

## 28714 - Teoría de estructuras

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2019/20

**Asignatura:** 28714 - Teoría de estructuras

**Centro académico:** 175 - Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia

**Titulación:** 423 - Graduado en Ingeniería Civil

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 2

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** Obligatoria

**Materia:** ---

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

Al finalizar esta materia, el alumno captará el fenómeno físico de la deformación de los sólidos, así como los esquemas resistentes anejos a las diferentes tipologías estructurales.

Del mismo modo habrá de tener bien claro los dos principios que todo sólido deformable ha de cumplir:

- Equilibrio tanto de fuerzas exteriores como de esfuerzos internos.
- Compatibilidad de deformaciones del sólido con las coacciones externas e internas.

De esta forma el alumno deberá ser capaz de plantear, para elementos estructurales sencillos, las ecuaciones en que ambos principios quedan reflejados.

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de Teoría de Estructuras, forma parte del Grado en Ingeniería Civil que imparte la EUPLA, enmarcándose dentro del grupo de asignaturas que conforman el módulo denominado Formación Común. Se trata de una asignatura de segundo curso ubicada en el tercer semestre y de carácter obligatorio (OB), con una carga lectiva de 6 créditos ECTS.

Dicha asignatura implica uno de los primeros contactos del alumno con las competencias específicas de la titulación, además de aportar una formación adicional útil en el desempeño de las funciones del ingeniero civil relacionadas con el campo de las estructuras. No se puede entender un ingeniero civil sin unos fundamentos estructurales de gran nivel, y la Teoría de Estructuras, que en el fondo no deja de ser la introducción a la disciplina de resistencia de materiales, tiene el objetivo de generar los cimientos (nunca mejor dicho) de estos conocimientos indispensables para el desempeño de la profesión ingenieril.

La necesidad de la asignatura dentro del plan de estudios de la presente titulación está más que justificada y se entiende que lo ideal sería que, como estudiante, se comenzara esta asignatura con las ideas claras en lo que respecta a los conocimientos de la estática, matemáticas y física, conocimientos previos adquiridos en estudios anteriores.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es recomendable haber superado las asignaturas de Matemáticas, Física y Mecánica de primer curso. El alumno, antes de comenzar este curso, debería ser capaz de:

- Comprender el concepto de función y saber trabajar con polinomios y funciones trigonométricas.
- Resolver un sistema lineal con diversos números de incógnitas.
- Resolver una ecuación polinómica de "n" grados.
- Manejar nociones básicas de cálculo vectorial y matricial.
- Derivar e integrar funciones polinómicas.
- Derivar e integrar funciones trigonométricas.
- Realizar con soltura cambios de unidades.
- Proyectar vectores en sistemas de dos y tres dimensiones.
- Calcular el módulo de un vector.

- Aplicar las ecuaciones de la estática para obtener una o más fuerzas desconocidas.
- Calcular celosías articuladas simples.
- Calcular leyes de esfuerzos de vigas biapoyadas simples.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

C04. Capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento. Capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas siguiendo las normativas existentes y utilizando métodos de cálculo analíticos y numéricos.

C06. Conocimiento de los fundamentos del comportamiento de las estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas y capacidad para concebir, proyectar, construir y mantener este tipo de estructuras.

G01. Capacidad de organización y planificación.

G02. Capacidad para la resolución de problemas.

G03. Capacidad para tomar decisiones.

G04. Aptitud para la comunicación oral y escrita de la lengua nativa.

G05. Capacidad de análisis y síntesis.

G06. Capacidad de gestión de la información.

G07. Capacidad para trabajar en equipo.

G08. Capacidad para el razonamiento crítico.

G09. Capacidad para trabajar en un equipo de carácter interdisciplinar.

G10. Capacidad de trabajar en un contexto internacional.

G11. Capacidad de improvisación y adaptación para enfrentarse a nuevas situaciones.

G12. Aptitud de liderazgo.

G13. Actitud social positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas.

G14. Capacidad de razonamiento, discusión y exposición de ideas propias.

G15. Capacidad de comunicación a través de la palabra y de la imagen.

G16. Capacidad de búsqueda, análisis y selección de la información.

G17. Capacidad para el aprendizaje autónomo.

G18. Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel, que si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

G19. Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro de su área de estudio.

G20. Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

G21. Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

G22. Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

G23. Conocer y comprender el respeto a los derechos fundamentales, a la igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres, la accesibilidad universal para personas con discapacidad, y el respeto a los valores propios de la cultura de la paz y los valores democráticos.

G24. Fomentar el emprendimiento.

G25. Conocimientos en tecnologías de la información y la comunicación.

### 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

Explicar la teoría de los cuerpos deformables. Captando el fenómeno físico de la deformación de los sólidos, así como los esquemas resistentes anejos a las diferentes tipologías estructurales.

Determinar correctamente los dos principios básicos que todo sólido deformable debe cumplir:

1. Equilibrio tanto de fuerzas exteriores como de esfuerzos internos.
2. Compatibilidad de deformaciones del sólido con las coacciones externas e internas.

Pudiendo plantear para elementos estructurales sencillos, las ecuaciones en que ambos principios quedan reflejados.

Explicar cómo afectan las características seccionales en el comportamiento y análisis estructural global.

Explicar el funcionamiento resistente estructural para un posterior dimensionamiento.

Organizar, planificar y resolver un problema de resistencia de materiales y/o estructuras.

Determinar tensiones y deformaciones en flexión pura, compuesta y simple.

Resolver estructuras isostáticas e hiperestáticas.

Saber utilizar la metodología general y las herramientas de software en el nivel apropiado para trabajar con sistemas estructurales.

Ser capaces de predimensionar estructuras en acero.

### 2.3.Importancia de los resultados de aprendizaje

Esta asignatura tiene un marcado carácter teórico en el que se establecen los conceptos fundamentales del cálculo estructural. A través de la consecución de los pertinentes resultados de aprendizaje se obtiene la capacidad necesaria para el entendimiento del funcionamiento estructural, los cuales serán absolutamente imprescindibles para la formación del alumno, e indispensables para superar el resto de asignaturas del grado relacionadas con las estructuras.

Un proyecto de estructuras comprende tres fases: diseño, análisis y dimensionamiento. En el caso concreto de esta asignatura se pretende que el alumno obtenga un buen nivel de la segunda fase, el análisis. Posteriormente se ampliará en la asignatura de Tecnología de Estructuras.

## 3.Evaluación

### 3.1.Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

La evaluación es elemento básico en todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que el único mecanismo que permite, en cualquier momento de un período educativo, detectar el grado de consecución de los resultados de aprendizaje propuestos y, si procede, aplicar las correcciones precisas.

La evaluación debe entenderse como un proceso continuo e individualizado a lo largo de todo el período de enseñanza-aprendizaje, valorando prioritariamente las capacidades y habilidades de cada alumno, así como los rendimientos de los mismos.

El proceso evaluativo incluirá dos tipos de actuación:

1. Un **sistema de evaluación continua**, que se realizará a lo largo de todo el período de aprendizaje.
2. Una **prueba global de evaluación**, que refleje la consecución de los resultados de aprendizaje, al término del período de enseñanza.

Estos procesos valorativos se realizarán mediante:

-Observación directa del alumno para conocer su actitud frente a la asignatura y el trabajo que esta exige (atención en clase, realización de trabajos encomendados, resolución de cuestiones y problemas, participación activa en el aula, etc.).

-Observación directa de las habilidades y destrezas en el trabajo diario.

-Comprobación de sus avances en el campo conceptual (preguntas en clase, comentarios en el aula, realización de pruebas, etc.).

#### **SISTEMA DE EVALUACIÓN CONTINUA**

La calificación de la asignatura mediante el Sistema de evaluación continua se ha establecido para facilitar el aprovechamiento de la asignatura independientemente de las circunstancias personales del alumno. Para ello se ha planteado un calendario de pruebas parciales que cubren la totalidad de la asignatura de manera segmentada.

De tal manera que se realizarán dos o tres pruebas parciales no excluyentes, que consistirán en exámenes escritos que comprenderán cuestiones teóricas, teórico-prácticas y problemas relacionados con las unidades docentes impartidas con anterioridad a las fechas de las respectivas pruebas.

La nota de la evaluación continua se obtendrá como media de las pruebas parciales realizadas, siendo necesario obtener una media de al menos 5 puntos para superar la asignatura (en caso de un resultado excepcional en el resto de pruebas se podrá compensar una nota mayor de 4 en una de las pruebas).

Será condición indispensable para aprobar en evaluación continua el asistir al 80% de las actividades presenciales: ejercicios en el aula, visitas técnicas, prácticas, etc.

En el caso de no aprobar en la modalidad de evaluación continua deberá realizarse la prueba global de evaluación final descrita en el siguiente apartado.

No se guardarán partes de un curso académico a otro.

Las fechas y horarios de exámenes finales son susceptibles de cambios. Prevalerán las fechas oficiales publicadas en <https://eupla.unizar.es/>.

#### **PRUEBA GLOBAL DE EVALUACIÓN FINAL**

El alumno deberá optar por esta modalidad cuando, por su coyuntura personal, no pueda adaptarse al ritmo de trabajo requerido en el sistema de evaluación continua, o no haya superado la asignatura en la evaluación continua.

Al igual que en la metodología de evaluación anterior, la prueba global de evaluación final tiene que tener por finalidad comprobar si los resultados de aprendizaje han sido alcanzados, al igual que contribuir a la adquisición de las diversas competencias descritas con anterioridad.

La prueba global de evaluación consistirá en un examen escrito en el que habrá cuestiones teóricas, teórico-prácticas y problemas. Se entiende que, por el tipo de asignatura, el aprendizaje es acumulativo durante todo el curso y que esta prueba final debe recoger fielmente los conocimientos que el alumno debe adquirir tras cursar esta materia. El porcentaje de la prueba final de evaluación supondrá el 100% de la nota de la asignatura ya que el alumno. Este examen de la prueba final de evaluación podrá ser el mismo que el que se realice a los alumnos que hayan seguido el sistema de evaluación continua sin éxito.

Se supera la asignatura aprobando la prueba global final.

La prueba global contará con dos o tres partes que se podrán guardar de una convocatoria a otra. No obstante se guardarán partes de un curso académico a otro.

Las fechas y horarios de exámenes finales son susceptibles de cambios. Prevalcerán las fechas oficiales publicadas en <https://eupla.unizar.es/>.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

La metodología docente se basa en la interacción profesor/alumno a través de las clases y las tutorías y del trabajo personal del alumno. No obstante, se debe tener en cuenta que el alumnado debe marcar su ritmo de aprendizaje en función de sus necesidades y disponibilidad, siguiendo las directrices marcadas por el profesor.

### 4.2. Actividades de aprendizaje

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

#### **Actividades presenciales:**

1. Clases teóricas: Se explicarán los conceptos teóricos de la asignatura y se desarrollarán ejemplos prácticos.
2. Clases prácticas, clases de problemas: Los alumnos desarrollarán ejemplos y realizarán problemas o casos prácticos referentes a los conceptos teóricos estudiados.

#### **Actividades autónomas tutorizadas:**

Estas actividades estarán tutorizadas por el profesorado de la asignatura. El alumno tendrá la posibilidad de realizar estas actividades en el centro, bajo la supervisión de un profesor de la rama/departamento.

#### **Actividades de refuerzo:**

A través de un portal virtual de enseñanza (Moodle) se dirigirán diversas actividades que refuercen los contenidos básicos de la asignatura. Estas actividades serán personalizadas y controlada su realización a través del mismo.

#### **Organización de la docencia:**

- Clases expositivas: Actividades teóricas y/o prácticas impartidas de forma fundamentalmente expositiva por parte del profesor.
- Prácticas de aula/seminarios/talleres: Actividades de discusión teórica o preferentemente prácticas realizadas en el aula y que requieren una elevada participación del estudiante.
- Prácticas de laboratorio/campo/aula de informática/aula de idiomas: Actividades prácticas realizadas en los laboratorios, en el campo, en las aulas de informática o aula de idiomas.
- Tutorías grupales: Actividades programadas de seguimiento del aprendizaje en las que el profesor se reúne con un grupo de estudiantes para orientar sus labores de aprendizaje autónomo y de tutela de trabajos dirigidos o que requieren un grado de asesoramiento muy elevado por parte del profesor.
- Tutorías individuales: podrán ser presenciales o virtuales. Se recomienda al alumno el uso del foro de la plataforma Moodle para resolver dudas. Pudiendo ser la información que ahí se contenga útil para el resto de los alumnos.

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, lo cual representa 150 horas de trabajo del alumno en la asignatura durante el semestre. El 40% de este trabajo (60 h.) se realizará en el aula, y el resto será autónomo. Un cuatrimestre consta de 15 semanas lectivas.

Para realizar la distribución temporal se utiliza como medida la semana lectiva, en la cual el alumno debe dedicar al estudio de la asignatura 10 horas (entre clase y trabajo autónomo).

### 4.3. Programa

#### **Programa de la asignatura**

Las pautas seguidas para elaborar los contenidos han sido las siguientes:

-Se respetaron los contenidos propuestos en la memoria de verificación.

-Se desarrolló un temario cuyos capítulos concuerdan en general con los títulos del programa especificado. Cuando así no se hizo fue porque por su extensión y/o correlación se incluyó en otro.

-Se seleccionó una nutrida bibliografía de reconocida solvencia técnica, clásica y de ediciones actuales

El programa de la asignatura se estructura en torno a dos componentes de contenidos complementarios:

- Teóricos.
- Prácticos.

## **CONTENIDOS TEÓRICOS.**

La elección del contenido de las diferentes unidades didácticas se ha planteado buscando la clarificación expresa del objetivo pretendido de modo que el alumno obtenga un conocimiento estructurado y asimilable.

Los contenidos teóricos se agrupan en dos bloques diferenciados, la primera se centra en la resistencia de materiales y la segunda en teoría de estructuras. En ambas se usa el acero como material de referencia principal, en algunos ejemplos también se trabaja con el hormigón armado y pretensado.

### **PARTE I**

#### **Tema 1: Introducción. Conceptos fundamentales.**

Introducción - Objeto de la Resistencia de Materiales y del Cálculo de Estructuras / Tensión y deformación / Formas estructurales básicas. La Viga / Hipótesis fundamentales / Tipos de Cargas / Tipos de Apoyos y Vinculaciones / Relación entre cargas aplicadas y reacciones en apoyos / Esfuerzos: concepto / Relación entre cargas y esfuerzos / Estructuras isostáticas e hiperestáticas

#### **Tema 2: Cálculo isostático de esfuerzos.**

Leyes de Esfuerzos / Introducción a las estructuras hiperestáticas / Descomposición de estructuras en elementos / Principio de Superposición y Simetría

#### **Tema 3: Propiedades mecánicas de los materiales.**

Introducción al cuerpo elástico / Ley de Hooke / Principio de Superposición / Generalización de la Ley de Hooke / Estudio experimental: relación tensión-deformación / Seguridad Estructural: tensión límite, admisible y coeficiente de seguridad / Tensión equivalente y criterios de falla

#### **Tema 4: Tracción y compresión simples. Sistemas de barras a extensión.**

Introducción / Esfuerzo axial en una pieza prismática / Secciones compuestas: varios materiales / Deformaciones no mecánicas / Energía de deformación y trabajo de fuerzas exteriores / Estructuras Articuladas / Estructuras Articuladas Isostáticas / Estructuras Articuladas Hiperestáticas

#### **Tema 5: Flexión Pura**

Conceptos Previos: Momento Estático, CDG, Centroide, Inercia, Inercias principales, Producto de Inercia / Introducción / Flexión Pura Recta / FP en piezas de plano medio / FP respecto a un plano principal de inercia / Momentos y Tensiones máximas admisibles / Módulo resistente elástico / Forma y rendimiento geométrico / Energía de deformación: Flector / Flexión Pura Esvidada / FP Esvidada: ejes principales / FP Esvidada: deformación / Vigas Mixtas: sección compuesta / Deformaciones no mecánicas

#### **Tema 6: Flexión Compuesta.**

Introducción / Flexión Compuesta Recta / Flexión Compuesta Esviada / Flexión compuesta esviada: ejes principales / Vigas Mixtas: sección compuesta / Núcleo central / Deformación por temperatura: variación no lineal

#### **Tema 7: Flexión Simple. Esfuerzos cortantes.**

Flexión simple / Esfuerzo cortante /  $T^a$  elemental de la cortadura /  $T^a$  de Collignon / Tensiones tangenciales en secciones macizas (Rectangular, Simétrica, Circular, Triangular) / Tensiones tangenciales en secciones de pared delgada (Sección doble T, Sección en C) / Secciones cerradas / Deformación por cortante (Área reducida de cortante) / Esfuerzo cortante esviado / Secciones mixtas / Energía de deformación

#### **Tema 8: Torsión pura.**

Introducción / Teoría de Coulomb (Cilindro Circular, Cilindro Circular Hueco, Secciones mixtas) / Teoría de Saint-Venant (Sección rectangular, Sección abierta) / Energía de deformación / Analepsis: centro de esfuerzos cortantes

### **PARTE II**

#### **Tema 9: Deformación en vigas.**

Introducción / Ec. Diferencial de la deformada (ec. de la elástica) / Teorema de la viga conjugada / Fórmulas de Navier-Bresse / Teoremas de Mohr / Simetría y Antisimetría (Carga simétrica, Carga antisimétrica) / Ecuaciones elásticas de barras rectas / Movimientos y deformaciones impuestos

#### **Tema 10: Teoremas Energéticos.**

Introducción / Trabajo y Energía / Energía de deformación y energía complementaria / Trabajos Virtuales (Método de la Fuerza Unidad) / Teorema de Castigliano

#### **Tema 11: Introducción a las estructuras hiperestáticas**

Introducción / Método de la compatibilidad / Método del equilibrio / Ejemplo de ambos métodos

#### **Tema 12: Estructuras Hiperestáticas: Método de la compatibilidad**

Introducción / Vigas Simples Hiperestáticas (Bi-Apoyada: carga horizontal, Apoyada-Empotrada, Inclinada Bi apoyada, Empotrada-Apoyada con Temperatura, Ménsula con cable, Ménsula con cable inclinado, Ménsula apoyada en muelle, Empotrada-Apoyada con descenso de apoyo) / Vigas Continuas (Ejemplo Viga Continua, Viga Continua con Temperatura,

Viga Continua con descenso de apoyo, Ecuación de los Tres Momentos) / Pórticos / Arcos / Estructuras Autoequilibradas

### **Tema 13: Estructuras Hiperestáticas: Método del Equilibrio (Rigidez)**

Introducción / Introducción al cálculo matricial / Método de Cross

### **Tema 14: Pandeo**

Introducción al pandeo / Estabilidad / Carga crítica de Euler / Influencia condiciones de apoyo / Aplicación de la fórmula de Euler / Esbeltez Mecánica: Orientación de Perfiles / Cálculo de pandeo según normativas estructurales

### **Tema 15: Estructuras Articuladas**

Generalidades / Estructuras isostáticas articuladas. Cálculo de esfuerzos / Estructuras articuladas. Cálculo de desplazamientos / Estructuras articuladas hiperestáticas

### **CONTENIDOS PRÁCTICOS.**

Cada tema expuesto en la sección anterior, lleva asociadas prácticas al respecto, ya sean mediante supuestos prácticos en clase o en el laboratorio de estructuras, interpretación y comentario de lecturas asociadas a la temática y/o trabajos conducentes a la obtención de resultados y a su análisis e interpretación.

Conforme se desarrollen los temas se irán planteando dichas Prácticas, el seguimiento se realizará mediante la plataforma Moodle.

## **4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

Los temas se impartirán de acuerdo a la siguiente programación (podrá sufrir variaciones):

Semana 1: Tema 1. Introducción. Conceptos fundamentales.

Semana 2: Tema 2. Cálculo isostático de esfuerzos.

Semana 3: Tema 2. Propiedades mecánicas de los materiales / Tema 4. Tracción y Compresión Simple: esfuerzo axil

Semana 4: Tema 4. Tracción y compresión simples. Sistemas de barras a extensión / Tema 5. Flexión Pura

Semana 5: Tema 5. Flexión Pura / Tema 6. Flexión compuesta

Semana 6: Tema 6. Flexión compuesta / Tema 7. Flexión Simple & Esfuerzo Cortante

Semana 7: Tema 8. Torsión / Tema 9. Deformación en vigas

Semana 8: Tema 9. Deformación en vigas / Tema 10. Teoremas Energéticos

Semana 9: Tema 11. Intro. Estructuras Hiperestáticas / Tema 12: Método de la compatibilidad

Semana 10: Tema 12: Método de la compatibilidad

Semana 11: Tema 13. Método del Equilibrio (Rigidez)

Semana 12: Tema 14. Pandeo

Semana 13: Tema 15. Estructuras Articuladas

Semana 14: De margen para extender alguno de los temas anteriores

Semana 15: De margen para extender alguno de los temas anteriores

Las fechas de los exámenes finales serán las publicadas de forma oficial en <http://eupla.unizar.es/>. El calendario definitivo del curso académico correspondiente se podrá ver en la web del centro educativo <http://eupla.unizar.es/>.

Los horarios de clase, así como la distribución de grupos para prácticas, serán transmitidos a los alumnos por parte del profesor al comienzo del curso académico. Dicho horario estará publicado en la plataforma Moodle así como en la web del centro universitario (<https://eupla.unizar.es/>).

Existirán, dentro de las pruebas finales, exámenes obligatorios para todos los alumnos, dichas fechas serán publicadas en la web de la universidad (<http://eupla.unizar.es/>) al comienzo del curso académico.

Las fechas de posibles actividades adicionales serán publicadas al comienzo del curso académico, informados por parte del docente el primer día lectivo, y además se dará publicidad de ellas a través de la plataforma Moodle.

## **4.5. Bibliografía y recursos recomendados**

[http://biblos.unizar.es/br/br\\_citas.php?codigo=28714&year=2019](http://biblos.unizar.es/br/br_citas.php?codigo=28714&year=2019)