



POLITÉCNICA

ETSI AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



PR-CL-PF-001.- COORDINACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS

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 143003013

Asignatura HELICÓPTEROS

Nombre en Inglés HELICOPTERS

Módulo AERONAVES

Idiomas CASTELLANO

Curso SEGUNDO

Semestre TERCERO

Carácter OB

Créditos 6 ECTS

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura versa sobre la simulación computacional de la dinámica del vuelo de helicópteros con especial énfasis en la descripción de la influencia de los parámetros de diseño de la aeronave.

2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

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

Asignaturas superadas: Aerodinámica avanzada, dinámica del vuelo.

Otros requisitos:

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.
- 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.
- 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.
- CE-VA-1.-** Aptitud para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales.
- CE-VA-3.-** Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Externa en los distintos regímenes de vuelo, y aplicación de las mismas a la Aerodinámica Numérica y Experimental.
- CE-VA-4.-** Aplicación de los conocimientos adquiridos en distintas disciplinas a la resolución de problemas complejos de Aeroelasticidad.
- CE-VA-5.-** Comprensión y dominio de la Mecánica del Vuelo Atmosférico (Actuaciones y Estabilidad y Control Estáticos y Dinámicos), y de la Mecánica Orbital y Dinámica de Actitud.
- 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.

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-VA-10.- Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Aeronaves y los Vehículos Espaciales.

4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RA1.- Conocimiento, comprensión y aplicación de la aerodinámica de los rotores, las actuaciones y la controlabilidad de helicópteros.

RA2.- Conocimiento, comprensión y aplicación de los aspectos más destacados de la mecánica del vuelo de los helicópteros.

RA3.- Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis del diseño preliminar de helicópteros.

RA4.- Conocimiento y aplicación de la simulación computacional del problema de diseño del helicóptero.

5. PROFESORADO

Departamento: AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES

Coordinador de la Asignatura: Alvaro CUERVA TEJERO

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
Álvaro CUERVA TEJERO	alvaro.cuerva@upm.es	Ed. C
Cristóbal José GALLEGO CASTILLO	cristobaljose.gallego@upm.es	Ed. C
Miguel Angel BARCALA MONTEJANO	miguel.barcala@upm.es	Ed. B
Oscar LÓPEZ GARCÍA	oscar.lopez.garcia@upm.es	Ed. C
Ángel RODRÍGUEZ SEVILLANO	angel.rodriguez.sevillano@upm.es	Ed. B

Los horarios de tutorías estarán publicados en la web del departamento.

6. TEMARIO

Tema 1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELADO DEL HELICÓPTERO.

1.1. Problema general de la mecánica del vuelo de helicópteros y su formulación canónica. 1.2. Tipos de modelos de helicópteros. El modelo de 6 gdl. 1.3. Implementación en Matlab y descripción del metadato helicóptero.

Tema 2. SIMULACIÓN DE LA AEROMECAÁNICA DEL ROTOR EN VUELO GENERAL.

2.1. Ecuaciones de Newton-Euler en vuelo general. 2.2. Modelo aerodinámico de las palas. 2.2. Derivadas de amortiguamiento y control. 2.3. Implementación en Matlab.

Tema 3. VUELO EQUILIBRADO DEL HELICÓPTERO.

3.1. Problema general del vuelo equilibrado. Vuelo rectilíneo y vuelo en giro coordinado. 3.2. Modelado acciones de componentes. 3.3. Discusión de problemas de interés. 3.4. Condiciones de vuelo de interés.

Vuelo a nivel, ascenso, descenso y autorrotación. 3.5. Influencia en el equilibrado de los parámetros de diseño. 3.6. Implementación en Matlab.

Tema 4. ANÁLISIS LINEAL DE LA ESTABILIDAD Y RESPUESTA AL MANDO DEL HELICÓPTERO.

4.1. Problema general de la estabilidad respuesta al mando. 4.2. Determinación computacional de derivadas de estabilidad y derivadas de control en una condición de vuelo general. 4.3. Determinación computacional de las matrices de estabilidad y control en una condición de vuelo general. 4.4. Simulación computacional de los problemas longitudinal y lateral. Acoplamientos dinámicos en helicópteros. 4.4. Determinación computacional de autovalores, autovectores e identificación de modos. 4.5. Análisis computacional de la influencia en la estabilidad y respuesta al mando de los parámetros de diseño y la condición de vuelo. 4.6. Diseño computacional de controladores lineales. Funciones de transferencia y planteamiento en el espacio de estados. Método de colocación de polos. Sistemas de aumento de estabilidad. Controles óptimos. 4.8. Implementación en Matlab.

Tema 5. SIMULACIÓN NO LINEAL DEL VUELO DE MANIOBRA DEL HELICÓPTERO.

5.1. Determinación computacional de la respuesta al mando no lineal. 5.2. Determinación computacional de la trayectoria. 5.3. Implementación en Matlab.

Tema 6. AEROELASTICIDAD DE ALAS ROTATORIAS.

6.1. Dinámica estructural de palas elásticas. 6.2. Determinación computacional de frecuencias y modos propios. Diagrama de Campbell. 6.3. Fenómenos aeromecánicos y aeroelásticos. 6.4. Control vibraciones. 6.5. Implementación en Matlab.

Tema 7. DISEÑO CONCEPTUAL DE HELICÓPTEROS.

7.1. Análisis estadístico de semejantes.

Tema 8. ENSAYOS EN VUELO Y SUBSISTEMAS.

8.1. Análisis dimensional de modelos actuaciones de helicópteros. 8.2. Modelos de actuaciones en variables referidas. 8.3. Ensayos de caracterización del vuelo equilibrado. 8.4. Ensayos de caracterización de la dinámica del vuelo.

7. PLAN DE TRABAJO

a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Presentación/encuesta	Presentación/encuesta, Introducción al modelado del He		
2		Introducción a HEROES		
3	Simulación de la aeromecánica	Simulación de la aeromecánica		
4	Redacción de informes/pres	Simulación de la aeromecánica		
5	Equilibrado	Equilibrado		
6		Equilibrado		
7	Diseño conceptual	Equilibrado		
8	Ensayos en vuelo. Subsistemas. Estabilidad y respuesta al mando			
9	Estabilidad y respuesta al mando	Entregas y presentaciones Equilibrado.		

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
10		Evaluación de trabajos. Estabilidad y respuesta al mando		
11		Estabilidad y respuesta al mando		
12		Estabilidad y respuesta al mando		
13	Diseño conceptual, ensayos. Aeroelasticidad			
14		Entregas y presentaciones Est. y Resp.		
15		Simulación no lineal de la MV.		
16				Prueba individual. Evaluación de trabajos.

b) Actividades formativas.

Actividades formativas	EP	CT	CP	PL	TIE	TP	Otros*
ECTS	1	1	0	1	2.5	0.5	

EP: ESTUDIO Y TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNO

CT: CLASES DE TEORÍA

CP: CLASES DE PROBLEMAS

PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO

TIE: TRABAJOS INDIVIDUALES O EN EQUIPO

TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS

***Otros** (especificar):

c) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	LM	PBL	RPA/MC	EIP	PL	Otros*
SI / NO	SI	SI		SI	SI	

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:	Alvaro CUERVA TEJERO
Vocal:	Ángel RODRÍGUEZ SEVILLANO
Secretario:	Oscar LÓPEZ GARCÍA
Suplente:	Cristóbal José GALLEGO CASTILLO

b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
9	Informe sobre equilibrado. (EPT).	Corrección del informe	Rúbrica	2 horas	25%	0	CG1, CG2, CG4, CG5, CT2, CT3, CT4, CT5, CE-VA-1, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-5, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10.
9	Presentaciones sobre equilibrado. (PO).	Corrección de la presentación	Rúbrica		10%	0	CG1, CG2, CG4, CG5, CT2, CT3, CT4, CT5, CE-VA-1, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-5, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10.
15	Informe sobre estabilidad y respuesta al mando. (EPT).	Corrección del informe	Rúbrica	2 horas	25%	0	CG1, CG2, CG4, CG5, CT2, CT3, CT4, CT5, CE-VA-1, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-5, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10.
15	Presentaciones sobre estabilidad y respuesta al mando. (PO).	Corrección de la presentación	Rúbrica		10%	0	CG1, CG2, CG4, CG5, CT2, CT3, CT4, CT5, CE-VA-1, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-5, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10.
16	Prueba individual de conocimientos (POF)	Prueba individual	Clásica	1.5 horas	30%	3.5	CG1, CG2, CG4, CG5, CT2, CT3, CT4, CT5, CE-VA-1, CE-VA-3, CE-VA-4, CE-VA-5, CE-VA-8, CE-VA-9, CE-VA-10.

c) Criterios de Evaluación.

Los alumnos pueden elegir a principios de curso el método de evaluación entre las modalidades de prueba final única (PFU) o evaluación continua de actividades de aprendizaje basado en proyectos con prueba final global (ABP).

Aquellos alumnos que elijan la modalidad ABP deben satisfacer los dos siguientes requisitos:

- Asistir a más del 85% de las clases presenciales. La no asistencia a clase justificada por causas de salud y otros motivos relevantes no se tendrá en cuenta.
- Rellenar todas las encuestas de dedicación horaria semanal.

El incumplimiento de cualquiera de los dos anteriores requisitos implica que el alumno será evaluado por la modalidad PFU.

A continuación se define la forma de obtener la nota final de la asignatura dependiendo de la modalidad elegida.

Modalidad PFU.

La nota final, NF, se obtiene en una prueba final única PFU que consiste en un examen completo de los contenidos de la asignatura en el que se preguntarán conceptos tanto teóricos como prácticos. Esta nota final NF debe ser $NF \geq 5$ para poder aprobar la asignatura tanto en la convocatoria de Febrero como en la extraordinaria de Julio.

Modalidad ABP.

La nota final, NF, en la convocatoria de Febrero debe ser $NF \geq 5$ para poder aprobar la asignatura, y se obtiene como

$$NF = 0.5 EPT + 0.2 PO + 0.3 POF \text{ si } POF \geq 3.5 \text{ y } EPT \geq 5$$

$$NF = EPT \text{ si } POF \geq 3.5 \text{ y } EPT < 5$$

$$NF = POF \text{ si } POF < 3.5$$

donde EPT es la nota de la evaluación de proyectos/trabajos sobre 10 puntos, PO es la nota de la prueba oral sobre 10 puntos y POF es la nota de la Prueba Objetiva Final sobre 10 puntos. La prueba objetiva final POF consiste en un examen de tiempo reducido en el que se preguntará sobre los conceptos básicos adquiridos en los proyectos/trabajos.

En la convocatoria extraordinaria de Julio debe ser $NF \geq 5$ para poder aprobar la asignatura.

Para aquellos alumnos de la modalidad ABP que suspendan en la convocatoria de Febrero, en la convocatoria extraordinaria de Julio se distinguen dos casos.

Caso 1. Alumnos que hayan obtenido una $EPT < 5$. Estos alumnos deberán realizar una prueba final única PFUJ siendo la nota final, NF, según

$$NF = PFUJ$$

Caso 2. Alumnos que hayan obtenido una $EPT \geq 5$. Estos alumnos deberán realizar una prueba objetiva final POFJ siendo la nota final, NF, según

$$NF = 0.5 EPT + 0.2 PO + 0.3 POFJ \text{ si } POFJ \geq 3.5$$

$$NF = POFJ \text{ si } POFJ < 3.5$$

9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
Alvaro Cuerva Tejero, José Luis Espino Granado, Oscar López García, José Meseguer Ruiz, and Angel Sanz Andrés. Teoría de los Helicópteros. Serie de Ingeniería y Tecnología Aeroespacial. Universidad Politécnica de Madrid, 2008.	bibliografía	
J. Gordon Leishman. Principles of Helicopter Aerodynamics. Cambridge Aerospace Series. 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2006.	bibliografía	
J. Gordon Leishman. The Helicopter. Thinking Forward, Looking Back. The College Park Press, College Park, Maryland, U.S.A., 2007.	bibliografía	
Simon Newman. The Foundations of Helicopter Flight. Edward Arnold, London, U.K., 1994.	bibliografía	
Gareth D. Padfield. Helicopter Flight Dynamics. Blackwell Science Ltd., Oxford, U.K., 1996.	bibliografía	
Moodle	Recursos web	
HEROES	Software	

10. OTRA INFORMACIÓN