

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Módulo común a la rama Civil	Ingeniería de Estructuras	3º	1º	9	Obligatoria
PROFESOR(ES)			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<p>Según la O.D. aprobada en Consejo de Departamento de 16 de junio de 2016:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Juan José Granados Romera (coordinador: jjgr@ugr.es) • Germán Rodríguez Salido (grodsal@ugr.es) • Antonio Burgos Núñez (abn@ugr.es) • Alejandro Martínez Castro (amcastro@ugr.es) • Carlos Chamorro Alfonso (cchamorro@ugr.es) 			<p>Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. 4ª planta, ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos. Campus de Fuentenueva.</p>		
			HORARIO DE TUTORÍAS		
			<p>Puesto que pueden sufrir cambios, consultar horarios de tutorías en la web del acceso identificado de la UGR (Acceso identificado → Ordenación Docente → Horario de Tutorías).</p>		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
<p>Grado en Ingeniería Civil, en sus tres especialidades: Construcciones Civiles; Hidrología; y Transportes y Servicios Urbanos.</p>					



PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)
<p>Prerrequisitos: Tener cursada y superada la asignatura de carácter básico Mecánica para Ingenieros.</p> <p>Recomendaciones: Tener cursadas y superadas las asignaturas de carácter básico: Matemáticas I, Matemáticas II e Ingeniería Grafica I.</p>
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)
<p>Cálculo de esfuerzos en estructuras isostáticas. Análisis plano de tensiones y deformaciones. Círculos de Mohr. Deformaciones de la rebanada y tensiones en la sección. Cálculo de movimientos en estructuras isostáticas. Principios energéticos y del trabajo virtual. Métodos de cálculo de estructuras: Compatibilidad y Equilibrio. Simetría. Líneas de influencia. Métodos de cálculo numérico.</p>
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS
<p>Transversales</p> <ul style="list-style-type: none"> • CT1: Capacidad de análisis y síntesis • CT2: Capacidad de organización y planificación • CT3: Comunicación oral y/o escrita • CT4: Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio • CT5: Capacidad de gestión de la información • CT6: Resolución de problemas • CT7: Trabajo en equipo • CT8: Razonamiento crítico • CT9: Aprendizaje autónomo <p>Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • CG1: Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación. • CG2: Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en la construcción de una obra pública, y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia en la construcción dentro del respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de la obra pública. • CG3: Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.



- **CB3:** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- **CB4:** Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- **COP3:** Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.
- **COP4:** 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.
- **COP6:** 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.
- **CCC1:** Conocimiento de la tipología y las bases de cálculo de los elementos prefabricados y su aplicación en los procesos de fabricación.
- **CCC3:** Conocimiento sobre el proyecto, cálculo, construcción y mantenimiento de las obras de edificación en cuanto a la estructura, los acabados, las instalaciones y los equipos propios.

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

El alumno debe de aprender a:

- calcular esfuerzos en estructuras isostáticas (leyes de axiles, cortantes, momentos flectores y torsos)
- analizar un estado plano de tensiones y deformaciones así como a manejar los Círculos de Mohr
- calcular las deformaciones de la rebanada y tensiones en la sección debidas a los distintos esfuerzos
- calcular los movimientos en estructuras isostáticas
- aplicar los Principios Energéticos y del Trabajo Virtual al cálculo de estructuras
- calcular estructuras mediante distintos métodos: Compatibilidad y Equilibrio
- aplicar la Simetría al cálculo de estructuras
- calcular Líneas de influencia
- una introducción de los distintos Métodos de Cálculo Numérico



TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO/PRÁCTICO:

TEMA 1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA TEORÍA DE ESTRUCTURAS

1. Introducción.
2. Conceptos de sólido deformable y prisma mecánico.
3. Principios generales de la resistencia de materiales.
4. Tipos de solicitaciones.
5. Tipos de apoyos y de nudos.
6. Equilibrio estático y cálculo de esfuerzos.
7. Equilibrio de la rebanada.

TEMA 2 INTRODUCCIÓN A LA ELASTICIDAD

1. Introducción.
2. Tensión.
 - 2.1. Concepto de tensión.
 - 2.2. Ecuaciones de equilibrio en la sección.
 - 2.3. El tensor de tensiones.
 - 2.4. Principio de acción y reacción aplicado a la tensión.
 - 2.5. Ecuaciones de equilibrio del volumen elemental.
 - 2.6. Tensiones y direcciones principales.
 - 2.7. Vector tensión con mayor módulo.
 - 2.8. Tensión plana.
 - 2.9. Círculos de Mohr.
3. Deformación.
 - 3.1. Concepto de deformación y tensor de deformación.
 - 3.2. Vector deformación unitaria y similitud entre los tensores de tensión y deformación.
 - 3.3. Deformación cúbica unitaria.
 - 3.4. Integración del campo de deformaciones.
4. Ley de Hooke.
 - 4.1. Definición.
 - 4.2. Límites del coeficiente de Poisson.
5. Criterios de plastificación o rotura.
 - 5.1. Introducción y definiciones.
 - 5.2. Criterio de la tensión principal máxima o de Rankine.



- 5.3. Criterio de la tensión tangencial máxima o de Tresca.
- 5.4. Criterio de la deformación longitudinal máxima o de Saint-Venant.
- 5.5. Criterio de la energía de distorsión o de Von Mises.
- 5.6. Criterio de Mohr-Coulomb.

TEMA 3 ESFUERZOS AXIL Y MOMENTO FLECTOR

- 1. Introducción.
- 2. Esfuerzo axil. Estado de tracción o compresión pura.
 - 2.1. Tensiones en la sección debidas al axil.
 - 2.2. Deformación de la rebanada debida al axil.
- 3. Esfuerzo momento flector. Estado de flexión pura.
 - 3.1. Tensiones en la sección debidas al flector.
 - 3.2. Deformación de la rebanada debida al flector.
- 4. Concentración de tensiones.

TEMA 4 FLEXIÓN COMPUESTA

- 1. Introducción.
- 2. Tensiones en la sección.
 - 2.1. Tensiones en la sección de una barra curva.
 - 2.2. Tensiones en la sección de una barra curva con gran radio de curvatura.
 - 2.3. Tensiones en la sección de una barra recta.
- 3. Deformación de la rebanada de una barra curva.
 - 3.1. Deformación longitudinal.
 - 3.2. Deformación por curvatura en z.
 - 3.3. Deformación por curvatura en y.
 - 3.4. Integración de los desplazamientos.
 - 3.5. Barras con gran radio de curvatura.
 - 3.6. Barras rectas.
- 4. Deformaciones de la rebanada por efecto de la temperatura.
- 5. Flexión compuesta.
- 6. Materiales no resistentes a la tracción.
- 7. Secciones de varios materiales.



TEMA 5 ESFUERZO CORTANTE

1. Introducción.
2. Tensiones debidas al cortante en barras de sección maciza.
3. Límites de la fórmula de Collignon-Jourawski.
4. Tensiones en secciones de varios materiales.
5. Deformaciones de la rebanada debidas al cortante.
6. Tensiones debidas al cortante en barras de sección de pared delgada.
7. Centro de esfuerzos cortantes en barras de sección de pared delgada.
8. Tensiones y centro de esfuerzos cortantes en perfiles cerrados de una célula.
9. Tensiones y centro de esfuerzos cortantes en perfiles cerrados de varias células.
10. Actuación combinada de axil, flector y cortante.

TEMA 6 TORSIÓN LIBRE

1. Introducción.
2. Teoría elemental de la torsión en prismas de sección circular. Tensiones y deformaciones en la rebanada.
3. Secciones circulares concéntricas de varios materiales.
4. Torsión en prismas mecánicos rectos de sección cualquiera.
 - 4.1. Teoría de Saint-Venant de la torsión uniforme.
 - 4.2. Analogía de la membrana de Prandtl.
5. La torsión en perfiles abiertos de pared delgada.
6. Torsión en perfiles cerrados de pared delgada.
 - 6.1. Perfiles cerrados de una célula.
 - 6.2. Perfiles cerrados de varias células.
7. Concentración de tensiones.
8. Actuación combinada de axil, flector, cortante y torsor.

TEMA 7 CÁLCULO DE MOVIMIENTOS

1. Introducción. Ecuación de la elástica.
2. Movimientos en piezas de gran radio de curvatura. Fórmulas de Bresse.
3. Movimientos en piezas compuestas por tramos rectos. Teoremas de Mohr.
4. Teoremas de la viga conjugada.



TEMA 8 PRINCIPIOS ENERGÉTICOS Y DEL TRABAJO VIRTUAL

1. Introducción.
2. Teoría del potencial interno o energía de deformación. Teorema de las Fuerzas vivas.
3. PTV en sistemas rígidos.
4. Método del desplazamiento virtual y de la fuerza virtual.
5. PTV en sistemas de barras sometidos a esfuerzo axial.
6. PTV en sistemas de barras sometidos a flexión.
7. Aplicaciones del PTV.
 - 7.1. Ecuación de equilibrio.
 - 7.2. Ecuación de compatibilidad.
8. Teorema de reciprocidad.

TEMA 9 MÉTODOS DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

1. Introducción.
2. Tipología de los sistemas resistentes.
3. Isostatismo, hiperestatismo y mecanismo.
4. Método de la compatibilidad.
5. Método del equilibrio.

TEMA 10 SIMETRÍA

1. Definiciones.
2. Simetría axial.
3. Simetría central.
4. Casos particulares.

TEMA 11 LÍNEAS DE INFLUENCIA

1. Introducción. El método de la carga fija.
2. Teorema de reciprocidad aplicado al cálculo de líneas de influencia.
 - 2.1. L.I. de movimientos.
 - 2.2. L.I. de reacciones.
 - 2.3. L.I. de esfuerzos.
3. Aplicación de las L.I. a cargas distribuidas.
4. Trenes de carga.



TEMA 12 MÉTODOS DE CÁLCULO NUMÉRICO

1. Introducción.
2. Introducción al Método de las Diferencias Finitas.
3. Introducción al Método de los Elementos Finitos.

PROGRAMA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

PR. 1 MEDIDA DEL MÓDULO DE YOUNG Y DEL COEFICIENTE DE POISSON

En esta práctica de extensometría los objetivos son:

- Comprobar la proporcionalidad existente entre tensión y deformación longitudinal en materiales elásticos lineales y obtener el módulo de Young como constante que relaciona ambas magnitudes.
- Observar el fenómeno de deformación transversal, comprobando la relación lineal existente entre deformaciones longitudinales y transversales, que viene dada por el coeficiente de Poisson.

PR. 2 CÁLCULO DE MOVIMIENTOS EN PIEZAS PRISMÁTICAS: FLEXIÓN Y TORSIÓN

Los objetivos son:

- Medir experimentalmente la rigidez a torsión de distintas barras y comprobarla con la teórica.
- Trabajar el cálculo de movimientos de vigas isostáticas, de forma que se calculen distintos casos mediante los métodos ya estudiados (integración de la ecuación diferencial de la elástica, PTV y teoremas de Mohr).
- Posteriormente se modelarán las vigas con sus respectivas cargas y se comprobarán los resultados con las medidas experimentales de laboratorio, obtenidas con relojes comparadores.
- Comprobar que se cumple el teorema de Reciprocidad de Maxwell-Betti.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- MECÁNICA DE SÓLIDOS, Egor P. Popov (Pearson Educación)
- PROBLEMAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES, Miroliubov (Mir)
- RESISTENCIA DE MATERIALES, L. Ortiz Berrocal (McGraw-Hill)
- RESISTENCIA DE MATERIALES, TEORÍA DE ESTRUCTURAS E INTRODUCCIÓN A LA ELASTICIDAD, Juan José Granados (Godel. 3ed)
- TEORÍA DE ESTRUCTURAS. RECOPIACIÓN DE APUNTES I y II, Granados y Museros.
- TEORÍA DE LA ELASTICIDAD, Federico París (Universidad de Sevilla, Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales)
- TIMOSHENKO. RESISTENCIA DE MATERIALES, James M. Gere (Thomson)



- GARRIDO Y FOCES. RESISTENCIA DE MATERIALES, Garrido y Foces (Univ. Valladolid)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DE BARRAS. FUNDAMENTOS. R. Gallego y G. Rus (ETSICCP, UGR)
- ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS: TEORÍA, PROBLEMAS Y PROGRAMAS, R. Argüelles (Fundación Conde del Valle de Salazar)
- ANÁLISIS DE VIGAS, ARCOS, PLACAS Y LÁMINAS: UNA PRESENTACIÓN UNIFICADA. S. Monleón (UPV)
- ELASTICIDAD, L. Ortiz Berrocal (UPM)
- MECÁNICA DE MATERIALES, Beer, Johnston *et al.* (McGraw-Hill)
- MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS, Beer, Johnston *et al.* (McGraw-Hill)
- MECHANICS OF ELASTIC STRUCTURES, Oden y Ripperger (McGraw-Hill)
- PROBLEMAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES, F. Rodríguez Avial (ETSII, UPM)
- RESISTENCIA DE MATERIALES, A. Samartín (Colegio de Ing. de Caminos C. y P.)
- RESISTENCIA DE MATERIALES, S. Timoshenko (Espasa-Calpe)
- TEORÍA DE LA ELASTICIDAD, Timoshenko y Goodier (Urmo)
- TEORÍA DE LAS ESTRUCTURAS, S. Timoshenko y Young (Urmo)

ENLACES RECOMENDADOS

<http://prado.ugr.es/>

<http://www.ugr.es/~jjgr/>

METODOLOGÍA DOCENTE

La impartición de la asignatura tendrá las siguientes fases (en orden cronológico):

- *Estudio previo a las clases teóricas:* que serán facilitadas previamente por el profesor, ya que el alumno deberá ir a clase con la materia estudiada.
- *Clases teóricas:* el tiempo de clase lo dedicará el profesor a centrarse en los conceptos fundamentales de la asignatura, mediante la explicación de los conceptos teóricos (clase magistral) y apoyándose, en la medida de lo posible, en la intervención de los alumnos (intentando generar un debate con ellos). El objetivo es hacerles reflexionar para que los conceptos sean profundamente entendidos. Además, el debate tendrá otros objetivos, a saber:
 - Fomentar la participación de los alumnos en clase.
 - Motivar y comprobar el estudio del alumno.
- *Clases prácticas:* se utilizarán para la resolución de problemas de la asignatura.



- *Estudio posterior a las clases teóricas y prácticas:* el alumno deberá estudiar lo suficiente para acabar de comprender y fijar los conceptos teóricos y ser capaz de aplicarlos a casos prácticos similares a los vistos en las clases de problemas. Para facilitar esta última fase del estudio el alumno cuenta con una buena colección de problemas de exámenes resueltos, de forma que pueda intentar su resolución (imitando en casa las condiciones de examen).
- *Test en la plataforma PRADO y test de clase:* se trata de elementos de la evaluación continua que además incentivan al alumno al estudio continuado de la asignatura.
- *Prácticas de laboratorio:* Se realizarán en grupos (normalmente de cuatro alumnos). Además del trabajo del laboratorio, dichos grupos de deberán entregar una memoria (según las directrices del cuaderno de prácticas).
- *Evaluación:* Se establecerá un sistema de evaluación continua con la intención de motivar al alumno. Este sistema de evaluación pretende, obtener una nota semanal de cada alumno, mediante:
 - Test en la plataforma PRADO y test presenciales
 - Prácticas de laboratorio
 - Exámenes parciales

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

A continuación se describen, de forma detallada, los dos caminos que tiene el alumno para superar la asignatura:

1. Evaluación por curso o evaluación continua.
2. Evaluación en un sólo examen final.

1. Evaluación por curso o evaluación continua

La evaluación por curso consta de distintas pruebas que se evalúan independientemente, estas notas se van sumando para formar la nota por curso del alumno. **Este método es el obligatorio**, salvo causa justificada, para superar la asignatura, además de ser el más apropiado, ya que se trata de un trabajo continuado, una adquisición de conocimientos gradual y un sistema de evaluación compuesto de test y parciales, que facilita el aprendizaje de este tipo de materia y por tanto aprobar.

Las distintas pruebas de las que consta la evaluación por curso son:

- Varios test en la plataforma PRADO y test presenciales (uno cada semana que no haya examen parcial). (20%)
- Tres exámenes parciales. (80%)
- Prácticas de laboratorio (5% adicional según se explica al final de este apartado).



Las fechas de los tres parciales se fijarán al comienzo del curso. La fecha de incidencias de los parciales será la misma que la del final de febrero (fijada por el centro).

Para superar la asignatura el alumno debe llegar al 5 (sobre diez) sumando sus puntuaciones de los test y de los parciales.

Los exámenes parciales incluirán teoría y problemas, cada uno de su parte específica del temario (que se determinará en clase).

2. Evaluación en un sólo examen final.

El examen final de la convocatoria de febrero está destinado exclusivamente al alumno que no pueda realizar, por causas justificadas, la evaluación continua y así lo haya solicitado según la normativa de la UGR. (Ver la *Normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada*. Aprobado en la sesión extraordinaria del Consejo de Gobierno de 20 de mayo de 2013).

El examen final (de cualquier convocatoria) contendrá teoría, problemas y cuestiones sobre las prácticas de laboratorio.

INFORMACIÓN ADICIONAL

