



# **Máster Universitario en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales**

**Universidad Politécnica de Madrid**  
**Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos**

**BORRADOR ENERO 2024**

**Guía orientativa del Plan de Estudios a implantar en el  
curso 2024/2025**

## Tabla de contenido

1. Introducción.....	2
2. Datos principales del Máster.....	2
3. Objetivos del Máster .....	2
4. Estructura del Máster .....	3
4.1. Estructura en Créditos .....	3
4.2. Estructura del primer semestre.....	4
4.3. Estructura de los itinerarios del segundo semestre.....	4
5. Contenido académico de las asignaturas del Máster .....	6
5.1. Primer cuatrimestre.....	6
5.2. Segundo cuatrimestre.....	19
5.2.1. Itinerario de Diseño de estructuras y sus cimentaciones y materiales ....	19
5.2.2. Itinerario de Simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales.....	27
5.2.3. Itinerario de Mantenimiento y rehabilitación de estructuras y sus cimentaciones y materiales.....	34
5.2.4. Módulo de Seminarios y actividades reconocibles. Movilidad.....	39
5.2.5. Trabajo de Fin de Máster.....	39

## 1. Introducción

El presente documento tiene el objetivo de proporcionar información académica sobre el nuevo Plan de Estudios del Máster Universitario en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales de la Universidad Politécnica de Madrid. El nuevo Plan entrará en vigor en el curso 2024/2025. No obstante, el documento es un borrador pendiente de la aprobación definitiva de la Memoria de Verificación del título por parte de la Agencia de Acreditación oficial.

## 2. Datos principales del Máster

<b>Denominación del título</b>	Máster Universitario en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales por la Universidad Politécnica de Madrid
<b>Universidad responsable</b>	Universidad Politécnica de Madrid
<b>Centro de impartición</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
<b>Departamento participantes</b>	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Ciencia de Materiales, Ingeniería y Morfología del Terreno, Ingeniería Civil: Construcción
<b>Modalidad de enseñanza</b>	Presencial, con horario vespertino de lunes a viernes
<b>Número total de créditos</b>	60
<b>Idiomas de impartición</b>	Español, Inglés
<b>Número total de plazas</b>	100

## 3. Objetivos del Máster

La orientación principal del Máster es la formación expertos de alto nivel científico y técnico en el campo de las estructuras, la geotecnia y los materiales estructurales, capacitados para la resolución de problemas complejos, la realización de actividades técnicas especializadas y desenvolverse con solvencia y capacidad en I+D+i, y en los tres temas del Máster. Los principales perfiles de egreso del título son:

- Ingenieros especializados en diseño, construcción y mantenimiento de estructuras, cimentaciones y materiales.
- Investigadores con capacidad científica para la resolución de problemas complejos en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales, en condiciones de ser admitidos como candidatos a la realización del doctorado.

Los objetivos particulares del Máster son los siguientes:

- Conformar una base científico-técnica sólida en el ámbito de la mecánica de estructuras, cimentaciones y materiales estructurales que les permita abordar con soltura problemas complejos de diseño, simulación y conservación y mantenimiento en estas áreas de la ingeniería civil.
- Proporcionar autonomía de aplicación de las técnicas de modelización teórica, experimentación, computación y simulación numérica en estructuras, cimentaciones y materiales estructurales

- Proporcionar una experiencia consolidada en metodologías del mismo campo temático aplicables a investigación, proyecto especializado y desarrollo de normativa de proyecto.
- Disponer de conocimientos científico-matemáticos y tecnológicos transversales para el desarrollo profesional y la investigación en estructuras, cimentaciones y materiales.
- Mejorar las competencias genéricas de trabajo en equipo y la de interacción en grupos multidisciplinares.

#### **4. Estructura del Máster**

##### **4.1. Estructura en Créditos**

El Máster está formado por 60 ECTS, que se dividen en dos cuatrimestres de 30 ECTS cada uno. En el primer cuatrimestre todas las asignaturas son obligatorias, mientras que en el segundo semestre los estudiantes deben elegir un itinerario formativo de asignaturas que completan 15 ECTS, y realizar el Seminario de Introducción al Trabajo de Fin de Máster (1,5 ECTS) más un conjunto de Actividades reconocibles, Seminarios y Movilidad (1,5 ECTS). El Trabajo de Fin de Máster (TFM) tiene una carga de 12 ECTS y también se realiza en el segundo semestre.

Los itinerarios del segundo semestre son los siguientes:

- Diseño de estructuras y sus cimentaciones y materiales, cuyos objetivos formativos son:
  - Proyectar y diseñar puentes y obras de paso de ingeniería civil.
  - Proyectar y dimensionar detalles estructurales complejos y/o especiales de ingeniería civil y edificación.
  - Proyectar y dimensionar cimentaciones y obras geotécnicas complejas y especiales.
  - Verificar el comportamiento estructural de puentes, pasarelas y obras de paso de grandes luces, ante las acciones estáticas y dinámicas.
  - Seleccionar de materiales estructurales apropiados para el diseño de estructuras y cimentaciones, aprovechando sus propiedades tecnológicas.
- Simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales, cuyos objetivos formativos son:
  - Desarrollar modelos numéricos completos para la resolución de problemas de estructuras, cimentaciones y materiales.
  - Capacidad de emplear modelos constitutivos avanzados de materiales en simulaciones de estructuras y cimentaciones, distinguiendo las propiedades estáticas y dinámicas de los materiales.
  - Desarrollar modelos digitales del conjunto estructura-cimentación y sus materiales mediante herramientas digitales.
  - Analizar la respuesta de las estructuras y sus cimentaciones ante acciones dinámicas y sísmicas, empleando las propiedades dinámicas de los materiales cuando sea necesario.

- Mantenimiento y rehabilitación de estructuras y sus cimentaciones y materiales, cuyos objetivos formativos son:
  - Analizar el estado estructural y las condiciones de servicio de estructuras existentes, que pueden incluir materiales de distintas épocas (hormigones, metales, fábrica, madera).
  - Evaluar las posibles patologías que ocurren en las cimentaciones y valorar soluciones que incluyan tratamientos de mejora del terreno.
  - Diseño de sistemas de monitorización y campañas de auscultación eficaces para valorar el estado de las construcciones y las necesidades de reparación o rehabilitación.
  - Llevar a cabo controles de calidad de las estructuras y sus materiales.
  - Capacidad de aprovechar las propiedades tecnológicas de los materiales para el refuerzo de estructuras y los hormigones especiales.

**4.2. Estructura del primer semestre**

1º Sem		Horas de clase																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Semana	1	Durabilidad y ciclo de vida de materiales 3 ECTS	Introducción programación 1.5 ECTS	Comportamiento mecánico y fractura de materiales 4.5 ECTS	Mecánica de suelos 3 ECTS	Mecánica estructural 3 ECTS	Mecánica de medios continuos 3 ECTS	Seguridad y fiabilidad 1.5 ECTS	Instrumentación 1.5 ECTS	Cimientos, muros y taludes 3 ECTS	Ingeniería de rocas 1.5 ECTS	Tipología estructural 1.5 ECTS	Elementos finitos 3 ECTS								
	2																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
	15																				

**4.3. Estructura de los itinerarios del segundo semestre**

2º Sem		1 DISEÑO																				
		Horas de clase																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Semana	1	Estructuras metálicas y mixtas 3 ECTS	Hormigón estructural 3 ECTS	Ingeniería de puentes 3 ECTS	Túneles y excav. profundas 1.5 ECTS	Riesgos en ingeniería del terreno	Dinámica de suelos 1.5 ECTS	Sem. Intr. TFM 1.5 ECTS														
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
	6																					
	7																					
	8																					
	9																					

2 SIMULACION Y MODELIZACION																								
2º Sem		Horas de clase																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Semana	1	Modelos computacionales estructuras 3 ECTS	Análisis dinámico y sísmico de estructuras 3 ECTS	Modelos constitutivos materiales 3 ECTS	Mod. Comput. geotecnia 1.5 ECTS					Sem. Intr. TFM 1.5 ECTS														
	2				Téc. geomáticas grandes estructuras 1.5 ECTS					ASM 1.5 ECTS														
	3				Compto dinámico materiales 1.5 ECTS					BIM 1.5 ECTS														
	4																							
	5																							
	6																							
	7																							
	8																							
	9																							

3 CONSERVACION Y REHABILITACION																								
2º Sem		Horas de clase																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Semana	1	Control de calidad y rehab. estructuras 3 ECTS	Materiales de refuerzo y hormigones especiales 3 ECTS	Estructuras de madera y fábrica 3 ECTS	Evaluación y conservación de estructuras existentes 3 ECTS					Sem. Intr. TFM 1.5 ECTS														
	2				Patologías y tratam. Terreno 1.5 ECTS					Monitorización estructural 1.5 ECTS														
	3																							
	4																							
	5																							
	6																							
	7																							
	8																							
	9																							

## 5. Contenido académico de las asignaturas del Máster

### 5.1. Primer cuatrimestre

Nombre asignatura	Mecánica de Medios Continuos	
Semestre	1º	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Sergio Blanco Ibáñez	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	sergio.blanco@upm.es
Pedro Navas Almodovar	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	pedro.navas@upm.es
Maria Dolores Gómez Puldo	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	dolores.pulido@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1. Conceptos matemáticos.  <i>Escalares, Vectores y Tensores cartesianos. Notación indicial. Matrices y determinantes. Transformaciones de tensores cartesianos. Valores y direcciones principales. Teoremas integrales de Gauss y de Stokes.</i></p> <p>2. Tensiones.  <i>Fuerzas de superficie y de volumen. Principio de tensiones de Cauchy. El tensor de tensiones. Ecuación de equilibrio. Tensiones y direcciones principales. Tensiones normales y tangenciales. Círculo de Mohr. Estado esférico y desviador.</i></p> <p>3. Cinemática de la deformación y del movimiento.  <i>Configuración. Coordenadas espaciales y materiales. Descripción euleriana y lagrangiana. Campo de desplazamientos. Gradiente de la deformación, tensores de deformaciones finitas. Tensores de estiramiento y tensores de rotación. Teoría de deformación infinitesimal. Ecuaciones de compatibilidad.</i></p> <p>4. Ecuaciones de conservación-balance.  <i>Conservación de la masa, ecuación de continuidad. Principio de la cantidad de movimiento. Principio del momento cinético. Ley de conservación de la energía. Entropía y ecuación de Clausius-Duhem.</i></p> <p>5. Elasticidad lineal.  <i>Ecuaciones constitutivas. Elasticidad, ley de Hooke, energía de deformación. El problema elastoestático y elastodinámico. El principio de Saint-Venant. Elasticidad plana.</i></p> <p>6. Viscoelasticidad lineal.  <i>Teoría unidimensional, modelos mecánicos (Kelvin, Maxwell, modelos generalizados). Fluencia y relajación. Principio de superposición, integrales hereditarias.</i></p> <p>7. Plasticidad.  <i>Deformación unidimensional (elástica y plástica). Modelado de la plasticidad. Criterio de yielding: Tresca, von Mises, endurecimiento cinemático. Flujo plástico: Tresca, von Mises, endurecimiento cinemático. Módulo plástico: endurecimiento isotrópico y cinemático. Ecuaciones constitutivas elastoplásticas.</i></p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Mase, G. T., Smelser, R. E., &amp; Mase, G. E. (2020). <i>Continuum mechanics for engineers</i>. CRC press (4<sup>th</sup> edition).</p> <p>Olivella, X. O., &amp; de Saracibar Bosch, C. A. (2002). <i>Mecánica de medios continuos para ingenieros</i> (Vol. 92). Univ. Politèc. de Catalunya.</p>		

Nombre asignatura	Mecánica de Estructuras	
Semestre	1	
Créditos ECTS	3.0	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
José M <sup>a</sup> Arrieta Torrealba	MMCyTE	josemaria.arrieta@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p><b>Cálculo Elástico Lineal de Estructuras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipótesis (movimientos y ecuaciones constitutivas)</li> <li>• Piezas prismáticas con sección genérica: extensión, flexión (simple, compuesta y esviada) y torsión (uniforme y no uniforme)</li> <li>• Métodos de cálculo (general, flexibilidad, rigidez)</li> <li>• Teoremas energéticos</li> <li>• Modelos estructurales 2D y 3D (articuladas, reticuladas, emparrillados, membranas, placas, láminas)</li> </ul> <p><b>Cálculo Dinámico de Estructuras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo determinista en el dominio del tiempo</li> <li>• Sistemas continuos y discretos de 1 gdl</li> <li>• Métodos analíticos y numéricos</li> </ul> <p><b>Cálculo No Lineal de Estructuras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción: no linealidad geométrica, material y de sustentación</li> <li>• Resistencia plástica</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<p>Fernández Ruiz, M. <i>“Estática y rotura de estructuras: Lógica, herramientas y actitudes para el pensamiento resistente”</i> UPM Press, Madrid 2022</p> <p>Timoshenko, S.P. y Young, D.H. <i>“Teoría de las estructuras”</i> Ed. URMO, Bilbao 1981</p> <p>Timoshenko y Krieger. <i>“Teoría de placas y láminas”</i> Ed. URMO, Bilbao 1975</p> <p>Livesley, R.K. <i>“Matrix methods of structural analysis”</i> Ed. Pergamon Press Ltd, London 1964</p> <p>Zienkiewicz, O.C. y Taylor, R.L. <i>“El método de los Elementos Finitos. Mecánica de Sólidos”</i> CIMNE, 2010</p> <p>Clough, R.W. y Penzien J. <i>“Dynamics of Structures”</i> McGraw Hill, 1993</p>		

Nombre asignatura	Mecánica de suelos	
Semestre	Primero	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Ignacio González Tejada	Ingeniería y morfología del terreno	Ignacio.gtejada@upm.es
Contenido de la asignatura		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentos de mecánica de suelos como medio continuo <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Campos de tensiones, deformaciones, tensión efectiva</li> <li>b. Poroelasticidad (consolidación de Terzaghi y Biot). Resistencia drenada y no drenada.</li> <li>c. Ensayos de compresión simple y edométrica, de corte directo, de corte simple y de compresión triaxial</li> </ol> </li> <li>2. Elasticidad, plasticidad y fluencia en suelos. <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Elasticidad de Hooke / Lamé</li> <li>b. Criterio de rotura de Mohr-Coulomb</li> <li>c. Modelos rígido-plástico y elasto-plástico</li> <li>d. Modelo hiperbólico</li> </ol> </li> <li>3. Teorías de estado crítico: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Comportamiento mecánico de arcillas</li> <li>b. El modelo Cam Clay Modificado</li> </ol> </li> <li>4. Dilatancia, parámetro de estado y licuefacción <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Comportamiento mecánico de arenas</li> <li>b. Modelo NorSand</li> <li>c. Modelos de licuefacción</li> </ol> </li> <li>5. Suelos parcialmente saturados <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Variables de estado en suelos parcialmente saturados</li> <li>b. Curvas características de retención de agua</li> <li>c. Resistencia al corte de los suelos parcialmente saturados</li> <li>d. El Modelo Básico de Barcelona</li> </ol> </li> </ol>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soil behaviour and critical state soil mechanics. David Muir Wood</li> <li>- Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice. D. G. Fredlund, H. Rahardjo and M. D. Fredlund. John Wiley and Sons. 2012</li> <li>- Soil liquefaction. A critical state approach. Mike Jefferies and Ken Been. Taylor and Francis. 2006</li> </ul>		

Nombre asignatura	Cimientos, Muros y Taludes	
Semestre	1er Semestre	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
José Gregorio Gutiérrez Chacón	Ingeniería y Morfología del Terreno	jg.gutierrez@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p><b>Tema 1. Reconocimientos del terreno</b></p> <p>1.1 Estudio preliminar. Programación de los reconocimientos</p> <p>1.2 Ensayos in-situ</p> <p>1.3 Ensayos de laboratorio</p> <p><b>Tema 2. Muros</b></p> <p>2.1 Tipología de estructuras de contención</p> <p>2.2 Diseño de muro de contención</p> <p>2.3 Diseño de pantallas</p> <p><b>Tema 3. Cimentaciones superficiales</b></p> <p>3.1 Generalidades</p> <p>3.2 El suelo como medio elástico</p> <p>3.3 Estados Límites Últimos (ELU)</p> <p>3.4 Estados Límites de Servicio (ELS)</p> <p><b>Tema 4. Cimentaciones profundas: pilotes</b></p> <p>4.1 Generalidades</p> <p>4.2 Pilote individual y grupo de pilotes</p> <p>4.3 Estados Límites Últimos (ELU)</p> <p>4.4 Estados Límites de Servicio (ELS)</p> <p>4.5 Situaciones singulares (esfuerzos parásitos, empujes laterales, etc.)</p> <p>4.6 Métodos de control y ensayo</p> <p><b>Tema 5. Cimentaciones profundas: micropilotes</b></p> <p>5.1 Tipos y procedimientos de ejecución</p> <p>5.2 Métodos de cálculo</p> <p><b>Tema 6. Taludes</b></p> <p>6.1 Métodos clásicos de estabilidad</p> <p>6.2 Medidas de control (Soil nailing, Cambios de geometría, drenajes, etc)</p> <p>6.3 Excavaciones en zonas urbanas</p> <p>6.4 Auscultación</p>		
Referencias bibliográficas		
<p><u>Básica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jiménez Salas, J. A. y Justo Alpañés, J. L. (1975). Geotecnia y Cimientos II. Ed. Rueda.</li> <li>• Terzaghi, K., Peck, R. B. y Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley and Sons, Inc</li> </ul> <p><u>Complementaria:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BOWLES, J. (1996). Foundation analysis and design. McGraw-Hill.</li> <li>• LAMBE, W. Y WHITMAN, R. (2008). Mecánica de suelos. Ed. Limusa.</li> <li>• LANCELLOTA, RENATO (1995) Geotechnical engineering.</li> <li>• MINISTERIO DE FOMENTO. (2002). Guía de cimentaciones en obras de carretera.</li> <li>• MUZAS LABAD, F. (2007). Mecánica del suelo y cimentaciones. Fundación Escuela de la Edificación.</li> <li>• Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SEC-C. Seguridad Estructural Cimientos.</li> </ul>		

- Guía de cimentaciones en obras de carretera (GCOC). Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.
- PUERTOS DEL ESTADO. (2005). ROM 0.5.05. Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y portuarias

Nombre asignatura	Ingeniería de rocas	
Semestre	Primero	
Créditos ECTS	1.5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Rubén Galindo Aires	Ingeniería y Morfología del Terreno	rubenangel.galindo@upm.es
Contenido de la asignatura		
<b>Tema 1.</b> Introducción a la mecánica de rocas: Señas de identidad e historia y ámbito de aplicación. Diferencias con la mecánica de suelos		
<b>Tema 2.</b> Tipología de las rocas atendiendo a su origen geológico		
<b>Tema 3.</b> Descripción de las propiedades básicas de la roca matriz.		
3.1. Propiedades Índice		
3.2. Ensayos de laboratorio		
<b>Tema 4.</b> Descripción de los defectos del macizo rocoso		
4.1. Orientación		
4.2. Espaciamiento		
4.3. Tamaño y forma de los bloques		
4.4. Persistencia		
4.5. Apertura		
4.6. Rugosidad		
4.7. Estado de la pared		
4.8. Estado del relleno		
4.9. Condiciones hidráulicas		
<b>Tema 5.</b> Clasificaciones que mecánicas		
5.1. Clasificaciones históricas		
5.2. Clasificación de Bieniawski (RMR)		
5.3. Clasificación de Barton (Q)		
5.4. Otras clasificaciones		
<b>Tema 6.</b> Ensayos de campo		
6.1. Medida de tensiones naturales.		
6.2. Medida de la resistencia al corte.		
6.3. Medida de la deformabilidad		
<b>Tema 7.</b> Resistencia del macizo rocoso según Hoek y Brown		
7.1. Resistencia a compresión simple		
7.2. Resistencia a tracción		
7.3. Criterio de Hoek y Brown		
7.3.1. Historia y evolución		
7.3.2. Formulación paramétrica		
7.3.3. Validez		
7.3.4. Evaluación de parámetros		
7.4. Otros criterios de rotura donde no es válido Hoek y Brown		
<b>Tema 8.</b> Resistencia de las discontinuidades		
8.1. Bases experimentales		
8.2. Fundamentos teóricos		
8.3. Criterio de Patton		
8.4. Criterio de Barton y Bandis		
<b>Tema 9.</b> Comportamiento anisotrópico de las rocas		
9.1. Bases experimentales		

<b>9.2.</b> Fundamentos teóricos <b>9.3.</b> Anisotropía en resistencia. Criterios.
<b>Tema 10.</b> Deformabilidad de macizos rocosos <b>10.1.</b> Conceptos <b>10.2.</b> Propiedades <b>10.3.</b> Modelos teóricos <b>10.4.</b> Modelos empíricos
<b>Referencias bibliográficas</b>
SERRANO, A. (2004). Mecánica de las rocas tomos I y II. Ediciones de la ETSICCP – UPM GOODMAN, R. (1989). Introduction to Rock mechanics. John Wiley and Sons. HARRISON J. P. AND HUDSON J. A. Engineering Rock mechanics. Part 1 and part 2. Pergamon press BARLA, M. (2011). Elementi di meccanica e Ingegneria delle Rocce. Ed. CELID. Italia RAMIREZ OYANGUREN, P. AND ALEJANO, L. (2004) Mecánica de rocas: fundamentos e ingeniería de taludes. Ediciones de la ETSI Minas – UPM. Página web de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas: <a href="https://isrm.net/">https://isrm.net/</a> Página web de la Sociedad Española de Mecánica de Rocas: <a href="https://www.semr.es/">https://www.semr.es/</a>

Nombre asignatura	Durabilidad y ciclo de vida de materiales	
Semestre	1º	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Jaime Gálvez Ruiz	Ingeniería de la Construcción	Jaime.galvez@upm.es
Contenido de la asignatura		
Pendiente		
Referencias bibliográficas		

Nombre asignatura	Comportamiento mecánico y en fractura de materiales	
Semestre	1º	
Créditos ECTS	4,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Gustavo Guinea Tortuero	Ciencia de Materiales	gustavovictor.guinea@upm.es
David Angel Cendon Franco	Ciencia de Materiales	david.cendon.franco@upm.es
Jose Miguel Atienza Riera	Ciencia de Materiales	josemiguel.atienza@upm.es
Contenido de la asignatura		
1	Criterio Global de Fractura	
1.1	Introducción y Ejemplo	
1.2	Calculo de G	
1.3	Medida de R	
1.4	Rotura de láminas delgadas	
2	Criterio Local de Fractura	
2.1	Campo tenso-deformacional en una grieta	
2.2	Cálculo de KI	
2.3	Medidad de KIC	
2.4	Fisuras no pasantes	
3	Propagación de Grietas por Fatiga	
3.1	Cálculo clásico, curvas S/N.	
3.2	Propagación bajo amplitud constante. Ley de Paris.	
3.3	Regiones de propagación	
3.4	Propagación bajo amplitud variables. Método de Barsom.	
4	Propagación de Grietas en Medios Agresivos	
4.1	Propagación por corrosión bajo tensión	
4.2	Propagación por corrosión-fatiga	
5	Propagación de Grietas por Fluencia	
5.1	Cálculo clásico. método Larson-Miller	
5.2	Mecánica de fractura	
6	Criterios de Rotura Elastoplástica	
6.1	Extension de la Fractura Elástica Lineal	
6.2	Método de la integral J	
6.3	Diagramas de Rotura	
7	Métodos Numéricos en Fractura	
7.1	Cálculo de KI	
7.2	Cálculo de J	
Referencias bibliográficas		
<p>FRACTURE MECHANICS. FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS (Anderson), CRC Press, Boca Raton (Florida), 1995</p> <p>THE PRACTICAL USE OF FRACTURE MECHANICS (Broek), Kluwer Academic Publisher, Dordrecht (Holanda), 1989</p> <p>ADVANCED FRACTURE MECHANICS (Kanninen y Popelar), Oxford University Press, Nueva York (USA), 1985</p> <p>MECANICA DE LA FRACTURA (Manuel Elices). Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos (6a Edición)</p> <p>CLASS PRESENTATIONS (uploaded to Moodle platform)</p>		

Nombre asignatura	Tipología estructural	
Semestre	1	
Créditos ECTS	1.5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Leonardo Todisco (resp)	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	leonardo.todisco@upm.es
Contenido de la asignatura		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La génesis de la concepción estructural.</li> <li>2. Materiales estructurales</li> <li>3. Equilibrio y distribución de esfuerzos</li> <li>4. Arcos, bóvedas y cúpulas</li> <li>5. Cables, mallas y membranas</li> <li>6. Vigas y losas</li> <li>7. Celosías planas y espaciales</li> <li>8. Otras tipologías estructurales: estructuras atirantadas y colgantes</li> <li>9. Expresión estética</li> <li>10. Procesos constructivos</li> </ol>		
Referencias bibliográficas		
<p>Torroja, E. (1991) "Razón y ser de los tipos estructurales." Consejo Superior de Investigaciones Científicas.I.E.T.c.c., Madrid.</p> <p>Muttoni, A., (2011) "The Art of Structures". EPFL Press, Lausanne.</p> <p>Allen E., Zalewski W., (2009) "Form and Forces: Designing Efficient, Expressive Structures".</p> <p>Menn, C., (1990) "Prestressed Concrete Bridges" Editor Paul Gauvreau. Birkhäuser Verlag</p> <p>Nervi, P.L. (1955) "Costruire correttamente: caratteristiche e possibilità delle strutture cementizie armate".</p> <p>Hoepli Billington D. (1985) "The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering". Princeton University Press</p> <p>Heino Engel. Sistemas de estructuras. Editorial Gustavo Gili S.L. Barcelona, 2006</p>		

Nombre asignatura	Introducción a la programación	
Semestre	1	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Marcos García Alberti	Ingeniería Civil: Construcción	marcos.garcia@upm.es
Rubén Muñoz Pavón	Ingeniería Civil: Construcción	ruben.mpavon@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p><b>INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN</b></p> <p>En esta primera parte de la asignatura se impartirá al alumno teoría y nociones básicas de programación antes de comenzar con el propio código. De esta manera, se pretende proporcionar una base sólida relativa a los principales lenguajes de programación, diferencia entre ellos, lógicas en programación y principales bucles y técnicas más utilizadas.</p> <p><b>EXCEL, VISUAL BASIC Y POWERBI</b></p> <p>En la segunda unidad de la materia se pretende mejorar la capacidad de los alumnos a la hora de gestionar información en Excel. Este software es uno de los más utilizados en cualquier sector y, en muchos casos, se desconoce el gran potencial del mismo. En esta unidad se pretende abarcar el uso de las funciones más avanzadas existente en Excel. Además, también se formará al alumno para la creación de sus propias fórmulas a través del lenguaje de programación "Visual Basic", propio de Excel. Siendo así capaz de crear sus propias formulaciones y sus propias Macros. También se realizará algún tablero PowerBI con tratamiento de datos.</p> <p><b>BASES DE DATOS</b></p> <p>Una vez acabada la unidad de Excel, se formará a los alumnos en la realización, gestión y mantenimiento de Bases de datos más complejas, diferenciando entre bases de datos estructuradas y no estructuradas. En este sentido, se hará hincapié en la aplicación real de ejercicios de gestión de datos a través de bases de datos estructuradas, principalmente utilizando MySQL.</p> <p>Para la realización de los casos prácticos, se propone la utilización de diversos gestores de bases de datos, entre los que destaca MySQL Workbench, siendo este totalmente gratuito y accesible para cualquier alumno de la materia.</p> <p><b>PYTHON INICIAL</b></p> <p>Este primer apartado de Python se centra en proporcionar al alumno las bases más importantes de este lenguaje de programación, actualmente, uno de los más utilizados en el mundo gracias a su versatilidad y a su curva de aprendizaje.</p> <p>La iniciación consistirá en detallar los procedimientos de programación mediante Python, las técnicas más importantes y los flujos de trabajo que se han de respetar cuando se programa en este lenguaje.</p> <p><b>PYTHON AVANZADO</b></p> <p>Una vez proporcionada una base al alumno sobre el lenguaje de programación Python, se procede a ir un paso más allá, detallando y aplicando diferentes librerías de gestión de bases de datos, gestión de información y visualización, para que el alumno pueda crear sus propios programas basados en este lenguaje.</p> <p><b>SENSORIZACIÓN Y C# 1</b></p> <p>La asignatura concluiría con el aprendizaje de un nuevo lenguaje de programación, C#, en el cual se basan la mayoría de los desarrollos de la tecnología Internet of Things (IoT). Este bloque comenzará con una sesión teórica sobre este lenguaje de</p>		

programación, y continuará con otra sesión teórica sobre la aplicación de dicho lenguaje para programar sensores mediante Arduino o placas base ESP32.

### **SENSORIZACIÓN Y C# 2**

Una vez impartida la parte teórica, se realizarán casos prácticos reales enfocados a la programación, diseño y creación de sensores propios para medir Temperaturas y Humedades, entre otros parámetros. Las prácticas se desarrollarán en el laboratorio BIM, correctamente equipado con voltímetros, estaciones de soldadura, placas base ESP32, kit de Arduino, detectores de humedad, temperatura o presión, etc.

### **CÁLCULO DE ESTRUCTURAS**

Se realizarán diferentes prácticas dedicadas al cálculo de estructuras a través de diferentes programas como Cype y Autodesk Robot y también relacionándolo con *Building Information Modelling* (BIM).

Referencias bibliográficas

Nombre asignatura	Método de los elementos finitos/Finite element method	
Semestre	1º	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español / English	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Felipe Gabaldón Castillo	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	felipe.gabaldon@upm.es
Ángel Yagüe Hernán	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	angel.yague@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>Modelos computacionales de elementos finitos unidimensionales, bidimensionales, axilsimétricos y tridimensionales. Convergencia y estabilidad de los métodos computacionales basados en elementos finitos. Métodos de modelización computacional de procesos mecánicos y físicos. El contenido del curso es 50% teoría y 50% prácticas (con ABAQUS Learning Edition)</p> <p>Computational finite element models in 1D, 2D, axisymmetric and 3D. Convergence and stability of finite element formulations. Computational modelization of mechanical and physical processes. The contenido of the course is 50% theoretical and 50% practical (using ABAQUS Learning Edition)</p> <p>Lecciones/Lessons</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelos 1D. Barras articuladas / 1D Models. Truss elements</li> <li>2. Modelos de difusión / Difussion equation</li> <li>3. Elasticidad lineal / Linear elasticity</li> <li>4. Tecnología de elementos / Element technology</li> <li>5. Elementos viga / Beam elements</li> </ol>		
Referencias bibliográficas		
<p>F. Gabaldón. Apuntes de la asignatura. Disponible en el sitio Moodle de la asignatura.</p> <p>T.J.R. Hughes. The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Ed. Dover Civil and Mechanical Engineering. 2003</p> <p>E. Oñate. Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos Análisis Estático Lineal. Vol. 1. Ed CIMNE. 2019.</p>		

Nombre asignatura	Instrumentación	
Semestre	1º	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Victor Rey de Pedraza	Ciencia de materiales	v.rey@upm.es
Beatriz Sanz Merino	Ciencia de materiales	beatriz.sanz@upm.es
Francisco Gálvez Díaz-Rubio	Ciencia de materiales	f.galvez@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1 Presentación. Introducción a la instrumentación. Componentes de un sistema de medida. Tipos de transductores. Características de transductores y sistemas de medida Ecuaciones de respuesta. Linealidad histéresis y deriva. Conversión analógico-digital.</p> <p>2 Acondicionamiento de señal. Circuitos de corriente continua. Circuito potenciométrico y puente de Wheatstone Condición de equilibrio. Montajes en push-pull.</p> <p>3 Medida de temperaturas. Tipos de transductores para medida de temperaturas, termo-resistencias y termistores. Tipología y ecuaciones de respuesta. Auto-calentamiento. Transductores activos, termopares. Funcionamiento y curvas de respuesta de los termopares.</p> <p>4 Transductores resistivos y potenciómetros. Bandas extensométricas. Funcionamiento, morfología y características de las bandas. Acondicionamiento de bandas. Calibrado de bandas. Compensación de errores, cableado y compensación térmica.</p> <p>5 Transductores de bandas extensométricas. Medida de deformación, fuerza y presión. Transductores capacitivos e inductivos. Transductores piezoeléctricos, LDR, emisores y sensores luminosos. Transductores de efecto Hall.</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Instrumentación. Francisco Gálvez, ETSI Caminos Canales y Puertos, 2021 Colección de problemas de instrumentación. Francisco Gálvez, ETSI Caminos Canales y Puertos, 2021</p> <p>J. Fraile y P. García Instrumentación aplicada a la Ingeniería. Servicio de publicaciones de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos. 1995</p>		

Nombre asignatura	Seguridad y fiabilidad	
Semestre	1	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Miguel Fernández Ruiz	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	miguel.fernandezruiz@upm.es
Rafael Jiménez Rodríguez	Ingeniería y Morfología del Terreno	rafael.jimenez@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p><b>Riesgos e incertidumbres:</b> Toma de decisiones bajo incertidumbre. Variables aleatorias en la determinación de la resistencia y de la acción. Tipos de incertidumbre (aleatoria vs. epistémica). Caracterización de incertidumbres.</p> <p><b>Modelos estadísticos:</b> Hipótesis, determinación del coeficiente de fiabilidad para diseño de nuevas estructuras y evaluación de estructuras existentes, factores de influencia.</p> <p><b>Funciones de distribución:</b> Probability Density Function para acciones y resistencia y Joint Probability Density Function para análisis de fiabilidad.</p> <p><b>Análisis de fiabilidad:</b> Introducción al índice de fiabilidad. FOSM y FORM. Formulación y ámbito de aplicación. Coeficientes parciales de seguridad</p> <p><b>Métodos de fiabilidad:</b>  Nivel de Aproximación I: coeficientes parciales de seguridad predeterminados  Nivel de Aproximación II: Desarrollo analítico para ecuaciones de diseño, cálculo de coeficientes parciales.  Nivel de Aproximación III: Aplicaciones numéricas para determinación de valores de diseño</p> <p><b>Actualización de la información:</b> Ajuste de valores de diseño y de resultados de fiabilidad según información obtenida de una estructura existente</p> <p><b>Aplicaciones a diseño:</b> Ejemplos teóricos y prácticos, tanto estructurales como geotécnicos</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Fernández Ruiz, M., Estática y rotura de estructuras: Lógica, herramientas y actitudes para el pensamiento resistente, UPM Press, ISBN-10: 8418661151, ISBN-13: 978-8418661150, Madrid, 2022, 200 p.</p> <p>Thoft-Christensen, P. y M.J. Baker. 1982. Structural reliability theory and its application [Teoría de la fiabilidad estructural y su aplicación]. Springer-Verlag. 267 p.</p> <p>Nowak, A.S. y K.R. Collins. 2013. Reliability of Structures [Fiabilidad de estructuras]. 2a edición. CRC Press. 407 p.</p> <p>Ditlevsen, O. y H.O. Madsen. 2007. Structural Reliability Methods [Métodos de Fiabilidad Estructural]. (primera edición publicada en John Wiley &amp; Sons Ltd, 1996). Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark. 373 p.</p> <p>Ang A.H.S y Tang W. (1975): Probability concepts in Engineering planning and design [Conceptos probabilísticos en ingeniería para planificación y diseño]. Vol 1. John Wiley and Sons.</p> <p>Baecher G y Christian J. (2003): Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering [Fiabilidad y estadística en ingeniería geotécnica]. Wiley.</p>		

## 5.2. Segundo cuatrimestre

### 5.2.1. Itinerario de Diseño de estructuras y sus cimentaciones y materiales

Nombre asignatura	Ingeniería de Puentes (Bridge Engineering)	
Semestre	2º	
Créditos ECTS	3.0	
Idioma	Inglés o español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Antonio Martínez Cutillas	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	a.martinez.cutillas@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>Historical evolution of bridges, Bridge Loads  Short and medium span bridges, deck analysis, substructure analysis  Box Girders, Portal frames, Curved bridges, Skew bridges, Arch bridges, Cable-stayed bridges  Bridge equipments: barriers, bearings and expansion joints</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Fernández Troyano L. (2004), <i>Tierra sobre el Agua: Visión Histórica Universal de los Puentes</i>, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  Manterola J. (2006), <i>Puentes: Apuntes para su Diseño, Cálculo y Construcción</i>, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  Reis, A.J.;Oliveira,J.J (2019), <i>Bridge Design. Concepts and Analysis</i>  Walther R., Houriet B., Isler W., Moia P. &amp; Klein J.F. (1999), <i>Cable Stayed Bridges</i>, Thomas Telford</p>		

Nombre asignatura	Hormigón Estructural	
Semestre	2	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Inglés	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Alejandro Pérez Caldentey (responsable)	Mecánica de los medios continuos y teoría de estructuras	alejandro.perezc@upmes
Contenido de la asignatura		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis no lineal mecánico de estructuras de hormigón</li> <li>- Proyecto de elementos esbeltos</li> <li>- Proyecto de estructuras integrales</li> <li>- Proyecto sísmico de estructuras</li> <li>- Hormigón con fibras</li> <li>- Proyecto de estructuras de hormigón frente al fuego</li> <li>- Proyecto utilizando el Método de Bielas y Tirantes</li> <li>- Aspectos específicos de la técnica del pretensado</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<p>CEN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings</p> <p>CEN EN 1992-1-2 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: Fire Design</p> <p>CEN EN 1998-1-1 Eurocode 8: Design of structures for seismic resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings</p> <p>CEN EN 1998-1-1 Eurocode 8: Design of structures for seismic resistance. Part 2: Bridges</p> <p>Ache Monografía nº 22 – Proyecto de hormigón frente a los efectos sw las deformaciones impuestas</p> <p>Ache Monografía – Monografía M6 – Método de Bielas y Tirantes</p>		

Nombre asignatura	Estructuras metálicas y mixtas	
Semestre	2	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Javier Pascual Santos (responsable)	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	javier.pascual@upm.es
Luis Matute Rubio	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	luis.matute@upm.es
Gonzalo Sanz-Diez de Ulzurrun Casals	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	g.ulzurrun@upm.es
Miguel Ortega Cornejo	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	miguel.ortega@upm.es
Contenido de la asignatura		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción a las estructuras mixtas: bases, fundamentos e historia.</li> <li>• Análisis elástico de estructuras metálicas y mixtas. Sección homogeneizada.</li> <li>• Análisis plástico de estructuras metálicas y mixtas.</li> <li>• Verificación estructural en ELS y ELU.</li> <li>• Estudio de la conexión mixta.</li> <li>• Redistribución de esfuerzos en estructuras mixtas. Fisuración y efectos reológicos.</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MILLANES, F. Estructuras Mixtas. E.T.S. Ingenieros de Caminos, C. y P. Madrid</li> <li>• MARTÍNEZ CALZÓN, J. ORTIZ HERRERA, J. Construcción mixta hormigón acero. Ed Rueda (1978)</li> <li>• VIÑUELA RUEDA, L. MARTÍNEZ SALCEDO, J. Proyecto y Construcción de Puentes metálicos y mixtos. APTA (2009)</li> <li>• JOHNSON, R.P. Composite Structures of Steel and Concrete. Vol.-1 Beams, Columns, Frames and applications in Building. Collins(1975)</li> <li>• JOHNSON, R.P., BUCKBY, R.J. Composite Structures of Steel and Concrete. Vol.-2 Bridges. Collins (1986)</li> <li>• LEBET J.P., HIRT M. Ponts en Acier. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. (2009)</li> <li>• MANUAL DE PROYECTO COMBRI. Puentes Competitivos de Acero y Hormigón.(2008)</li> <li>• ACHE. Comprobación de un Tablero Mixto. Monografía M-10.</li> <li>• EN 1992-1-1: Design of concrete structures: General rules and rules for buildings</li> <li>• EN 1992-2: Design of concrete structures: Concrete bridges - Design and detailing rules</li> <li>• EN 1993-1-1: Design of steel structures: General rules and rules for buildings.</li> <li>• EN 1993-1-5: Design of steel structures: General rules - Plated structural elements.</li> <li>• EN 1993-2: Design of steel structures: Steel bridges.</li> <li>• EN 1994-1-1: Design of composite steel and concrete structures: General rules and rules for buildings.</li> <li>• EN 1994-2: Design of composite steel and concrete structures: General rules and rules for bridges.</li> </ul>		

Nombre asignatura	Dinámica de Puentes (Dynamics of Bridges)	
Semestre	2	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Inglés o español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Alfredo Cámara Casado	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	Alfredo.camara@upm.es
Contenido de la asignatura		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Train-induced vibrations in railway bridges <ul style="list-style-type: none"> <li>o Description of moving loads in railway bridges. Analysis with moving loads and train-bridge interaction models. Code treatment of the problem.</li> </ul> </li> <li>- Human-induced vibrations in footbridges <ul style="list-style-type: none"> <li>o Human-structure interaction. Pedestrians' comfort assessment. Crowd modelling. Code treatment of the problem.</li> </ul> </li> <li>- Vehicle-induced vibrations in road bridges <ul style="list-style-type: none"> <li>o Vehicle and bridge models. Wind-vehicle-bridge interaction. Safety and comfort assessment of vehicles crossing bridges.</li> </ul> </li> <li>- Wind effects on bridges <ul style="list-style-type: none"> <li>o Definition of wind effects. Quasi-static, buffeting and aeroelastic actions in long-span bridges. Wind tunnel testing and CFD. Code treatment.</li> </ul> </li> <li>- Seismic design of bridges <ul style="list-style-type: none"> <li>o Nonlinear dynamic and static (Pushover) analysis. Capacity design principles in bridge engineering. Mitigation design based on anti-seismic devices. Code treatment of the problem</li> </ul> </li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chopra A.K. (2011), Dynamics of Structures, Prentice Hall</li> <li>- Priestley N., Seible F. &amp; Calvi G.M. (1996), Seismic Design and Retrofit of Bridges, Wiley</li> <li>- Simiu E. &amp; Scanlan R.H. (1996), Wind effects on Structures, John Wiley &amp; Sons.</li> <li>- Strommen E. (2006), Theory of Bridge Aerodynamics, Springer</li> <li>- SETRA (2006). Footbridges Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading.</li> <li>- Fryba L. (1999), Vibration of solids and structures under moving loads, Thomas Telford.</li> </ul>		

Nombre asignatura	Túneles y Excavaciones Profundas	
Semestre	Segundo	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Salvador Senent Domínguez	Ingeniería y Morfología del Terreno	s.senent@upm.es
Luis Jordá Bordehore	Ingeniería y Morfología del Terreno	l.jorda@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>Bloque I. Túneles (10 horas)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos constructivos</li> <li>• Tramificación y predimensionamiento</li> <li>• Análisis de cuñas</li> <li>• Curva característica</li> <li>• Cálculo de túneles mediante herramientas informáticas</li> <li>• Emboquilles</li> <li>• Auscultación</li> </ul> <p>Bloque II. Pantallas (5 horas)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos constructivos</li> <li>• Cálculo de pantallas mediante herramientas informáticas</li> <li>• Pozos</li> <li>• Túneles entre pantallas</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<p>“<i>Geotecnia y Cimientos III</i>”. 2ª Parte. J.A. Jiménez Salas et al. Rueda. Madrid, 1980.</p> <p>“<i>Manual de Túneles y Obras Subterráneas</i>”. Varios Autores. Editado por C. López Gimeno. Entorno Gráfico, S.L. Madrid, 1996.</p> <p>“<i>Support of Underground Excavations in Hard Rock</i>”. E. Hoek, P.K. Kaiser, W.F. Bawden. A.A. Balkema. Rotterdam, 1995.</p> <p>“<i>Tunnel Engineering Handbook</i>”. John O. Bickel &amp; T.R. Kuesel. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 1982.</p>		

Nombre asignatura	Riesgos en ingeniería del terreno	
Semestre	2	
Créditos ECTS	1.5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Eugenio Sanz Pérez (responsable)	Ingeniería y Morfología del Terreno	eugenio.sanz@upm.es
Félix Escolano Sánchez	idem	felix.escolano@upm.es
Ignacio Menéndez-Pidal	idem	ignacio.menendezpidal@upm.es
José Ignacio Escavy	idem	ji.escavy@upm.es
Joaquín Sanz de Ojeda	idem	joaquin.sanzdeojed@upm.es
Javier Moreno Robles	idem	javier.moreno@cedex.es
Contenido de la asignatura		
<p>1. Riesgos geológicos e Ingeniería Civil. Definiciones. Importancia. Peligrosidad, riesgo y vulnerabilidad. Criterios de seguridad. Prevención y mitigación. Mapas de peligrosidad y riesgo. Licuefacción.</p> <p>2. Riesgos Sísmico en Ingeniería Civil. Geología de terremotos. Fallas y terremotos. Análisis de sismicidad y de peligrosidad sísmica. Respuesta sísmica en el emplazamiento. Efectos inducidos por los terremotos. Sismicidad inducida. Aplicaciones en ingeniería geológica.</p> <p>3. Riesgos Volcánicos. Tipos de erupciones y su peligrosidad. Fenómenos volcánicos de riesgo. Prevención y monitorización de las erupciones. Los sistemas de vigilancia. Medidas estructurales y no estructurales ante el riesgo volcánico. Aplicación a la Ingeniería Civil y al territorio.</p> <p>4. Inundaciones. Geomorfología. Paleo hidrología. Erosión.</p> <p>5. Inestabilidad de laderas. Investigación de deslizamientos. Medidas de corrección. Prevención. Mapas de movimientos de ladera</p> <p>7. Riesgos kársticos. Hundimientos y Subsidiencias. Sinkholes. Investigación de los procesos. Medidas de corrección. Prevención. Mapas de susceptibilidad y de peligrosidad de hundimientos y subsidiencias</p> <p>8. Suelos con problemática especial: arcillas expansivas, suelos dispersivos, suelos cospables, permafrost, suelos blandos y sensitivos, licuefactables.</p> <p>9. Riesgos Costeros. Dinámica costera. Oleaje. Tsunamis.</p> <p>10. Riesgos Geoquímicos: gases, asbestos, áridos y aguas agresivas</p> <p>11. Técnicas de estudio y Análisis de Riesgos. Mitigación y Planes de emergencia Riesgos inducidos por la actividad antrópica</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Ayala Carcedo, F.J., Olcina Cantos, J., Laín Huerta, L., González Jiménez, A. Riesgos naturales y desarrollo sostenible: impacto, predicción y mitigación (2007). Colección Medio Ambiente Nº 10. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid (ISBN: 84-7840-666-1).</p> <p>Brusi, D., &amp; Roqué, C. (1998). Los riesgos geológicos: algunas consideraciones didácticas. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 6(2), 127-137.</p> <p>Galindo Jiménez I.; Laín Huerta L.; Llorente Isidro M. El estudio y la gestión de los riesgos geológicos (2008). Colección Medio Ambiente Nº 12. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. (ISBN: 978-84-7840-755-2).</p> <p>González de Vallejo, L.I. et al. (2002). Ingeniería Geológica. Ed. Prentice Hall</p> <p>Mateos Ruiz, R.M. Peligros Naturales (2013). Colección Planeta Tierra nº 5. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. (ISBN: 978-84-7840-854-2).</p> <p>Reiter (1990) Earthquake protection. John Wiley and sons. New York.</p> <p>Varnes, D.J. (1984). Landslides hazard zonation: a review of principles and practice. Natural Hazard,3</p>		

Nombre asignatura	Dinámica de suelos	
Semestre	Segundo	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Rubén Galindo Aires	Ingeniería y Morfología del Terreno	rubenangel.galindo@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p><b>Tema 1.</b> La acción dinámica. Tipos de problemas en dinámica de suelos. ¿Cuándo el problema es “dinámico”?</p> <p><b>Tema 2.</b> La acción sísmica</p> <p>2.1. Acelerogramas</p> <p>2.2. Espectros de respuesta</p> <p>2.3. Normativas</p> <p>2.4. Convolución y deconvolución</p> <p><b>Tema 3.</b> Propagación del movimiento sísmico</p> <p>3.1. Ondas de compresión y ondas de corte</p> <p>3.2. Ondas superficiales (Love y Raleigh)</p> <p>3.3. Ecuaciones del equilibrio dinámico</p> <p>3.4. Amplificaciones de suelos</p> <p>3.5. Efecto local</p> <p><b>Tema 4.</b> Ensayos de campo en dinámica de suelos</p> <p>4.1. Sísmica de refracción</p> <p>4.2. Cross-hole y Down-hole</p> <p><b>Tema 5.</b> Ensayos de laboratorio en dinámica de suelos</p> <p>5.1. Ensayos dinámicos y rangos de validez</p> <p>5.2. Corte simple cíclico</p> <p>5.3. Triaxial cíclico</p> <p>5.4. Columna resonante</p> <p><b>Tema 6.</b> Propiedades dinámicas</p> <p>6.1. Curva noval</p> <p>6.2. Ciclos de respuesta carga-descarga-recarga</p> <p>6.3. Degradación de la respuesta dinámica</p> <p>6.4. Rigidez dinámica</p> <p>6.5. Amortiguamiento dinámico</p> <p><b>Tema 7.</b> Licuefacción</p> <p>7.1. Fenómeno físico</p> <p>7.2. Método de Seed e Idriss para evaluar la tensión de corte cíclica</p> <p>7.3. Métodos empíricos de evaluación</p> <p><b>Tema 8.</b> Modelos matemáticos del movimiento dinámico de 1 grado de libertad</p> <p>8.1. Planteamiento dinámico de la vibración de un sistema de 1 g.d.l</p> <p>8.2. Oscilación libre</p> <p>8.3. Oscilación forzada. Integral de Duhamel</p> <p>8.4. Carga armónica. Resonancia</p> <p>8.5. Carga general. Desarrollos de Fourier</p> <p><b>Tema 9.</b> Cimentación de maquinaria</p> <p>9.1. Exposición del problema</p> <p>9.2. Formulación</p> <p>9.3. Solución y diseño</p> <p><b>Tema 10.</b> Hincas de pilotes</p> <p>10.1. Exposición del problema</p> <p>10.2. Formulación</p> <p>10.3. Solución y diseño</p> <p><b>Tema 11.</b> Interacción dinámica</p> <p>11.1. Interacción inercial</p> <p>11.2. Interacción cinemática</p>		

**11.3.** Interacción completa

**11.4.** Extensión a zapatas arriostradas y encepados de pilotes

**Tema 12.** Cálculo dinámico de Obras de Tierra

**11.1.** Cálculo dinámico de un talud por rotura plana

**11.2.** Cálculo dinámico simplificado de una estructura de tierra

#### Referencias bibliográficas

- KRAMER. (1996). Geotechnical earthquake engineering. Ed. Prentice-Hall
- NEWMARK Y ROSENBLUETH. (1982). Fundamentos de Ingeniería Sísmica. Ed. Diana.
- RICHART, HALL Y WOODS. (1970). Vibrations of soils and Foundations. Ed. Prentice-Hall
- PRAKASH. (1981). Soil dynamics. Ed. McGraw-Hill
- DAS. (1983) Fundaments of soil dynamics. Ed. Elsevier Science

### 5.2.2. Itinerario de Simulación y modelización de estructuras, cimentaciones y materiales

Nombre asignatura	Modelos computacionales en estructuras	
Semestre	Segundo	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Inglés	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Juan Carlos García Orden	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	juancarlos.garcia@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1.- Introduction. Basic concepts: linear and nonlinear models, errors, ill-conditioned problems, stability of algorithms, accuracy, efficiency, robustness, notation of order</p> <p>2.- Statics of structures. 2a.- Nonlinear static problems. Formulation. Basic concepts of iterative methods (rate of convergence, end of iterations). Fixed-point methods. Newton method. Line search. Quasi-Newton methods. Continuation methods. 2b.- Linear static problems. Conditioning. Direct methods(Gauss method, LU decomposition). Iterative methods (Jacobi, conjugate gradient)</p> <p>3.- Nonlinear dynamics of structures. 3a.- Formulation. General concepts on their numerical solution: consistency, stability, convergence. One step/multistep, explicit/implicit. Stiff problems 3b.- General purpose methods. One step (RK), multistep (Adams, BDF, predictor-corrector) 3c.- Structural and geometrical methods. HHT, central differences, symplectic and conserving methods.</p>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quarteroni and F. Saleri. Scientific Computing with MATLAB and Octave. Springer, 2006.</li> <li>- Javier Bonet and Richard D. Wood. Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis. Cambridge University Press, second edition, 2008.</li> <li>- Uri M. Ascher and Linda R. Petzold. Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential- Algebraic Equations. SIAM, Philadelphia, USA, 1998</li> <li>- Peter Wriggers. Nonlinear finite element methods. Springer, 2008</li> <li>- M. Geradin and D. Rixen. Mechanical vibrations. Wiley, 1997.</li> </ul>		

Nombre asignatura	Modelos computacionales en geotecnia e interacción suelo-estructura	
Semestre	Segundo	
Créditos ECTS	1.5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Ignacio González Tejada	Ingeniería y morfología del terreno	Ignacio.gtejada@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1- El suelo como medio continuo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Planteamiento del problema de contorno</li> <li>Métodos de equilibrio límite. Teoremas del límite superior e inferior</li> <li>Modelos numéricos para medios continuos (método de elementos finitos y método de diferencias finitas)</li> <li>Modelos sin malla (método de elementos discretos, SPH)</li> </ol> <p>2- El suelo como sistema de resortes (coeficientes de balasto)</p> <p>3- Problema de interacción suelo-estructura 1: Losas flexibles</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Solución analítica (Winkler)</li> <li>Solución numérica</li> <li>Modelado mediante elementos finitos</li> </ol> <p>4- Problema de interacción suelo-estructura 2: Muro pantalla.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Soluciones analíticas (Blum)</li> <li>Modelado mediante elementos finitos</li> </ol> <p>5- Problema de interacción suelo-estructura 3: Pilote cargado axial y lateralmente</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Soluciones analíticas</li> <li>Soluciones mediante diferencias finitas</li> <li>Curvas p-y, t-z y q-z</li> <li>Modelado mediante elementos finitos</li> </ol>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering Vol 1: Theory. D. M. Potts and L. Zdravkovic. Thomas Telford. 1999</li> <li>- Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering Vol 2: Application. D. M. Potts and L. Zdravkovic. Thomas Telford. 2001</li> <li>- Geotechnical Modelling. D. Muir Wood. 2004</li> <li>- Offshore Soil Mechanics. A. Verruijt. 2006</li> <li>- Soil Mechanics. A. Verruijt. 2006</li> </ul>		

Nombre asignatura	Modelos constitutivos de materiales	
Semestre	2º	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Mihaela Iordachescu	Ciencia de Materiales	mihaela.iordachescu@upm.es
Maricely de Abreu	Ciencia de Materiales	m.deabreu@upm.es
Francisco Gálvez	Ciencia de Materiales	f.galvez@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p><i>P1- Modelos constitutivos de materiales estructurales</i></p> <p>P1.1 Modelo constitutivo del material hookeano: Propiedades del material hookeano: pequeñas deformaciones, elasticidad, linealidad e isotropía; Leyes de Hooke; Constantes del material hookeano; Ecuaciones de Lamé; Material hookeano incompresible.</p> <p>P1.2 Modelo constitutivo del material visco-elástico de Boltzmann: Propiedades del material visco-elástico de Boltzmann, pequeñas deformaciones, linealidad e isotropía; Funciones de fluencia y relajación; El material visco-elástico de Boltzmann frente al material hookeano; Ecuaciones constitutivas del material visco-elástico de Boltzmann</p> <p>P1.3 Modelo constitutivo del material elasto-plástico isotrópico: Comportamiento bajo tensión uniaxial; Efecto Bauschinger; Criterios de plastificación; Criterios de Tresca y de Von Mises. Endurecimiento por deformación; Ecuaciones constitutivas de Prandtl-Reuss</p> <p>P1.4 Comportamiento visco-plástico de materiales estructurales: Fluencia y relajación; Influencia de la temperatura.</p> <p><i>P2 - Aplicaciones del modelo constitutivo para material elastoplástico isotrópico</i></p> <p>P2.1 Plastificación de vigas en flexión pura; Rótulas plásticas</p> <p>P2.2 Análisis y colapso de vigas isostáticas e hiperestáticas con rótulas plásticas: Principio del límite superior</p> <p>P2.3 Colapso plástico de placas: Líneas de agotamiento. Cálculo de cargas de agotamiento</p> <p>P2.4 Colapso por inestabilidad plástica; Influencia de la triaxialidad del estado tensional</p> <p><i>P3 - Códigos computacionales para el análisis estructural elasto-plástico</i></p> <p>P3.1 Ejercicio A de simulación computacional: Agotamiento plástico en tracción simple</p> <p>P3.2 Ejercicio B de simulación computacional: Agotamiento plástico en compresión simple</p> <p>P3.4 Ejercicio B de simulación computacional: Agotamiento plástico en flexión pura</p> <p><i>P4 - Practicas de laboratorio</i></p> <p>P4.1 Ensayo de tracción simple con material elasto-plástico</p> <p>P4.2 Ensayo de compresión simple con material elasto-plástico</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Francisco Gálvez / Vicente Sánchez Gálvez, Plastic Behaviour of Materials., Ed. G. Maroto 2017</p> <p>Andrés Valiente, Comportamiento mecánico de materiales. Elasticidad y Viscoelasticidad, García-Maroto Editores 2014.</p> <p>Vicente Sánchez Gálvez, Comportamiento Plástico de Materiales. ETSI Caminos 2014</p> <p>R. Hill, The mathematical Theory of Plasticity, 1950 (Ed. 1998)</p> <p>J Chakrabarty, Theory of Plasticity, Elsevier 2006</p> <p>Basic Engineering Plasticity. W.w.a. Reed, Elsevier 2006</p>		

Nombre asignatura	Análisis Dinámico y Sísmico de Estructuras	
Semestre	2º semestre	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español/Inglés	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Iván Muñoz Díaz	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	ivan.munoz@upm.es
Carlos Zanuy Sánchez	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	carlos.zanuy@upm.es
Carlos Martín de la Concha Renedo	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	carlos.martindelaconcha@upm.es
José Manuel Soria Herrera	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	jm.soria@upm.es
Contenido de la asignatura		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dynamic Problems</li> <li>2. Single-degree-of-freedom systems and its practical applications</li> <li>3. Two-degree-of-freedom systems and practical applications to TMDs and interaction problems</li> <li>4. Multi-degree-of-freedom systems and continuous system: beams vibrations</li> <li>5. Experimental tests: instrumentation and modal testing</li> <li>6. Seismic response spectrum analysis</li> <li>7. Inelastic seismic analysis</li> <li>8. Seismic codes and construction details</li> </ol> <p>Practices with MATLAB, SOFiSTiK and SAP2000 and lab practice on modal identification of a footbridge</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Diaz, I.M. Notes on Fundamentals of Dynamics of structures, 2012</p> <p>SAMCO Guideline, Final Report, F05 Guidelines for Structural Control, 2006</p> <p>EN 1998-1:2004, Standards, Eurocode 8</p> <p>Chopra, A.K., Dynamics of structures. Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, 4th Ed., 2012</p> <p>Bachmann et. Al, Vibration problems in structures: practical guidelines, Birkhäuser Verlag, 1995</p>		

Nombre asignatura	Comportamiento dinámico de materiales	
Semestre	2º	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Rafael Sancho	Ciencia de materiales	rafael.sancho@upm.es
Víctor Rey	Ciencia de materiales	v.rey@upm.es
Francisco Gálvez	Ciencia de materiales	f.galvez@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1 Introduction of the course. Dynamic behaviour of materials. Influence of the strain rate on the stress-strain curve. Microstructural explanation of the fundamentals. Strain rate vs. Temperature and its effects. Isothermal and adiabatic stress-strain curves. Materials laws.</p> <p>2 Numerical methods Simulation of dynamic problems. Explicit formulation vs. Implicit codes. Concepts and tips for solving explicit problems. Hydrocodes.</p> <p>3 Elastic waves in solids. Type of waves in solids. Fundamentals of wave propagation. One-dimensional waves in solids. Elastic waves in bars. Boundary effects, transmission and reflection due to media change. Elasto-plastic waves in solids. Waves in a three dimensional space.</p> <p>5 Shock waves. Plane strain Fundamentals of shock waves. Wave propagation in semi-infinite media. Hugoniot elastic limit. Plane wave propagation.</p> <p>6 Experimental methods Experimental methods for high strain rate. Inertia effects. Stress-strain curves isothermal obtained v. adiabatic. Drop weight tests. The Hopkinson bar. Plate impact. Impact experiments.</p> <p>7 Introduction to Ballistic Impact The concepts of interior ballistics, exterior ballistics, and terminal ballistics. Impact physics. Empirical, analytic and numerical approaches. The DOP and V50. Residual velocity curves and models.</p> <p>8 Blast and explosion Fundamentals of the explosion mechanics. The equivalent distance. Computation of the pressure under blast, time of arrival and duration time. The JWL model for explosives.</p> <p>9 Numerical Simulation Exercise 1. One-dimensional propagation of waves in bars. Computation of the transmitted and reflected waves.</p> <p>10 Numerical Simulation Exercise 2. Numerical simulation of a concrete slab subjected to blast loading</p> <p>11 Experimental tests. Lab-1. Investigation of the Strain Rate Influence on the Tensile Strength of Brittle Materials, Particularly Concrete, Utilizing the Brazilian Test Technique with Two Distinct Devices: a Static Machine and a Hopkinson Bar.</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Meyers, M.A., Dynamic Behavior of Materials. John Willey &amp; Sons. 1994</p> <p>Zukas, N. Impact Dynamics. John Willey &amp; Sons. 1982.</p> <p>Zukas, N. High velocity Impact Dynamics. John Willey &amp; Sons. 1990.</p> <p>Johnson, W. Impact strength of materials. Edward Arnold Ed. 1972.</p>		

Nombre asignatura	Técnicas Geomáticas Grandes Estructuras	
Semestre	Segundo	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Miguel Marchamalo Sacristán (responsable)	Ingeniería y Morfología del Terreno	miguel.marchamalo@upm.es
Sergio Álvarez Gallego	Ingeniería y Morfología del Terreno	sergio.alvarez@upm.es
Sara Martínez Delgado	Ingeniería y Morfología del Terreno	s.martinezd@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>Tema 1. Herramientas y técnicas geomáticas aplicadas a la Ingeniería Civil</p> <p>1.1. SIG avanzado</p> <p>1.2. Fotogrametría aérea y terrestre</p> <p>1.3. LiDAR</p> <p>1.4. MDT</p> <p>1.5. Teledetección</p> <p>1.6. Seminarios científico-técnicos</p> <p>Tema 2. Diseño de sistemas de control del terreno y alerta en tiempo real</p> <p>2.1. Bases de datos espaciales</p> <p>2.2. Integración en SIG</p> <p>2.3. Comunicaciones</p> <p>2.4 Seminarios científico-técnicos</p> <p>Tema 3. Modelización del terreno y aplicaciones</p> <p>3.1. MDT</p> <p>3.2. Auscultación de obras civiles</p> <p>3.3. Modelización de procesos de erosión, deslizamientos y subsidencias</p> <p>3.4. Seminarios científico-técnicos</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Chuvieco Salinero, Emilio. (2007). Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Edita: Ariel. Manual del usuario "Quantum GIS". <a href="http://www.qgis.org">www.qgis.org</a></p> <p>Martínez Marín, R., Marchamalo Sacristán, M. et al. (2018). Introducción al Sistema de Información Geográfica Quantum GIS (QGIS). Editorial Garceta. Madrid.</p> <p>Martínez Marín, R. et al. (2018). Modelos Digitales del Terreno en Ingeniería Civil (MDT). Editorial Garceta. Madrid.</p> <p>Sobriño, José A. (2000) Teledetección. Edita: Universidad de Valencia. Web of Science. Acceso wok-fecyt UPM. Área virtual (MOODLE).</p>		

Nombre asignatura	Metodología BIM para el proyecto de estructuras y cimentaciones	
Semestre	Segundo	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Antonio Alfonso Arcos Álvarez (responsable)	Ingeniería y Morfología del Terreno	<a href="mailto:antonio.arcos@upm.es">antonio.arcos@upm.es</a>
Ángela Moreno Bazán	Ingeniería y Morfología del Terreno	<a href="mailto:angela.moreno@upm.es">angela.moreno@upm.es</a>
Salvador Senent Domínguez	Ingeniería y Morfología del Terreno	<a href="mailto:s.senet@upm.es">s.senet@upm.es</a>
Javier Bros Naranjo	Ingeniería y Morfología del Terreno	<a href="mailto:j.bros@upm.es">j.bros@upm.es</a>
Marcos García Alberti	Ingeniería Civil: Construcción	<a href="mailto:marcos.garcia@upm.es">marcos.garcia@upm.es</a>
Rubén Muñoz Pavón	Ingeniería Civil: Construcción	<a href="mailto:ruben.mpavon@upm.es">ruben.mpavon@upm.es</a>
Contenido de la asignatura		
<p>La asignatura “tiene como objetivo mostrar al alumno los procesos y sistemas que la metodología BIM ofrece para la generación y gestión de los proyectos de estructuras y cimentaciones. Se abordarán los conceptos clave que definen de esta metodología tales como el trabajo colaborativo sobre un modelo digital federado y se pondrán en práctica estos conceptos desarrollando un ejemplo que abarque los diferentes aspectos y fases de un proyecto.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción a la Metodología BIM <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Concepto, dimensiones y nivel de desarrollo (LOD).</li> <li>1.2. Modelo Federado, roles y fases BIM</li> <li>1.3. BEP. Plan de Ejecución BIM</li> </ol> </li> <li>2. Modelado BIM <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Modelo Estructural</li> <li>2.2. Modelo Analítico</li> <li>2.3. Modelo del Terreno</li> </ol> </li> <li>3. Entregables <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Tablas de Planificación</li> <li>3.2. Mediciones y Presupuestos</li> <li>3.3. Planos y Vistas</li> <li>3.4. Recorridos virtuales</li> </ol> </li> <li>4. Trabajo Colaborativo – Gestión BIM <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. CDE. Entorno común de datos</li> <li>4.2. Detección de conflictos</li> <li>4.3. Control revisiones y versiones</li> <li>4.4. Timeliner y Simulaciones</li> </ol> </li> </ol>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodríguez, Antonio Manuel Reyes, Pablo Cordero, and Alonso Candelario Garrido. BIM: diseño y gestión de la construcción. Anaya Multimedia, (2016).</li> <li>• Poó Rubio, Aurora Minna, et al. "BIM en la construcción." (2018).</li> </ul> <p>Recursos Web:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v_26_bis_web_plan_bim_contratacion_publica.pdf">https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v_26_bis_web_plan_bim_contratacion_publica.pdf</a></li> <li>• <a href="https://eubim.eu/handbook-selection/handbook-spanish/">https://eubim.eu/handbook-selection/handbook-spanish/</a></li> </ul>		

### 5.2.3. Itinerario de Mantenimiento y rehabilitación de estructuras y sus cimentaciones y materiales

Nombre asignatura	Control de Calidad y Rehabilitación de Estructuras	
Semestre	2º	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Profesor responsable: Jaime Fernández Gómez	Ingeniería Civil: Construcción	jaime.fernandez.gomez@upm.es
Francisco González Ramos	Ingeniería Civil: Construcción	francisco@betazul.es
Tiago Teixeira Martins	Ingeniería Civil: Construcción	tiago.martins@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>Tema 1. Control de Calidad en Construcción. Estadísticas de daños</p> <p>Tema 2. Durabilidad y mecanismos de deterioro</p> <p>Tema 3. Control de materiales, ejecución y proyecto.</p> <p>Tema 4. Informe de casos de patología.</p> <p>Tema 5. Técnicas de investigación estructuras existentes. Ensayos de información</p> <p>Tema 6. Reparación y protección</p> <p>Tema 7. Refuerzo de elementos a flexión y cortante</p> <p>Tema 8. Refuerzo de pilares y elementos en compresión</p> <p>Tema 9. Refuerzo de cimentaciones</p>		
Referencias bibliográficas		
<p>Código Estructural</p> <p>Eurocódigos</p> <p>Documentación facilitada como material docente</p>		

Nombre asignatura	Patologías y tratamiento del terreno	
Semestre	2º semestre – semanas 7 a 9	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Luis Jordá Bordehore	Ingeniería y Morfología Terreno	l.jorda@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>Bloque 1: Patologías en la ingeniería civil (5h)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción. (1h)</li> <li>• Patologías en cimientos, muros y taludes</li> <li>• El terreno como origen de las patologías</li> <li>• El agua como origen de las patologías</li> </ul> <p>Bloque 2: Técnicas de mejora del terreno. (5h)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusiones rígidas</li> <li>• Inyecciones</li> <li>• Drenaje</li> <li>• Estabilizaciones</li> <li>• Otras técnicas</li> </ul> <p>Bloque 3: Reparación de patologías (5 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación de cimentaciones</li> <li>• Reparación de muros y taludes</li> <li>• Casos reales</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<p>Bielza, A. (1999).- “Manual de técnicas de mejora del terreno”  González Vallejo et al (2002) Ingeniería Geológica  Guía de cimentaciones en obras de carretera (2001). Capítulo 7. Ministerio de Fomento  Jiménez Salas (1980). Geotecnia y Cimientos III. Capítulos 4 y 8. Editorial Rueda.</p>		

Nombre asignatura	Estructuras de madera y fábrica	
Semestre	2	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Gonzalo Sanz-Diez de Ulzurrun Casals	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	g.ulzurrun@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1. Estructuras de madera</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción al comportamiento mecánico de la madera.</li> <li>• Análisis seccional de las estructuras de madera.</li> <li>• Verificación estructural en ELS y ELU.</li> <li>• Conexiones: diseño y efectos estructurales.</li> <li>• Durabilidad.</li> <li>• Proyectos de rehabilitación y refuerzo.</li> </ul> <p>2. Estructuras de fábrica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización del comportamiento mecánico de las fábricas.</li> <li>• Procedimientos de análisis estructural.</li> <li>• Puentes bóveda de fábrica.</li> <li>• Edificios históricos monumentales.</li> <li>• Edificios de madera-fábrica.</li> <li>• Proyectos de rehabilitación y refuerzo. Gestión del patrimonio.</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Arguelles &amp; Fco. Arriaga, "Estructuras de madera. Diseño y cálculo", Asociación Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho (AITIM), Madrid, 1996.</li> <li>• Swedish Wood, "Design of timber structures", Swedish Forest Industries Federation, UK edition, Stockholm, 2022.</li> <li>• Swedish Wood, "The CLT Handbook", Swedish Forest Industries Federation, UK edition, Stockholm, 2022.</li> <li>• M.A. Ritter, "Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance", United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington DC, 1990.</li> <li>• J. Berthelley et al., "Timber Bridges. How to Ensure their Durability. Technical Guide", Sétra, France, 2007.</li> <li>• J. Heyman, "The stone skeleton: structural engineering of masonry architecture", Cambridge-New York: Cambridge University Press, 1995.</li> <li>• S. Huerta, "Mecánica de las bóvedas de fábrica: el enfoque del equilibrio", Informes de la construcción, v. 57, nº 496, 2005, pp. 71-89.</li> <li>• Grupo de trabajo "Puentes de Fábrica" del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC-AIPCR). Criterios de intervención en puentes de fábrica". Madrid, 2014.</li> <li>• E. Bauder &amp; J. León, Significado de los glosarios técnicos. El ejemplo de los puentes de fábrica en "Las lenguas para fines específicos y la sociedad de conocimiento". UPM y AELFE, 2003.</li> <li>• Ramos "Caracterización estructural de los rellenos situados en el trasdós de bóvedas de edificios históricos", Madrid E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM), 2015.</li> <li>• EN 1995-1-1: Design of timber structures: Common rules for buildings.</li> <li>• EN 1996-1-1: Design of masonry structures: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures.</li> </ul>		

Nombre asignatura	Monitorización estructural	
Semestre	2	
Créditos ECTS	1,5	
Idioma	Español o inglés	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Carlos Zanuy Sánchez	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	carlos.zanuy@upm.es
Iván Muñoz Díaz	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	ivan.munoz@upm.es
Carlos Martín de la Concha Renedo	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	carlos.martindelaconcha@upm.es
Antonio Madrid Ramos	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	antoniojose.madrid@upm.es
José Manuel Soria Herrera	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	jm.soria@upm.es
Tomas Luis Ripa Alonso	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	tomasluis.ripa@upm.es
Contenido de la asignatura		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring systems: generalities, types, elements</li> <li>2. Sensors, sensors connectivity and acquisition systems and communications</li> <li>3. Data-based and model-based monitoring systems</li> <li>4. Monitoring projects: load tests, short-term and long-term monitoring system</li> <li>5. State-of-the art equipment and processing methods: Lidar, digital sensor, machine-based clustering, digital-twin integration, wireless acquisition networks</li> <li>6. Practical examples Practices with MATLAB and LABVIEW.</li> </ol>		
Referencias bibliográficas		
<p>Middlenton et al., Bridge monitoring, A practical guide, ICE, 2016          Helmut Wenzel, Health Monitoring of Bridges, 2009, Wiley          Farrar, Worden, STRUCTURAL HEALTH MONITORING A MACHINE LEARNING PERSPECTIVE, Willey, 2013          Limongelli et al. Bridge structural monitoring: the Lombardia regional guidelines. Structure and infrastructure Engineering, 2022          Webb, G.T., Vardanega, P.J., Middleton, C.R., 2014b. Categories of SHM deployments: technologies and capabilities. J. Bridge Eng. 04014118          Andersen, J.E., Vesterinen, A., Structural Health Monitoring Systems. COWI Futuretec, 2006.          Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera, Ministerio de Fomento, 1999.</p>		

Nombre asignatura	Materiales de refuerzo y hormigones especiales	
Semestre	2º	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Jaime Gálvez Ruiz	Ingeniería Civil: Construcción	Jaime.galvez@upm.es
Contenido de la asignatura		
Pendiente		
Referencias bibliográficas		

Nombre asignatura	Evaluación y conservación de estructuras existentes	
Semestre	2	
Créditos ECTS	3	
Idioma	Español	
Profesorado de la asignatura de la asignatura		
Nombre y apellidos	Departamento	Dirección correo electrónico
Leonardo Todisco (responsable)	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras	leonardo.todisco@upm.es
Contenido de la asignatura		
<p>1 Fundamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos generales de mantenimiento de estructuras</li> <li>• Mecanismos de deterioro</li> <li>• Daños en estructuras</li> <li>• Nivel de seguridad y vida útil residual</li> </ul> <p>2. Inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecciones</li> <li>• Pruebas destructivas y no destructivas</li> </ul> <p>3. Evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco normativo</li> <li>• Criterios de análisis</li> </ul> <p>4. Intervenciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Catálogo de reparaciones</li> <li>• Ejemplo de intervenciones en puentes</li> <li>• Ejemplo de intervenciones en edificación</li> </ul>		
Referencias bibliográficas		
<p>Eurocódigos 1, 2, 3, 4.  Código estructural  Inspección y diagnosis de puentes ferroviarios. ADIF, 2008  PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON, José Calavera. INTEMAC, 1998.  UNE-EN 1504 Reparación y refuerzo de estructuras  FIB Bulletin 14. "Externally bonded FRP reinforcement for RC structures"  FIB Bulletin 22. "Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures"  FIB Model Code 2020</p>		

#### 5.2.4. Módulo de Seminarios y actividades reconocibles. Movilidad

El Módulo de *Seminarios y actividades reconocibles* está formado por dos materias: Al comienzo del segundo cuatrimestre se impartirá el *Seminario de Introducción al TFM* (1,5 ECTS), que proporcionará a los estudiantes una iniciación a la investigación mediante herramientas para la redacción de documentos científicos, búsqueda de bibliografía científico-técnica, disponibilidad de herramientas informáticas, etc. En segundo lugar, la materia de *Actividades, Seminarios y Movilidad (ASM)*, de 1,5 ECTS, permitirá reconocer la asistencia a seminarios científico-técnicos y otras actividades formativas como la asistencia a congresos, la movilidad o estancias cortas en otros centros.

La participación de los estudiantes en programas de movilidad se llevará a cabo mediante una de las siguientes formas:

- a) Si los estudiantes deciden realizar el Máster en más de un curso académico, podrán participar en los programas de movilidad de la Escuela de forma estándar, solicitando su participación junto al resto de estudiantes de la Escuela en la convocatoria oficial que se lleva a cabo en el curso anterior al de la movilidad. La movilidad tendrá una duración de un semestre y se podrán reconocer entre 12 y 18 ECTS, lo cual podrá incluir el TFM. Si se cursa el TFM durante el período de movilidad, el tema deberá ser aprobado previamente por la Comisión Académica, el estudiante deberá tener un tutor Doctor de alguno de los departamentos participantes en el Máster, y el TFM deberá ser defendido en la Escuela conforme a las normas del Máster.
- b) En otros casos, los estudiantes podrán realizar estancias cortas. El máximo número de ECTS que se les podrá reconocer por la movilidad serán los 1,5 ECTS del módulo ASM. Uno de los programas que favorece este tipo de experiencia es el programa ATHENS. La red ATHENS está formada por un total de 15 Instituciones Europeas de Educación Superior (una por país), siendo la UPM la universidad española miembro de la red. En el marco del programa ATHENS, las universidades participantes organizan cursos de una semana de duración (dos veces al año: marzo y noviembre) en los que participan alumnos de todas las universidades de la red. Los cursos ATHENS constan de 30 horas (clases, laboratorio, visitas técnicas, prácticas, etc.) repartidas en una semana de clases. El idioma en el que se imparten es normalmente el inglés, aunque hay destinos europeos en los que se pueden utilizar sus lenguas oficiales. La docencia del curso puede ser realizada por uno o varios profesores. La programación anual del Máster preverá la compatibilidad con la semana ATHENS.
- c) Participación en Acuerdos de Doble Titulación, en cuyo caso los estudiantes se ceñirán al programa lectivo previsto en el correspondiente acuerdo bilateral.

#### 5.2.5. Trabajo de Fin de Máster

El Trabajo Fin de Máster (TFM) es un trabajo original de 12 ECTS, tutelado por un Profesor Doctor perteneciente a uno de los departamentos adscritos al programa de Máster, y opcionalmente por un co-tutor experto en la materia del TFM que no tiene por qué ser Doctor ni pertenecer a los departamentos del programa.

Para la calificación del TFM será necesaria la presentación y defensa del mismo ante un tribunal, que valorará el trabajo realizado por el candidato en relación con las competencias específicas, generales y transversales adquiridas. Dicho tribunal estará compuesto por tres miembros doctores adscritos a las áreas de conocimiento que abarca el Máster. El tutor no podrá formar parte del tribunal.