

# PROYECTOS DE ESTRUCTURAS, MECÁNICA DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS, PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 24/07/2020)

(Fecha de aprobación en Comisión Académica del Máster: 29/07/2020)

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
1º	4	Obligatoria	Presencial	Español
MÓDULO		TÉCNICO		
MATERIA		Proyectos de estructuras, mecánica de estructuras antiguas, patología y rehabilitación estructural		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		<b>Máster Universitario Habilitante en Arquitectura</b>		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		Escuela Técnica Superior de Arquitectura		
PROFESORES <sup>(1)</sup>				
<b>Javier Suárez Medina</b>				
DIRECCIÓN		Escuela de Arquitectura. Planta 4. Correo electrónico: fjsuarez@ugr.es		
TUTORÍAS		Consultar web: <a href="http://meih.ugr.es/">http://meih.ugr.es/</a>		
<b>Rafael Bravo Pareja</b>				
DIRECCIÓN		Escuela de Arquitectura. Planta 4. Correo electrónico: rbravo@ugr.es		
TUTORÍAS		Consultar web: <a href="http://meih.ugr.es/">http://meih.ugr.es/</a>		
<b>David López Martín</b>				
DIRECCIÓN		Escuela de Arquitectura. Planta 4. Correo electrónico: dlopezm@ugr.es		
TUTORÍAS		Consultar web: <a href="http://meih.ugr.es/">http://meih.ugr.es/</a>		
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS				
<p><b>COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES</b></p> <p>CG1. Conocimiento de los métodos de investigación y preparación de proyectos de construcción.</p> <p>CG2. Crear proyectos arquitectónicos que satisfagan a su vez las exigencias estéticas y las técnicas, y los requisitos de los usuarios del edificio respetando los límites impuestos por los factores presupuestarios y la normativa sobre construcción.</p>				

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente



CG3 - Comprender la profesión de arquitecto y su función en la sociedad, en particular, elaborando proyectos que tengan en cuenta los factores sociales.

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE1 - Aptitud para concebir, calcular, diseñar e integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar estructuras de edificación.

CE2 - Aptitud para concebir, calcular, diseñar e integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar sistemas de división interior, carpintería, escaleras y demás obra acabada.

CE3 - Aptitud para concebir, calcular, diseñar e integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar sistemas de cerramiento, cubierta y demás obra gruesa.

CE5 - Aptitud para la concepción, la práctica y el desarrollo de proyectos básicos y de ejecución, croquis y anteproyectos.

CE7 - Aptitud para la concepción, la práctica y el desarrollo de dirección de obras.

CE9. Aptitud para intervenir en conservar, restaurar y rehabilitar el patrimonio construido.

CE13 - Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

CE15 - Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT5. Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

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

Adquisición de una base teórica y conceptual sólida en la formación de los futuros arquitectos.

Análisis y desarrollo de los métodos de trabajo relacionados con la intervención en la edificación existente.

Optimización en la búsqueda de datos, tanto a nivel de análisis de la edificación existente como del resultado de la investigación de la documentación relacionada.

Comprender y respetar el contexto cultural y profundizar en criterios de intervención en el patrimonio, conservando y mejorando el comportamiento de las estructuras antiguas, en el ámbito de la globalidad del proyecto arquitectónico.

Facilitar al estudiante los métodos de análisis y cálculo que permitan conocer el funcionamiento de las estructuras estudiante antiguas; así como los procedimientos de refuerzo o adaptación de las mismas.

Dotar al de las herramientas que le faciliten la presentación de la información necesaria para llevar a



cabo todo tipo de proyectos de intervención estructural.  
 Proporcionar los métodos de trabajo y conocimientos adecuados para la realización de proyectos profesionales, incluido el Proyecto Final de Máster, que demuestren que el alumno está suficientemente capacitado para enfrentarse al ejercicio profesional de la arquitectura.  
 Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.  
 Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.

- Comprender el fundamento teórico y el proceso metodológico, de los distintos sistemas de análisis estructural de obras de fábrica.
- Aptitud para analizar el comportamiento estructural de construcciones históricas.
- Conocimiento adecuado de los sistemas constructivos en construcciones históricas y su papel desde el punto de vista estructural.
- Capacidad para identificar las causas de posibles patologías derivadas de la respuesta estructural en construcciones históricas.
- Capacidad para redactar, presentar los documentos de un proyecto de estructuras: memoria, planos y listados.
- Capacidad para el pre dimensionado de elementos estructurales de madera, madera laminada y fábrica.
- Conocimientos básicos sobre el cálculo asistido por ordenador de elementos estructurales de madera, madera laminada y fábrica.

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

El contenido de la asignatura desarrolla el fundamento teórico y el proceso metodológico de los distintos sistemas de análisis estructural en edificios históricos, contrastando los resultados obtenidos con la aplicación a casos reales, estructurado en los siguientes bloques temáticos:

- **Mecánica de estructuras antiguas:** el arco de fábrica, la cúpula, bóvedas, torres y muros, son analizados a partir de formulaciones clásicas, mediante análisis límite y métodos gráficos.
- **Patología y rehabilitación estructural:** se detallan y contrastan los distintos métodos de análisis de la estructura de fábrica, a partir del estudio de su fundamento teórico y su aplicación a casos reales. Se introduce el estudio del proyecto de estructuras, su concepción, justificación y redacción; así como del proyecto de estructuras de madera y sus derivados, y del proyecto de estructuras de fábrica.

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

##### MECÁNICA DE LAS ESTRUCTURAS ANTIGUAS

- Introducción. Criterios estructurales. Análisis moderno. La solución elástica. La teoría plástica. La estructura de fábrica. La escala, la forma, el tamaño. Los materiales. Hipótesis fundamentales.
- El arco de fábrica. Teoría estructural de las fábricas. Geometría funicular. El coeficiente geométrico de seguridad. El teorema fundamental de la seguridad. El arco fisurado. La escala de tiempo en los asientos. Modelos. Proyecto de un arco. Ejercicio práctico.
- Cúpulas y bóvedas. La cúpula como membrana. Tensiones en cascaras. La cúpula semiesférica de espesor constante. Cálculo de la cúpula de base circular a partir de las hipótesis de Rankine y Schwedler. Métodos gráficos. La bóveda de cañón. La bóveda de crucería. Pináculo. Arbotante. Ejercicio práctico.
- Arquitectura de tierra. La tierra como material de construcción. Técnicas y tecnologías. Torres y muros de tapial. Análisis y caracterización estructural. Ejemplos.

##### PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL: DIAGNOSIS ESTRUCTURAL Y REHABILITACIÓN DE



## EDIFICIOS HISTÓRICOS

- Muros resistentes de fábrica de ladrillo. Normativa. Tipología. Disposiciones constructivas. Dimensionamiento. Estabilidad. Muros de termoarcilla.
- Grietas y fisuras como elemento de diagnóstico. Interpretación en obras de fábrica. Patología de las obras de fábrica: elementos resistentes y elementos soportados. Apeos.
- Estructuras de madera. Propiedades estructurales de la madera. Principios generales del análisis estructural. Disposiciones constructivas. Uniones. Normativa. Madera laminada encolada. Fabricación de elementos estructurales de madera encolada. Comportamiento de la madera ante el fuego. Elementos estructurales de madera: pórticos, jácenas, entramados horizontales. Apoyos sobre muros. Apoyos sobre jácenas. Entramados verticales. Escaleras. Cubiertas. Patología de la madera. Defectos y enfermedades de la madera. Agentes destructores de la madera. Protección de la madera. Actuaciones.
- Proyecto estructural. Justificación del sistema estructural. Memoria descriptiva y de cálculo, formato de la memoria para proyectos de las diferentes administraciones públicas. Cálculo manual y cálculo asistido: entrada de datos, hipótesis y listados. Planos de obra en el proyecto de ejecución.

## SEMINARIO:

- Conferencia impartida por arquitecto especialista en análisis estructural de construcciones históricas.

## PRÁCTICAS DE CAMPO:

- Visita técnica a elementos arquitectónicos patrimoniales de la provincia de Granada.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Heyman, J. (1999). El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica. Instituto Juan de Herrera.
- Mas-Guindal Lafarga, Antonio (2011). Mecánica de las estructuras antiguas. Editorial Munilla-Lería.
- Salinger, R. (1932). Estática aplicada.
- Timoshenko y Young. (1981). Teoría de las estructuras. URMO s.a. de ediciones.
- Argüelles R. y Arriaga F. (2003). Estructuras de madera. Diseño y Cálculo.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Boothby, Thomas E. (2015). Engineering Iron and Stone. Understanding Structural Analysis and Design Methods of the Late 19th Century. ASCE PRESS.
- Flügge W. (1960). Stresses in Shells.
- Heyman, J. (1977). Equilibrium of Shell Structures.
- Heyman, J. (1982). The masonry arch. Chichester: Ellis Horwood.
- Heyman, J. (1995). Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Madrid. Instituto Juan de Herrera. CEHOPU.
- Heyman, J. (1998). Structural analysis: a historical approach. Cambridge, Cambridge University Press.
- Philip Ball (2008). Universe of Stone. Harper Perennial.
- Timoshenko S. & Woinowsky K. (1959). Theory of Plates and Shells.

## METODOLOGÍA DOCENTE

La docencia, de carácter teórico-práctico, se desarrollará en las siguientes fases:

- *Estudio previo a las clases teóricas:* el alumno asistirá a clase habiendo consultado previamente la



materia objeto de la misma a partir de la bibliografía indicada por el profesor para el desarrollo de cada tema.

- *Clases teóricas:* durante las mismas el profesor se centrará en los conceptos fundamentales, propiciando la participación del alumnado.
- *Clases prácticas:* durante las clases prácticas se resolverán ejercicios propuestos por el profesor, de forma individual y en grupo; se propiciará la generación de debates, que hagan reflexionar sobre los conceptos fundamentales.
- *Ejercicios prácticos, con enunciado personalizado para cada alumno.* el alumno los resolverá en casa.
- *Trabajos de iniciación a la investigación,* sobre temas relacionados con la asignatura, propuestos por el profesor a solicitud del alumno.
- *Seminarios:* Asistencia a conferencias, workshops, congresos, charlas sobre temáticas relacionadas con la materia, que fomenten el debate y la reflexión en el alumnado.
- *Estudio posterior:* el alumno deberá estudiar para acabar de comprender los conceptos teóricos y ser capaz de aplicarlos a casos prácticos similares a los tratados en las clases de problemas.
- *Tutorías:* Favorecen la interacción directa entre alumno y profesor. Durante las mismas se supervisará el trabajo autónomo y grupal del alumnado, reorientándolo en los aspectos que en los que sea necesario, y orientar la formación académica-integral del estudiante.

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

##### CONVOCATORIA ORDINARIA

Evaluación continua: la evaluación del rendimiento del alumno se realizará de forma continua durante el desarrollo del curso, teniendo en cuenta los siguientes aspectos ponderados:

- asistencia y participación en ejercicios de clase (10%).
- asistencia a seminarios y viajes de curso (10%).
- ejercicios prácticos de curso, con enunciado personalizado, propuestos por el profesor (50%).
- trabajos de iniciación a la investigación, sobre temas relacionados con la asignatura, propuestos por el profesor a solicitud del alumno; (opcional) (10% adicional).
- Examen (30%).

Se supera la asignatura asistiendo al ochenta por ciento (80%) de las clases, y entregando correctamente resueltos los ejercicios de curso.

*Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos, de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del estudiantado.*

##### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

La evaluación del rendimiento del alumno en la convocatoria extraordinaria se realizará mediante las siguientes actividades ponderadas:

- presentación de los ejercicios prácticos realizados durante el curso correctamente resueltos (20%).
- presentación de memoria sobre el trabajo científico de los Conferenciantes que han participado en el curso y sobre los elementos patrimoniales visitados durante el curso (10%).
- trabajos de iniciación a la investigación, sobre temas relacionados con la asignatura, propuestos por el profesor a solicitud del alumno (30%).
- examen (40%).



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

La Evaluación Única Final consistirá en un examen teórico práctico del programa de la asignatura, en la fecha indicada por el Centro.

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Se facilitará la comunicación electrónica entre el alumno y el profesor a través de la Plataforma de Recursos de Apoyo a la Docencia de la UGr: PRADO2. (<http://cevug.ugr.es/prado.html>).

**PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA ENSEÑANZA 20/21**

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

**ATENCIÓN TUTORIAL:** en función de las circunstancias epidemiológicas se realizarán tutorías presenciales y/o tutorías telemáticas.

**HORARIO:** para las tutorías presenciales consultar *web*: <http://meih.ugr.es/>; las tutorías telemáticas se solicitarán mediante correo electrónico.

**HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL**

La tutoría telemática se solicitará mediante correo electrónico, concertándose reuniones a través de las herramientas habituales: Meet, Skype, Zoom, Duo...

**MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE**

Se seguirá la metodología docente indicada más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

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

**Convocatoria Ordinaria**

Se seguirá el procedimiento de evaluación ordinaria indicado más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

**Convocatoria Extraordinaria**

Se seguirá el procedimiento de evaluación extraordinaria indicado más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

**Evaluación Única Final**

Se seguirá el procedimiento de evaluación única final indicado más arriba. Si la situación sanitaria lo requiriera, de acuerdo con el Plan de Contingencia del Centro, se adoptarán medidas parciales de adaptación y virtualización siguiendo las pautas que se establecen más abajo para el Escenario B, y se





comunicarán al Centro y el estudiantado por el procedimiento establecido.

## ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL: se realizarán tutorías telemáticas.

HORARIO. Las tutorías telemáticas se solicitarán mediante correo electrónico debidamente cumplimentado, según las instrucciones del profesor.

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL Se concertarán reuniones entre profesor y alumno a través de las herramientas habituales: Meet, Skype, Zoom, Duo...

### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Teoría: Se impartirán las clases a través de la plataforma Google Meet. Los contenidos teóricos se trabajarán individualmente por el alumnado atendiendo a los contenidos que el profesor/a de teoría ponga disponibles en la plataforma docente PRADO.
- Prácticas: Se impartirán las clases a través de la plataforma Google Meet. Las clases de prácticas se trabajarán individualmente por el alumnado atendiendo a los contenidos y el guion que los profesores pongan disponibles en la plataforma docente PRADO.
- En general, se harán uso de los foros y los avisos en la plataforma docente PRADO para indicar al alumnado el procedimiento a seguir para cada tipo de clase, se subirá material complementario al que habitualmente se utiliza en las clases presenciales (ejemplos y ejercicios resueltos, vídeos, etc.) y se contestarán a todas las dudas por correo electrónico, por el foro o en alguna de las tutorías colectivas que se puedan organizar mediante videoconferencia.
- Se mantendrán los ejercicios prácticos de curso.
- Se mantendrán los trabajos monográficos, con carácter opcional.

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

#### Convocatoria Ordinaria

**Se mantiene lo indicado en la Guía Docente (página 4), salvo la modalidad del examen .**

El examen presencial se sustituye por el siguiente formato de examen no presencial síncrono, en dos fases:

Fase 1: desarrollo escrito no presencial:

Se realizará prueba online a través de la plataforma Prado2, que consistirá en cuestionarios teórico-prácticos garantizando la conexión permanente al entorno del examinando, por parte de los profesores. El profesorado verificará la identidad de los estudiantes y vigilará el examen mediante los mecanismos autorizados en la UGR; el examen tendrá lugar en un aula virtual (a través de videoconferencia Google Meet). El alumno debe estar conectado durante la duración del examen con los altavoces y la cámara activos, permaneciendo atento a las indicaciones del profesorado.

Fase 2: examen oral no presencial:

Atendiendo a la trayectoria de la evaluación continua del estudiante y al desarrollo y calificación de la Fase 1, el profesor podrá convocar al estudiante a una prueba adicional de carácter oral, con el fin de verificar la adquisición de competencias de la asignatura. Esta fase se realizará en fecha y hora concertada entre profesor y alumno, en el plazo establecido por el Centro para la entrega de las actas. Profesor y alumno usarán sus respectivas cámaras en videoconferencia.

