



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

143000117 - Aerodinámica De Altas Velocidades Y Fenómenos De Reentrada

PLAN DE ESTUDIOS

14SA - Master Universitario En Sistemas Espaciales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo 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.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	8
9. Otra información.....	9

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	143000117 - Aerodinámica de Altas Velocidades y Fenómenos de Reentrada
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14SA - Master Universitario en Sistemas Espaciales
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 *
Rodolfo José Sant Palma	B-218	rodolfo.sant@upm.es	L - 12:45 - 15:00 M - 12:45 - 13:45 X - 11:45 - 13:45 J - 12:45 - 13:45
Sebastian Nicolas Franchini Longhi (Coordinador/a)	EA-IDR	s.franchini@upm.es	M - 10:00 - 12:00 M - 14:30 - 16:30 X - 09:30 - 10:30 X - 14:30 - 15:30

Mikel Ogueta Gutierrez	EA-IDR	mikel.ogueta@upm.es	L - 09:00 - 12:00 M - 14:30 - 17:30
Angel Pedro Sanz Andres	EA-IDR	angel.sanz.andres@upm.es	Sin horario.
Luis Manuel Ayuso Moreno	B-218	luis.ayuso@upm.es	L - 11:45 - 13:45 M - 12:45 - 13:45 X - 11:45 - 12:45 J - 11:45 - 12:45
Alejandro Martinez-Cava Aguilar	B-218	alejandro.martinezcava@upm.es	L - 09:00 - 11:00 X - 12:00 - 14:00 V - 09:00 - 11:00
Juan Andres Cardenas Rondon	EA-IDR	ja.cardenas@upm.es	Sin horario.
Sergio Marin Coca	EA-IDR	sergio.marin.coca@upm.es	Sin horario.

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

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Carlos Carbajosa Fernández	c.carbajosa@upm.es	UPM-ETSIAE
Jesús Garicano Mena	jesus.garicano.mena@upm.es	UPM-ETSIAE
José Miguel Pérez Pérez	josemiguel.perez@upm.es	UPM-ETSIAE

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Sistemas Espaciales no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Cursos de grado de Mecánica de los Fluidos, Aerodinámica, Termodinámica y Mecánica Analítica
- Se recomienda tener conocimientos básicos de métodos numéricos.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

E01 - Aplicar los principios físicos y matemáticos avanzados y los métodos numéricos empleados en el análisis de problemas típicos de la ingeniería de sistemas espaciales. Evaluar e interpretar críticamente los resultados obtenidos con estos métodos, tanto cualitativa como cuantitativamente

E03 - Conocer y comprender el entorno espacial y planetario, y su efecto en la operación de los vehículos aeroespaciales

E07 - Conocer las fases de diseño, desarrollo, integración, ensayos, lanzamiento y operación en órbita de un vehículo espacial.

E24 - Evaluar la bondad de un determinado diseño para satisfacer los requisitos de misión

4.2. Resultados del aprendizaje

RA13 - Entender los efectos de las altas temperaturas en la aerodinámica hipersónica.

RA12 - Entender los problemas relacionados con flujo hipersónico viscoso.

RA14 - Entender los problemas del diseño de los vehículos lanzadores y de reentrada.

RA11 - Resolver problemas relacionados con flujo hipersónico no viscoso.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura es que el estudiante conozca los fenómenos relacionados con el vuelo a velocidades supersónicas e hipersónicas, en particular aquellos que aparecen en lanzadores y vehículos espaciales que realizan maniobras de entrada atmosférica.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a la Aerodinámica de altas velocidades

1.1. Introducción de la asignatura. 1.2 Historia, presente y futuro de la AAV. 1.3. Problemas de la entrada atmosférica.

2. Modelos de atmósferas

2.1. Atmósfera Estándar Internacional. 2.2. Modelos dinámicos de atmósferas. 2.3. Modelos empíricos. 2.4. Atmósferas planetarias.

3. Aerodinámica de altas velocidades

4. Métodos numéricos en aerodinámica de altas velocidades

4.1. Proceso de trabajo en CFD. 4.2. Preproceso: Diseño. 4.3. Preproceso: Mallado. 4.4. Cálculo en hipersónico (Fluent). 4.5. Posproceso. 4.6. Turbulencia. 4.7. Trabajo final.

5. Decaimiento orbital

5.1. Ecuación horaria del decaimiento orbital. 5.2. Tiempo de degradación, duración de una misión espacial. 5.3. Análisis de sensibilidad.

6. Dinámica de la entrada atmosférica

6.1. Ecuaciones generales de la dinámica de la re-entrada. 6.2. Re-entrada balística. 6.3. Re-entrada en vuelo de planeo. 6.4. Movimiento fugoide. 6.5. Solución numérica de la dinámica de la re-entrada.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1. Introducción de la asignatura. Tema 2. Modelos de atmósferas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	Tema 3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Problema LIM Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Trabajo práctico: Aerodinámica Hipersónica TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
9	Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 4 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11		Tema 4 Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

12		Tema 4 Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13				Trabajo práctico: Dinámica de entrada. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
14		Tema 4 Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15		Tema 4 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
16				Trabajo práctico: Métodos numéricos. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
17				Presentación de trabajos PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00 Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 04:00 Examen EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00

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
8	Trabajo práctico: Aerodinámica Hipersónica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:00	15%	5 / 10	E01 E03 E24
13	Trabajo práctico: Dinámica de entrada.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:00	15%	5 / 10	E01 E03 E07 E24
16	Trabajo práctico: Métodos numéricos.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:00	20%	5 / 10	E01 E03 E07 E24
17	Presentación de trabajos	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	20%	5 / 10	E01 E07 E24
17	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	5 / 10	E01 E03 E07 E24

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	E01 E03 E07 E24

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	5 / 10	E01 E03 E07 E24

7.2. Criterios de evaluación

Se evaluará el cumplimiento de todos los objetivos planteados para cada trabajo práctico, así como los aspectos de forma de la presentación de los mismos.

Las prácticas de laboratorios son actividades presenciales. Para obtener la nota correspondiente a ellas es necesario cumplir con, al menos, un 75% de la asistencia.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
BARRERO, A., MESEGUER, J. & SANZ ANDRÉS, A., Aerodinámica de altas velocidades. 2ª edición, Garceta Grupo Editorial, Madrid, España, 2011.	Bibliografía	
ANDERSON, J.D., Hypersonic and high-temperature gas dynamics, AIAA, 2006.	Bibliografía	
REGAN F.J., ANANDAKRISHNAN, S.M., Dynamics of Atmospheric Re-Entry, AIAA, 1993.	Bibliografía	

HANKEY, W., Re-Entry Aerodynamics, AIAA, 1988.	Bibliografía	
HALE, F.J., Introduction to space flight, Prentice-Hall, 1994.	Bibliografía	
GALLAIS, P., Atmospheric re-entry vehicle mechanics, Springer, 2007.	Bibliografía	
HIRSCHEL, E.H., Selected aerothermodynamic design problems of hypersonic flight vehicles, AIAA, 2009.	Bibliografía	
Laboratorio para métodos numéricos	Equipamiento	Cada alumno dispondrá de un Ordenador personal y licencia del programa de CFD para realizar los ejercicios.
Espacio MOODLE de la asignatura http://moodle.upm.es/	Recursos web	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

El contenido de esta asignatura está alineado con el [Objetivo de Desarrollo Sostenible Nro. 9](#).