



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del
Espacio

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

145007106 - Mef Y Cfd

PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	11
7. Actividades y criterios de evaluación.....	14
8. Recursos didácticos.....	16
9. Otra información.....	18

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	145007106 - Mef y Cfd
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
Centro responsable de la titulación	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Ismael Ben-Yelun Insenser	14C.01.014.1	i.binsenser@upm.es	L - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00
Miguel Angel Sanz Gomez (Coordinador/a)	14C.01.014.2	miguelangel.sanz@upm.es	L - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00
Francisco Javier Montans Leal	14C.01.013.0	fco.montans@upm.es	L - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00

Jose Maria Benitez Baena	14C.01.014.2	josemaria.benitez@upm.es	L - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00
Jose Miguel Perez Perez	14A.SI.046.0	josemiguel.perez@upm.es	Sin horario. A acordar con los alumnos
Roque Corral Garcia	14A.SI.046.0	roque.corral@upm.es	Sin horario. A acordar con los alumnos
Alberto Badias Herbera	14C.01.014.1	alberto.badias@upm.es	L - 11:00 - 14:00 X - 11:00 - 14:00

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Matematicas Ii
- Física Ii
- Resistencia De Materiales Y Elasticidad
- Informatica
- Mecanica De Solidos
- Matematicas I
- Mecanica De Fluidos
- Fisica I

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Aeroespacial no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

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

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

4.2. Resultados del aprendizaje

RA47 - Comprensión de los procedimientos básicos de la dinámica de fluidos computacional.

RA37 - Comprensión del método de los elementos finitos.

RA38 - 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. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

BLOQUE 1 (MEF)

Tema 1. Introducción al MEF en el cálculo de estructuras y sólidos.

1.1. Introducción a la mecánica computacional en medios continuos.

1.2. Aplicación del MEF a las ecuaciones diferenciales de la elasticidad lineal.

Tema 2. Herramientas del MEF en el cálculo de estructuras y sólidos.

2.1. El cálculo matricial y el M.E.F en elasticidad lineal.

2.2. Imposición de condiciones de contorno: condiciones SPC y MPC.

2.2.1. Condensación estática de matrices.

2.2.2. Procedimiento de la penalización.

2.2.3. Procedimiento de los multiplicadores de Lagrange.

2.2.4. Procedimientos con elementos master y slave.

2.3. Utilización MPCs y de mallas no conformes.

2.4. Funciones de Forma e Integración numérica.

Tema 3. Elementos finitos unidimensionales: elementos barra y viga

3.1. Elementos unidimensionales en formulación isoparamétrica.

3.2. Elementos unidimensionales axiales de tipo barra.

3.3. Elementos unidimensionales de torsión (árbol de torsión).

3.4. Elementos unidimensionales de tipo viga (vigas de Bernoulli y de Timoshenko).

Tema 4. Elementos finitos del Medio Continuo: elementos sólidos

4.1. Elementos sólidos en el plano y su formulación isoparamétrica: elementos 2D sólido.

4.2. Elementos de orden superior: lagrangianos y serendípticos.

4.3. Elementos axilimétricos de revolución.

4.4. Elementos sólidos 3D.

Tema 5. Elementos finitos estructurales planos: elementos tipo shell (placa y membrana)

5.1. Formulación de elementos planos: elemento membrana.

5.2. Formulación de elementos planos en flexión: elemento placa.

5.2. Aplicación operativa del elemento shell.

Tema 6. Método de los elementos finitos en estructuras y sólidos: herramientas de computación. Prácticas computacionales con herramientas comunes de cálculo (Patran-Nastran, Adina, Hyperworks-Optistruct, LS-Dyna, Calculix).

6.1. Estructuras con elementos 1D barra y viga.

6.2. Sólidos con elementos volumétricos 2D y 3D sólidos.

6.3. Sólidos con elementos shell.

6.4. Estructuras aeronáuticas.

BLOQUE 2 (DFC)

Tema 7. Introducción y conceptos básicos de MEF-DFC.

7.1. Mecánica Fluidos Computacional: Relevancia y evolución con el tiempo.

7.2. Ecuaciones de Euler y Navier-Stokes (1D)

7.3. Fundamentos de Transmisión de Ondas: Representación de Fourier.

Tema 8. Fundamentos del método de Líneas 1D

8.1 Discretización Espacial: Esquemas Centrados y Descentrados.

8.2 Discretización Temporal: Métodos Explícitos e Implícitos.

Tema 9. Introducción a las discretizaciones temporales.

9.1. Esquemas Explícitos.

9.2 Esquemas Implícitos

Tema 10. Introducción a las discretizaciones espaciales.

10.1. Análisis en múltiples dimensiones de ecuaciones escalares

10.2 Discretización de las Ecuaciones de Euler 1D.

Tema 11. Métodos Industriales

11.1 Métodos de Aceleración de la Convergencia.

11.2 Generación de Mallas.

11.3 Método de los Volúmenes Finitos.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción al MEF en el cálculo de estructuras y sólidos.

1.1. Introducción a la mecánica computacional en medios continuos.

1.2. Aplicación del MEF a las ecuaciones diferenciales de la elasticidad lineal.

2. Herramientas del MEF en el cálculo de estructuras y sólidos.

2.1. El cálculo matricial y el M.E.F en elasticidad lineal.

2.2. Funciones de Forma e Integración numérica.

2.3. Imposición de condiciones de contorno: condiciones SPC y MPC.

2.4. Utilización de mallas no conformes y MPCs.

3. Elementos finitos unidimensionales: elementos barra y viga.

3.1. Elementos unidimensionales en formulación isoparamétrica

3.2. Elementos unidimensionales axiles de tipo barra.

3.3. Elementos unidimensionales de torsión (árbol de torsión)

3.4. Elementos unidimensionales de tipo viga (vigas de Bernoulli y de Timoshenko).

4. Elementos finitos del Medio Continuo: elementos sólidos.
 - 4.1. Elementos sólidos en el plano y formulación isoparamétrica: elementos 2D sólido.
 - 4.2. Elementos de orden superior: lagrangianos y serendípitos.
 - 4.3. Elementos sólidos 3D: elementos axilsimétricos de revolución y elementos 3D sólido.
5. Elementos finitos estructurales planos: elementos tipo shell (placa y membrana).
 - 5.1. Formulación de elementos planos: elemento membrana.
 - 5.2. Formulación de elementos planos en flexión: elemento placa.
 - 5.3. Aplicación operativa del elemento shell.
6. Método de los elementos finitos: herramientas de computación
 - 6.1. Estructuras con elementos 1D barra y viga
 - 6.2. Sólidos con elementos volumétricos 2D y 3D sólidos
 - 6.3. Sólidos con elementos shell
 - 6.4. Estructuras aeronáuticas
7. Introducción y conceptos básicos de DFC.
 - 7.1. Mecánica Fluidos Computacional: Relevancia y evolución con el tiempo.
 - 7.2. Ecuaciones de Euler y Navier-Stokes (1D)
 - 7.3. Fundamentos de Transmisión de Ondas: Representación de Fourier.
8. Fundamentos del método de Líneas 1D
 - 8.1. Discretización Espacial: Esquemas Centrados y Descentrados.
 - 8.2. Discretización Temporal: Métodos Explícitos e Implícitos.
9. Introducción a las discretizaciones temporales.
 - 9.1. Esquemas Explícitos.
 - 9.2. Esquemas Implícitos
10. Introducción a las discretizaciones espaciales.
 - 10.1. Análisis en múltiples dimensiones de ecuaciones escalares
 - 10.2. Discretización de las Ecuaciones de Euler 1D.
11. Métodos Industriales
 - 11.1. Métodos de Aceleración de la Convergencia.
 - 11.2. Generación de Mallas.

11.3. Método de los Volúmenes Finitos.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Tema 1. MEF Introducción al MEF en el cálculo de estructuras y sólidos. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2. MEF Herramientas del MEF en el cálculo de estructuras y sólidos. . Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 7. DFC Introducción y conceptos básicos de MEF-DFC.. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Tema 2. MEF Herramientas del MEF en el cálculo de estructuras y sólidos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 7. DFC Introducción y conceptos básicos de MEF-DFC.. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Tema 2 MEF. Ejercicios computacionales Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 8. DFC Fundamentos del método de Líneas 1D. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Tema 3. MEF Elementos finitos unidimensionales: elementos barra y viga. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 8. DFC Fundamentos del método de Líneas 1D. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p>Tema 3. MEF. Ejercicios computacionales Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 9. DFC Introducción a las discretizaciones temporales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

6	<p>Tema 3. MEF Elementos finitos unidimensionales: elementos barra y viga. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 9. DFC Introducción a las discretizaciones temporales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p>Tema 3. MEF. Ejercicios computacionales Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 9. DFC Introducción a las discretizaciones temporales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p>Tema 4. MEF Elementos finitos del Medio Continuo: elementos sólidos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 9. DFC Introducción a las discretizaciones temporales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p>Tema 4. MEF: Ejercicios computacionales Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 10. DFC Introducción a las discretizaciones espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p>Tema 5. MEF Elementos finitos estructurales planos: elementos tipo shell (placa y membrana). Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 10. DFC Introducción a las discretizaciones espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p>Tema 5. MEF. Ejercicios computacionales Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 10. DFC Introducción a las discretizaciones espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

12	Tema 11. DFC Métodos industriales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 6. MEF. Prácticas computacionales con herramientas comunes de cálculo. Elementos 1D. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	Tema 11. DFC Métodos Industriales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 6. MEF. Prácticas computacionales con herramientas comunes de cálculo. Elementos 2D sólidos y shell Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	Tema 11. DFC Métodos industriales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 6. MEF. Prácticas computacionales con herramientas comunes de cálculo. Elementos volumétricos sólidos 3D Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15	Tema 11. DFC Métodos industriales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 6. MEF. Prácticas computacionales con herramientas comunes de cálculo. Estructuras aeronáuticas. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Prueba de evaluación intermedia parcial de MEF EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 Prueba de evaluación intermedia parcial de DFC EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
16				Evaluación en convocatoria ordinaria del bloque de MEF, y del bloque de DFC. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 04:00
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Prueba de evaluación intermedia parcial de MEF	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CG9 CG3 CG6
15	Prueba de evaluación intermedia parcial de DFC	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CG9 CG3 CG6

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Evaluación en convocatoria ordinaria del bloque de MEF, y del bloque de DFC.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG9 CG3 CG6

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Evaluación en convocatoria extraordinaria del bloque de MEF y del bloque de DFC, ambos bloques se evalúan a prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	CG9 CG3 CG6

7.2. Criterios de evaluación

Evaluación MEF (Temas 1-6): EVALUACION PROGRESIVA

- Pruebas de evaluación intermedia: cuestionarios tipo test que representarán un 100% de la calificación por evaluación progresiva.
- Convocatoria de examen ordinario: cuestionario tipo test que representará un 100% de la calificación, para aquellos estudiantes que no superasen la evaluación progresiva
- Convocatoria de examen extraordinario: cuestionario tipo test que representará un 100% de la calificación final de convocatoria extraordinaria.

Las pruebas de evaluación intermedia y los exámenes ordinario y extraordinario, consistirán en un cuestionario de tipo test con un número variable de cuestiones, de entre 10 y 16. Cada cuestión contendrá 5 opciones de respuesta única, donde cada cuestión con respuesta positiva sumará 1 punto, y cada cuestión con respuesta negativa restará 0.3 puntos. El cómputo total de la nota del cuestionario se realizará en una escala de 0 a 10, de forma lineal al número de cuestiones contenidas.

En todo caso, para superar la parte de MEF de la asignatura, en cualquiera de sus convocatorias, y aunque no contabilice en la nota de evaluación, es obligatorio haber realizado alguno de los ejercicios prácticos llevados a cabo en las prácticas de laboratorio computacionales recogidas en el cronograma de la asignatura.

Evaluación DFC (Temas 7-12): EVALUACIÓN PROGRESIVA

- Pruebas de evaluación intermedia: cuestionarios tipo test que representarán un 100% de la calificación por evaluación progresiva.
- Convocatoria de examen ordinario: cuestionario tipo test que representará un 100% de la calificación si no se superase la evaluación progresiva.
- Convocatoria de examen extraordinario: cuestionario tipo test que representará un 100% de la calificación final de convocatoria extraordinaria.

Las pruebas de evaluación intermedia y los exámenes ordinario y extraordinario consistirán en un cuestionario de tipo test con un número variable de cuestiones.

Evaluación conjunta de la asignatura

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

- Parte de MEF (50% de la nota final de la asignatura)
- Parte de DFC (50% de la nota final de la asignatura)

Para obtener el aprobado es necesario obtener una nota mínima de 5 en ambas partes.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	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	
PRZEMIENIECKI. Theory of Matrix Structures Analysis. Ed. Dover, 1985.	Bibliografía	
J. Fish, T. B. Belytschko "A First Course in Finite Elements" 2007	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	
P. MOIN. Fundamentals of Numerical Analysis. Ed. Cambridge University Press.	Bibliografía	
Patran-Nastran y/o Hyperworks-Optistruct (software preinstalado).	Equipamiento	Software preinstalado en el Escritorio Virtual UPM-ETSIAE
MSC_Nastran_2023.3_Getting_Start_ed_Guide.pdf	Bibliografía	Manual de uso de Nastran
Grader Mathworks	Recursos web	Herramienta computacional de autoevaluación
Matlab Online	Recursos web	Cloud Computing de Matlab
Teams	Recursos web	Trabajo colaborativo de Microsoft
Moodle	Recursos web	Plataforma de telenseñanza

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura