



## GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2017/18

### ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

## PLAN 14IB – MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

**Código** 143002003

**Asignatura** CÁLCULO AVANZADO DE ESTRUCTURAS

**Nombre en Inglés** ADVANCED STRUCTURAL ANALYSIS

**Módulo** VEHÍCULOS AEROSPACIALES

**Idiomas** CASTELLANO / INGLÉS

**Curso** PRIMERO

**Semestre** SEGUNDO

**Carácter** OB

**Créditos** 3 ECTS

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Breve descripción de la asignatura.

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

### a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Asignaturas superadas:** Elasticidad y Resistencia de Materiales

**Otros requisitos:**

Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

Conocimientos de Mecánica del Sólido, Cálculo diferencial y Álgebra.

Cálculo de estructuras, formación básica en elementos finitos.

Lenguajes de programación (informática).

### b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Se recomienda tener superadas las Asignaturas:**

**Otros Conocimientos:**

## 3. COMPETENCIAS

- CG1.-** Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.
- CG2.-** Capacidad para planificar, proyectar y controlar los procesos de construcción de infraestructuras, edificios e instalaciones aeroportuarias, así como su mantenimiento, conservación y explotación.
- CG3.-** Capacidad para la dirección general y la dirección técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos aeronáuticos y espaciales.
- CG4.-** Capacidad de integrar sistemas aeroespaciales complejos y equipos de trabajo multidisciplinares.
- CG5.-** Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema aeroespacial.
- CG6.-** Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.
- CG7.-** Competencia para planificar, proyectar, gestionar y certificar los procedimientos, infraestructuras y sistemas que soportan la actividad aeroespacial, incluyendo los sistemas de navegación aérea.
- CG8.-** Competencia para el proyecto de construcciones e instalaciones aeronáuticas y espaciales, que requieran un proyecto integrado de conjunto, por la diversidad de sus tecnologías, su complejidad o por los amplios conocimientos técnicos necesarios.
- CG9.-** Competencia en todas aquellas áreas relacionadas con las tecnologías aeroportuarias, aeronáuticas o espaciales que, por su naturaleza, no sean exclusivas de otras ramas de la ingeniería.
- CG10.-** Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeronáutico.

- CG11.-** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CG12.-** Aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CG15.-** Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CT1.-** Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios, así como cualquier información y documentación en lengua inglesa.
- CT3.-** Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.
- CT4.-** Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.
- CT5.-** Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.
- CT6.-** Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.
- CE-VA-1.-** Aptitud para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales.
- CE-VA-6.-** Conocimiento adecuado de los Materiales Metálicos y Materiales Compuestos utilizados en la fabricación de los Vehículos Aeroespaciales.
- CE-VA-8.-** Conocimientos y capacidades para el Análisis y el Diseño Estructural de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales, incluyendo la aplicación de programas de cálculo y diseño avanzado de estructuras.

#### 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA1.-** Identifica y resuelve problemas aplicando los conocimientos adquiridos (CG1 a CG15).
- RA2.-** Aptitud para proyectar, construir, inspeccionar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales mediante el conocimiento adecuado de materiales y medios de cálculo de dichos vehículos (CE-VA-1, CE-VA-6).
- RA3.-** Conocimientos y capacidades para el análisis y diseño estructural de las aeronaves y vehículos espaciales (CE-VA-8).
- RA4.-** Capacidad para comprender contenidos de documentación y clases en lengua inglesa, trabajar individualmente y en grupo, adoptando soluciones creativas en base a la documentación existente y a la naturaleza del problema, así como la adopción de los juicios pertinentes a partir de los resultados obtenidos.

#### 5. PROFESORADO

**Departamento:** AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES

**Coordinador de la Asignatura:** José María BENÍTEZ BAENA

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
BENÍTEZ BAENA, José María ©	<a href="mailto:josemaria.benitez@upm.es">josemaria.benitez@upm.es</a>	118
CRESPO BARRIOS, José	<a href="mailto:j.crespo@upm.es">j.crespo@upm.es</a>	118
MONTÁNS LEAL, Francisco	<a href="mailto:fco.montans@upm.es">fco.montans@upm.es</a>	118
SANZ GÓMEZ, Miguel Ángel	<a href="mailto:miguelangel.sanz@upm.es">miguelangel.sanz@upm.es</a>	118

Los horarios de tutorías estarán publicados en (especificar la forma y lugar).

## 6. TEMARIO

### Tema 1. INTRODUCCIÓN.

- 1.1. Introducción a la mecánica computacional en medios continuos.

### Tema 2. REPASO BIDIMENSIONAL Y FORMULACIONES MIXTAS.

- 2.1. Conceptos de repaso del Elementos Finitos. Aplicación para distintas ecuaciones diferenciales. Formulaciones y elementos de uso común.
- 2.1. Bloqueo en la solución. Integración selectiva. Elementos no conformes. Formulaciones mixtas.

### Tema 3. COMPLEMENTOS DE PLACAS Y LÁMINAS.

- 3.1. Tensiones y deformaciones en Placas y Láminas. Teoría fundamental de Kirchhoff. Teoría de Reissner-Mindlin. Solución de Rayleigh-Ritz. Elementos finitos en Placas y Láminas.

### Tema 4. COMPLEMENTOS DE ESTABILIDAD. GRANDES DESPLAZAMIENTOS Y PANDEO.

- 4.1. Repaso al concepto de Pandeo y carga crítica. Pandeo elástico e inelástico. Modos de Pandeo. Matriz de Rigidez geométrica. Cálculo computacional de autovalores y autovectores en pandeo.

### Tema 5. COMPLEMENTOS DE DINÁMICA.

- 5.1. Cálculo computacional de autovalores y autovectores en problemas dinámicos. Algoritmos de integración en el tiempo.

### Tema 6. MEF NO LINEAL.

- 6.1. Descomposición en parte esférica y desviadora.

### Tema 7. CONTACTO.

- 7.1. Formulación no lineal del problema. Formulación de Penalización y por Multiplicadores de Lagrange. Contacto con rozamiento.

### Tema 8. PLASTICIDAD EN PEQUEÑAS DEFORMACIONES.

- 8.1. Plasticidad Computacional en deformaciones infinitesimales.

### Tema 9. GRANDES DEFORMACIONES.

- 9.1. Gradiente de deformaciones. Deformaciones finitas. Descomposición polar y Tensores de deformación. Tensores conjugados de trabajo.

### Tema 10. HIPERELASTICIDAD.

- 10.1. Objetividad e invarianza. Comportamiento de polímeros y materiales biológicos. Modelos hiperelásticos.

### Tema 1. PLASTICIDAD EN GRANDES DEFORMACIONES.

- 11.1. Modelos reológicos. Funciones de fluencia y relajación. Enfoque energético. Viscosidad: motivación micromecánica. Curvas de comportamiento. Modelos de creep. Termoviscoplasticidad.

## 7. PLAN DE TRABAJO

### a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Tema 1			
2	Tema 2	Si		
3	Tema 3			
4	Tema 3	Si		
5	Tema 4			
6	Tema 4	Si		
7	Tema 5			
8	Tema 5	Si		
9	Tema 6			
10	Tema 6	Si		
11	Tema 7			
12	Tema 8	Si		
13	Tema 9			
14	Tema 9	Si		
15	Tema 10	Si		
16	Tema 11			

### b) Actividades formativas.

Actividades formativas	CT	CP	PL	TIE	TP	EP	Otros*
<b>ECTS: 3</b>	0,5	0,2	0,5	0,5		1,3	

CT: CLASES DE TEORÍA  
 CP: CLASES DE PROBLEMAS  
 PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
 TIE: TRABAJOS INDIVIDUALES O EN EQUIPO  
 TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS  
 EP: ESTUDIO Y TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNO  
 \*Otros (especificar):

### c) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	LM	PBL	RPA/MC	EIP	PL	Otros*
<b>SI / NO</b>	X	X			X	X

LM: LECCIÓN MAGISTRAL  
 PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS  
 RPA/MC: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA / MÉTODO DEL CASO  
 EIP: EXPOSICIÓN DE INFORMES Y PROYECTOS  
 PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
 \*Otros (especificar):

## 8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

### a) Tribunal de Evaluación.

<b>Presidente:</b>	Francisco Javier MONTÁNS LEAL
<b>Vocal:</b>	Miguel Ángel SANZ GÓMEZ
<b>Secretario:</b>	José María BENITEZ BAENA
<b>Suplente:</b>	José CRESPO BARRIOS

### b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
16	Examen final	presencial	test	2h	100	5	

### c) Criterios de Evaluación.

La nota final del curso (NF) se compone de los siguientes grupos de actividades:

- Nota examen (NE)
- Final Ordinario (E1) convocatoria ordinaria oficial de la asignatura.

La nota final de la asignatura (NF) se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:  $NF = NE$

Para aprobar la asignatura es necesario que la nota final (NF) sea mayor o igual que 5.0.

La nota de examen (NE) se obtiene de la superación de los exámenes parcial y final (el que corresponda):  
 $NE = E1$

Todos los exámenes se superan con una nota mayor o igual a 5.0.

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
K. J. BATHE. "Finite Element Procedures". Prentice Hall, 2006.	Bibliografía	
T.J.R. HUGHES. "The Finite Element Method Linear Static and Dynamic Analysis". Dover, 2005.	Bibliografía	
O.C. ZIENKIEWICZ & R. TAYLOR. "The Finite Element Method". Ed. Varios editores y volúmenes.	Bibliografía	
E. ALARCÓN, R. ÁLVAREZ, M.S. GÓMEZ. "Cálculo Matricial de Estructuras". Ed. Reverte, 1990.	Bibliografía	
E. OÑATE. "Cálculo de estructuras por el método de los elementos finitos". CIMNE, 1995.	Bibliografía	

Descripción	Tipo	Observaciones
GERHARD A. HOLZAPFEL. "Nonlinear Solid Mechanics: A Continuum Approach for Engineering". John Wiley & Sons, 2001.	Bibliografía	
J. BONET, R.D. WOOD. "Nonlinear Continuous Mechanics for F.E. Analysis". Cambridge.	Bibliografía	
PRZEMIENIECKI. "Theory of Matrix Structures Analysis". Dover, 1985.	Bibliografía	
R.D. COOK. "Finite Element Modelling for Stress-Analysis". Wiley, 1995.	Bibliografía	
R.D. COOK, D.S. MALKUS PLESHA. "Concepts and applications of Finite Element Analysis". Wiley, 2001.	Bibliografía	
A.F. BOWER. "Applied Mechanics of Solids". CRC Press, 2010.	Bibliografía	
J. N. REDDY. "Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells". CRC Press Contented, Second Edition, 2006.	Bibliografía	
TIMOSHENKO & S. WOINOWSKY – KRIEGER. "Theory of Plates and Shells". Ed. McGraw Hill Book Company.	Bibliografía	
SZILARD R. "Theory and analysis of plates". Prentice Hall Inc, 1995.	Bibliografía	
S.P. TIMOSHENKO. "Theory of Elastic Stability". Ed. McGraw Hill.	Bibliografía	
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos Web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes básicos de la asignatura, enlaces, test de autoevaluación, ejercicios propuestos y resueltos, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.
Laboratorio	Equipamiento	En el laboratorio los alumnos dispondrán del material e instrumentos necesarios para realizar las prácticas programadas de la asignatura.
Aulas Informáticas	Equipamiento	En las aulas informáticas los alumnos dispondrán del material necesario, hardware y software, para el desarrollo de las clases.

## 10. OTRA INFORMACIÓN