



# Guia docent

## 295455 - 295TM122 - Mecànica de Fluids Computacional

Última modificació: 28/01/2026

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
**Unitat que imparteix:** 729 - MF - Departament de Mecànica de Fluids.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES MECÀNIQUES (Pla 2024). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2025      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Castellà, Anglès

### PROFESSORAT

**Professorat responsable:** LLUÍS JOFRE CRUANYES - FERNANDO GARCIA GONZALEZ

**Altres:** Primer quadrimestre:  
FRANCESCO CAPUANO - Grup: T1  
FERNANDO GARCIA GONZALEZ - Grup: T1  
LLUÍS JOFRE CRUANYES - Grup: T1

### REQUISITS

Tecnologies avançades en ciència i enginyeria de fluids

### RESULTATS D'APRENENTATGE

#### Coneixements:

- K.01. Interpretar críticament els principis físics que governen el comportament de sistemes i aplicacions avançades en els àmbits de disseny mecànic, processos de fabricació, resistència de materials, mecànica de fluids, termodinàmica i transferència de calor.
- K.08. Identificar eines d'anàlisi de dades per caracteritzar, sintetitzar, explicar i predir el comportament de sistemes físics en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.
- K.05. Identificar tecnologies emergents (de l'àmbit tant mecànic com de les noves tecnologies de la informació i la comunicació) aplicables al desenvolupament de projectes mecànics.
- K.02. Identificar les equacions fonamentals que governen els fenòmens físics associats a problemes complexos en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.
- K.07. Definir models analítics, experimentals i/o computacionals apropiats per a l'estudi de problemes rellevants en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.

#### Habilitats:

- S.02. Aplicar correctament les tècniques analítiques, computacionals i/o experimentals que s'adeqüin més a l'anàlisi d'un cas o projecte en l'àmbit mecànic.
- S.08. Integrar coneixements de diferents àrees de l'àmbit mecànic al disseny i al desenvolupament de projectes, sistemes i solucions d'enginyeria.
- S.05. Analitzar críticament els resultats de l'anàlisi d'un procés o producte, tenint en compte les limitacions de les tècniques aplicades.
- S.03. Aplicar tècniques avançades de simulació numèrica i prototipatge virtual a la resolució de problemes mecànics complexos.
- S.06. Gestionar eficientment la informació recopilada durant estudis analítics, numèrics i/o experimentals, i automatitzar-ne l'anàlisi per facilitar l'extracció de coneixement.

#### Competències:

- C.03. Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació en l'àmbit mecànic i valorar de manera crítica els resultats d'aquesta gestió.
- C.02. Treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, sigui com un membre més o exercint tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, assumint compromisos tenint en compte els recursos disponibles.
- C.05. Plantejar solucions científiques i tecnològiques avançades a reptes industrials complexos en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.



## METODOLOGIES DOCENTS

---

### OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

- Aprendre a identificar problemes de mecànica de fluids les solucions dels quals requereixen enfocaments computacionals
- Comprendre els conceptes i idees matemàtiques darrere dels mètodes utilitzats
- Implementar els mètodes corresponents utilitzant llenguatges de programació consolidats
- Realitzar una anàlisi exhaustiva d'errors dels algorismes, inclosa la precisió i l'estabilitat
- Adquirir coneixements sobre la solució discreta i l'optimització d'equacions diferencials que descriuen problemes de fluids en ciència i enginyeria

### HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

---

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	108,0	72.00
Hores grup gran	21,0	14.00
Hores grup petit	21,0	14.00

**Dedicació total:** 150 h

### CONTINGUTS

---

#### Python per a Ciència i Enginyeria

**Descripció:**

Python Tutorial with Google Colab: This part is a quick course for the Python programming language and on its use for scientific and engineering computing. The following items are contemplated:

- 1) Basic Python: Basic data types (Containers, Lists, Dictionaries, Sets, Tuples), Functions, Classes
- 2) Numpy: Arrays, Array indexing, Datatypes, Array math, Broadcasting
- 3) Matplotlib: Plotting, Subplots, Images
- 4) IPython: Creating notebooks, Typical workflows

Google's Python Class: It includes written notes, videos, and lots of exercises to practice Python programming within the Google environment without the need of installing python on a machine.

**Dedicació:** 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h



## Mètodes numèrics

### Descripció:

Basic remarks. Numerical interpolation and differentiation based on Taylor series expansion. Truncation error: formal definition. Centered and asymmetric derivative formulas. Derivation of finite-difference formulas with arbitrary stencil and order of accuracy on uniform and non-uniform meshes. Matrix notation. Boundary value problems. Numerical solution of 1D and 2D heat equation with Neumann, Dirichlet and Robin boundary conditions. Solution of linear systems: direct and iterative methods. Initial value problems. Ordinary differential equations (ODEs): basic theoretical aspects. Numerical methods for ODEs: multi-stage (Runge-Kutta) and multi-step (Adams) schemes. Partial differential equations (PDEs). Derivation of PDEs relevant to transport phenomena. The semi-discrete (or method of lines) approach. Numerical solution of unsteady advection-diffusion equations using finite-difference formulas and methods for ODEs for a variety of initial and boundary conditions.

**Dedicació:** 43h 30m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 30h

## Solució numèrica de les equacions de Navier-Stokes

### Descripció:

Introduction. General overview of a Computational Fluid Dynamics (CFD) process: mesh generation, solution, post-processing; examples. Basic properties of Navier-Stokes equations. The incompressible flow model. The role of pressure, initial and boundary conditions.

Discretization of incompressible N-S. The pressure Poisson equation and projection methods. Chorin-Temam fractional step method. Layout of variables: collocated and staggered arrangement. The "Harlow-Welch" staggering. Implementation of boundary conditions. Development of a numerical code in primitive variables using a second-order staggered scheme and the projection method. A simple example: the lid-driven cavity problem.

Other topics. Towards multiscale flow problems: the modified wavenumber analysis and the issue of non-linear stability. Remarks on the concept of discrete energy conservation. Remarks on the compressible Navier-Stokes equations and related numerical schemes. Alternatives to projection methods: SIMPLE and PISO algorithms.

**Dedicació:** 43h 30m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 30h



### Computació d'alt rendiment

#### Descripció:

Modern processors & data access. Introduction to parallel computing (what, why, how). Parallel computer memory architectures: shared, distributed, hybrid shared-distributed. Fundamentals of parallelization: strong and weak scalability, parallel efficiency, load balance, parallel overheads.

Shared-memory parallel programming (OpenMP). General characteristics. Uniform & Non-Uniform Memory Access (UMA/NUMA). Introduction to OpenMP. Case study: OpenMP-parallel Jacobi algorithm.

Distributed-memory parallel programming (MPI). General characteristics. Messages and point-to-point communication & Nonblocking point-to-point communication. Introduction to MPI. Case study: MPI-parallel Jacobi algorithm.

Hybrid architectures & accelerators (OpenACC). Exascale computing & hybrid architectures. Acceleration strategies. Introduction to OpenACC. Case study: OpenACC-accelerated Jacobi algorithm.

**Dedicació:** 19h 30m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 12h

### Anàlisi computacional de fluids

#### Descripció:

Computational experiments. Basic definitions, historical notes and different approaches (theoretical, experimental, computational), application to hydrodynamic instabilities and turbulence.

Analysis of flow regimes. Base flow of a Navier-Stokes problem. Types of bifurcations (Hopf, pitchfork, saddle-node). Linear stability analysis. Overview of numerical techniques. Case study: the two-dimensional lid-driven cavity problem.

Tools for time-dependent flows. Types of time dependent flows (base, quasi-periodic, chaos). Qualitative measures of the flow. Modal flow analysis (POD, DMD). Dynamical indicators from time series (local, global, Poincaré sections). Case study: the two-dimensional lid-driven cavity problem.

**Dedicació:** 43h 30m

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 6h

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 30h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

15% Computational exercises/activities

35% Course project

50% Final exam

## BIBLIOGRAFIA

#### Bàsica:

- LeVeque, Randall J. Finite difference methods for ordinary and partial differential equations : steady-state and time-dependent problems [en línia]. Philadelphia, PA: SIAM, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2007 [Consulta: 18/09/2024]. Disponible a: <https://faculty.washington.edu/rjl/fdmbook/>. ISBN 9780898716290.

- Ferziger, Joel H.; Peric, Milovan; Street, Robert L. Computational Methods for Fluid Dynamics. Fourth edition. Cham: Springer, [2019]. ISBN 9783319996912.

- Hager, Georg; Wellein, Gerhard. Introduction to high performance computing for scientists and engineers. Boca Raton, FL: CRC Press, cop. 2011. ISBN 9781439811924.

- Drazin, P. G. Introduction to hydrodynamic stability. Cambridge, UK [etc.]: Cambridge University Press, 2002. ISBN 9780521009652.