



POLITÉCNICA

ANEXO II

Guía de Aprendizaje – Información al estudiante

Datos Descriptivos

ASIGNATURA:	ELASTICIDAD y RESISTENCIA DE MATERIALES
MATERIA:	CONSTRUCCIÓN NAVAL
CRÉDITOS EUROPEOS:	6
CARÁCTER:	TECNOLÓGICA COMÚN
TITULACIÓN:	G. ARQUITECTURA NAVAL/G. INGENIERÍA MARÍTIMA
CURSO/SEMESTRE	Curso 2º Semestre 2
ESPECIALIDAD:	

CURSO ACADÉMICO	2012-2013		
PERIODO IMPARTICION	Septiembre- Enero	Febrero - Junio	
		X	
IDIOMA IMPARTICIÓN	Sólo castellano	Sólo inglés	Ambos
	X		

DEPARTAMENTO:	ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN NAVALES	
PROFESORADO		
NOMBRE Y APELLIDO (C = Coordinador)	DESPACHO	Correo electrónico
MIGUEL ANGEL HERREROS SIERRA (C)	Planta baja	miguealngel.herrerros@upm.es

CONOCIMIENTOS PREVIOS REQUERIDOS PARA PODER SEGUIR CON NORMALIDAD LA ASIGNATURA	
ASIGNATURAS SUPERADAS	CÁLCULO I, II y III
	FÍSICA I
	ALGEBRA LINEAL y GEOMETRÍA
	QUÍMICA
	SISTEMAS CAD
	CIENCIA y TECNOLOGÍA de los MATERIALES
OTROS RESULTADOS DE APRENDIZAJE NECESARIOS	

Objetivos de Aprendizaje

COMPETENCIAS Y NIVEL ASIGNADAS A LA ASIGNATURA		
Código	COMPETENCIA	NIVEL
CG5	Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía	3
CE8	Conocimiento de la ciencia y tecnología de materiales y capacidad para su selección y para la evaluación de su comportamiento	2
CE12	Conocimiento de la elasticidad y resistencia de materiales y capacidad para realizar cálculos de elementos sometidos a sollicitaciones diversas	3
CE16	Capacidad para la realización del cálculo y control de vibraciones y ruidos a bordo de buques y artefactos	2
CE22	Capacidad para el diseño y cálculo de estructuras navales	2
	CG5 nivel 3 objetivos 3;9 CE8 nivel 2 objetivos 1;2;5 CE12 nivel 3 objetivos 1;2;3;5;6 CE16 nivel 2 objetivos 1;2;3;5;6 CE22 nivel 2 objetivos 1;3;5;6;10	

Código	OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA
Obj 1.	Que los estudiantes alcancen la capacidad necesaria para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería naval y oceánica, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el Apartado 3.2 de esta memoria, que formen parte de las actividades de construcción, montaje, transformación, explotación, mantenimiento, reparación, o desguace de buques, embarcaciones y artefactos marinos, así como las de fabricación, instalación, montaje o explotación de los equipos y sistemas navales y oceánicos.
Obj 2.	Que los estudiantes alcancen la capacidad necesaria para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de Arquitectura Naval.
Obj 3.	Que los estudiantes se formen en el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y en la versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones basándose en los conocimientos adquiridos en materias básicas y tecnológicas propias de la Arquitectura Naval.

Obj 5.	Que los estudiantes se formen en la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos en el ámbito de la Arquitectura Naval.
Obj 6.	Que los estudiantes se formen en el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento que afectan principalmente a la seguridad, la definición de espacios a bordo, la estructura y la operatividad de buques.
Obj 9.	Que los estudiantes se formen en el trabajo en un entorno multilingüe y multidisciplinar
Obj 10.	Que los estudiantes alcancen el nivel de conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Naval, especialidad en Estructuras Marinas.

Código	RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA
RA1. -	Comprender la idea de sólido elástico y la relación entre fuerzas o acciones exteriores y las tensiones, deformaciones y desplazamientos como respuestas internas del sólido.
RA2. -	Comprender las ecuaciones constitutivas del material.
RA3. -	Manejar las ecuaciones constitutivas y generales para establecer relaciones entre acciones exteriores sobre el sólido y reacciones internas.
RA4. -	Resolver los problemas elásticos dos dimensionales
RA5. -	Comprender la respuesta del sólido a una variación térmica.
RA6. -	Aplicara las teorías simplificadas de torsión, flexión y pandeo para resolver estructuras simples.
RA7. -	Aplicar los criterios de plastificación.

Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS (TEMARIO)			
TEMA / CAPITULO	LECCIÓN	APARTADO	Indicadores Relacionados
T.0.- PRESENTACIÓN, OBJETIVOS Y REVISIÓN HISTÓRICA.			RA1
		i) Presentación de la asignatura, objetivos y normas de desarrollo.	
		ii) Revisión de la evolución histórica del “corpus” teórico de la asignatura, incidiendo en las teorías y conocimientos que son objetivo de la misma.	
		iii) Revisión de las herramientas matemáticas necesarias.	
T.1.- INTRODUCCIÓN Y TENSIONES. DEFORMACIONES Y DESPLAZAMIENTOS			RA1
		T.1.L.1. Definición de Elasticidad. Comportamiento del sólido deformable y elástico. Definición del sólido elástico lineal. Hipótesis de comportamiento. Isotropía, ortotropía y anisotropía.	
		T.1.L.2. Acción de las fuerzas exteriores sobre el sólido elástico. Definición de tensión. Componentes intrínsecas. Tensiones en el paralelepípedo elemental. Principios de reciprocidad de tensiones tangenciales.	
		T.1.L.3. Tensor de tensiones de Cauchy. Ecuaciones de equilibrio interno. Ecuaciones de equilibrio en el contorno.	
		T.1.L.4. Diagonalización del tensor de tensiones. Invariantes y tensiones principales. Matriz esférica y desviadora. Elipsoide de Lamé. Cuádricas indicatrices y directrices.	
		T.1.L.5. Círculos de Mohr. Obtención y análisis. Tensiones octaédricas.	
		T.1.L.6. Definición de Deformación. Relación entre deformaciones y desplazamientos. Ecuación vectorial del desplazamiento.	
		T.1.L.7. Matriz derivada de desplazamientos. Matriz simétrica de deformación. Matriz antisimétrica de “rotación”. Análisis geométrico de la matriz de rotación o giro. Desplazamiento como suma de traslación, deformación y giro.	

	T.1.L.8. Componentes intrínsecas de la deformación. Diagonalización del tensor de tensiones. Invariantes y tensiones principales. Matriz esférica y desviadora.	
	T.1.L.10. Elipsoide de Lamé. Cuádricas indicatrices y directrices. Círculos de Mohr. Obtención y análisis. Condiciones de compatibilidad o integrabilidad.	
	T.1.L.11. Estudio general de la deformación. Aproximaciones Lagrangiana y Euleriana. Tensor de Lagrange-Green o Green-StVenant. Tensor de Euler-Almansi o Almansi-Hamel.	
2.- LEYES CONSTITUTIVAS DE HOOKE Y LAMÉ		RA1; RA2
	T.3.L.1. Ecuaciones constitutivas. Análisis de las curvas de tensión deformación en diversos materiales.	
	T.2.L.2. Definición del módulo de elasticidad de Young. Definición del coeficiente de Poisson. Relación entre tensiones y deformaciones.	
	T.2.L.3. Ley de Hooke para materiales isotropos. Segundo coeficiente de Lamé.	
	T.2.L.4. Ecuaciones de Lamé. Análisis de los valores del coeficiente de Poisson.	
	T.2.L.5. Ecuaciones constitutivas generales. Sólido elástico anisótropo, monoclinico, ortótropo, tetragonal, ortótropo transversalmente isotropo, cúbico e isotropo.	
3.- ECUACIONES GENERALES DE LA ELASTICIDAD. NAVIER Y MICHELL-BELTRAMI.		RA1; RA2; RA3
	T.3.L.1. Planteamiento del problema elástico en desplazamientos. Ecuación vectorial de Navier.	
	T.3.L.2. Análisis del caso particular de un campo de fuerzas solenoidal, dilatación cúbica y campo de desplazamientos.	
	T.3.L.3. Campo Galerkin. Potencial de deformación.	
	T.3.L.4. Planteamiento del problema elástico en tensiones. Ecuación matricial de Michell-Beltrami. Análisis del caso particular de un campo de fuerzas solenoidal.	
	T.3.L.5. Relaciones entre las constantes elásticas en un material isotropo lineal.	
4.- TENSIONES TÉRMICAS. ECUACIÓN DE DUHAMEL.	4.- TENSIONES TÉRMICAS. ECUACIÓN DE DUHAMEL.	RA5
	T.4.L.1. Análisis de la influencia de la temperatura. Modificación de la ecuación de Hooke al añadir el término térmico.	
	T.4.L.2. Ecuación de Lamé con el efecto térmico. Ecuación de Navier con términos	

	térmicos. Efecto sobre sólidos en contacto con comportamientos térmicos distintos.	
	T.4.L.3. Potencial térmico, Ecuación de Duhamel en el caso isótropo.	
	T.4.L.4. Ecuaciones constitutivas de la termoelasticidad. Energía libre de Helmholtz. Ecuación de Duhamel-Neumann para un sólido termoelástico lineal anisotrópico.	
5.- CONDICIONES DE CONTORNO.	5.- CONDICIONES DE CONTORNO.	RA3
	T.5.L.1. Problemas de contorno en la solución del problema general elástico. Análisis del problema EDDP planteado.	
	T.5.L.2. Clasificación de los problemas de contorno, problemas mixtos en componentes normales y tangenciales u otras relaciones entre tensiones y desplazamientos.	
	T.5.L.3. Principio de Saint-Venant. Principio de Superposición. Concepto de Potencial interno o trabajo de deformación. Teorema de Clapeyron. Existencia y unicidad.	
	T.5.L.4. Tipos de apoyos. Sistemas isostáticos e hiperestáticos.	
6.- PROBLEMAS ELÁSTICOS DOS DIMENSIONALES.		RA3; RA4
	T.6.L.1. Tensión y deformación plana, peculiaridades. Análisis del problema general elástico en deformación plana. Análisis del problema general elástico en tensión plana. Caso de fuerzas solenoidales.	
	T.6.L.2. Función biarmónica de Airy como solución del problema en tensión o deformación plana. Equivalencia de ambas soluciones. Campos de tensiones y de desplazamientos en términos de la función de Airy.	
	T.6.L.3. Polinomios homogéneos como solución del problema biarmónico. Otras soluciones. Combinaciones lineales de ellas. Los polinomios homogéneos en el análisis de los problemas de placas planas con cargas en los bordes.	
	T.6.L.4. Análisis detallado del problema de la viga delgada en voladizo.	
	T.6.L.5. Análisis detallado del problema de la presa con carga hidrostática.	
	T.6.L.6. Problema de Kirsch o de la placa plana bajo tracción axial, con un agujero circular. Comentarios sobre el análisis empleando variable compleja.	
7.- PLANTEAMIENTO VARIACIONAL. PRINCIPIOS ENERGÉTICOS		RA1; RA2; RA3; RA4; RA5

	T.7.L.1. Definición de método variacional. Ejemplo unodimensional. Energía de deformación o potencial interno en los casos discreto y continuo de distribución de cargas. Concepto de energía complementaria de deformación. Revisión del teorema de Clapeyron. Ejemplos.	
	T.7.L.2. Principio de los trabajos virtuales. Principio de las fuerzas virtuales. Principio de los desplazamientos virtuales.	
	T.7.L.3. Teoremas de mínima energía potencial. Teoremas de reciprocidad de Maxwell- Betti. Aplicaciones.	
	T.7.L.4. Teoremas de Castigliano. Teorema de Menabrea. Aplicaciones.	
	T.7.L.5. Métodos directo, semiinverso e inverso. Métodos analíticos y aproximaciones numéricas. Principios de Reissner-Mindlin, Hu-Washizy y Rayleigh-Ritz.	
8.- ANÁLISIS DE LA FLEXIÓN.		RA6
	T.8.L.1. Caracterización del estado de sollicitación en flexión. Tipos de flexión, pura, simple y compuesta. Definición de momento flector y esfuerzo cortante. Hipótesis de trabajo. Fibras y línea neutra. Análisis de los diferentes tipos de apoyos. Isoestaticidad e hiperestaticidad. Criterio de signos.	
	T.8.L.2. Ley de Navier de la flexión pura. Ley de Navier generalizada en la flexión simple.	
	T.8.L.3. Distribución de cortantes en la sección. Teorema de Colignon. Ejemplo de perfiles de pared gruesa. Concepto de área a cortante. Tensiones cortantes en perfiles de pared delgada. Centro de cortantes.	
	T.8.L.4. Deformada o elástica. Relaciones entre distribución de cargas, distribución de esfuerzos cortantes, distribución de momentos flectores, de ángulos girados y deformada o distribución de flechas. Potencial interno de una viga a flexión simple.	
	T.8.L.5. Ecuación general de la elástica para cargas discontinuas. Funciones delta de Dirac y H de Heaviside, o funciones pulso y escalón. Aplicaciones con ordenador. Primer y segundo teoremas de Mohr. Ejemplo de Análisis de un buque de sección en U con carga compleja.	
	T.8.L.6. Flexión compuesta y excéntrica. Centro de presiones. Núcleo central. Materiales sin resistencia a tracción. Resortes.	
9.- ANÁLISIS DE LA TORSIÓN.		RA6

	T.9.L.1. Caracterización del estado de sollicitación en torsión. Torsión en prismas de sección circular. Ángulo de torsión. Módulo resistente a torsión. Diagramas de momentos torsores.	
	T.9.L.2. Potencial interno en torsión pura. Torsión de ejes rectos no circulares. Función de Prandtl. Potencial de torsión. Función de alabeo. Inercia torsional. Perfiles abiertos ramificados y no ramificados. Perfiles de pared delgada. Unicelulares y pluricelulares. Centro de torsión.	
	10.- ANÁLISIS DEL PANDEO POR COMPRESIÓN AXIAL.	
	T.10.L.1. Definición de inestabilidad por flexión lateral. Hipótesis simplificativas. Carga crítica de pandeo. Ecuación de Euler. Plano de pandeo. Longitud de pandeo.	
	T.10.L.2. Ecuación de Euler generalizada. Esbeltez. Compresión no excéntrica. Límites de la teoría de Euler.	
11.- ANÁLISIS DE DEFORMACIONES y MÉTODOS DE UNIÓN		RA6
	T.11.L.1. Teoremas de Mohr y de la viga conjugada. Sistemas hiperestáticos. Método de la carga unitaria. Métodos energéticos. Deformación por temperatura y por impacto. Problemas simétricos y antisimétricos. Simetría cíclica.	
	T.11.L.2. Uniones atornilladas, remachadas, soldadas y pegadas.	
12.- CRITERIOS DE PLASTIFICACIÓN.		RA7
	T.12.L.1. Definición de deformación plástica. Superficie de plastificación. Estado límite y tensión última. Tensión equivalente triaxial.	
	T.12.L.2. Criterio de tensión principal máxima (Rankine). Criterio de tensión tangencial máxima (Tresca). Criterio de deformación longitudinal máxima (Saint-Venant). Criterio de energía de deformación (Beltrami-Haigh). Criterio de energía de distorsión (von Mises). Criterio de tensión tangencial octaédrica. Criterio de estados límites de Mohr. Límites de aplicabilidad de cada método.	

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES ORGANIZATIVAS UTILIZADAS Y METODOS DE ENSEÑANZA EMPLEADOS

CLASES DE TEORÍA	Las clases de teoría serán expositivas, con abundancia de ejemplos y promoviendo la participación de los alumnos.
CLASES PROBLEMAS	El profesor hará ejemplos concretos de los ejercicios relativos a los epígrafes correspondientes al tema en estudio, en las horas prácticas de trabajo con el alumno en el aula, según se señala en el cronograma de la asignatura.
PRACTICAS	No hay
TRABAJOS AUTÓNOMOS	Cada semana se encargará la realización de un ejercicio para su entrega la semana siguiente relativo a lo explicado con anterioridad
TRABAJOS EN GRUPO	No hay
TUTORÍAS	Se impartirán por los profesores de la asignatura según el horario que se puede encontrar en: http://www.etsin.upm.es/ETSINavales/Escuela/Agenda_Academica/Horarios_Tutorias

RECURSOS DIDÁCTICOS

BIBLIOGRAFÍA

- A. Sanmartín Quiroga, "Curso de elasticidad", Edit. Bellisco, 1990.
- Argüelles Álvarez, Ramón "Análisis de estructuras: teoría, problemas y programas" Madrid. Fundación Conde del Valle de Salazar, 1996
- Brillouin L., "Les tenseurs en mecanique et en elasticite", Dover 1972
- Diez de Ulzurrun I. "Apuntes de Elasticidad y Resistencia" ETSIN 1998
- Doblaré Castellano M. "Fundamentos de Elasticidad Lineal" Sintesis Ed. 1998
- England A. "Complex variable methods in elasticity" Dover Pb. 2003
- Everstine G. "Elasticity" George Washington University Press. 2001
- Goded F., "Elasticidad lineal y funciones de tensiones", Edit. Dossat, 1959
- Herreros Sierra M.A. "Ejercicios y problemas propuestos de Elasticidad y Resistencia de Materiales" ETSIN 2007
- Herreros Sierra M.A. "Notas de elasticidad" ETSIN 2007
- Hetnarski R. Ignaczak J. "Mathematical theory of elasticity" Taylor & Francis 2003
- Love, A. E. H.. "The mathematical theory of elasticity", Dover Public.1953 §§
- Martínez-Osorio Chana, Juan Manuel "Resistencia de Materiales" Garcia Maroto Editores S.L. 2008
- Marsden, Jerrold E. "Mathematical foundations of elasticity" Englewood Cliffs, New Jersey Prentice-Hall, 1983 §§
- Ortiz Berrocal, Luis "Elasticidad" 3 ed. Madrid. McGraw-Hill, 1998
- Ortiz Berrocal, Luis "Resistencia de materiales" Madrid. McGraw-Hill, 1990
- Sáez de Benito Espada J M^a. "Las tensiones tangenciales en la Flexión". Fondo Editorial de Ingeniería Naval. 1983
- Sáez-Benito Espada, J. M^a "Apuntes de elasticidad y resistencia de materiales según las explicaciones del catedrático José Maria Sáez-Benito tomados durante el curso 1969-70" por Antonio Barrios. Madrid : ETSI Navales, 1976

	Samartín Quiroga, Avelino. "Curso de elasticidad" 1ª ed. Madrid Bellisco, 1990
	Sokolnikoff "Mathematical theory of elasticity", Mc Graw Hill, 1956. §§
	Timoshenko S. P. Goodier J "Teoría de la elasticidad", Ed. Urmo. 1968
	Torroja "Elasticidad" ed. Dossat. 1967
	Vázquez Fernández, Manuel "Resistencia de materiales" Madrid Noela, 2000
	Vega J. L. "Problemas resueltos de elasticidad y resistencia de materiales" Fundación General de la U.P.M. 2004
RECURSOS WEB	Página web de la asignatura http://moodle.upm.es
	En el MIT-OPEN-COURSE-WARE® "Solid Mechanics" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/index.htm
	"Mechanics of materials" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Materials-Science-and-Engineering/index.htm
	"Computer methods in dynamics" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Mechanical-Engineering/index.htm
	"Structural Mechanics" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/index.htm
EQUIPAMIENTO	Aulas
	Centro de Cálculo
	Biblioteca
	Salas de estudio

Cronograma de trabajo de la asignatura

Semana	Actividades Aula	Trabajo Individual	Actividades Evaluación	Otros
1	<p style="text-align: center;">Temas 0</p> <p style="text-align: center;">Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (1h)</p> <p style="text-align: center;">Temas 1 lecciones 1 a 4</p> <p style="text-align: center;">Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)</p>	<p>7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas</p>		
2	<p style="text-align: center;">Temas 1 lecciones 5 a 10</p> <p style="text-align: center;">Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (4h)</p>	<p>7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas</p>		
3	<p style="text-align: center;">Temas 1 lecciones 11</p> <p style="text-align: center;">Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (1h)</p> <p style="text-align: center;">Temas 2 lecciones 1 a 3</p> <p style="text-align: center;">Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)</p>	<p>7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas</p>		
4	<p style="text-align: center;">Temas 2 lecciones 4 y 5</p> <p style="text-align: center;">Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)</p> <p style="text-align: center;">Prueba de evaluación continua (1h)</p>	<p>8h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas</p>	<p style="text-align: center;">Prueba de evaluación continua (1h)</p> <p style="text-align: center;">Temas 1 a 2</p>	

5	Temas 3 lecciones 1 a 5 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (4h)	8h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
6	Temas 4 lecciones 1 a 4 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)	5h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
7	Temas 5 lecciones 1 a 4 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h) Temas 6 lecciones 1 a 2 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (1h)	8h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
8	Temas 6 lecciones 3 a 5 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (2h) Prueba de evaluación continua (2h)	7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas	Prueba de evaluación continua (2h) Temas 1 a 6	
9	Temas 6 lección 6 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (1h) Temas 7 lecciones 1 a 3 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)	7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		

10	<p>Temas 7 lecciones 4 y 5 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)</p> <p>Temas 8 lección 1 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (1h)</p>	8h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
11	<p>Temas 8 lecciones 2 a 4 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (4h)</p>	8h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
12	<p>Temas 8 lecciones 5 y 6 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (3h)</p> <p>Prueba de evaluación continua (1h)</p>	7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas	Prueba de evaluación continua (1h) Temas 1 a 8	
13	<p>Temas 9 lecciones 1 y 2 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (4h)</p>	7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
14	<p>Temas 10 lecciones 1 y 2 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (2h)</p> <p>Temas 11 lecciones 1 y 2 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (2h)</p>	5h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		

15	Temas 12 lecciones 1 y 2 Clase expositiva, ejemplos y ejercicios (2h)	7h de lectura de teoría, realización de ejemplos y resolución de problemas		
16	Prueba de evaluación continua (2h)	2h realización de ejemplos y resolución de problemas	Prueba de evaluación continua (2h) Temas 1 a 12 (acumulativa final)	
17-19	Examen Final (2h) En la fecha fijada por el calendario oficial de exámenes (Junio 2011 y extraordinario en Julio 2011)		Examen Final	

Total Horas presenciales 60	Total Horas de trabajo individual del alumno 108
------------------------------------	---

Sistema de evaluación de la asignatura

EVALUACION		
Ref	INDICADOR DE LOGRO	Relacionado con RA:
L1	Conocer la definición de sólido elástico lineal	RA1
L2	Comprender y aplicar los conceptos de isotropía, ortotropía y anisotropía	RA1
L3	Conocer las definiciones de tensión y deformación	RA1
L4	Aplicar el principio de reciprocidad	RA1
L5	Conocer y calcular los tensores de tensión y deformación	RA1
L6	Calcular las tensiones y deformaciones principales y comprender su significado	RA1
L7	Conocer y manejar el círculo de Mohr	RA1
L8	Manejar las matrices de giro, esférica y desviadora	RA1
L9	Conocer y manejar las ecuaciones de compatibilidad	RA1
L10	Conocer y manejar las ecuaciones constitutivas de Hooke y Lamé en materiales isótropos y conocer la expresión correspondiente a un material cualquiera.	RA1; RA2
L11	Conocer, comprender y manejar las ecuaciones generales de la elasticidad. Navier y Mitchell	RA1; RA2; RA3
L12	Comprender los efectos de las cargas térmicas sobre el sólido elástico y manejar la ecuación de Duhamel	RA5
L13	Conocer y comprender el Principio de Superposición	RA3
L14	Conocer y comprender el Teorema de Clapeyron	RA3
L15	Conocer y comprender el Principio de Saint Venant	RA3
L16	Conocer las diferencias características de los problemas elásticos bidimensionales 2D	RA3; RA4
L17	Comprender y manejar la función de Airy como solución de los problemas 2D	RA3; RA4
L18	Conocer y manejar el Principio de los trabajos virtuales, el Principio de las fuerzas virtuales y el Principio de los desplazamientos virtuales	RA1; RA2; RA3; RA4
L19	Aplicar los teoremas de reciprocidad de Maxwell-Betti y de Mínima	RA1; RA2;

	energía potencial.	RA3;RA4
L20	Conocer, comprender y aplicar los teoremas de Castigliano y Menabrea	RA1; RA2; RA3;RA4
L21	Caracterizar el fenómeno de carga a flexión	RA6
L22	Definir y calcular Momentos Flectores y Esfuerzos cortantes	RA6
L23	Deducir y aplicar la ley de Navier de la Flexión pura	RA6
L24	Deducir y aplicar la ley de Colignon de la Flexión pura	RA6
L25	Deducir y calcular la ecuación de la deformada o elástica de una viga a flexión. Calcular su ecuación general en los casos de cargas continuas o discretas	RA6
L26	Caracterizar el fenómeno de carga a torsión	RA6
L27	Deducir y aplicar la función de Prandtl	RA6
L28	Deducir y aplicar la función de alabeo	RA6
L29	Calcular las cargas y deformadas de vigas a torsión de sección circular	RA6
L30	Calcular las cargas y deformadas de vigas a torsión de sección cualquiera	RA6
L31	Calcular las cargas y deformadas de vigas de pared delgada a torsión	RA6
L32	Conocer la frontera entre pieza de pared delgada y gruesa	RA6
L33	Conocer y aplicar la ecuación de Euler generalizada en el pandeo como inestabilidad estructural	RA6
L34	Calcular uniones atornilladas, remachadas, soldadas y pegadas.	RA6
L35	Aplicar los teoremas de Mohr	RA6
L36	Conocer y aplicar los criterios de deformación plástica	RA7

La tabla anterior puede ser sustituida por la tabla de rúbricas.

EVALUACION SUMATIVA			
BREVE DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES	MOMENTO	LUGAR	PESO EN LA CALIFICACIÓN
Pruebas de evaluación continua	Semanas 4,8,12,15	Aula de dibujo	35% (10% ; 15%; 10%; 15%. respectivamente)
Trabajo individual	Ejercicios semanales		10%

Examen Final	Consultar Calendario	Aula de dibujo	40%
--------------	----------------------	----------------	-----

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En las pruebas de evaluación continua será necesario obtener una calificación superior a 2,5 en cada una de ellas para poder optar al aprobado mediante la evaluación continua. La calificación final se obtiene en tal caso sumando las calificaciones de cada uno de los elementos de evaluación señalados en el cuadro anterior contabilizados con su peso porcentual señalado.

Algunos de los indicadores de logro relacionados en las tablas anteriores se consideran fundamentales y serán imprescindibles (aunque no suficientes) para poder obtener una calificación de aprobado en la asignatura. En cada una de las pruebas de evaluación serán señalados adecuadamente y supondrán entre el 10% y el 20% de las preguntas del mismo, siendo necesario obtener un 75% de aciertos en ellos para superar la prueba.

El examen final es obligatorio y tiene un peso del 40% de la nota final.

Cualquier alumno puede decidir acudir solo a la evaluación por la prueba final mediante el procedimiento establecido, es decir presentando la solicitud dirigida al coordinador de la asignatura en el Registro del Centro a lo largo de las dos (2) primeras semanas de clase



POLITÉCNICA

ANEXO III

Ficha Técnica de Asignatura

Datos Descriptivos

ASIGNATURA:	ELASTICIDAD y RESISTENCIA DE MATERIALES		
Nombre en Inglés:	STRENGTH OF MATERIALS AND ELASTICITY		
MATERIA:	Tecnológica común		
Créditos Europeos:	6	Código UPM:	85001413-85002413
CARÁCTER:	Obligatoria		
TITULACIÓN:	G. ARQUITECTURA NAVAL / G. INGENIERÍA MARÍTIMA		
CURSO:	2 curso, 2 semestre		
ESPECIALIDAD:			
DEPARTAMENTO:	Arquitectura y Construcción Navales		

PERIODO IMPARTICION	Septiembre- Enero		Febrero - Junio
			X
IDIOMA IMPARTICIÓN	Sólo castellano	Sólo inglés	Ambos
	X		

CONOCIMIENTOS PREVIOS REQUERIDOS PARA PODER SEGUIR CON NORMALIDAD LA ASIGNATURA	
ASIGNATURAS SUPERADAS	CÁLCULO I, II y III
	FÍSICA I
	ALGEBRA LINEAL y GEOMETRÍA
	QUÍMICA
	SISTEMAS CAD
	CIENCIA y TECNOLOGÍA de los MATERIALES
OTROS RESULTADOS DE APRENDIZAJE NECESARIOS	

Objetivos de Aprendizaje

COMPETENCIAS Y NIVEL ASIGNADAS A LA ASIGNATURA		
Código	COMPETENCIA	NIVEL
CG5	Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía	3
CE8	Conocimiento de la ciencia y tecnología de materiales y capacidad para su selección y para la evaluación de su comportamiento	2
CE12	Conocimiento de la elasticidad y resistencia de materiales y capacidad para realizar cálculos de elementos sometidos a sollicitaciones diversas	3
CE16	Capacidad para la realización del cálculo y control de vibraciones y ruidos a bordo de buques y artefactos	2
CE22	Capacidad para el diseño y cálculo de estructuras navales	2
	CG5 nivel 3 objetivos 3;9 CE8 nivel 2 objetivos 1;2;5 CE12 nivel 3 objetivos 1;2;3;5;6 CE16 nivel 2 objetivos 1;2;3;5;6 CE22 nivel 2 objetivos 1;3;5;6;10	

Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS (TEMARIO)			
TEMA / CAPITULO	LECCIÓN	APARTADO	Indicadores Relacionados
T.0.- PRESENTACIÓN, OBJETIVOS Y REVISIÓN HISTÓRICA.			RA1
		i) Presentación de la asignatura, objetivos y normas de desarrollo.	
		ii) Revisión de la evolución histórica del “corpus” teórico de la asignatura, incidiendo en las teorías y conocimientos que son objetivo de la misma.	
		iii) Revisión de las herramientas matemáticas necesarias.	
T.1.- INTRODUCCIÓN Y TENSIONES. DEFORMACIONES Y DESPLAZAMIENTOS			RA1
		T.1.L.1. Definición de Elasticidad. Comportamiento del sólido deformable y elástico. Definición del sólido elástico lineal. Hipótesis de comportamiento. Isotropía, ortotropía y anisotropía.	
		T.1.L.2. Acción de las fuerzas exteriores sobre el sólido elástico. Definición de tensión. Componentes intrínsecas. Tensiones en el paralelepípedo elemental. Principios de reciprocidad de tensiones tangenciales.	
		T.1.L.3. Tensor de tensiones de Cauchy. Ecuaciones de equilibrio interno. Ecuaciones de equilibrio en el contorno.	
		T.1.L.4. Diagonalización del tensor de tensiones. Invariantes y tensiones principales. Matriz esférica y desviadora. Elipsoide de Lamé. Cuádricas indicatrices y directrices.	
		T.1.L.5. Círculos de Mohr. Obtención y análisis. Tensiones octaédricas.	
		T.1.L.6. Definición de Deformación. Relación entre deformaciones y desplazamientos. Ecuación vectorial del desplazamiento.	
		T.1.L.7. Matriz derivada de desplazamientos. Matriz simétrica de deformación. Matriz antisimétrica de “rotación”. Análisis geométrico de la matriz de rotación o giro. Desplazamiento como suma de traslación, deformación y giro.	

	T.1.L.8. Componentes intrínsecas de la deformación. Diagonalización del tensor de tensiones. Invariantes y tensiones principales. Matriz esférica y desviadora.	
	T.1.L.10. Elipsoide de Lamé. Cuádricas indicatrices y directrices. Círculos de Mohr. Obtención y análisis. Condiciones de compatibilidad o integrabilidad.	
	T.1.L.11. Estudio general de la deformación. Aproximaciones Lagrangiana y Euleriana. Tensor de Lagrange-Green o Green-StVenant. Tensor de Euler-Almansi o Almansi-Hamel.	
2.- LEYES CONSTITUTIVAS DE HOOKE Y LAMÉ		RA1; RA2
	T.3.L.1. Ecuaciones constitutivas. Análisis de las curvas de tensión deformación en diversos materiales.	
	T.2.L.2. Definición del módulo de elasticidad de Young. Definición del coeficiente de Poisson. Relación entre tensiones y deformaciones.	
	T.2.L.3. Ley de Hooke para materiales isotropos. Segundo coeficiente de Lamé.	
	T.2.L.4. Ecuaciones de Lamé. Análisis de los valores del coeficiente de Poisson.	
	T.2.L.5. Ecuaciones constitutivas generales. Sólido elástico anisótropo, monoclinico, ortótropo, tetragonal, ortótropo transversalmente isotropo, cúbico e isotropo.	
3.- ECUACIONES GENERALES DE LA ELASTICIDAD. NAVIER Y MICHELL-BELTRAMI.		RA1; RA2; RA3
	T.3.L.1. Planteamiento del problema elástico en desplazamientos. Ecuación vectorial de Navier.	
	T.3.L.2. Análisis del caso particular de un campo de fuerzas solenoidal, dilatación cúbica y campo de desplazamientos.	
	T.3.L.3. Campo Galerkin. Potencial de deformación.	
	T.3.L.4. Planteamiento del problema elástico en tensiones. Ecuación matricial de Michell-Beltrami. Análisis del caso particular de un campo de fuerzas solenoidal.	
	T.3.L.5. Relaciones entre las constantes elásticas en un material isotropo lineal.	
4.- TENSIONES TÉRMICAS. ECUACIÓN DE DUHAMEL.	4.- TENSIONES TÉRMICAS. ECUACIÓN DE DUHAMEL.	RA5
	T.4.L.1. Análisis de la influencia de la temperatura. Modificación de la ecuación de Hooke al añadir el término térmico.	
	T.4.L.2. Ecuación de Lamé con el efecto térmico. Ecuación de Navier con términos	

	térmicos. Efecto sobre sólidos en contacto con comportamientos térmicos distintos.	
	T.4.L.3. Potencial térmico, Ecuación de Duhamel en el caso isótropo.	
	T.4.L.4. Ecuaciones constitutivas de la termoelasticidad. Energía libre de Helmholtz. Ecuación de Duhamel-Neumann para un sólido termoelástico lineal anisotrópico.	
5.- CONDICIONES DE CONTORNO.	5.- CONDICIONES DE CONTORNO.	RA3
	T.5.L.1. Problemas de contorno en la solución del problema general elástico. Análisis del problema EDDP planteado.	
	T.5.L.2. Clasificación de los problemas de contorno, problemas mixtos en componentes normales y tangenciales u otras relaciones entre tensiones y desplazamientos.	
	T.5.L.3. Principio de Saint-Venant. Principio de Superposición. Concepto de Potencial interno o trabajo de deformación. Teorema de Clapeyron. Existencia y unicidad.	
	T.5.L.4. Tipos de apoyos. Sistemas isostáticos e hiperestáticos.	
6.- PROBLEMAS ELÁSTICOS DOS DIMENSIONALES.		RA3; RA4
	T.6.L.1. Tensión y deformación plana, peculiaridades. Análisis del problema general elástico en deformación plana. Análisis del problema general elástico en tensión plana. Caso de fuerzas solenoidales.	
	T.6.L.2. Función biarmónica de Airy como solución del problema en tensión o deformación plana. Equivalencia de ambas soluciones. Campos de tensiones y de desplazamientos en términos de la función de Airy.	
	T.6.L.3. Polinomios homogéneos como solución del problema biarmónico. Otras soluciones. Combinaciones lineales de ellas. Los polinomios homogéneos en el análisis de los problemas de placas planas con cargas en los bordes.	
	T.6.L.4. Análisis detallado del problema de la viga delgada en voladizo.	
	T.6.L.5. Análisis detallado del problema de la presa con carga hidrostática.	
	T.6.L.6. Problema de Kirsch o de la placa plana bajo tracción axial, con un agujero circular. Comentarios sobre el análisis empleando variable compleja.	
7.- PLANTEAMIENTO VARIACIONAL. PRINCIPIOS ENERGÉTICOS		RA1; RA2; RA3; RA4; RA5

	T.7.L.1. Definición de método variacional. Ejemplo unodimensional. Energía de deformación o potencial interno en los casos discreto y continuo de distribución de cargas. Concepto de energía complementaria de deformación. Revisión del teorema de Clapeyron. Ejemplos.	
	T.7.L.2. Principio de los trabajos virtuales. Principio de las fuerzas virtuales. Principio de los desplazamientos virtuales.	
	T.7.L.3. Teoremas de mínima energía potencial. Teoremas de reciprocidad de Maxwell- Betti. Aplicaciones.	
	T.7.L.4. Teoremas de Castigliano. Teorema de Menabrea. Aplicaciones.	
	T.7.L.5. Métodos directo, semiinverso e inverso. Métodos analíticos y aproximaciones numéricas. Principios de Reissner-Mindlin, Hu-Washizy y Rayleigh-Ritz.	
8.- ANÁLISIS DE LA FLEXIÓN.		RA6
	T.8.L.1. Caracterización del estado de sollicitación en flexión. Tipos de flexión, pura, simple y compuesta. Definición de momento flector y esfuerzo cortante. Hipótesis de trabajo. Fibras y línea neutra. Análisis de los diferentes tipos de apoyos. Isoestaticidad e hiperestaticidad. Criterio de signos.	
	T.8.L.2. Ley de Navier de la flexión pura. Ley de Navier generalizada en la flexión simple.	
	T.8.L.3. Distribución de cortantes en la sección. Teorema de Colignon. Ejemplo de perfiles de pared gruesa. Concepto de área a cortante. Tensiones cortantes en perfiles de pared delgada. Centro de cortantes.	
	T.8.L.4. Deformada o elástica. Relaciones entre distribución de cargas, distribución de esfuerzos cortantes, distribución de momentos flectores, de ángulos girados y deformada o distribución de flechas. Potencial interno de una viga a flexión simple.	
	T.8.L.5. Ecuación general de la elástica para cargas discontinuas. Funciones delta de Dirac y H de Heaviside, o funciones pulso y escalón. Aplicaciones con ordenador. Primer y segundo teoremas de Mohr. Ejemplo de Análisis de un buque de sección en U con carga compleja.	
	T.8.L.6. Flexión compuesta y excéntrica. Centro de presiones. Núcleo central. Materiales sin resistencia a tracción. Resortes.	
9.- ANÁLISIS DE LA TORSIÓN.		RA6

	T.9.L.1. Caracterización del estado de sollicitación en torsión. Torsión en prismas de sección circular. Ángulo de torsión. Módulo resistente a torsión. Diagramas de momentos torsores.	
	T.9.L.2. Potencial interno en torsión pura. Torsión de ejes rectos no circulares. Función de Prandtl. Potencial de torsión. Función de alabeo. Inercia torsional. Perfiles abiertos ramificados y no ramificados. Perfiles de pared delgada. Unicelulares y pluricelulares. Centro de torsión.	
	10.- ANÁLISIS DEL PANDEO POR COMPRESIÓN AXIAL.	
	T.10.L.1. Definición de inestabilidad por flexión lateral. Hipótesis simplificativas. Carga crítica de pandeo. Ecuación de Euler. Plano de pandeo. Longitud de pandeo.	
	T.10.L.2. Ecuación de Euler generalizada. Esbeltez. Compresión no excéntrica. Límites de la teoría de Euler.	
11.- ANÁLISIS DE DEFORMACIONES y MÉTODOS DE UNIÓN		RA6
	T.11.L.1. Teoremas de Mohr y de la viga conjugada. Sistemas hiperestáticos. Método de la carga unitaria. Métodos energéticos. Deformación por temperatura y por impacto. Problemas simétricos y antisimétricos. Simetría cíclica.	
	T.11.L.2. Uniones atornilladas, remachadas, soldadas y pegadas.	
12.- CRITERIOS DE PLASTIFICACIÓN.		RA7
	T.12.L.1. Definición de deformación plástica. Superficie de plastificación. Estado límite y tensión última. Tensión equivalente triaxial.	
	T.12.L.2. Criterio de tensión principal máxima (Rankine). Criterio de tensión tangencial máxima (Tresca). Criterio de deformación longitudinal máxima (Saint-Venant). Criterio de energía de deformación (Beltrami-Haigh). Criterio de energía de distorsión (von Mises). Criterio de tensión tangencial octaédrica. Criterio de estados límites de Mohr. Límites de aplicabilidad de cada método.	

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES ORGANIZATIVAS UTILIZADAS Y METODOS DE ENSEÑANZA EMPLEADOS

CLASES DE TEORÍA	Las clases de teoría serán expositivas, con abundancia de ejemplos y promoviendo la participación de los alumnos.
CLASES PROBLEMAS	El profesor hará ejemplos concretos de los ejercicios relativos a los epígrafes correspondientes al tema en estudio, en las horas prácticas de trabajo con el alumno en el aula, según se señala en el cronograma de la asignatura.
PRACTICAS	No hay
TRABAJO AUTÓNOMOS	Cada semana se encargará la realización de un ejercicio para su entrega la semana siguiente relativo a lo explicado con anterioridad
TRABAJO EN GRUPO	No hay
TUTORÍAS	Se impartirán por los profesores de la asignatura según el horario que se puede encontrar en: http://www.etsin.upm.es/ETSINavales/Escuela/Agenda_Academica/Horarios_Tutorias

RECURSOS DIDÁCTICOS

BIBLIOGRAFÍA	A. Sanmartín Quiroga, "Curso de elasticidad", Edit. Bellisco, 1990.
BIBLIOGRAFÍA	Argüelles Álvarez, Ramón "Análisis de estructuras: teoría, problemas y programas" Madrid. Fundación Conde del Valle de Salazar, 1996
BIBLIOGRAFÍA	Brillouin L., "Les tenseurs en mécanique et en élasticité", Dover 1972
BIBLIOGRAFÍA	Díez de Ulzurrun I. "Apuntes de Elasticidad y Resistencia" ETSIN 1998

Doblaré Castellano M. "Fundamentos de Elasticidad Lineal" Sintesis Ed. 1998
England A. "Complex variable methods in elasticity" Dover Pb. 2003
Everstine G. "Elasticity" George Washington University Press. 2001
Goded F., "Elasticidad lineal y funciones de tensiones", Edit. Dossat, 1959
Herreros Sierra M.A. "Ejercicios y problemas propuestos de Elasticidad y Resistencia de Materiales" ETSIN 2007
Herreros Sierra M.A. "Notas de elasticidad" ETSIN 2007
Hetnarski R. Ignaczak J. "Mathematical theory of elasticity" Taylor & Francis 2003
Love, A. E. H.. "The mathematical theory of elasticity", Dover Public.1953 §§
Martínez-Osorio Chana, Juan Manuel "Resistencia de Materiales" Garcia Maroto Editores S.L. 2008
Marsden, Jerrold E. "Mathematical foundations of elasticity" Englewood Cliffs, New Jersey Prentice-Hall, 1983 §§
Ortiz Berrocal, Luis "Elasticidad" 3 ed. Madrid. McGraw-Hill, 1998
Ortiz Berrocal, Luis "Resistencia de materiales" Madrid. McGraw-Hill, 1990
Sáez de Benito Espada J M ^a . "Las tensiones tangenciales en la Flexión". Fondo Editorial de Ingeniería Naval. 1983
Sáez-Benito Espada, J. M ^a "Apuntes de elasticidad y resistencia de materiales según las explicaciones del catedrático José Maria Sáez-Benito tomados durante el curso 1969-70" por Antonio Barrios. Madrid : ETSI Navales, 1976
Samartín Quiroga, Avelino. "Curso de elasticidad" 1 ^a ed. Madrid Bellisco, 1990
Sokolnikoff "Mathematical theory of elasticity", Mc Graw Hill, 1956. §§
Timoshenko S. P. Goodier J "Teoría de la elasticidad", Ed. Urmo. 1968
Torroja "Elasticidad" ed. Dossat. 1967
Vázquez Fernández, Manuel "Resistencia de materiales" Madrid Noela, 2000

	Vega J. L. "Problemas resueltos de elasticidad y resistencia de materiales" Fundación General de la U.P.M. 2004
RECURSOS WEB	Página web de la asignatura http://moodle.upm.es
	En el MIT-OPEN-COURSE-WARE® "Solid Mechanics" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/index.htm
	"Mechanics of materials" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Materials-Science-and-Engineering/index.htm
	"Computer methods in dynamics" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Mechanical-Engineering/index.htm
	"Structural Mechanics" http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/index.htm
EQUIPAMIENTO	Aulas
	Centro de Cálculo
	Biblioteca
	Salas de estudio

Sistema de evaluación de la asignatura

EVALUACION		
Ref	INDICADOR DE LOGRO	Relacionado con RA:
L1	Conocer la definición de sólido elástico lineal	RA1
L2	Comprender y aplicar los conceptos de isotropía, ortotropía y anisotropía	RA1
L3	Conocer las definiciones de tensión y deformación	RA1

L4	Aplicar el principio de reciprocidad	RA1
L5	Conocer y calcular los tensores de tensión y deformación	RA1
L6	Calcular las tensiones y deformaciones principales y comprender su significado	RA1
L7	Conocer y manejar el círculo de Mohr	RA1
L8	Manejar las matrices de giro, esférica y desviadora	RA1
L9	Conocer y manejar las ecuaciones de compatibilidad	RA1
L10	Conocer y manejar las ecuaciones constitutivas de Hooke y Lamé en materiales isotrópicos y conocer la expresión correspondiente a un material cualquiera.	RA1; RA2
L11	Conocer, comprender y manejar las ecuaciones generales de la elasticidad. Navier y Mitchell	RA1; RA2; RA3
L12	Comprender los efectos de las cargas térmicas sobre el sólido elástico y manejar la ecuación de Duhamel	RA5
L13	Conocer y comprender el Principio de Superposición	RA3
L14	Conocer y comprender el Teorema de Clapeyron	RA3
L15	Conocer y comprender el Principio de Saint Venant	RA3
L16	Conocer las diferencias características de los problemas elásticos bidimensionales 2D	RA3; RA4
L17	Comprender y manejar la función de Airy como solución de los problemas 2D	RA3; RA4
L18	Conocer y manejar el Principio de los trabajos virtuales, el Principio de las fuerzas virtuales y el Principio de los desplazamientos virtuales	RA1; RA2; RA3;RA4
L19	Aplicar los teoremas de reciprocidad de Maxwell-Betti y de Mínima energía potencial.	RA1; RA2; RA3;RA4
L20	Conocer, comprender y aplicar los teoremas de Castigliano y Menabrea	RA1; RA2; RA3;RA4
L21	Caracterizar el fenómeno de carga a flexión	RA6
L22	Definir y calcular Momentos Flectores y Esfuerzos cortantes	RA6
L23	Deducir y aplicar la ley de Navier de la Flexión pura	RA6
L24	Deducir y aplicar la ley de Colignon de la Flexión pura	RA6
L25	Deducir y calcular la ecuación de la deformada o elástica de una viga a flexión. Calcular su ecuación general en los casos de cargas continuas o discretas	RA6

L26	Caracterizar el fenómeno de carga a torsión	RA6
L27	Deducir y aplicar la función de Prandtl	RA6
L28	Deducir y aplicar la función de alabeo	RA6
L29	Calcular las cargas y deformadas de vigas a torsión de sección circular	RA6
L30	Calcular las cargas y deformadas de vigas a torsión de sección cualquiera	RA6
L31	Calcular las cargas y deformadas de vigas de pared delgada a torsión	RA6
L32	Conocer la frontera entre pieza de pared delgada y gruesa	RA6
L33	Conocer y aplicar la ecuación de Euler generalizada en el pandeo como inestabilidad estructural	RA6
L34	Calcular uniones atornilladas, remachadas, soldadas y pegadas.	RA6
L35	Aplicar los teoremas de Mohr	RA6
L36	Conocer y aplicar los criterios de deformación plástica	RA7

La tabla anterior puede ser sustituida por la tabla de rúbricas.

EVALUACION SUMATIVA			
BREVE DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES	MOMENTO	LUGAR	PESO EN LA CALIFICACIÓN
Pruebas de evaluación continua	Semanas 4,8,12,15	Aula de dibujo	35% (10% ; 15%; 10%; 15%. respectivamente)
Trabajo individual	Ejercicios semanales		10%
Examen Final	Consultar Calendario	Aula de dibujo	40%

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En las pruebas de evaluación continua será necesario obtener una calificación superior a 2,5 en cada una de ellas para poder optar al aprobado mediante la evaluación continua. La calificación final se obtiene en tal caso sumando las calificaciones de cada uno de los elementos de evaluación señalados en el cuadro anterior contabilizados con su peso porcentual señalado.

Algunos de los indicadores de logro relacionados en las tablas anteriores se consideran fundamentales y serán imprescindibles (aunque no suficientes) para poder obtener una calificación de aprobado en la asignatura. En cada una de las pruebas de evaluación serán señalados adecuadamente y supondrán entre el 10% y el 20% de las preguntas del mismo, siendo necesario obtener un 75% de aciertos en ellos para superar la prueba.

El examen final es obligatorio y tiene un peso del 40% de la nota final.

Cualquier alumno puede decidir acudir solo a la evaluación por la prueba final mediante el procedimiento establecido, es decir presentando la solicitud dirigida al coordinador de la asignatura en el Registro del Centro a lo largo de las dos (2) primeras semanas de clase