

<b>Nombre de la asignatura/módulo/unidad y código</b> Course title and code	Flujos Compresibles y sus Aplicaciones MCXII. Flujos Especiales UD XII.1
<b>Nivel (Grado/Postgrado)</b> Level of course (Undergraduate/Postgraduate)	Posgrado
<b>Plan de estudios en que se integra</b> Programme in which is integrated	Programa oficial de posgrado en dinámica de los flujos biogeoquímicos y sus aplicaciones: Máster en hidráulica ambiental. Especialidad 3. Aero-hidrodinámica de Vehículos
<b>Tipo (Troncal/Obligatoria/Optativa)</b> Type of course (Compulsory/Elective)	Obligatoria
<b>Año en que se programa</b> year of study	1
<b>Calendario (Semestre)</b> Calendar (Semester)	2 (18/02/11 a 13/06/11). Exámenes: 19/06/11 y 18/09/11
<b>Créditos teóricos y prácticos</b> Credits (theory and practices)	3.5 ECTS = 2 ECTS teóricos+1.5 ECTS prácticos
<b>Créditos expresados como volumen total de trabajo del estudiante (ECTS)</b> Number of credits expressed as student workload (ECTS)	3.5 ECTS* (*1 ECTS= 25-30 horas de trabajo. ver más abajo actividades y horas de trabajo estimadas)
<b>Objetivos (expresados como resultados de aprendizaje y competencias)</b> Objectives of the course (expressed in terms of learning outcomes and competences)	El alumno sabrá/ comprenderá: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos físicos relevantes en los flujos compresibles, junto con sus expresiones matemáticas.</li> <li>• Capacidad para discernir qué fenómenos físicos son importantes en distintos tipos de flujos compresibles.</li> <li>• Naturaleza física y descripción matemática de la propagación del sonido y de las ondas no lineales en gases.</li> <li>• Diferencias cualitativas entre flujos subsónicos y supersónicos.</li> <li>• Flujos con ondas de choque.</li> <li>• Modelos ingenieriles de flujos turbulentos cerca de paredes sólidas.</li> <li>• Aplicación de estos conocimientos a flujos compresibles alrededor de vehículos, flujos en conductos y toberas, depósitos, turbinas y compresores.</li> </ul> El alumno será capaz de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para simplificar ecuaciones en derivadas parciales complejas teniendo en cuenta sólo los términos más relevantes.</li> <li>• Técnicas matemáticas para resolver distintos tipos de ecuaciones diferenciales.</li> <li>• Análisis dimensional.</li> <li>• Método de las características.</li> <li>• Técnicas de perturbaciones y asintóticas.</li> <li>• Capacidad para abordar, simplificar y resolver instalaciones complejas de flujos compresibles.</li> </ul>
<b>Prerrequisitos y recomendaciones</b> Prerequisites and advises	Haber cursado los módulos de conocimiento del primer semestre del máster. Comprensión de textos en inglés científico.
<b>Descriptorios/palabras clave</b> Descriptors/key words	Fundamentos de la dinámica de gases Aplicaciones de flujos compresibles.  Flujos compresibles, acústica, ondas no lineales en gases, ondas de choque
<b>Bibliografía recomendada</b> Recommended reading	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.H. Aksel y O.C. Eralp, 1994, Gas dynamics (prentice Hall, Nueva York).</li> <li>• J.D. Anderson, 1990, Modern compressible flow (McGraw-Hill, Nueva York; 2ª edición).</li> </ul>

- R. Courant y K.O. Friedrichs, 1976, Supersonic flow and shock waves (Springer-Verlag, Nueva York).
- R. Fernández Fera, 2001, Mecánica de fluidos (Universidad de Málaga).
- L.D. Landau y E.M. Lifshitz, 1987, Fluid Mechanics (Pergamon Press, Oxford, 2ª edición: existe traducción castellana de la primera edición en Reverté).
- H.W. Liepmann y A. Roshko, 1957, Elements of gas dynamics (John Wiley and Sons, Nueva York).
- J. Lighthill, 1978, Waves in fluids (Cambridge University Press, Cambridge).
- P.A. Thompson, 1972, Compressible gas dynamics (McGraw-Hill, Nueva York).
- A.H. Shapiro, 1953, Compressible fluid flow (Ronald Press, Boston).
- W.G. Vincenty y C.H. Kruger, 1965, Introduction to physical gas dynamics (Wiley, Nueva York).
- Ya.B. Zeldovich and Yu.P. Raizer, 2002, Physics of shock waves and high temperature hydrodynamic phenomena (Dover, Nueva York; reimpresión).

**Métodos docentes**  
Teaching methods

Las 30 horas de clases se repartirán en 20 clases de hora y media cada una distribuidas en 10 semanas. Doce de esas clases serán teóricas, donde se expondrán los fundamentos de la dinámica de gases y sus aplicaciones más importantes. Las restantes 8 clases serán prácticas, incluyendo 5 clases de resolución de problemas prácticos y 3 clases de prácticas de laboratorio y/o de exposición de material didáctico audiovisual.

A cada alumno se le asignará 4 conjuntos de problemas para resolver en casa y un trabajo a entregar al final del curso (ver apartado 12). Las cuatro horas de tutoría colectivas se distribuirán después de cada entrega de colección de problemas para que los alumnos planteen sus dudas colectivamente al profesor.

Durante el curso habrá al menos un seminario con la participación de algún experto en flujos compresibles invitado por el programa de postgrado. Se procurará que el tema de la charla sea sobre flujos compresibles y complemente el contenido del curso, aunque primará la calidad del conferenciante sobre cualquier otra consideración.

**Actividades y horas de trabajo estimadas**  
Activities and estimated workload (hours)

<u>Actividad</u>	<u>h.clase</u>	<u>h. estudio</u>	<u>Total</u>
Lecciones	18	25	43
Prácticas laboratorio	12	12	24
Exposiciones y seminarios	1	-	1
Tutorías Colectivas	4	-	4
Preparación de trabajo personal		25	25
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>62</b>	<b>97</b>

**Tipo de evaluación y criterios de calificación**  
Assessment methods

Se hará un seguimiento de los conocimientos adquiridos a través de los trabajos asignados para realizar individualmente por los alumnos y por medio de las clases de tutoría colectivas, en las que se discutirán de forma conjunta las dificultades que los alumnos encuentran en la resolución de los problemas. Los trabajos asignados se entregarán corregidos a los alumnos para que aprendan de sus errores. Habrá también tutorías individualizadas para aquellos alumnos que, por alguna razón, les cueste más seguir la asignatura.

La calificación se hará en función de los problemas entregados. Excepcionalmente, se hará un examen escrito sobre conocimientos a los alumnos que hayan faltado reiteradamente a clase y/o no hayan entregado los problemas. En este último caso, este examen contará un 75% de la calificación total, y el resto se calificará con los problemas que haya entregado.

**Idioma usado en clase y exámenes**  
Language of instruction

Español/Inglés

**Enlaces a más información**  
Links to more information

Planificación de actividades  
Esquemas de clase  
Guiones de prácticas

**Nombre del profesor(es) y dirección de contacto para tutorías**  
Name of lecturer(s) and address for tutoring

Ramón Fernández Fera, Ph.D. (2 ECTS)  
Correo electrónico: [ramon.fernandez@uma.es](mailto:ramon.fernandez@uma.es)  
Oficina: D-2.14. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecánica de Fluidos. E.T.S.Ingenieros Industriales, Pza. El Ejido s/n, 29013 Málaga.

Luis Parras Anguita, Ph.D. (2,5 ECTS)  
Correo electrónico: [lparras@uma.es](mailto:lparras@uma.es)  
Oficina: D-2.12. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecánica de Fluidos. E.T.S.Ingenieros Industriales, Pza. El Ejido s/n, 29013 Málaga.

**CONTENIDOS**  
CONTENTS

*Bloque I. Dinámica de gases*

- Tema 1. Introducción a la dinámica de gases
- Tema 2. Ondas en flujos compresibles
- Tema 3. Discontinuidades y ondas de choque
- Tema 4. Flujos de gases en conductos

*Bloque II. Compresores y turbinas*

- Tema 5. Introducción a las máquinas de flujo compresible
- Tema 6. Turbinas axiales

Tema 7. Turbocompresores axiales  
 Tema 8. Turbocompresores centrífugos  
 Tema 9. Turbinas radiales  
 Tema 10. Compresores volumétricos.

<b>PLANIFICACIÓN ACTIVIDADES</b>			
<i>Planning</i>			
<b>Semana</b>	<b>Horas clase</b>	<b>Actividades</b>	<b>Contenidos</b>
1	3	Lección 1	Repaso de las ecuaciones de conservación. Velocidad del sonido. Números de Reynolds y Mach.
		Lección 2	Ecuaciones de Euler. Flujos isentrópicos y conservación de las magnitudes de remanso.
2	3	Lección 3	Propagación del sonido. Ondas sonoras planas.
		Lección 4	Energía e intensidad acústica. Efecto de la viscosidad. Ondas sonoras esféricas. Propagación del sonido en un medio no uniforme. Método de las características.
3	3	Clase práctica	Resolución de problemas de Acústica
		Lección 5	Relaciones de Rankine-Hugoniot. Ondas de choque normales. Ondas de choque fuertes y débiles.
4	4	Lección 6	Ondas de choque oblicuas. Expansión de Prandtl-Meyer.
		Lección 7	Ondas no lineales en gases. Método de las características. Ondas simples originadas por un pistón. Ondas de expansión.
		Tutoría colectiva	
4	3	Lección 8	Ondas de compresión y formación de ondas de choque. Onda esférica tras una explosión intensa.
		Seminario	Proyección y comentario de un video didáctico sobre ondas en fluidos.
6	3	Clase práctica	Resolución de problemas de ondas de choque y de ondas no lineales con aplicación al flujo alrededor de vehículos.
		Lección 10	Flujo sin fricción en conductos de sección variable. Toberas. Flujos subsónicos y supersónicos. Condiciones críticas.
		Trabajo de casa 2	
7	4	Lección 11	Ecuaciones semiintegrales para la carga y descarga de depósitos y para el flujo de compresores y turbinas.
		Lección 12	Práctica de laboratorio. Llenado de un depósito a través de una tobera.
		Tutoría colectiva.	
8	4	Clase práctica.	Resolución de problemas de flujos en toberas y de carga y descarga de depósitos.
		Lección 13	Ecuaciones de flujos turbulentos y compresibles en conductos.
		Trabajo de casa 3	
		Tutoría colectiva.	
9	3	Lección 14	Flujos compresibles con fricción en conductos. Flujos compresibles con intercambio de calor en conductos.
		Lección 15	Introducción a compresores y turbinas.
10	4	Clase práctica	Resolución de problemas de flujos compresibles no ideales en conductos incluyendo turbinas y compresores.
		Lección 16	Proyección y comentario sobre un video didáctico sobre flujos compresibles en conductos e instalaciones de gas
		Trabajo de casa 4	
		Tutoría colectiva	
11	0		
12	0	Entrega del trabajo final.	