



## GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2016/17

### 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 14IA - GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

**Código** 145007106

**Asignatura** MEF Y CFD

**Nombre en Inglés** FEM & CFD

**Materia** COMPLEMENTOS DE LA TECNOLOGÍA AEROESPACIAL

**Especialidad** VA

**Idiomas** CASTELLANO

**Curso** CUARTO

**Semestre** SÉPTIMO

**Carácter** OBE

**Créditos** 4,5 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:

- Física I y II.
- Matemáticas I y II.
- Informática.
- Mecánica de Fluidos.
- Resistencia de Materiales y Elasticidad.

#### Otros requisitos:

- Conocimientos de Mecánica del Sólido, Mecánica de Fluidos, Cálculo Diferencial y Álgebra.
- Lenguajes de programación de alto nivel (informática).
- Matlab.

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

Se recomienda tener superadas las Asignaturas:

Otros Conocimientos:

## 3. COMPETENCIAS

- CG3.-** Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos.
- CG4.-** Capacidad para integrarse y formar parte activa de equipos de trabajo. Trabajo en equipo.
- CG6.-** Uso de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.
- CG9.-** Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo.
- CE22.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: La mecánica de fractura del medio continuo y los planteamientos dinámicos, de fatiga de inestabilidad estructural y de aeroelasticidad.
- CE24.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los fundamentos de la mecánica de fluidos que describen el flujo en todos los regímenes, para determinar las distribuciones de presiones y las fuerzas sobre las aeronaves.
- CE27.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: los métodos de cálculo de diseño y proyecto aeronáutico; el uso de la experimentación aerodinámica y de los parámetros más significativos en la aplicación teórica; el manejo de las técnicas experimentales, equipamiento e instrumentos de medida propios de la disciplina; la simulación, diseño, análisis e interpretación de experimentación y operaciones en vuelo; los sistemas de mantenimiento y certificación de aeronaves.

## 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

**RA01.-** Comprensión de los procedimientos básicos de la dinámica de fluidos computacional.

**RA02.-** Comprensión del método de los elementos finitos.

**RA03.-** Resolución de problemas relativamente complejos en mecánica de medios continuos mediante la selección del modelo de comportamiento y de la formulación adecuada para el mismo.

## 5. PROFESORADO

**Departamento:** AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES - MECÁNICA DE FLUIDOS Y PROPULSIÓN AEROESPACIAL.

**Coordinador de la Asignatura:** José María Benítez Baena.

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
José María Benítez Baena (C)	josemaria.benitez@upm.es	118
Miguel Angel Sanz Gómez	miguelangel.sanz@upm.es	118
Marcos Latorre Ferrús	m.latorre.ferrus@upm.es	118
Mar Miñano Núñez	mar.mnunez@upm.es	118
Jose Crespo Barrios	jcrespo.@upm.es	111
Vassilis Theofilis	vassilios.theofilis@upm.es	Fluidos 8
José Miguel Pérez Pérez	<a href="mailto:josemiguel.perez@upm.es">josemiguel.perez@upm.es</a>	Fluidos 9

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

## 6. TEMARIO

### BLOQUE 1

Tema 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Introducción a la mecánica computacional en medios continuos.

Tema 2. RELACIONES ENTRE EL CÁLCULO MATRICIAL Y EL M.E.F.

2.2. Conceptos de repaso del cálculo matricial de estructuras. 2.3. Concepto de rigidez: montaje de elementos estructurales en la matriz.

Tema 3. IDEAS DETRÁS DEL M.E.F.

3.1. Aplicación para distintas ecuaciones diferenciales. 3.2. Formulaciones de uso común.

Tema 4. ELEMENTOS DEL MEDIO CONTINUO.

4.1. Polinomios de Hermite en vigas. 4.2. Formulación Isoparamétrica 2D/3D. 4.3. Tipología de elementos: lagrangianos y serendipitos.

Tema 5. ELEMENTOS ESTRUCTURALES PLANOS.

5.1. Problemas de placas, láminas y membranas.

Tema 6. PROBLEMAS CON NO LINEALIDADES.

6.1. Implementación de ecuaciones constitutivas no lineales. Resolución de problemas no lineales.

Tema 7. PROBLEMAS DE PANDEO Y DINÁMICOS.

7.1. Cálculo computacional Pandeo: autovalores y autovectores en Estabilidad Estática y en Dinámica. Algoritmos de integración en el tiempo.

## BLOQUE 2

Tema 8. INTRODUCCIÓN AL C.F.D.

8.1. Breve historia de CFD. 8.2. Campos de aplicación: éxitos y limitaciones. 8.3. Perspectivas futuras.

Tema 9. TRABAJANDO CON EL ORDENADOR.

9.1. Representación aritmética: precisión sencilla y doble. 9.2. Arquitectura del ordenador: Procesador, memoria compartida y distribuida, disco duro, redes. 9.3. Introducción a lenguajes de programación.

Tema 10. ECUACIONES DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS.

10.1. Revisión matemática: Introducción a Ecuaciones en Derivadas Parciales. Clasificación de EDPs: Hiperbólicas, Parabólicas, Elípticas. 10.2. Las ecuaciones de Navier-Stokes compresibles en coordenadas cartesianas; en coordenadas curvilíneas ortogonales. 10.3. Casos límite de las ecuaciones generales: Flujo incompresible, flujo potencial, capa límite. 10.4. Flujo laminar y turbulento, Modelización de la Turbulencia.

Tema 11. DISCRETIZACIÓN TEMPORAL.

11.1 Esquemas explícitos, implícitos y multipaso. 11.2 Estabilidad de esquemas de discretización.

Tema 12. DISCRETIZACIÓN ESPACIAL.

12.1. Mallas regulares, no-estructuradas, híbridas. 12.2. Mallas regulares: transformación de coordenadas. 12.3. Esquemas de diferencias finitas, volúmenes finitos y elementos finitos. 12.4. Método de paneles.

Tema 13. APLICACIONES.

13.1. Ecuaciones hiperbólicas, parabólicas y elípticas. 13.2. La ecuación de Burgers viscosa.

Tema 14. INTRODUCCIÓN A OPENFOAM.

14.1. Herramientas de mallado. 14.2. Solvers incompresibles y compresibles. 14.3. Visualización y utilidades de postproceso. 14.4. Ejemplos de flujo incompresible y compresible.

## 7. PLAN DE TRABAJO

### a) Cronograma.

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Tema 1 - LM			
2	Tema 2 - LM			
3	Tema 3 - LM			
4	Tema 4 - LM			
5	Tema 5 - LM			
6	Tema 6 - LM			
7	Tema 7 - LM			
8	Prácticas computacionales - RPA		Prácticas presenciales con el ordenador (Adina o Nastran)	

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
9	Tema 8 – 9 – 10 LM Duración Tema 8: 1h LM Duración Tema 9: 1h RPA Duración Tema 10: 2h			
10	Tema 11 LM Duración Tema 8: 4h			
11	Tema 11 – 12 LM Duración Tema 11: 2h LM Duración Tema 12: 2h			
12	Tema 12: LM Duración Tema : 2h			
13	Tema 12 LA Duración Tema 12: 4h			Examen Evaluación continua: DFC POPF: Prueba objetiva parcial/final Duración Examen: 2h
14	Tema 12 - 13 RPA Duración Tema 12: 2h LM Duración Tema 13: 2h			

#### b) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	EPD	LM	PL	RPA	TP	Otros*
ECTS	1,9	1,1		1,3		

LM: LECCIÓN MAGISTRAL

PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO

RPA: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA

TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS

\*Otros (especificar):

## 8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

### a) Tribunal de Evaluación.

<b>Presidente:</b>	José María BENÍTEZ BAENA
<b>Vocal:</b>	Miguel Ángel GÓMEZ SANZ
<b>Secretario:</b>	Marcos Latorre Ferrús
<b>Suplente:</b>	Mar Miñano Núñez

### b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
7	-						
13	POPF: Prueba objetiva parcial/final DFC (bloque 2)			2	50		

### c) Criterios de Evaluación.

#### **Evaluación MEF** (Temas 8-14)

Temas 1-7. Examen presencial: obtener una nota mayor o igual a 5.0 en el examen (aprobado)

#### **Evaluación DFC** (Temas 8-14)

La parte de DFC se divide en dos partes: (a) Introducción, método de paneles, diferencias finitas y discretización temporal (de T8 a T12.4) (b) Volúmenes finitos (T12.5), Lattice Boltzmann y/o espectrales y/o elementos finitos (T12.5) y T14

La evaluación continua se realizará mediante exámenes presenciales de la parte teórica ((a) y (b)) las cuales se corresponden con el 100% de la nota total. Para hacer media en la parte de DFC se exigirá unos criterios mínimos en cada una de las partes (a) y (b). No se realizará la media de los dos partes si la nota de cualquier parcial es inferior al 30% de la nota máxima de dicho parcial. El alumno deberá presentarse al examen ordinario y/o extraordinario en caso de que suceda lo anterior. El alumno aprobará por parciales la parte DFC de la asignatura si la promedia de los parciales es mayor o igual que 5.

Opcionalmente los alumnos podrán presentar trabajos de DFC para subir nota en esta parte, hasta un máximo de dos puntos a añadir a la nota final, siendo el máximo a obtener de 10 puntos en dicha parte.

#### **Evaluación final:**

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

- Final ordinario (E1mef) convocatoria ordinaria oficial de la asignatura
- Parcial DFC (P2dfc) coincidente con el examen final

- Final ordinario (E2dfc) convocatoria ordinaria oficial de la asignatura
- Todos los exámenes se superan con una nota mayor o igual a 5.0.

La nota final de la asignatura (NF) se calcula de acuerdo a una regla proporcional al peso de cada parte de la asignatura (mef, dfc), y según los parciales previamente liberados (P1mef, P2cfd):

$$NF = E1mef * 0.5 + O(P2dfc, E2dfc, trabajos opcionales) * 0.5$$

Para aprobar la asignatura es necesario que la nota final ponderada al 50% entre los bloques 1 (mef) y 2 (dfc) sea 5.0. Es necesario una nota mayor o igual a 3.0 en cada una de las partes.

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
K. J. BATHE. "Finite Element Procedures". Ed. Prentice Hall, 2006.	Bibliografía	
T. J. R. HUGHES. "The Finite Element Method Linear Static and Dynamic Analysis". Ed. Dover, 2005.	Bibliografía	
O. C. ZIENKIEWICZ Y R. TAYLOR. "The Finite Element Method". 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	
J. E. AKIN. "Finite Elements for Analysis and Design". Ed. Academic Press.	Bibliografía	
J. BONET Y R.D. WOOD. CAMBRIDGE. "Nonlinear Continuos Mechanics for F. E. Analysis".	Bibliografía	
PRZEMIENIECKI. "Theory of Matrix Structures Analysis". Ed. Dover, 1985.	Bibliografía	
R.D. COOK. "Finite Element Modelling for Stress-Analysis". Wiley, 1995.	Bibliografía	
R.D. COOK, D.S. MALKUS Y PLESHA. "Concepts and applications of Finite Element Analysis". Ed. Wiley, 2001.	Bibliografía	
J. C. TANNEHILL, D. A. ANDERSON Y R. H. PLETCHER. "Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer". Ed. Taylor & Francis.	Bibliografía	
J. D. ANDERSON JR. "Computational Fluid Dynamics". Ed. McGraw Hill.	Bibliografía	
R. J. LEVEQUE. "Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems". Ed. Cambridge Texts in Applied Mathematics.	Bibliografía	

Descripción	Tipo	Observaciones
P. MOIN. "Fundamentals of Numerical Analysis". Ed. Cambridge University Press.	Bibliografía	
<a href="http://www.cfd-online.com">www.cfd-online.com</a>	Recursos Web	
<a href="http://www.openfoam.com">www.openfoam.com</a>	Recursos Web	
openfoamwiki.net	Recursos Web	
<a href="http://www.paraview.org">www.paraview.org</a>	Recursos Web	
ADINA y Visual Nastran (software preinstalado).	Equipamiento	
OpenFoam & ParaView (software preinstalado).	Equipamiento	

## 10. OTRA INFORMACIÓN