

23-24

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## SIMULACIÓN NUMÉRICA DE FLUJOS DE FLUIDOS EN INGENIERÍA

CÓDIGO 28801208

UNED

**23-24****SIMULACIÓN NUMÉRICA DE FLUJOS DE  
FLUIDOS EN INGENIERÍA****CÓDIGO 28801208**

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA  
ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	SIMULACIÓN NUMÉRICA DE FLUJOS DE FLUIDOS EN INGENIERÍA
Código	28801208
Curso académico	2023/2024
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	4.5
Horas	112.5
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura, que se imparte desde el Área de Mecánica de Fluidos ( [mecanicafluidos.uned.es](http://mecanicafluidos.uned.es)) del Departamento de Mecánica, tiene por objeto completar y ampliar los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante sus estudios de grado sobre mecánica de fluidos y sus diversas aplicaciones en ingeniería, y en la asignatura "Métodos Computacionales en Ingeniería" cursada en el módulo I de este postgrado. Está incluida en varios itinerarios del máster ("Ingeniería Mecánica", "Ingeniería de Construcción y Fabricación", "Ingeniería Energética" y "Tecnologías Aplicadas al Medioambiente"), y está estrechamente relacionada con la línea de investigación "L.07. Simulación computacional de flujos de fluidos de interés industrial" del itinerario "Ingeniería Mecánica". La asignatura proporcionará a los alumnos conocimientos introductorios que resultan imprescindibles para la investigación en diversos campos de la ingeniería que utilizan metodologías basadas en la dinámica de fluidos computacional. Por otra parte, son cada vez más numerosas las empresas de diversos sectores de la industria que requieren ingenieros con conocimientos avanzados en técnicas computacionales aplicadas a la ingeniería de fluidos.

Debido a la complejidad que representa el estudio avanzado de la mecánica de fluidos, de las técnicas numéricas utilizadas en dinámica de fluidos computacional para simular distintos tipos de flujos de fluidos, y la aplicación de dichas técnicas a la simulación y modelización de problemas fluidomecánicos de interés en distintas ramas de la ingeniería, el curso tiene un carácter introductorio, y será de especial utilidad cuando se tenga el propósito de abordar un trabajo de investigación dentro del máster o de realizar la tesis doctoral en el campo de la dinámica de fluidos computacional.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para iniciar el estudio del curso son necesarios conocimientos previos de mecánica de fluidos. Puede resultar conveniente repasar los temas estudiados con anterioridad sobre las ecuaciones generales de la mecánica de fluidos y sobre las distintas formas simplificadas de dichas ecuaciones que pueden ser aplicadas en el estudio de distintos tipos de flujos.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JULIO HERNANDEZ RODRIGUEZ (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	jhernandez@ind.uned.es
Teléfono	91398-6424
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

Nombre y Apellidos	CLAUDIO ZANZI
Correo Electrónico	czanzi@ind.uned.es
Teléfono	91398-8913
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

Nombre y Apellidos	FELIX ANTONIO BERLANGA CAÑETE
Correo Electrónico	felixberlanga@ind.uned.es
Teléfono	91398-8667
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento del aprendizaje se realizará principalmente a través del curso virtual. También pueden realizarse consultas presenciales y telefónicas a los profesores del equipo docente preferentemente en el siguiente horario:

### **D. Julio Hernández Rodríguez**

Lunes, de 16 a 20 h.

Depto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, Despacho 1.45

Tel.: 91 398 64 24

Correo electrónico: jhernandez@ind.uned.es

### **D. Claudio Zanzi**

Lunes, de 16 a 20 h.

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.36

Tel.: 91 398 89 13

Correo electrónico: czanzi@ind.uned.es

Dirección postal:

Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales

C/ Juan del Rosal 12

28040 Madrid

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### Competencias Básicas:

CB6 - 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

CB7 - Que los estudiantes sepan 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

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### Competencias Generales:

CG01 - Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica

CG02 - Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación

CG03 - Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental

CG04 - Desarrollar capacidad de razonamiento crítico

CG05 - Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos.

CG06 - Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad

### Competencias Específicas:

CE3 - Elaborar y tratar modelos matemáticos que representen el comportamiento de los sistemas industriales

CE5 - Adquirir destrezas en la aplicación de técnicas de simulación computacional

CE8 - Tomar conciencia de la importancia de la adquisición del conocimiento científico a la luz de la teoría de la ciencia actual, así como de la diversidad metodológica

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo principal del curso es el estudio introductorio de conceptos fundamentales que intervienen en la resolución numérica de las ecuaciones en derivadas parciales que describen distintos tipos de flujos de fluidos. El campo de aplicación de la dinámica de fluidos computacional es extraordinariamente amplio, y las técnicas numéricas utilizadas en el estudio de distintos tipos de flujos son muy diversas, por lo que obviamente sólo es posible adoptar en este curso un enfoque de tipo introductorio, abordando en primer lugar contenidos de carácter general, y centrando posteriormente el estudio en determinados tipos

de flujos o métodos numéricos más específicos.

Los principales objetivos específicos de aprendizaje que se pretende que alcancen los estudiantes durante el curso son los siguientes:

1. Adquirir un conocimiento suficientemente avanzado de la mecánica de fluidos y de las ecuaciones generales que describen los distintos tipos de flujos de fluidos, de forma que se adquiriera la destreza necesaria para identificar los parámetros relevantes en cada problema, el modelo matemático más adecuado para su descripción y las condiciones de contorno apropiadas en cada caso.
2. Adquirir un conocimiento adecuado de los distintos tipos de ecuaciones que pueden describir la gran variedad de flujos de interés en ingeniería y, para cada uno de ellos, las técnicas necesarias para abordar su discretización y resolución numérica.
3. Conseguir una adecuada capacidad para saber elegir las técnicas numéricas más apropiadas para resolver los distintos tipos de flujos.
4. Familiarizarse con la sintaxis de los lenguajes de programación más utilizados para el desarrollo de códigos numéricos.
5. Adquirir capacidad para desarrollar códigos propios para simular flujos relativamente sencillos y representar gráficamente los resultados obtenidos.
6. Conseguir una adecuada capacidad para utilizar códigos numéricos de propósito general para el estudio de problemas de cierta complejidad en ingeniería.

## CONTENIDOS

### Tema 1. Introducción a la dinámica de fluidos computacional

- Definición y aplicaciones de la dinámica de fluidos computacional.
- Utilización de códigos CFD en la resolución de problemas fluidomecánicos.

### Tema 2. Ecuaciones generales de la mecánica de fluidos y condiciones de contorno

- Deducción de las ecuaciones de conservación.
- Forma conservativa de las ecuaciones de conservación.
- Clasificación de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Condiciones de contorno.

### Tema 3. Modelización de flujos turbulentos

- Turbulencia.
- Transición de flujo laminar a turbulento.
- Características de los flujos turbulentos.

- Efectos de las fluctuaciones turbulentas en el flujo medio.
- Métodos utilizados para tener en cuenta los efectos de la turbulencia.
- Ecuaciones de Reynolds.
- Métodos basados en la simulación de los torbellinos de grandes escalas (LES).
- Simulación numérica directa (DNS).

#### Tema 4. Métodos de volúmenes finitos en problemas estacionarios

##### 4.1. Problemas de difusión.

- Discretización basada en volúmenes finitos.
- Modelización de un problema de difusión estacionario y unidimensional.
- Problemas de difusión bidimensionales y tridimensionales.

##### 4.2. Problemas de convección-difusión.

- Problemas de convección-difusión estacionarios y unidimensionales.
- Esquemas de diferencias centradas.
- Esquemas de tipo 'upwind'.
- Esquemas de tipo híbrido.
- Esquemas de alto orden.

##### 4.3. Acoplamiento velocidad-presión.

- Problema del acoplamiento velocidad-presión.
- Malla desplazada.
- Discretización de la ecuación de cantidad de movimiento.
- Algoritmo SIMPLE.
- Algoritmos SIMPLER, SIMPLEC y PISO.

##### 4.4. Métodos de solución de las ecuaciones discretizadas.

- Algoritmo TDMA.
- Métodos iterativos.
- Técnicas multimalla.

#### Tema 5. Métodos de volúmenes finitos en problemas no estacionarios

- Problemas no estacionarios unidimensionales de conducción de calor.
- Esquemas explícitos.
- Esquema de Crank-Nicolson.
- Esquema totalmente implícito.
- Problemas no estacionarios de convección-difusión.

## Tema 6. Implementación de métodos computacionales

### 6.1. Condiciones de contorno.

- Condiciones de entrada y salida.
- Condiciones de pared.
- Condición de presión constante.
- Condiciones de simetría y condiciones periódicas.

### 6.2. Errores e incertidumbres en la modelización numérica.

- Errores numéricos.
- Fuentes de incertidumbre.
- Verificación y validación.
- Buenas prácticas en la selección y utilización de métodos numéricos.

### 6.3. Modelizado en problemas con geometrías complejas.

- Condiciones de contorno utilizadas para modelizar cuerpos inmersos en el flujo de un fluido en mallas cartesianas.
- Mallas adaptadas al cuerpo.
- Mallas estructuradas por bloques.
- Mallas no estructuradas.

## METODOLOGÍA

La metodología se basa en el modelo metodológico de educación a distancia de la UNED. Las actividades formativas están basadas principalmente en la interacción con el equipo docente y el trabajo autónomo de los estudiantes. El equipo docente proporcionará orientaciones y material de apoyo para el estudio de la asignatura y atenderá las consultas que planteen los alumnos. El trabajo autónomo estará marcado por una serie de actividades de aprendizaje, tales como el estudio de contenidos teóricos y la realización de pruebas de evaluación continua y pruebas presenciales. El porcentaje de dedicación del estudiante a las diferentes actividades formativas se repartiría entre un 20% de interacción entre el profesor y el estudiante, un 70% de trabajo autónomo y un 10% de tiempo dedicado a actividades de evaluación.

El marco principal en el que se desarrolla el curso es el curso virtual, que constituye la herramienta más importante de comunicación entre los estudiantes y el equipo docente y de los estudiantes entre sí. A través de esta plataforma virtual el estudiante tendrá acceso principalmente a los siguientes elementos de apoyo:

1. El módulo de contenidos, en el que se pondrán a disposición de los estudiantes unos apuntes complementarios sobre mecánica de fluidos y unas orientaciones en las que se recogerán recomendaciones sobre el estudio de la asignatura y toda la información necesaria actualizada.



2. Prueba de evaluación continua, que permitirá al estudiante hacer un seguimiento de su progreso en la adquisición y asimilación de conocimientos y servir de medio de evaluación junto con la prueba presencial.
3. Los foros de debate, en los que el estudiante podrá ir planteando las dudas que le vayan surgiendo en el estudio de los contenidos de la asignatura, y en los que recibirá las correspondientes aclaraciones por parte del equipo docente. Los estudiantes también podrán participar en los foros contestando cuestiones formuladas por sus compañeros.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen Examen de desarrollo

Preguntas desarrollo

Duración del examen 120 (minutos)

Material permitido en el examen

Se permite utilizar calculadora programable y cualquier tipo de material de consulta impreso.

Criterios de evaluación

Se valorará el rigor en las respuestas y el grado de asimilación de la materia que se demuestre, tanto en las cuestiones teóricas como en los ejercicios prácticos.

% del examen sobre la nota final 40

Nota del examen para aprobar sin PEC

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC

Nota mínima en el examen para sumar la PEC

Comentarios y observaciones

Para aprobar la asignatura será necesario obtener una calificación mínima de 3,5 puntos sobre 10 en la prueba presencial y 5 puntos sobre 10 en la calificación global.

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad Si

Descripción

La prueba presencial consistirá en la resolución de cuestiones teóricas y uno o dos ejercicios prácticos. La puntuación máxima de cada cuestión y ejercicio se indicará en el enunciado.

Criterios de evaluación

Se valorará el rigor en las respuestas y el grado de asimilación de la materia que se demuestre, tanto en las cuestiones teóricas como en los ejercicios prácticos.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final El peso de la prueba presencial en la nota final será del 40%.

Fecha aproximada de entrega

## Comentarios y observaciones

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC?

Si,PEC no presencial

## Descripción

La prueba de evaluación continua, de **carácter voluntario**, consistirá en responder de forma telemática, a través del curso virtual, una serie de preguntas en forma de test sobre los contenidos de la asignatura. Una vez iniciado, para contestar el test se dispondrá de un tiempo limitado. El test podrá iniciarse en cualquier momento en el periodo de tiempo que se fijará en el curso virtual, dentro del mes de enero y antes de la prueba presencial ordinaria.

## Criterios de evaluación

Cada pregunta tendrá 4 opciones de respuesta, siendo sólo una de ellas correcta. Cada respuesta correcta sumará 1 punto. Las respuestas contestadas de forma incorrecta restarán 0,25 puntos.

## Ponderación de la PEC en la nota final

La calificación de la prueba tendrá un peso del 20% en la calificación final de la asignatura. En el caso de que no se realice la prueba en el plazo que se establezca (dentro del mes de enero), el porcentaje de ponderación indicado del 20% se incorporará al de la prueba presencial, que tanto en la convocatoria de febrero como en la de septiembre pasará a tener en este caso un peso del 60% en la calificación final. La calificación de la prueba solo se tendrá en cuenta cuando sea superior a la calificación de la prueba presencial.

## Fecha aproximada de entrega

18/01/2024 (las fechas de realización concretas se indicarán en el curso virtual)

## Comentarios y observaciones

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?

Si,no presencial

## Descripción

Debe realizarse un trabajo final, de **carácter obligatorio**, consistente en la implementación de un modelo numérico para la simulación de un flujo sencillo, o bien en la simulación de un flujo más complejo mediante un código de propósito general. El trabajo debe ser entregado a través del curso virtual, dentro de los plazos que en este se establezcan, antes de la prueba presencial de las convocatorias de febrero o septiembre.

## Criterios de evaluación

Se valorará el rigor del planteamiento del problema fluidomecánico elegido, la adecuación del procedimiento de resolución numérica utilizado, el análisis de los resultados obtenidos y las conclusiones del trabajo.

## Ponderación en la nota final

El peso del trabajo final en la calificación final de la asignatura será del 40%.

Fecha aproximada de entrega

21/01/2024 (convocatoria ordinaria; la fecha de entrega concreta se indicará en el curso virtual)

Comentarios y observaciones

### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La nota final será la media ponderada entre la nota de la prueba presencial (40%), la nota del trabajo final (40%) y la nota de la prueba de evaluación continua (20%). Para aprobar la asignatura será necesario obtener una calificación mínima de 3,5 puntos sobre 10 en la prueba presencial y 5 puntos sobre 10 en la calificación global.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780131274983

Título: AN INTRODUCTION TO COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS: THE FINITE VOLUME METHOD Segunda edición

Autor/es: Versteeg, H.K.; Malalasekera, W.

Editorial: Pearson Education Limited

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780070016859

Título: COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS: THE BASICS WITH APPLICATIONS 1995 edición

Autor/es: John D., Anderson, Jr.

Editorial: McGraw Hill

- Aris, R., Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Mechanics, Dover, 1962.
- Baker, A.J., Finite Element Computational Fluid Dynamics, Hemisphere, 1983.
- Batchelor, G.K., An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 1967.
- Crespo, A., Mecánica de fluidos, Thomson, 2006.
- Cuvelier, C., Segal, A. y Van Steenhoven, A.A., Finite Element Methods and Navier-Stokes Equations, Reidel, 1986.
- Ferziger, J.H., y Peric, M., Computational Methods for Fluid Dynamics, Segunda edición, Springer-Verlag, 1999.
- Fletcher, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. I y II, Springer-Verlag, 1991.
- Gresho, Ph.M., The Finite Element Method in Viscous Incompressible Flows, Lecture Notes in Engineering, Vol. 43, pp. 148-190, Springer, 1989.
- Hirsch, C., Numerical Computation of Internal and External Flows, John Wiley and Sons, Vols. 1 y 2, 1988.

- Hoffmann, K.A., y Chiang, S.T., Computational Fluid Dynamics, 4a Edición, Vols. I a III, Engineering Education Systems, 2000.
- Liñán, A., Mecánica de Fluidos, Publicaciones de la ETS de Ingenieros Aeronáuticos, 1967.
- Peyret, R., and Taylor, T.D., Computational Methods in Fluid Flow, Springer- Verlag, 1983.
- Pironneau, O., Finite Element Methods for Fluids, John Wiley and Sons, 1989.
- Versteeg, H.K. y Malalasekera, W., An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Prentice Hall, 2007.
- Wendt, J.F. (Editor), Computational Fluid Dynamics. An Introduction, Springer- Verlag, 1992.
- Wilcox, D.C., Turbulence Modeling for CFD, CDW Industries, Inc., La Cañada, California, 1994.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

El principal medio de apoyo lo constituye el curso virtual, en el que se incluyen foros de debate, anuncios, orientaciones adicionales para el estudio, recursos didácticos disponibles en Internet, material didáctico complementario en línea e información actualizada.

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?**

Si/No

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Presencial:

Obligatoria:

Es necesario aprobar el examen para realizarlas:

Fechas aproximadas de realización:

Se guarda la nota en cursos posteriores si no se aprueba el examen:

(Si es así, durante cuántos cursos)

Cómo se determina la nota de las prácticas:

### REALIZACIÓN

Lugar de realización (Centro Asociado/ Sede central/ Remotas/ Online):

N.º de sesiones:

Actividades a realizar:

### OTRAS INDICACIONES:

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.