



Guía docente de la asignatura:

Elasticidad y Resistencia de Materiales

Titulación:

Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos

1. Datos de la asignatura

Nombre		Elasticidad y Resistencia de Materiales (Elasticity and Strength of Materials)					
Materia*		Elasticidad y Resistencia de Materiales					
Módulo*		Materias Comunes a la Rama Naval					
Código		513102005					
Titulación		Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos					
Plan de estudios		2010					
Centro		Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica					
Tipo		Obligatoria					
Periodo lectivo		Cuatrimestral	Cuatrimestre	1º	Curso	2º	
Idioma		Castellano					
ECTS	7.5	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)		225	

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Luis Sánchez Ricart		
Departamento	Estructuras y Construcción		
Área de conocimiento	Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras		
Ubicación del despacho	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA. Paseo Alfonso XIII, 52. 1ª, despacho 2.26		
Teléfono	968325741	Fax	
Correo electrónico	luis.sricart@upct.es		
URL / WEB	www.researchgate.net/profile/Luis_Sanchez-Ricart/publications/		
Horario de atención / Tutorías	Lunes de 11:00 h a 14:00 h y Viernes 16:00 h a 19:00 h		
Ubicación durante las tutorías	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA. Paseo Alfonso XIII, 52. 2ª Planta. Despacho 118.		

Titulación	Doctor en Ciencias Aplicadas. Universidad de Lieja (Bélgica) Ingeniero Industrial. ETSI Industriales. Universidad Politécnica de Madrid.
Vinculación con la UPCT	Profesor Contratado Doctor a tiempo completo con Acreditación ANECA como Profesor Titular
Año de ingreso en la UPCT	2004
Nº de quinquenios (si procede)	3 quinquenios docentes reconocidos
Líneas de investigación (si procede)	A. INGENIERÍA SÍSMICA. B. DAÑO Y FATIGA OLIGOCÍCLICA. C. MECÁNICA COMPUTACIONAL. D. ALGORITMOS DE CONTACTO. E. FORMULACIONES VARIACIONALES ESPACIO-TIEMPO. F. ACÚSTICA SUBMARINA.
Nº de sexenios (si procede)	1 sexenio de investigación reconocido
Experiencia profesional	- Consejo, Diseño y Cálculos en Ingeniería Sísmica para Edificaciones y Construcciones Singulares o de Especial Importancia como edificios en altura o centrales nucleares. - Desarrollo de programas numéricos a medida para problemas computacionales avanzados de mecánica de los medios continuos (sectores civil, ferroviario, nuclear, naval, ...)
Otros temas de interés	En general, todo lo relacionado con métodos numéricos en mecánica aplicada, algoritmos de contacto, simulación de problemas de dinámica rápida, impacto, explosiones, ingeniería sísmica, influencia de la velocidad de deformación, fatiga, ensayos a gran escala, interacción fluido-sólido, interacción medio poroelásticos con otros medios, interacción terreno estructura, y cualquier campo de la mecánica de los medios continuos y áreas afines.

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

El título de la materia que denominamos **Resistencia de Materiales** no ilustra correctamente el contenido de ésta. Esto tiene relación con el origen histórico de su desarrollo. Desde el siglo XV, hasta principios del siglo XIX se trató, infructuosamente, de desarrollar una teoría que explicara el comportamiento de los materiales y su resistencia. Sin embargo, durante ese periodo se consiguió entender el comportamiento y resistencia de elementos estructurales, como columnas, vigas trabajando a flexión, resistencia de cables. Podríamos decir, en cierta medida, que el título **Resistencia de Materiales** obedece al conocimiento buscado pero no obtenido durante más de cuatro siglos.

A pesar de los intentos previos de Newton a principios del XVII, Boscovich (1763), Poisson (1812) y Navier (1821), no es posible tener una teoría que explique convenientemente el comportamiento de los sólidos deformables hasta el año 1822. Tras el estudio de un artículo de Navier, Augustin Cauchy, ingeniero y Profesor de la *École des Ponts et Chaussées* de París, establece los fundamentos de la Teoría de la Elasticidad, fecha que podemos considerar el inicio del desarrollo de los conocimientos que hoy se conocen como **Teoría de la Elasticidad**. En cierta medida, los conocimientos de Resistencia de Materiales son previos a los conocimientos de la Teoría de la Elasticidad.

Resulta posible hacer comprensible los conocimientos de Resistencia de Materiales, basándose en el sentido físico, sin tener los conocimientos previos sobre la Teoría de la Elasticidad. Los alumnos tienen, en general, mayor facilidad para comprender los conocimientos de Resistencia de Materiales que los fundamentos de la Teoría de la Elasticidad, al requerir ésta última mayor capacidad de abstracción. Para la motivación del alumno puede que resultase ventajoso impartir primero los conocimientos de Resistencia de Materiales y posteriormente los conocimientos de la Teoría de la elasticidad, ya que en el orden contrario se le facilita una teoría que da respuesta a preguntas que el alumno aún no se ha formulado.

Sin embargo, no es posible dar una visión analítica de mecánica racional sobre Resistencia de Materiales, y entender claramente las hipótesis en las que se basan los modelos utilizados en Resistencia de Materiales, si no se conoce en profundidad la Teoría de la Elasticidad. Por lo tanto se suele impartir en primer lugar la Teoría de la Elasticidad y en segundo lugar la Resistencia de Materiales.

Podríamos decir que la Teoría de la Elasticidad, se concentra en el estudio del comportamiento del sólido deformable. Imaginando un volumen diferencial del medio se establecen las relaciones fundamentales entre fuerzas externas, tensiones, deformaciones, desplazamientos y giros. Este estudio analítico permite establecer las ecuaciones diferenciales que gobiernan el equilibrio, el comportamiento y las relaciones cinemáticas del volumen diferencial. Las ecuaciones fundamentales de la elasticidad aparecen posteriormente en casi todos los problemas de mecánica aplicada y computacional.

Una vez estudiado el comportamiento del material a nivel macroscópico, nos interesamos por el comportamiento de los elementos estructurales esbeltos y de sus uniones. A esta nueva materia la denominamos Resistencia de Materiales.

El modelo más extensamente utilizado en cálculo de estructuras es el modelo barra. Denominamos elemento tipo barra, a cualquier elemento estructural en que una dimensión longitudinal, no necesariamente una línea recta, sea muy superior a las dimensiones en las direcciones transversales.

De forma breve, podemos decir sobre el contenido de Resistencia de Materiales que, partiendo de las ecuaciones de la Teoría de la Elasticidad y tomando ciertas hipótesis válidas para elementos esbeltos tipo barra, podemos establecer el equilibrio, el comportamiento y las relaciones cinemáticas del modelo. Las hipótesis nos permiten pasar de un modelo elástico tridimensional a un modelo unidimensional simplificado.

Una vez resuelto el problema unidimensional con el modelo barra, podemos volver, de nuevo con las hipótesis, al modelo tridimensional para calcular los desplazamientos, las deformaciones y las tensiones en el modelo tridimensional.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La primera función de los sistemas estructurales es la de proporcionar rigidez y resistencia al sistema del que forman parte. La estructura del buque es al buque, lo que el sistema óseo es al cuerpo humano. Dentro del Área de Conocimiento de **Mecánica de los Medios Continuos**, los fundamentos o conocimientos fundamentales sobre los sistemas estructurales forman una materia conocida como Teoría de Estructuras, que se ocupa de la concepción y análisis de los sistemas estructurales.

Si se pretende una ordenación racional del estudio es necesario previamente afrontar dos materias. En primer lugar se debe seguir un curso de Teoría de la Elasticidad, y posteriormente se debe seguir un curso de Resistencia de Materiales. El estudio de la **Teoría de la Elasticidad, Resistencia de Materiales y Teoría de Estructuras**, dan al alumno unos conocimientos que posteriormente le permiten adentrarse en conocimientos avanzados de **mecánica computacional**, sobre los que se basan los programas de **simulación numérica avanzada de Elementos Finitos**, entre otros.

El estado del conocimiento actual, tanto en el planteamiento fundamental de problemas de mecánica de los medios continuos como en su tratamiento numérico, permite simulaciones computacionales avanzadas que ayudan, a modo de experimentos virtuales, en el diseño y desarrollo de veleros, submarinos y buques de superficie. Estas simulaciones numéricas complementan la información de las normas de buena práctica definidas por las Sociedades de Clasificación. También complementan, pero no sustituyen, a la experimentación. Por último, no sólo complementan sino que además potencian la intuición física del ingeniero naval.

Dentro de la mecánica computacional avanzada, es posible simular hoy día casi cualquier tipo de problema mecánico, como la interacción de la estructura con fluidos externos (interacción del buque con el agua o con el aire), el análisis de vibraciones producidos por propulsores y equipos auxiliares, la simulación de problemas de acústica submarina, la simulación de impactos y explosiones en el buque, y su influencia en el daño en los sistemas estructurales teniendo en cuenta grandes deformaciones, plastificación y no linealidades geométricas.

El desarrollo de simulaciones numéricas avanzadas no sería posible sin el conocimiento previo de la Teoría de la Elasticidad. Los esfuerzos del alumno para adquirir conocimientos en la simulación numérica de problemas mecánicos avanzados dentro de la ingeniería naval, serían en vano sin el conocimiento previo de las teorías que se pretenden simular en el ordenador.

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Conocimientos previos fundamentales para cursar la asignatura son:

Álgebra (Cálculo Matricial)

Cálculo (Derivadas, Integrales Simples y Múltiples, Cambio de Variables, Análisis de Máximos y Mínimos)

Mecánica (Cálculo de Resultante de Fuerzas y Momentos, Ecuaciones de Equilibrio, Centros de Gravedad, Momentos Estáticos y Momentos de Inercia, Cinemática y Dinámica del Sólido Rígido)

Otros (Notación Indicial, Operadores Gradiente, Divergencia, Rotacional y Laplaciano)

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No están definidas.

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Ver 3.3

3.6. Medidas especiales previstas

El alumno que por sus circunstancias especiales pueda necesitar de medidas especiales, debe comunicárselo al profesor al principio del curso.

4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CB2. Que los estudiantes sepan 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 la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CG5. Capacidad para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos, basándose en los conocimientos adquiridos en estas materias.

4.3. Competencias específicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CRN6 - Conocimiento de la elasticidad y resistencia de materiales y capacidad para realizar cálculos de elementos sometidos a sollicitaciones diversas.

4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

T5. Aplicar a la práctica los conocimientos adquiridos.

4.5. Resultados** del aprendizaje de la asignatura

Al terminar con éxito esta asignatura, los estudiantes serán capaces de:

1. Entender, relacionar y conocer las estructuras matemáticas asociadas a los desplazamientos, giros, deformaciones y tensiones experimentadas por medio sólido deformable cuando experimenta una transformación.
2. Adquirir una visión global de la Teoría de la Elasticidad, en donde, tanto a nivel físico como desde el punto de vista matemático.
3. Entender las hipótesis básicas del modelo barra, y entenderá con claridad la relación entre las variables del modelo elástico tridimensional y las variables del modelo barra.
4. Resolver problemas de piezas esbeltas sometidas a tracción, compresión, flexión, cortante y/o torsión, siendo capaz, una vez obtenidas las soluciones del modelo barra, de calcular las variables del modelo elástico tridimensional (desplazamientos, giros, deformaciones y tensiones de cualquier diferencial de volumen de la barra).
5. Distinguir la diferencia entre problemas estáticamente determinados y problemas hiperestáticos, y será capaz de transformar la resolución de problemas hiperestáticos en la resolución de la superposición de sistemas estáticamente determinados.
6. Aplicar los principios energéticos para el cálculo de desplazamientos o giros, y para la resolución más directa de problemas hiperestáticos, siendo capaz de elegir convenientemente, el sistema auxiliar virtual.

**** Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Tensiones. Deformaciones. Leyes de comportamiento. Esfuerzos. Leyes y diagramas de esfuerzos. Tensiones debidas a esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores. Torsión. Teoremas energéticos. Deformaciones debidas a la flexión. Elementos estructurales hiperestáticos. Pandeo. Criterios de plastificación. Dimensionado de elementos estructurales.

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

- Tema 0. Introducción a la Teoría de la Elasticidad y la Resistencia de Materiales.
- 0.1 Introducción.
- 0.2 Historia de la Resistencia de Materiales y de la Teoría de la Elasticidad.

UNIDAD DIDÁCTICA I.- TEORÍA DE LA ELASTICIDAD

- Tema 1. Introducción a la Teoría de la Elasticidad
 - 1.1 Introducción.
 - 1.2 Transformación del Medio.
 - 1.3 Concepto de Sólido Rígido.
 - 1.4 Concepto de Sólido Deformable.
- Tema 2. Ecuaciones Cinemáticas.
 - 2.1 Introducción.
 - 2.2 Vector de Posición y Vector Desplazamiento.
 - 2.3 Tensor de Deformaciones y Tensor de Giros
 - 2.4 Interpretación Geométrica del Tensor de Deformaciones.
- Tema 3. Ecuaciones de Equilibrio.
 - 3.1 Introducción.
 - 3.2 Tipos de fuerzas exteriores.
 - 3.3 El vector tensión.
 - 3.4 El tensor de tensiones.
 - 3.5 Fórmula de Cauchy.
 - 3.6 Ecuaciones de equilibrio.
- Tema 4. Direcciones Principales.
 - 4.1 Transformación de coordenadas.
 - 4.2 Direcciones principales. Deformaciones y Tensiones Principales.
 - 4.3 Componentes intrínsecas.
 - 4.4 Círculos de Mohr.
 - 4.5 Componentes esférica y desviadora.
- Tema 5. Leyes de Comportamiento.
 - 5.1 Introducción.
 - 5.2 Ley de Hooke Generalizada
 - 5.3 Anisotropía.
 - 5.4 Anisotropía transversal.
 - 5.5 Medio Isótropo. Constantes Elásticas.
 - 5.6 Termoelasticidad Lineal.
 - 5.7 Densidad de energía elástica y principios energéticos.
- Tema 6. Planteamiento General del Problema Elástico.
 - 6.1 Introducción.

- 6.2 Formulación en desplazamientos. Ecuaciones de Navier.
- 6.3 Formulación en Tensiones. Ecuaciones de Beltrami-Michell.
- 6.4 Existencia y Unicidad de la Solución.
- 6.5 Estrategias para la Resolución del Problema Elástico.

- Tema 7. Criterios de Plastificación.
- 1.1 Introducción.
 - 1.2 Evidencia Experimental. Observaciones Generales.
 - 1.3 Criterios de Tresca y Von Mises.
 - 1.4 Revisión de Otros Criterios.

UNIDAD DIDÁCTICA II.- RESISTENCIA DE MATERIALES

- Tema 1. Introducción a la Resistencia de Materiales.
- 1.1 Introducción
 - 1.2 Hipótesis
 - 1.3 Estructuras isostáticas e hiperestáticas
 - 1.4 Ecuaciones y métodos de cálculo

- Tema 2. El modelo Barra.
- 2.1 Introducción
 - 2.2 Hipótesis del Modelo.
 - 2.3 Ecuaciones Cinemáticas.
 - 2.4 Ecuaciones de Comportamiento.
 - 2.5 Ecuaciones de Equilibrio.
 - 2.6 Variables de Interés.
 - 2.7 Tensiones y Deformaciones.

- Tema 3. Esfuerzo Axil.
- 3.1 Introducción
 - 3.2 Distribución de tensiones sobre una sección debidas a un esfuerzo axil
 - 3.3 Tracción o compresión uniaxial
 - 3.4 Deformaciones
 - 3.5 Tracción o compresión hiperestática

- Tema 4. Flexión Pura.
- 4.1 Introducción
 - 4.2 Distribución de tensiones sobre una sección sometida a flexión pura
 - 4.3 Ley de Navier
 - 4.4 Eje neutro de una sección sometida a flexión pura
 - 4.5 Módulo resistente

- Tema 5. Flexión Simple.
- 5.1 Introducción
 - 5.2 Principio generalizado de Navier-Bernoulli
 - 5.3 Tensiones producidas en la flexión simple por el esfuerzo cortante
 - 5.4 Tensiones principales en flexión simple
 - 5.5 Calculo de uniones sometidas a esfuerzos cortantes
 - 5.6 Flexión biaxial

- Tema 6. Flexión Compuesta.
- 6.1 Introducción
 - 6.2 Distribución de tensiones sobre una sección sometida a un esfuerzo axil excéntrico
 - 6.3 Núcleo central de una sección
 - 6.4 Secciones sin zona de tracción

- Tema 7. Torsión.

- 7.1 Introducción
- 7.2 Teoría elemental de la torsión en piezas prismáticas de sección circular
- 7.3 Determinación de momentos torsores
- 7.4 Torsión en piezas prismáticas de sección no circular
- 7.5 Torsión en perfiles de pared delgada

- Tema 8. Deformaciones a Flexión.
- 8.1 Introducción
 - 8.2 Ecuaciones diferenciales de la curva elástica
 - 8.3 Teoremas de Mohr
 - 8.4 Aplicación del Teorema de las Fuerzas Virtuales

- Tema 9. Estudio de la Pieza Hiperestática.
- 9.1 Introducción
 - 9.2 Estructuras hiperestáticas
 - 9.3 Método de las fuerzas para el cálculo de estructuras hiperestáticas
 - 9.4 Aplicación del Principio de las Fuerzas Virtuales al cálculo de estructuras hiperestáticas

- Tema 10. Pandeo.
- 10.1 Introducción
 - 10.2 Estabilidad
 - 10.3 Problema de Euler
 - 10.4 Dependencia entre la fuerza crítica y las condiciones de apoyo de la pieza
 - 10.5 Dominio de aplicación de la fórmula de Euler

10.6 Método de los coeficientes ω para el cálculo de barras comprimidas

5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

- Práctica 1. Ensayo de tracción.
- Práctica 2. Extensometría: análisis experimental de deformaciones y tensiones.
- Práctica 3. Utilización de un programa de cálculo numérico.
- Práctica 4. Cálculo del estado tensional y de deformación en un punto. Ejemplo de intensificación de tensiones en puntos singulares.
- Práctica 5. Cálculo de esfuerzos. Verificación analítica de los resultados numéricos.
- Práctica 6. Cálculo de desplazamientos y giros. Comparación aplicando el PTV.

Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un “Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos” que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de

actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

Chapter 0. Theory of Elasticity and Strength of Materials.
0.1 Introduction.
0.2 History of Strength of Materials and the Theory of Elasticity.

UNIT I. THEORY OF ELASTICITY

Chapter 1. Introduction to the Theory of Elasticity
1.1 Introduction.
1.2 Kinematic transformation.
1.3 Rigid Body concept.
1.4 Deformable solids.

Chapter 2. Kinematic Equations.
2.1 Introduction.
2.2 Position and Displacement Vectors.
2.3 Strain Tensor.
2.4 Geometric Interpretation of Strain Tensor.

Chapter 3. Equilibrium Equations.
3.1 Introduction.
3.2 Types of external forces.
3.3 The stress vector.
3.4 The stress tensor.
3.5 Cauchy formula.
3.6 Equations of equilibrium.

Chapter 4. Principal directions.
4.1 Coordinate transformation.
4.2 Principal directions. Principal strains and stress.
4.3 Intrinsic components.
4.4 Mohr circles.
4.5 Spherical and deviatoric components.

Chapter 5. Elastic Behaviour.
5.1 Introduction.
5.2 Generalized Hooke's Law.
5.3 Anisotropy.
5.4 Transverse anisotropy.

- 5.5 Isotropic Medium. Elastic Constants.
- 5.6 Linear thermoelasticity.
- 5.7 Elastic energy density and energy principles.

Chapter 6. General Approach to the Elastic Problem.

- 6.1 Introduction.
- 6.2 Displacement formulation: the Navier-Lamé equations.
- 6.3 Stress formulation: Beltrami-Michell equations.
- 6.4 Existence and Uniqueness of the Solution.
- 6.5 Strategies for Problem Resolutions in Elasticity.

Chapter 7. Plasticity.

- 7.1 Introduction.
- 7.2 Experimental evidences. General comments.
- 7.3 Tresca and Von Mises criteria for plasticity.
- 7.4 Review of other plasticity criteria.

UNIT II STRENGTH OF MATERIALS

Chapter 1. Introduction to Strength of Materials.

- 1.1 Introduction.
- 1.2 Hypothesis.
- 1.3 Isostatic and hyperstatic structures.
- 1.4 Equations and calculation methods.

Chapter 2. Three Dimensional Beam Theory.

- 2.1 Introduction.
- 2.2 Assumptions of the model.
- 2.3 Kinematic equations.
- 2.4 Equations of elastic behaviour.
- 2.5 Equations of equilibrium.
- 2.6 Variables of interest.
- 2.7 Stresses and strains.

Chapter 3. Axial internal force.

- 3.1 Introduction
- 3.2 Stress distribution on a section due to axial internal forces.
- 3.3 Direct or uniaxial compression
- 3.4 Strains.
- 3.5 Hyperelasticity in axial problems.

Chapter 4. Pure Bending.

- 4.1 Introduction
- 4.2 Stress distribution on a section subjected to pure bending
- 4.3 Navier’s Law.
- 4.4 Neutral axis of a section subjected to pure bending.
- 4.5 Strength modulus.

Chapter 5. Simple Bending.

5.1 Introduction
5.2 Generalized Navier-Bernoulli Principle
5.3 Stresses produced by shear deformation.
5.4 Stress in simple bending
5.5 Calculation of joints subjected to shear.
5.6 Biaxial Bending.
Chapter 6. Combined Bending.
6.1 Introduction
6.2 Stress distribution on a section subjected to an eccentric axial force
6.3 Central Nucleus of sections.
6.4 Sections without tension zone.
Chapter 7. Torsion.
7.1 Introduction
7.2 Elementary theory of torsion of prismatic pieces of circular section.
7.3 Determination of torques.
7.4 Torsion of prismatic parts of non-circular section.
7.5 Torsion of thin-walled profiles.
Chapter 8. Flexural deformations.
8.1 Introduction
8.2 Differential equations of the elastic curve
8.3 Mohr Theorems.
8.4 Applying Theorem of Virtual Works.
Chapter 9. Hyperstacity.
9.1 Introduction
9.2 Hyperstatic structures.
9.3 Method for calculating forces of statically indeterminate structures
9.4 Application of the Principle of Virtual Forces calculation of statically indeterminate structures.
Chapter 10. Buckling.
10.1 Introduction.
10.2 Stability.
10.3 Euler Problem.
10.4 Dependence of the critical force and support conditions.
10.5 Scope of application of Euler's formula.
10.6 Method of coefficients ω .

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas
UNIDAD DIDÁCTICA I.- TEORÍA DE LA ELASTICIDAD
Que el alumno tengo una visión global de la Teoría de la Elasticidad, en donde, tanto a nivel físico como desde el punto de vista matemático, sea capaz de entender, relacionar y conocer las estructura matemáticas asociadas a los desplazamientos, giros, deformaciones y tensiones experimentadas por medio sólido deformable cuando experimenta una transformación. Además, estos conocimientos se deben adquirir con una claridad y profundidad suficiente que permita desarrollar la capacidad de utilizar estos

conocimientos en la resolución de problemas.

UNIDAD DIDÁCTICA II.- RESISTENCIA DE MATERIALES

El alumno habrá entendido las hipótesis básicas del modelo barra, y entenderá con claridad la relación entre las variables del modelo elástico tridimensional y las variables del modelo barra.

Además, tendrá la capacidad de resolver problemas de piezas esbeltas sometidas a tracción, compresión, flexión, cortante y/o torsión, siendo capaz, una vez obtenidas las soluciones del modelo barra, de calcular las variables del modelo elástico tridimensional (desplazamientos, giros, deformaciones y tensiones de cualquier diferencial de volumen de la barra).

El alumno sabrá distinguir la diferencia entre problemas estáticamente determinados y problemas hiperestáticos, y será capaz de transformar la resolución de problemas hiperestáticos en la resolución de la superposición de sistemas estáticamente determinados.

Además, sabrá sacar ventaja de los principios energéticos para el cálculo de desplazamientos o giros, y para la resolución más directa de problemas hiperestáticos, siendo capaz de elegir convenientemente, el sistema auxiliar virtual.

6. Metodología docente

6.1. Actividades formativas			
Actividad	Trabajo del profesor	Trabajo del estudiante	ECTS
Clases de teoría	Exponer en la pizarra los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura. Ilustrar las exposiciones teóricas de la pizarra con gráficos, figuras y fotos cuando sea pertinente. Además se procurará interactuar con los alumnos para estimular que formulen sus dudas sobre la exposición. Además se proveerá al alumno de unos apuntes con los contenidos teóricos.	<u>Presencial</u> : Tomar apuntes o tomar notas sobre los apuntes facilitados por el Profesor. Comprender la materia que se va exponiendo y plantear dudas y preguntas sobre aquello que no comprenda. Es fundamental que el alumno lleve la asignatura al día, ya que en caso contrario, después de dos o tres semanas, será incapaz de comprender los contenidos impartidos en las clases teóricas.	1.1
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia en profundidad. Generación de una visión propia de la materia con sentido físico. Intentar auto exponerse lo esencial de la materia de forma clara y sencilla. Anotar las dudas para plantearlas al Profesor.	1.35
Resolución de ejercicios y casos prácticos	El profesor facilitará al alumno una colección de problemas resueltos. Parte de los problemas de esta colección se resolverá detalladamente en la pizarra. Se seguirá una secuencia para que los desarrollos teóricos y la resolución de los ejercicios asociados a ellos coincidan en el tiempo.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	1.1
		<u>No presencial</u> : Resolver problemas de la siguiente manera. Tomar una hoja en blanco, el enunciado de un problema de la colección y un pequeño esquema, preparado previamente por el alumno, de lo esencial de los fundamentos teóricos asociados. Resolver el problema (sin leer la solución). Una vez resuelto el problema, leer y entender la solución y auto corregirse el problema asignándose una nota. Por último, buscar formas alternativas para la resolución del problema.	1.35
Clases de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	Desarrollo del programa de prácticas para que los alumnos se interesen en las labores experimentales y en la simulación computacional. Se procurará relacionar estas actividades con las clases teóricas y la resolución manual de ejercicios prácticos, intentando que los alumnos se acostumbren a verificar de forma sencilla la bondad de los resultados numéricos.	<u>Presencial</u> : Manejo del material de ensayo, realización de cálculos en el ordenador y verificación manual de resultados.	0.4
		<u>No presencial</u> : Realización de los informes de las prácticas.	1.05
Seminarios de problemas	Se programarán algunos seminarios sobre resolución de problemas puntuables o sustitutivos.	<u>Presencial</u> : Resolución de problemas.	0.17
Actividades de evaluación formativa	Se realizarán controles sobre contenidos ya estudiados	<u>Presencial</u> : Realización de los controles.	0.17
Tutorías	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento del aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Resolución de dudas	0.51
Exámenes	Pruebas escritas oficiales.	<u>Presencial</u> : Respuesta por escrito a las cuestiones, ejercicios y problemas propuestos.	0.3
			7.5

6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)										
	Resultados del aprendizaje (4.5)									
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clases de teoría	X		X		X	X				
Resolución de ejercicios y casos prácticos	X	X		X	X	X				
Clases de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	X	X		X						
Seminarios de problemas	X	X		X	X	X				
Actividades de evaluación formativa	X	X		X	X	X				
Tutorías	X	X		X	X	X				
Exámenes	X	X		X	X	X				

7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*					
Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita oficial			3 cuestiones de aplicación de la teoría y 2 o 3 problemas	60%	1 al 6
Trabajos e informes			Memorias de las prácticas y otras actividades realizadas	20%	1 al 6
Pruebas de control			1 a 5 cuestiones o ejercicios de aplicación	10%	1 al 6
Hojas de control del trabajo realizado en el laboratorio/aula de informática			Resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio/aula de informática tras la realización de la práctica y previo a su tratamiento para la realización del informe o memoria de la práctica	10%	1 al 6

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento

Las pruebas de control que se realizan en clase permiten detectar posibles carencias formativas y consolidar los conceptos más importantes.

- Supervisión durante las sesiones presenciales de trabajo individual o en equipo.
- Ejercicios individuales o en grupo tras cada tema.

8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica*

- Luis Sánchez Ricart. Teoría de la Elasticidad. Apuntes manuscritos.
- Pascual Martí Montrull. Apuntes de Teoría de la Elasticidad. UPCT 2003.
- Ortiz Berrocal. Resistencia de Materiales. UPM E.T.S.I. Industriales – 1980.
- Timoshenko. Strength of Materials. Macmillan and Co 1931.

8.2. Bibliografía complementaria*

- Federico París. Teoría de la Elasticidad. E.T.S.I. Sevilla. Ed: Grupo de Elasticidad y Resistencia Materiales. 3ª edición 2000.
- Jose A. Garrido y Antonio Foces. Resistencia de Materiales. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Valladolid 1999.
- I.S. Sokolnikoff. Mathematical Theory of Elasticity. McGraw-Hill, 1956.
- A.E. Green and W. Zerna. Theoretical Elasticity. Oxford at the Clarendon Press, 1968.
- J.E Marsden and T.J.R. Hughes. Mathematical Foundations of Elasticity. Dover, 1983.

8.3. Recursos en red y otros recursos