

 <b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>	 <b>EFis</b> Escuela de Física	<b>EFis</b> Escuela de Física	Universidad de Costa Rica Facultad de Ciencias
--	---	-------------------------------	---

## Programa de Curso

<b>Nombre del curso:</b> Dinámica de Fluidos	<b>Requisitos:</b> FS-0408 Termodinámica o FS0642 Física Térmica I, FS0409 Métodos Matemáticos de Física I o FS0433 Métodos Matemáticos de Física I o FS4401 Métodos Matemáticos para Meteorología
<b>Sigla:</b> FS-0511	<b>Correquisitos:</b> Ninguno
<b>Horas:</b> 4 horas teórico-prácticas	<b>Ciclo:</b> V
<b>Créditos:</b> 3	<b>Clasificación:</b> Propio

### 1. DESCRIPCIÓN

El curso de Dinámica de Fluidos es una introducción a la física de medios continuos, crucial para estudiantes avanzados en física y áreas afines. A través de métodos matemáticos y físicos, como el cálculo y el álgebra tensorial, explora el movimiento de los fluidos, sus interacciones y aplicaciones, incluyendo la atmósfera y el océano. Este curso, que también introduce la dinámica de fluidos computacional, se sitúa estratégicamente en el plan de estudios, enlazando conocimientos previos con futuras especializaciones.

### 2. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Comprender los conceptos fundamentales de los fluidos geofísicos, permitiendo al estudiantado identificar y aplicar las ecuaciones del movimiento fluido a fenómenos atmosféricos y oceánicos, así como a otros relacionados, para explicar sus características y propiedades.

#### Objetivos específicos

- Analizar las distintas componentes del movimiento de un fluido, distinguiendo entre sus diferentes estados y efectos.
- Aplicar los teoremas integrales para resolver problemas prácticos en fluidos geofísicos, demostrando su utilidad en contextos reales.
- Evaluar e interpretar las ecuaciones que describen el movimiento de un fluido, identificando cómo cada término contribuye a la dinámica del fluido.
- Investigar el enfoque computacional para la resolución de ecuaciones en fluidos geofísicos, iniciándose en la dinámica de fluidos computacional.
- Caracterizar las propiedades turbulentas de un fluido y desarrollar modelos para el flujo turbulento, formulando y solucionando ecuaciones relevantes.

### **3. CONTENIDOS DEL CURSO**

#### **Modelo matemático de un fluido**

- Definición de un fluido, hipótesis del continuo. Sistemas Mecánicos cerrados y abiertos. Propiedades básicas intensivas y extensivas. Estados de la materia.
- Conceptos introductorios y principios matemáticos. Definición de escalar, vector y tensor. Función delta de Kronecker. Producto escalar, vectorial y tensorial. Gradiente, divergencia y rotacional. Notación tensorial, tensores simétricos y antisimétricos. Función y campo escalar y vectorial.

#### **Cinemática de un medio continuo**

- Definición de partícula y medio fluido. Forma de Euler y Lagrange. Derivada total y parcial, advección.
- Descripción del movimiento de un fluido: Traslación, rotación, dilatación y deformación.

#### **Teoremas de campo aplicados a los fluidos**

- Teorema de circulación de Kelvin.
- Teorema de Stokes, de Green en el plano y teorema de Gauss. Teoremas generalizados.
- Líneas de corriente y potencial de velocidades. Función corriente bidimensional.
- Teorema del vórtice de Helmholtz.

## **Fuerzas en fluidos (volumétricas y de superficie)**

- Tensión superficial.
- Fluidos Newtonianos y no Newtonianos.
- Ecuaciones fundamentales de los fluidos.
- Principios básicos.
- Conservación de la masa (continuidad). Tensor de tensiones o esfuerzos.
- Conservación de momento, ecuación de Navier-Stokes. Función  $\beta$  de Bernoulli. Ecuación de movimiento en un fluido en rotación. Número de Rossby y análisis de escala. Aproximación geostrofica. Número de Ekman.
- Concepto de vorticidad. Tubo de vórtice. Número de Rossby y análisis de escala. Ecuación de vorticidad. Vorticidad potencial.
- Ecuación de estado.
- Conservación de energía mecánica, térmica. Entropía.

## **Introducción a la dinámica de fluidos computacional**

- Método de diferencias finitas. Esquemas de pronóstico y número de Courant-Friedricks-Lewy. Condición de von Neumann. Estabilidad de las soluciones. Errores y ventajas de los métodos discretos.
- Introducción a los procesos turbulentos y de capa límite. Longitud de mezcla. Capa de Ekman en una superficie libre y rígida.

## **Inestabilidad**

- Definición. Problema de Bénard. Número de Rayleigh. Doble difusión. Estabilidad de una parcela. Frecuencia de Brunt-Väisälä. Equilibrio estático en un medio compresible, temperatura y densidad potencial.

## **4. METODOLOGÍA**

Se adoptará una metodología de enseñanza que integra aspectos teóricos y prácticos con el objetivo de proporcionar una comprensión profunda y aplicada de la dinámica de fluidos y

fluidos geofísicos, empleando un enfoque interactivo y participativo que promueve el aprendizaje activo. Las clases se llevarán a cabo mediante exposiciones magistrales complementadas con métodos de enseñanza activa específicos, como discusiones dirigidas, resolución de problemas, trabajo en grupo, y la utilización de simulaciones y sesiones de laboratorio. Se hará especial énfasis en la aplicación de conceptos teóricos mediante prácticas y programas que permitan a las y los estudiantes explorar y analizar modelos y datos relevantes para el campo de la Física y la Meteorología.

Para reforzar la comprensión de los temas abordados, se integrarán herramientas tecnológicas y recursos digitales, incluyendo el uso de la plataforma oficial asistida por tecnología de la Universidad de Costa Rica (Mediación Virtual), donde se compartirán documentos, tareas, presentaciones, códigos computacionales, y videos del curso. También se contempla la realización de al menos una sesión de laboratorio utilizando el tanque de rotación u otro instrumental del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), facilitando la experimentación práctica y el análisis de casos reales. Este enfoque no solo busca mejorar la comprensión teórica, sino también desarrollar habilidades prácticas cruciales para la investigación y práctica profesional en Meteorología y Física.

Esta metodología está diseñada para ser coherente con el marco pedagógico del plan de estudios y con la naturaleza teórico-práctica del curso, asegurando que las estrategias de enseñanza y aprendizaje empleadas fomenten un entorno educativo rico y diverso. Esto es fundamental para el desarrollo integral de los contenidos del curso y está en línea con los lineamientos de ETR de la OMM.

## **5. EVALUACIÓN**

Se recomienda que se empleen al menos dos de los siguientes tipos de evaluación:

- **Trabajo en Clase:** La evaluación continuará basándose en la participación activa y el compromiso en clase. Se valorará la contribución en discusiones, la habilidad para resolver problemas en equipo y la realización de ejercicios prácticos.
- **Pruebas Cortas y Exámenes:** Se llevarán a cabo pruebas cortas periódicas para evaluar la comprensión de la teoría, junto con uno o dos exámenes que incluirán problemas prácticos. Estas evaluaciones permitirán medir la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos teóricos en situaciones concretas, relevantes a la meteorología y la física de fluidos.
- **Tareas y Proyectos:** El estudiantado realizará tareas individuales y en grupo que pueden incluir desde la resolución de problemas hasta el desarrollo de modelos en software especializado. También se podrán asignar proyectos de investigación o diseño experimental que fomenten la aplicación práctica de los conocimientos y el trabajo colaborativo.
- **Exposiciones e Informes:** Las presentaciones orales y los informes escritos, incluyendo algunos que sigan el formato de artículo científico, evaluarán la habilidad de las personas estudiantes para comunicar efectivamente sus hallazgos y análisis. Este componente subraya la importancia de las competencias comunicativas en el ámbito científico.
- **Evaluación de Laboratorio:** Las sesiones de laboratorio son obligatorias, se incluirán informes de laboratorio o portafolios de experimentos. Estos reflejarán la habilidad para ejecutar procedimientos experimentales y analizar datos, siendo crucial para la comprensión de la dinámica de fluidos desde una perspectiva práctica.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Batchelor, C. K. (2000). An introduction to fluid dynamics. United Kingdom: Cambridge University Press. ISBN: 0521663962
2. Brown, R. A. (1991). Fluid mechanics of the atmosphere. United States: Academic Press. ISBN: 0121370402
3. Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones. México: McGraw Hill. ISBN: 9781456260941

4. Durst, F. (2022). Fluid mechanics: an introduction to the theory of fluid flows. Germany: Springer. ISBN: 3662639130
5. Fang, C. (2019). An Introduction to Fluid Mechanics. Springer Textbooks in Earth Sciences Geography and Environment. ISBN: 978-3-319-91821-1
6. Feldmeier, A., 2019. Theoretical fluid dynamics. Switzerland: Springer Nature. ISBN: 9783030310219
7. Holton, J. R., & Hakim, G. J. (2013). An introduction to dynamic meteorology. The Netherlands: Elsevier. ISBN: 0123848660
8. Kundu, P. K., Cohen, I. M., & Dowling, D. (2012). Fluid mechanics. Academic Press. ISBN: 9780123821003
9. Özsoy, E. (2020). Geophysical Fluid Dynamics I: An Introduction to Atmosphere-Ocean Dynamics: Homogeneous Fluids. Switzerland: Springer. ISBN: 3030169723
10. Özsoy, E. (2021). Geophysical Fluid Dynamics II: Stratified / Rotating Fluid Dynamics of the Atmosphere-Ocean. Switzerland: Springer. ISBN: 3030749339
11. Schobeiri, M. T. (2010). Fluid Mechanics for Engineers: A Graduate Textbook. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 3642115934

Aprobado en Resolución Vicerrectoría de Docencia VD-13132-2024 y rige a partir del I ciclo 2025.