

## 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** 143002002

**Asignatura** AEROELASTICIDAD AVANZADA

**Nombre en Inglés** ADVANCED AEROELASTICITY

**Módulo** VEHÍCULOS AEROESPACIALES Y SISTEMAS DE PROPULSIÓN

**Idiomas** CASTELLANO

**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:** Aerodinámica Avanzada

**Otros requisitos:**

Vibraciones y Aeroelasticidad de GIA.

### 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.
- 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.
- CG6.-** Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.
- 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.
- 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.
- CT2.-** Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

- 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.
- CT7.-** Capacidad para trabajar en contextos internacionales.
- CE-VA-4.-** Aplicación de los conocimientos adquiridos en distintas disciplinas a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad.
- CE-VA-9.-** Capacidad para diseñar, ejecutar y analizar los Ensayos en Tierra y en Vuelo de los Vehículos Aeroespaciales, y para llevar a cabo el proceso completo de Certificación de los mismos.
- CE-SP-4.-** Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Interna. Aplicación de las mismas, junto con otras disciplinas, a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad de Sistemas Propulsivos.

#### 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA1.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los métodos aplicados al estudio de la respuesta de aeronaves frente a cargas no estacionarias.
- RA2.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los sistemas vibratorios de múltiples grados de libertad.
- RA3.-** Elaborar informes y documentación a partir de la información suministrada utilizando bibliografía y fuentes de conocimiento adecuados.
- RA4.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los métodos aplicados al estudio aeroelástico.
- RA5.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de la aeroelasticidad de ala, desde el punto de vista estático (problemas de divergencia torsional y de inversión de mando) y dinámico (problemas de flameo, bataneo y ráfagas).
- RA6.-** Conocimiento y comprensión de los aspectos más importantes de la aeroelasticidad experimental, y más concretamente de los ensayos en tierra y en vuelo de las aeroestructuras.

#### 5. PROFESORADO

**Departamento:** AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES

**Coordinador de la Asignatura:** Pablo García-Fogeda Núñez

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
ARÉVALO LOZANO, Félix	<a href="mailto:felix.arevalo@upm.es">felix.arevalo@upm.es</a>	DVA-105
CHIMENO MANGUÁN, Marcos	<a href="mailto:marcos.chimeno@upm.es">marcos.chimeno@upm.es</a>	DVA-105
GARCÍA-FOGEDA NÚÑEZ, Pablo	<a href="mailto:pablo.garciafogeda@upm.es">pablo.garciafogeda@upm.es</a>	DVA-105

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

## 6. TEMARIO

Tema 1. SISTEMAS CONTINUOS Y SISTEMAS DISCRETOS.

1.1. Características de un sistema con distribuciones de masa y rigidez. 1.2. Aproximación de un sistema continuo por un sistema de un número finito de grados de libertad en coordenadas modales. 1.3. Aproximaciones de sistemas continuos por sistemas de un solo grado de libertad.

Tema 2. MÉTODOS APROXIMADOS PARA LA RESOLUCIÓN DE SISTEMAS CONTINUOS.

2.1. Método de Rayleigh-Ritz. 2.2. Matriz de rigidez consistente. 2.3. Matriz de Masas consistente y matriz de masas puntuales. 2.4. Vector de cargas dinámicas consistente. 2.5. Métodos numéricos para el cálculo de las frecuencias y modos propios. 2.6. Método de Guyan de reducción de coordenadas generalizadas.

Tema 3. AEROELASTICIDAD ESTÁTICA DE ALAS.

3.1. Alas rectas de gran alargamiento. Modelo unidimensional. 3.2. Alas con flecha. Acoplamiento flexión-torsión. 3.3. Acoplamiento fluido-estructura para el cálculo de divergencia e inversión del mando.

Tema 4. AEROELASTICIDAD DINÁMICA DE ALAS.

4.1. Método de la superficie sustentadora para alas en régimen compresible. 4.2. Ecuaciones del acoplamiento fluidoestructura en el dominio de la frecuencia. 4.3. Aplicación al cálculo de flameo y a la respuesta a la turbulencia atmosférica.

Tema 5. AEROELASTICIDAD AVANZADA.

5.1. Ecuaciones del acoplamiento fluidoestructura en el dominio de la Laplace. Aeroelasticidad en el dominio de Laplace. 5.2. Aeroelasticidad no lineal: No linealidades estructurales, no linealidades aerodinámicas, oscilaciones de ciclo límite. 4.3. Aeroservoelasticidad.

Tema 6. ENSAYOS DE DINÁMICA ESTRUCTURAL Y AEROELASTICIDAD.

6.1. Ensayos de vibración en tierra (GVT): Motivación del ensayo GVT, Hardware, software y desarrollo del ensayo, Ajuste del modelo de elementos finitos a GVT. 6.2. Ensayos de vibración en vuelo (FVT): Motivación del ensayo FVT, Instrumentación, telemetría, software y desarrollo del ensayo, Ajuste del modelo aeroelástico al FVT.

## 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 horas			
2	Tema 2. Apartados 2.1 y 2.2 LM, 2 horas			

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
3	<b>Tema 2.</b> Apartados 2.3 y 2.4 LM, 2 horas			
4	<b>Tema 2.</b> Apartado 2.5 y 2.6 LM, 2 hora			
5	<b>Tema 2.</b> RPA, 2 horas			
6	<b>Tema 3.</b> Apartado 3.1 LM, 2 horas			
7	<b>Tema 3.</b> Apartados 3.2 y 3.3 LM, 2 horas			
8	<b>Tema 3.</b> RPA, 2 horas			
9	<b>Tema 4.</b> Apartado 4.1 LM, 2 horas			
10	<b>Tema 4.</b> Apartado 4.1 LM, 2 horas			
11	<b>Tema 4.</b> Apartado 4.3 LM, 2 horas			
12	<b>Tema 4.</b> RPA, 2 horas			
13	<b>Tema 5.</b> Apartados 5.1 LM 2 horas			
14	<b>Tema 5.</b> Apartado 5.2 y 5.3 LM, 2 horas			
15	<b>Tema 6.</b> Apartado 6.1 LM 2 horas			
16	<b>Tema 6.</b> Apartado 6.2 LM 2 horas			

**b) Actividades formativas.**

Actividades formativas	CT	CP	PL	TIE	TP	EP	Otros*
<b>ECTS 3</b>	1	0,5			0,2	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*
SI / NO	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.

**Presidente:** Pablo GARCÍA-FOGEDA NÚÑEZ

**Vocal:** Félix ARÉVALO LOZANO

**Secretario:** Marcos CHIMENO MANGUÁN

**Suplente:** Jaime A. ASENSIO SIERRA

### b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
14	Prueba de Evaluación	EC+SEF	EPT-PO	1 h	60%	5,0	CG4, C3-VA-4
16	Prueba de Evaluación	EC+SEF	POPF	3 h	40 %	5.0	CG3, C3-VA-4

### c) Criterios de Evaluación.

#### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se establecerá una evaluación continuada en la cual se consideran las actividades realizadas, trabajos personales individualizados y/o en grupo, y el examen final. Los trabajos individualizados y/o en grupo resueltos satisfactoriamente, son de obligado cumplimiento.

#### INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Los exámenes estarán compuestos de una parte teórica y otra de aplicación práctica. La parte teórica puede estar constituida por un lado:

- Ejercicios tipo " test" con ítems distractores y una solución verdadera o bien con ítems que pueden tener varias respuestas verdaderas o todas falsas.
- Ejercicios de preguntas de respuesta abierta que el alumno debe contestar creativa y correctamente.
- Ejercicios de desarrollo de algún tema de la asignatura.

Para la parte teórica no se podrán consultar libros ni apuntes.

La parte de aplicación práctica estará constituida por:

- Ejercicios de problemas teórico-prácticos relativos a los contenidos de la asignatura.

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

- Se establecerá una evaluación continuada en la cual se consideran las actividades prácticas a lo largo del semestre y/o examen final. Las prácticas son de obligado cumplimiento. El examen final será obligatorio para poder optar a aprobar la asignatura.

Los exámenes estarán compuestos de una parte teórica y/u otra de aplicación práctica, o una combinación de ambas. La parte teórica podrán estar constituida por: A) Ejercicios tipo " test" con ítems distractores y una solución verdadera o bien con ítems que pueden tener varias respuestas verdaderas o todas falsas. B) Ejercicios de preguntas de respuesta abierta que el alumno debe contestar creativa y correctamente. C) Ejercicios de desarrollo de algún tema de la asignatura.

En su caso, la parte de aplicación práctica estará constituida por: A) Ejercicios de problemas teórico-prácticos relativos a los contenidos de la asignatura. B) Ejercicios relacionados con las prácticas realizadas.

La calificación final será dependiente de las pruebas realizadas por el alumno. La calificación obtenida por el alumno será la máxima de las siguientes notas finales:

$$NF1 = 0,6 \cdot P.I. + 0,4 \cdot P.F.$$

$$NF2 = 1,0 \cdot P.F.$$

Donde: NF<sub>i</sub>: Nota final; P.I.: Nota de las pruebas prácticas intermedias; P.F: Nota de la prueba final.

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
GARCÍA-FOGEDA, P. Y ARÉVALO LOZANO, F. "Apuntes de Aeroelasticidad Avanzada". ETSI Aeronáuticos, UPM.	Bibliografía	Fundamental
DOWELL, EH., CURTISS, HC., SCANLAN, RH Y F. SISFO. FR. "A Modern Course in Aeroelasticity". Sijthoff and Noordhoff, 1980.	Bibliografía	Fundamental
BISPLINGHOFF, RL. Y ASHLEY, H. "Principles of Aeroelasticity". Dover, 1962.	Bibliografía	Complementaria
BISPLINGHOFF, RL, ASHLEY H., Y R.L. HALFMAN. RL. "Aeroelasticity". Ed. Addison-Wesley, 1955.	Bibliografía	Complementaria
BIELAWA, RICHARD L. "Rotary wing structural dynamics and aeroelasticity".	Bibliografía	Complementaria
FUNG. YC. "An Introduction to the theory of Aeroelasticity". Ed. Wiley, 1955.	Bibliografía	Complementaria
WRIGHT, JAN R. Y COOPER, JONATHAN E. "Introduction to aircraft aeroelasticity and loads". American Institute of aeronautics and Astronautics, Chichester Reston, Virginia, 2007.	Bibliografía	Complementaria

Descripción	Tipo	Observaciones
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.

## 10. OTRA INFORMACIÓN