



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53000985 - Metodos De Simulacion Avanzada

PLAN DE ESTUDIOS

05AT - Master Universitario En Ingenieria Mecanica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	9
9. Otra información.....	11

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53000985 - Metodos de Simulacion Avanzada
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	05AT - Master Universitario en Ingenieria Mecanica
Centro responsable de la titulación	05 - E.T.S. De Ingenieros Industriales
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Ignacio Romero Olleros (Coordinador/a)	UD	ignacio.romero@upm.es	Sin horario. concertar previamente con el profesor
Gregorio Romero Rey	UD	gregorio.romero@upm.es	Sin horario. concertar previamente con el profesor

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías

con el profesorado.

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Bell Navas, Edmund	edmund.bell@upm.es	Romero Olleros, Ignacio

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Mecánica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Links and references will be provided in the course that complement its contents. Students are responsible for going through the material that might find necessary to complete their background.
- The syllabus of the Master does not define pre-requisites for this course. However, it is assumed that the students has enough background in linear algebra, vector calculus, ordinary and partial differential equations, as well as programming.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE5 - Relacionar las diferentes áreas de simulación afines a la ingeniería mecánica.

CE6 - Analizar, diseñar y modelar los distintos componentes de un sistema en base al dominio físico al que pertenezcan, aplicando distintas técnicas de simulación a modelos realistas y multidominio dentro del área de ingeniería mecánica.

CG 1 - Aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías avanzadas a la práctica de la Ingeniería Mecánica

CG 2 - Diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de la ingeniería mecánica, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA101 - The finite element method for linear problems in elasticity and heat transfer

RA100 - Methods for the direct and iterative solution of large systems of linear equations

RA102 - Transient solutions for heat and elastodynamics

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Many of the models that are used in Mechanical Engineering are so complex that it is impossible to solve them analytically. In these cases, the only avenue to obtain solutions, at least approximated ones, is to resort to simulation techniques. One has to recognize, from the outset, that only seldom do these methods provide exact solutions so users must understand their limitations, avoid pitfalls and extract as much information from available solutions.

Given the ubiquitousness of numerical methods in Engineering, it is impossible to cover all the useful methods in one course. For this reason, only some techniques, widely employed in Mechanical Engineering, will be presented. The course will cover them from the computational and theoretical points of view so that students can use them, but also understand their fundamentals, strengths, and weaknesses.

Lectures will include the description of methods and codes, as well as practical exercises. Students will be assigned reading material previous to the lecture and problem sets after each of them.

There exist many discretization methods available for Engineering problems. In fact, it can be argued that every discipline favors some methods over others. Aware of this large number of interesting methods, and given the limited time available, this course aims at reviewing some of the most useful methods. More specifically, students will learn the fundamentals and the use of different methods, as it is indicated in the "Resultados de Aprendizaje" subsection (learning achievements).

The assignments in this course will require the use of simulation codes and some programming. In all cases, the selected software will be either open-source, freely available for students, or provided by the UPM. In the case of special-purpose software, instructions will be provided to install it.

Regarding programming, there will be assignments that will involve writing short programs. Students are

encouraged to carry them out in Python, for which an introduction will be provided. In addition, links to internet resources will be given.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introduction to modelling and simulation (2h)
2. Introduction to Python programming (2h)
3. Ritz-Galerkin methods (4h)
4. The finite element method for thermal problems (6h)
 - 4.1. Strong and weak forms
 - 4.2. Method of Galerkin
 - 4.3. Programming
5. The finite element method for elasticity (4h)
 - 5.1. Strong and weak forms
 - 5.2. Galerkin's method
6. Advanced topics (4h)
 - 6.1. Locking, convergence, mixed methods
7. Transient problems (4h)
 - 7.1. Integration schemes for 1st order problems
 - 7.2. Integration schemes for 2nd order problems
8. Introduction to ANSYS (2h)
 - 8.1. Case study 1: thermal model
 - 8.2. Case study 2: heat exchanger with CFD
9. Coupled problems (4h)
 - 9.1. Thermo-elasticity
 - 9.2. Stress-diffusion

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Introduction to modelling and simulation Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Introduction to Python programming Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 02:00
3	Ritz-Galerkin methods Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 02:00
4				
5	Ritz-Galerkin methods (2) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 04:00
6	The finite element method for thermal problems Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	The finite element method for thermal problems Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 04:00
8	Programming the FEM Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	The finite element method for elasticity Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 04:00
10				
11	The finite element method for elasticity Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 04:00

12				
13	Transient problems Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 05:00
14	Introduction to ANSYS Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
15	Coupled problems Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Trabajo individual TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 05:00
16	Solution to mechanical problems using ANSYS Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
17				Trabajo asignatura TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 15:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	5%	0 / 10	CE5
3	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	5%	0 / 10	CG 2
5	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	5%	0 / 10	CG 1 CG 2
7	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	5%	0 / 10	CG 1 CG 2
9	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2
11	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2 CE5
13	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	05:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2 CE5
15	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	05:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2 CE5 CE6

17	Trabajo asignatura	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	15:00	40%	4 / 10	
----	--------------------	---	---------------	-------	-----	--------	--

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	5%	0 / 10	CE5
3	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	5%	0 / 10	CG 2
5	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	5%	0 / 10	CG 1 CG 2
7	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	5%	0 / 10	CG 1 CG 2
9	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2
11	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2 CE5
13	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	05:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2 CE5
15	Trabajo individual	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	05:00	10%	0 / 10	CG 1 CG 2 CE5 CE6
17	Trabajo asignatura	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	15:00	40%	4 / 10	

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Global exam	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	4 / 10	CG 1 CG 2 CE5 CE6

7.2. Criterios de evaluación

Students at the UPM are graded according to a progressive grading system that might employ tests, homeworks, exams, etc.

In this course, grading will be based on (approximately) weekly assignments and a final project. These will be done individually or in groups, as indicated in each case. Each of the assignments will have a due date and penalties will be applied if handed in late. In case of failing the weekly assignments and the final project during the progressive evaluation, an exam may be taken in January/July.

For the July evaluation, the weekly assignments and the final project required during the course are also required, in addition to the exam.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Kelley, C.T. Iterative methods for linear and nonlinear equations (1995). SIAM.	Bibliografía	Linear and nonlinear solvers
Golub, G. H. and van Loan, C. Matrix computations (1996). Johns Hopkins University Press. 3rd ed.	Bibliografía	Linear and nonlinear solvers

Elman, H., Silvester, D, Wathen, A. Finite elements and fast iterative solvers (2005). Oxford University Press.	Bibliografía	Linear and nonlinear solvers
Malvern, L. E. Introduction to the mechanics of a continuum medium (1969). Prentice-Hall.	Bibliografía	Tensor algebra and calculus
Romero, I. Mecánica de Sólidos (2021) (in ETSII web)	Bibliografía	Tensor algebra and calculus
Hughes, T. J. R, The finite element method (1987). Prentice-Hall Inc.	Bibliografía	The finite element method (general references)
Cook, R. D., Finite element modeling for stress analysis (1995). Wiley	Bibliografía	The finite element method (general references)
Strang, G. and Fix, G. J. An analysis of the finite element method (1973). Prentice-Hall.	Bibliografía	The finite element method (analysis)
Johnson, C. Numerical solutions of partial differential equations by the finite element method (1987). Cambridge University Press.	Bibliografía	The finite element method (analysis)
Maugin, G. A. The Thermomechanics of Plasticity and Fracture (1992) Cambridge University Press	Bibliografía	Coupled problems (theory)
Boley, B. A, Weiner, J.H. Theory of thermal stresses (1960). Wiley.	Bibliografía	Coupled problems (theory)
Nicholson, D. W. Finite element analysis. Thermomechanics of solids (2008) CRC Press.	Bibliografía	Coupled problems (numerical methods)

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

The ETSII has prepared a Code of ethics with the goal of creating an academic environment that fosters dialogue, trust, and honesty. This code applies to students as well as faculty of the ETSII and is available in the web ([go to the link](#)). All students adhere, when joining this School, to its code of conduct and any discrepancy with it should be raised at the beginning of the semester.

With regards to assignments and course projects, students are encouraged to discuss among them their contents and seek help to better understand the underlying concepts. However, individual or group assignments should reflect exclusively the work and knowledge of the authors. Failure to comply with the code may lead to failing the course. Plagiarism, broadly understood as using somebody else's work without mentioning its origin or citing could be considered a violation of the code of ethics.