distancia equivalente. El modelo JWL para explosivos
- 5. Ejercicio numérico 1. Propagación de ondas unidimensionales en barras. Cálculo de la onda transmitida y reflejada
- 6. Ejercicio numérico 2. Simulación numérica de una losa de hormigón sometida a una explosión
- 7. Ensayos experimentales 1. Estudio de la influencia de la velocidad de deformación en la resistencia a tracción de materiales frágiles como el hormigón. El ensayo brasileño.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1. Introducción del curso.</b> Comportamiento dinámico de los materiales e influencia de la velocidad de deformación. Influencia microestructural. Efecto de la temperatura. Ensayos isoterms vs adiabáticos. Ecuaciones constitutivas. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2. Ondas Elásticas. Tipos de ondas y fundamentos. Ondas elásticas en medios elásticos unidimensionales.</b> Propagación de ondas en barras. Transmisión y reflexión de ondas. Ondas 1D en medios elasto-plásticos. Propagación de ondas en 3D. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Tema 3. Ondas Elásticas. Tipos de ondas y fundamentos. Ondas elásticas en medios elásticos unidimensionales.</b> Propagación de ondas en barras. Transmisión y reflexión de ondas. Ondas 1D en medios elasto-plásticos. Propagación de ondas en 3D. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Actividad 5. Ejercicio numérico 1.</b> Propagación de ondas unidimensionales en medios elásticos Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		
3	<p><b>Tema 3. Métodos experimentales para caracterizar el comportamiento a alta velocidad de deformación. Los efectos de inercia. Curvas tensión-deformación isotérmicas vs adiabáticas. La torre de caída. La barra Hopkinson. Una introducción al impacto balístico</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4		<p><b>Actividad 7. Ensayos de laboratorio 1.</b> Influencia de la velocidad de deformación en la resistencia a tracción de los materiales frágiles. Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Informe de laboratorio</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>

5	<b>Tema 4. Ondas de choque y explosiones.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Actividad 6. Ejercicio numérico 2.</b> <b>Simulación de una losa de hormigón sometida a una explosión.</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				<b>Examen</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00  <b>Examen</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Informe de laboratorio	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	25%	0 / 10	K1 K2 K3 Sk3 Sk4 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8 Sk9 C3 C4 C5 C7 C8 C9 C11
17	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	75%	5 / 10	K1 K2 K3 Sk3 Sk4 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8 Sk9 C3 C4 C5 C7 C8 C9 C11

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	K1 K2 K3 Sk3 Sk4 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8 Sk9 C3 C4 C5 C7 C8 C9 C11

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	K1 K2 K3 Sk3 Sk4 Sk5 Sk6 Sk7 Sk8 Sk9 C3 C4 C5



## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Text book 1	Bibliografía	Meyers, M.A., Dynamic Behavior of Materials. John Willey & Sons. 1994
Text Book 2	Bibliografía	Zukas, N. Impact Dynamics. John Willey & Sons. 1982.
Text Book 3	Bibliografía	Zukas, N. High velocity Impact Dynamics. John Willey & Sons. 1990.
Text Book 4	Bibliografía	Johnson, W. Impact strength of materials. Edward Arnold Ed. 1972.
Laptop	Equipamiento	The student should bring his own laptop for the numerical simulations.
Experimental device 1	Equipamiento	Universal compression machine
Experimental device 2	Equipamiento	Compression Hopkinson Bar
Experimental Device 3	Equipamiento	Impact Gas Gun
License Server	Otros	License server of LsDyna for numerical simulations

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo sostenible de la ONU, a través de sus procesos de aprendizaje y con los resultados obtenidos:

Los objetivos 8, 9, 10 y 11 son citados como muy alineados con nuestra actividad

8. Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.

9. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.

10. Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.

11. Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.