



## 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** 143003037

**Asignatura** Técnicas Experimentales en Mecánica de Fluidos

**Nombre en Inglés** Experimental Techniques in Fluid Mechanics

**Módulo** Intensificación en Propulsión Aeroespacial

**Idiomas** ESPAÑOL, INGLÉS

<b>Curso</b>	Segundo
<b>Semestre</b>	Tercero
<b>Carácter</b>	Optativa intensificación
<b>Créditos</b>	3 ECTS

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La mecánica de fluidos juega un papel fundamental en los sistemas de propulsión aeronáutica y espacial. Las técnicas experimentales de mecánica de fluidos se utilizan en distintas fases de los procesos de investigación y desarrollo, diseño, certificación, y operación de estos sistemas. Estas actividades están sujetas a requerimientos tan exigentes que justifican la implementación de programas experimentales encaminados a comprender los complejos procesos físicos que gobiernan el flujo, a proponer estrategias y validar herramientas de cálculo numérico utilizadas en el diseño, a caracterizar y certificar las actuaciones de los sistemas, o a monitorizar de forma continua su operación. El objetivo de la asignatura es presentar las técnicas experimentales de mecánica de fluidos empleadas en todos estos procesos, con especial atención a las relacionadas con las actividades de investigación, desarrollo y diseño de los sistemas propulsivos. En este sentido, la asignatura presta especial atención a la caracterización experimental del flujo turbulento.

La asignatura se divide en tres bloques temáticos. El primero introduce el proceso de medida y su aplicación a la caracterización del flujo turbulento. La segunda parte presenta las técnicas experimentales convencionales, incluyendo aspectos derivados de su aplicación a la caracterización de sistemas de propulsión. Finalmente, se realiza una introducción a técnicas experimentales avanzadas, incluyendo anemometría de alta resolución. Aunque la asignatura está orientada a la caracterización del flujo en sistemas de propulsión, las técnicas y procesos experimentales abordados encuentran aplicación en otras áreas de la ingeniería aeroespacial, tales como la caracterización del flujo alrededor de cuerpos aerodinámicos.

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

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

**Asignaturas superadas:**

**Otros requisitos:**

Para seguir con normalidad la asignatura el alumno debe haber adquirido conocimientos básicos de mecánica de fluidos, incluida la descripción de ecuaciones que gobiernan el movimiento de fluidos, así como la familiaridad con técnicas de análisis dimensional y de estimación de órdenes de magnitud.

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

Se recomienda tener superada la asignatura de Mecánica de Fluidos Avanzada. Adicionalmente es recomendable que el alumno esté familiarizado con elementos básicos de análisis estadístico.

## 3. COMPETENCIAS

**CÓDIGO.-** Descripción de la competencia.

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.
CG6	Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.

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.
CT1	Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios, así como cualquier información y documentación en lengua inglesa.
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-SP-2	Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en las Técnicas Experimentales y Numéricas utilizadas en la Mecánica de Fluidos.
CE-SP-3	Comprensión y dominio de los fenómenos asociados a la Combustión y a la Transferencia de Calor y Masa.
CE-SP-6	Conocimiento adecuado de Aerorreactores, Turbinas de Gas, Motores Cohete y Turbomáquinas.

#### 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA1.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de procesos de medida.
- RA2.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de series aleatorias aplicadas a la caracterización del flujo turbulento.
- RA3.-** Conocimiento y comprensión de sistemas de acondicionamiento y transporte de señal analógica, y de arquitectura de interfaz analógico/digital.
- RA4.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de técnicas experimentales para la medida de presión y temperatura en flujos.
- RA5.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de técnicas experimentales para la medida de velocimetría en flujos.

#### 5. PROFESORADO

**Departamento:** MECÁNICA DE FLUIDOS Y PROPULSIÓN AEROESPACIAL.

**Coordinador de la Asignatura:** Benigno LÁZARO GÓMEZ.

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Ezequiel	<a href="mailto:ezequiel.gonzalez@upm.es">ezequiel.gonzalez@upm.es</a>	Edificio C
LÁZARO GÓMEZ, Benigno	<a href="mailto:benigno.lazaro@upm.es">benigno.lazaro@upm.es</a>	Edificio C

Los horarios de tutorías estarán publicados en Moodle.

## 6. TEMARIO

### Tema 1. PROCESOS DE MEDIDA EN MECANICA DE FLUIDOS

1.1 Ecuaciones de Navier-Stokes: formulación y parámetros adimensionales. 1.2 Cadena de medida. 1.3 Análisis de procesos lineales de entrada-salida.

### Tema 2. CARACTERIZACION DE FLUJO TURBULENTO

2.1 Escalas turbulentas. 2.2 Estimadores estadísticos. 2.3 Análisis de series temporales continuas. 2.4 Teoremas de muestreo. 2.5 Análisis de series temporales discretas. 2.6 Filtrado.

### Tema 3. ACONDICIONAMIENTO Y TRANSPORTE DE SEÑAL. INTERFAZ ANALÓGICO-DIGITAL

3.1 Sistemas de excitación. 3.2 Amplificación y filtrado analógico. 3.3 Interfaz analógico-digital. 3.4 Optimización del transporte de señal.

### Tema 4. MEDIDA DE TEMPERATURA Y TRANSFERENCIA DE CALOR

4.1 Sensores termo-eléctricos. 4.2 Termografía infrarroja. 4.3 Cristales líquidos. 4.4 Medida de temperatura en flujos. 4.5 Medida de transferencia de calor en flujos.

### Tema 5. MEDIDA DE PRESION

5.1 Sensores y transductores de presión. 5.2 Métodos ópticos. 5.3 Medidas de presión total. 5.4 Medidas de presión estática. 5.5 Medidas indirectas: presión dinámica, ángulo del flujo, y esfuerzo en la pared. 5.6 Caracterización de presión no-estacionaria.

### Tema 6. ANEMOMETRIA DE HILO CALIENTE

6.1 Principios de operación. 6.2. Anemometría de corriente y de temperatura constante. 6.3 Sondas uni y multi-direccionales. 6.4 Calibración estacionaria y no-estacionaria. 6.5 Medida de esfuerzo en la pared.

### Tema 7. ANEMOMETRIA LASER

7.1 Anemometría láser-Doppler (LDA): principios de operación. 7.2 Arquitectura LDA. 7.3 Calibración, errores y post-proceso LDA. 7.4 Velocimetría por imagen de partículas (PIV).

## 7. PLAN DE TRABAJO

### a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Tema 1: 2 LM			A lo largo del curso se irán proponiendo ejercicios de evaluación en forma de ejercicios o informes para realizarlos en casa.
2	Tema 2: 2 LM			
3	Tema 2: 2 LM			
4	Tema 2: 2 LM			
4	Tema 3: 2 LM			
6	Tema 3: 2 LM			
7	Tema 4: 2 LM			
8	Tema 4: 2 LM			

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
9	Tema 5: 2 LM			
10	Tema 5: 2 LM			
11	Tema 5: 1-2 LM	Temas 4-5: 0-1 PL		
12	Tema 6: 2 LM			
13	Tema 6: 2 LM			
14	Tema 7: 2 LM			
14	Tema 7: 2 LM	Temas 6-7: 0-1 PL		
16				

El cronograma de la asignatura podrá sufrir modificaciones a lo largo del curso para adaptarse a las características del mismo.

### b) Actividades formativas.

Actividades formativas	EP	CT	CP	PL	TIE	TP	Otros*
ECTS	1,0	0,9		0,1	1,0		

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	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.

<b>Presidente:</b>	Benigno LÁZARO GÓMEZ
<b>Vocal:</b>	
<b>Secretario:</b>	Ezequiel GONZÁLEZ MARTÍNEZ
<b>Suplente:</b>	Manuel RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ

**b) Actividades de Evaluación.**

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
1-14	Seguimiento Asignatura	Asistencia / Prácticas	Control de asistencia	-	40%	>5	Todas
18	Prueba Objetiva Final	Trabajo individual	Informe escrito	-	60%		

**c) Criterios de Evaluación.**

La evaluación de la asignatura incluirá control de actividad presencial lo largo del curso, así como la realización de prácticas de laboratorio compatibles con la disponibilidad de medios experimentales. Adicionalmente se incluirá una prueba objetiva final, consistente en la realización de ejercicios o elaboración de informe relacionados con el contenido impartido y con las prácticas incluidas en el curso. El desarrollo de la prueba objetiva final se realizará mediante trabajo individual o en grupos previamente autorizados, a lo largo de una ventana temporal establecida. El peso orientativo de los elementos de evaluación incluye:

- Actividades a lo largo del curso. Calificación sobre evaluación total no superior al 50% de la nota final.
- Prueba objetiva final. Calificación sobre realización de prácticas de laboratorio y evaluación de informes no inferior al 50% de la nota final.

**9. RECURSOS DIDÁCTICOS**

Descripción	Tipo	Observaciones
Apuntes / Presentaciones de la asignatura	Apuntes / Presentaciones	Selección de transparencias empleadas en las clases.
Albrecht, H.; Borys, M.; Damaschke, N.; Tropea, C. Laser Doppler and Phase Doppler Measurement Techniques. Springer, 2003.	Bibliografía	
Arts, T. (editor). Measurement Techniques in Fluid Dynamics. Von Karman Institute for Fluid Dynamics, 1994.	Bibliografía	
Bendat, J.; Piersol, A. Random Data. John Wiley & Sons, 2000.	Bibliografía	
Blackburn, J. Modern Instrumentation for Scientists and Engineers. Springer, 2001.	Bibliografía	
Bradshaw, P. An Introduction to Turbulence and its Measurement. Pergamon, 1975.	Bibliografía	
Bruun, H. Hot-wire Anemometry. Oxford University Press, 1995.	Bibliografía	

Descripción	Tipo	Observaciones
Goldstein, R. Fluid Mechanics Measurements. Hemisphere, 1996.	Bibliografía	
Hamming, R. Digital Filters. Prentice-Hall, 1989.	Bibliografía	
Horowitz, P; Hill, W. The Art of Electronics. Cambridge University Press, 1989.	Bibliografía	
Mueller, Th. (editor). Aeroacoustic Measurements. Springer, 2002	Bibliografía	
Pope, S. Turbulent Flows. Cambridge University Press, 2000.	Bibliografía	
Raffel, M.; Willert, Ch.; Kompenhans, J. Particle Image Velocimetry. Springer, 2002.	Bibliografía	
Smits, A. J.; Lim, T. Flow Visualization. Imperial College Press, 2000.	Bibliografía	
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos Web	En esta plataforma se incluyen documentos, enlaces de interés, ejercicios, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.

## 10. OTRA INFORMACIÓN

El Temario (punto 6), el Plan de Trabajo (punto 7), y el Sistema de Evaluación (punto 8) podrán sufrir adaptaciones en razón del número de alumnos que cursen la asignatura, con la finalidad de adaptar los medios y métodos de evaluación para un correcto desarrollo del curso. En particular, la realización de prácticas de laboratorio dependerá del número de alumnos y disponibilidad de instalaciones experimentales. Dichas adaptaciones se comunicaran oportunamente.