

**Profesorado responsable:**

ÁNGEL VALLECILLO CAPILLA

Descriptor:

Mecánica, Elasticidad, Resistencia de Materiales, Tipologías estructurales, Proyecto arquitectónico, Normativas.

Objetivos:

Conocimiento de los fundamentos básicos de mecánica, elasticidad, resistencia de materiales y teoría de estructuras; la asignatura pretende introducir al alumno en el diseño de estructuras apoyándose en el conocimiento de los tipos estructurales usados en edificación.

La materia incluye aspectos de: Mecánica de sólidos, equilibrio estático y elástico, estados tensionales y de deformación, potencial interno, deformación plástica, la seguridad estructural, análisis de esfuerzos y solicitaciones originados en tracción, compresión, flexión, cortadura, torsión y pandeo; así como un repaso a la Normativa de aplicación.

Se pretende que el alumno entienda la estructura integrada en el conjunto del proyecto arquitectónico, de manera que resulte compatible con el resto de la edificación. El conocimiento estructural va a suponer una herramienta de apoyo en la concepción del proyecto arquitectónico.

TEMARIO:**CLASES TEÓRICAS****Tema 1: Introducción al concepto estructural**

- 1.1. ¿Qué es estructura?
- 1.2. Requisitos estructurales.
- 1.3. La forma en las estructuras de edificación.
- 1.4. ¿Cómo se estudia una estructura?
 - Modelos geométricos.
 - Modelos de materiales.
 - Modelos de deformación.
 - Modelos de acciones.
 - Unidades.
- 1.5. Equilibrio estático y elástico.
- 1.6. El Código Técnico de Edificación.
 - Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en Edificación y Bases de Cálculo.

Tema 2: Objeto, concepto e hipótesis fundamentales de la Resistencia de Materiales

- 2.1. Objetivos.
- 2.2. Sólido rígido, elástico y verdadero.
- 2.3. Hipótesis fundamentales
- 2.4. Tipos de uniones entre elementos estructurales y con el terreno: enlaces o ligaduras, coacciones y grados de libertad.
- 2.5. Estabilidad y equilibrio.
- 2.6. Sistemas isostáticos e hiperestáticos.
- 2.7. Sistemas estructurales abiertos y cerrados.
- 2.8. Cálculo del grado de hiperestatismo de sistemas en el plano.
- 2.9. Repaso de algunos conceptos básicos:
 - Centro de masas, centro de áreas y centro de torsiones.
 - Ejes principales y momentos de inercia.
 - Teorema de Steiner.
 - Principio de superposición de efectos.
 - Principio de Saint-Venant.

Tema 3: Esfuerzos longitudinales

- 3.1. Tracción simple.
- 3.2. Ensayo de tracción.
- 3.3. La Ley de Hooke.
- 3.4. Análisis de sistemas isostáticos solicitados a tracción simple.
- 3.5. Análisis de sistemas hiperestáticos solicitados a tracción simple.
- 3.6. Compresión simple.



- 3.7. Análisis de sistemas isostáticos solicitados a compresión simple.
- 3.8. Análisis de sistemas hiperestáticos solicitados a compresión simple.
- 3.9. Tensiones derivadas por defectos de montaje.
- 3.10. Incrementos de temperatura.
- 3.11. Deformaciones uniaxiales, biaxiales y triaxiales; Módulo de Poisson.
- 3.12. Resistencia a rotura: criterio de Saint-Venant.
- 3.13. Trabajo interno de deformación debido al esfuerzo axial.
- 3.14. Métodos de análisis de sistemas estructurales biarticulados sometidos a esfuerzos axiales.

Tema 4: Inestabilidad de elementos estructurales sometidos a compresión

- 4.1. Introducción y objetivos.
- 4.2. Concepto de pandeo, estabilidad y carga crítica
- 4.3. Carga crítica de Euler.
 - Cálculo de barras sometidas a compresión.
- 4.4. Cálculo de elementos estructurales sometidos a compresión, comprobación según la NBEA-95.
- 4.5. El pandeo en el Eurocódigo-3.
- 4.6. Ejemplos varios

Tema 5: Cálculo analítico y representación gráfica de las leyes de esfuerzos de vigas y pórticos isostáticos.

- 5.1. Análisis de una viga empotrada en voladizo, sometida a distintos tipos de acciones.
- 5.2. Análisis de una viga biapoyada, sometida a distintos tipos de acciones.
- 5.3. Análisis de una viga empotrada-apoyada con una rótula intermedia, sometida a diferentes tipos de acciones.
- 5.4. Análisis de varios ejemplos de pórticos isostáticos, sometidos a diferentes tipos de acciones.
- 5.5. Análisis de otros sistemas estructurales isostáticos, sometidos a varios tipos de acciones.

Tema 6: Flexión pura, la Ley de Navier

- 6.1. Introducción, concepto y objetivos.
- 6.2. La Ley de Navier.
- 6.3. Cálculo y representación de los diagramas de tensiones normales en secciones integradas por un solo material. Concepto de fibra neutra.
- 6.4. Concepto de momento o módulo resistente.
- 6.5. Cálculo y representación de los diagramas de tensiones normales en secciones mixtas –dos o más materiales-, homogeneización de secciones.
- 6.6. Trabajo interno de deformación debido a la acción flectora.

Tema 7: Flexión simple, el Teorema de Collignon

- 7.1. Introducción, concepto y objetivos.
- 7.2. El esfuerzo cortante, indicaciones sobre tensiones rasantes y tangenciales.
- 7.3. El Teorema de Collignon, cálculo y representación de los diagramas de tensiones tangenciales.
- 7.4. Tensión cortante pura.
- 7.5. Tensión admisible a cortadura.
- 7.6. Uniones soldadas y atornilladas.
- 7.7. Trabajo interno de deformación debido a la acción del cortante.

Tema 8: Flexión compuesta, núcleo central.

- 8.1. Introducción, concepto y objetivos.
- 8.2. Cálculo y representación de los diagramas de tensiones normales.
- 8.3. Determinación de la fibra neutra; estados de tracción y compresión compuesta.
- 8.4. Núcleo central, aplicación al diseño y cálculo de cimentaciones.
- 8.5. Muros de contención y de gravedad.
- 8.6. Núcleo central en materiales sin resistencia a tracción.

Tema 9: Vigas Gerber

- 9.1. Introducción, concepto y objetivos.
- 9.2. Aplicaciones.
- 9.3. Ejemplos, con diferentes tipos y posiciones de las acciones, del cálculo y representación de los diagramas de esfuerzos.

Tema 10: La Ecuación Universal de la Elástica

- 10.1. Introducción. La curva de deflexión.
- 10.2. Ecuaciones diferenciales de la curva de deflexión.
- 10.3. La ecuación de la elástica por integración de la ecuación del momento flector.
- 10.4. Relación lineal entre las leyes de esfuerzos.



- 10.5. Aplicación a varios tipos de vigas, cargados de manera diferente.
10.6. Simplificación de la ecuación de la elástica y aplicación a la resolución de sistemas hiperestáticos.

Tema 11: Los Teoremas de Mohr.

- 11.1. Introducción, e historia.
11.2. Objetivos.
11.3. Primer teorema de Mohr.
11.4. Segundo teorema de Mohr.
11.5. Teorema de la viga conjugada.
11.6. Generalización de los teoremas de Mohr para la resolución de pórticos.
11.7. Ejemplos del cálculo de deformadas en diferentes sistemas estructurales sometidos a distintos tipos de acciones.
11.8. Ejemplos de resolución de sistemas hiperestáticos.

Tema 12: Teoremas energéticos.

- 12.1. Introducción y objetivos.
12.2. Trabajo elástico y trabajo interno de deformación.
12.3. El teorema de Castigliano.
12.4. Aplicaciones prácticas: cálculo de movimientos y resolución de sistemas hiperestáticos.
12.5. El teorema de Menabrea o del trabajo mínimo.
12.6. El teorema de Maxwell o de reciprocidad.
12.7. Otros teoremas.

Tema 13: El principio de los trabajos virtuales.

- 13.1. Introducción, aplicaciones y características.
13.2. Formulación: sistemas reales, expresión según el estado de cargas y esfuerzos.
13.3. Aplicación del principio de los trabajos virtuales al cálculo de sistemas isostáticos articulados.
13.4. Aplicación al cálculo de sistemas hiperestáticos biarticulados.
13.5. Cálculo del potencial interno o energía de deformación por aplicación del p.t.v.

Tema 14: Métodos de compatibilidad

- 14.1. Introducción y objetivos.
14.2. El teorema de los tres momentos.
14.3. Otros métodos de análisis basados en la compatibilidad.
14.4. Aplicación a sistemas isostáticos e hiperestáticos.

Tema 15: Simetría y antimetría

- 15.1. Introducción.
15.2. Definición de sistemas simétricos y antimétricos, características, simplificaciones.
15.3. Análisis de sistemas estructurales mediante las simplificaciones permitidas por su simetría o antimetría.
15.4. Resolución de vigas marco.
15.5. Ejemplos resueltos.

Tema 16: Torsión

- 16.1. Introducción.
16.2. Hipótesis
16.3. Deformaciones torsionales en barras de sección circular.
16.4. Torsión no uniforme.
16.5. Relación entre los módulos de elasticidad longitudinal y transversal "E" y "G".
16.6. Tensiones y deformaciones en cortante puro.
16.7. Energía de deformación en torsión y cortante puro.
16.8. Centro de esfuerzos cortantes.
16.9. Concentración de tensiones en torsión.
16.10. Cálculo y representación gráfica de las leyes de momentos flectores, ejemplos.

Tema 17: Estudio de la pieza curva.

- 17.1. Introducción y objetivos.
17.2. Pieza curva isostática.
17.3. Pieza curva hiperestática.
17.4. Centro elástico.

Tema 18: Métodos de análisis de sistemas hiperestáticos.

- 18.1. Introducción y objetivos.
18.2. El método de Cross.



- 18.3. El método de pendiente deformación.
- 18.4. El método de la rigidez, introducción al método matricial.
- 18.5. Ejemplos resueltos.

Tema 19: Líneas de Influencia.

- 19.1. Introducción y objetivos.
- 19.2. Concepto y utilidades.
- 19.3. Métodos para la resolución de líneas de influencia:
 - Por el principio de los trabajos virtuales.
 - Por el método de la carga fija.
 - Por el teorema de reciprocidad.
- 19.4. Ejemplos

Tema 20: Análisis plástico de estructuras

- 20.1. Introducción y objetivos.
- 20.2. Modelos elastoplásticos.
- 20.3. Análisis elastoplástico.
- 20.4. Cálculo plástico.
- 20.5. Invalidez del principio de superposición.
- 20.6. Plasticidad transversal y criterio de von Mises.

CLASES PRÁCTICAS

Tienen como objetivo afianzar los conceptos expuestos en las clases teóricas; se han distribuido en dieciséis que se completarán con la entrega del ejercicio práctico desarrollado por cada alumno.

Se han distribuido de la siguiente manera:

- Práctica 1: Modelización de la geometría y acciones de una estructura dada.
- Práctica 2: Aplicación del ensayo de tracción centrada.
- Práctica 3: Resolución de una estructura real sometida a esfuerzos longitudinales simples, cálculo a pandeo de las barras comprimidas.
- Práctica 4: Cálculo y representación de las leyes de esfuerzos de varios sistemas isostáticos.
- Práctica 5: Utilizando uno de los ejemplos anteriores, calcular y dibujar los diagramas de tensiones normales y tangenciales en las secciones más solicitadas.
- Práctica 6: Volver a realizar los cálculos anteriores suponiendo las secciones mixtas –acero y hormigón-.
- Práctica 7: Buscar un ejemplo real y construido de una viga Gerber. Modelizarlo y analizarlo dibujar las diferentes ligaduras existentes.
- Práctica 8: Resolver una viga continua hiperestática por aplicación de la ecuación universal de la línea elástica.
- Práctica 9: Calcular y dibujar la deformada exacta, con todos sus movimientos –giros y desplazamientos-, de un pórtico.
- Práctica 10: Elegir un proyecto de los que se estén realizando en los talleres de proyectos y diseñar la estructura.
- Práctica 11: Calcular y diseñar una estructura hiperestática a realizar con una viga en celosía de barras biarticuladas, mediante el principio de los trabajos virtuales.
- Práctica 12: Elegir una vivienda unifamiliar resuelta con estructura de hormigón con forjados unidireccionales; modelizar uno de los pórticos, calcular las acciones permanentes, las sobrecargas y las accidentales.
- Práctica 13: Calcular el pórtico anterior por el método de Cross.
- Práctica 14: Volver a calcularlo por el método de pendiente deformación.
- Práctica 15: Repetir el cálculo por el método de la rigidez.
- Práctica 16: Se elegirá cada año, según se vaya desarrollando el curso.

**Metodología.**

Las clases teóricas y prácticas se irán desarrollando en paralelo; cuando se hayan expuesto los conceptos teóricos, éstos se afianzarán mediante la realización de una práctica.

Las prácticas serán expuestas y explicadas por el profesor; continuándose en el aula o laboratorio por los alumnos que, podrá finalizarlas en el período establecido para cada una.

Cronograma.

Los enunciados de las prácticas se irán entregando conforme se vayan finalizando los temas teóricos. Habrá clases exclusivamente teóricas y otras prácticas, pero siempre las segundas serán complementarias de las primeras que, como ya se ha mencionado antes, el objetivo principal es afianzar los conceptos fundamentales.

Sistema de evaluación.

El sistema de evolución será continuado; por ello, para aprobar por curso, se valorarán las prácticas y se harán dos exámenes cuatrimestrales.

Las prácticas de cada cuatrimestre se valorarán hasta 2 puntos y el examen hasta 8.

La nota de un cuatrimestre podrá compensar con la del otro siempre que, la suma de prácticas y examen supere la valoración de 4,5; y, la suma de los dos cuatrimestres más de 10.

El alumno que no apruebe por curso, podrá:

- a) realizar un examen global de toda la asignatura, si ha suspendido los dos exámenes cuatrimestrales.
- b) realizar un examen parcial del cuatrimestre no aprobado.

El examen extraordinario de septiembre siempre será global.

Bibliografía básica.

- Eduardo Torroja, RAZÓN Y SER DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES.
- Ángel Vallecillo Capilla & Justo Garmendia García, PROBLEMAS DE ESTRUCTURAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES.
- Ángel Vallecillo Capilla, PRÁCTICAS RESUELTAS DE ESTRUCTURAS.
- Luis Ortiz Berrocal, RESISTENCIA DE MATERIALES.
- Timoshenko & James M. Gere, RESISTENCIA DE MATERIALES.
- Fernando Rodríguez-Avial Azcunaga, RESISTENCIA DE MATERIALES.
- Fernando Rodríguez-Avial Azcunaga, PROBLEMAS RESUELTOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES.
- Ministerio de Fomento, INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-98, 1998, 1 Tomo.
- Ministerio de Fomento, CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN.
- Ministerio de Fomento, EUROCÓDIGO 3 PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO.
- Ministerio de Fomento, NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE (Parte General y Edificación) NCSE-02, 2002. 1 Tomo.
- Instituto Juan de Herrera & Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, CUADERNOS DE APOYO A LA DOCENCIA.