



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ing. de Caminos  
Canales y P.

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**45000120 - Mechanical Behaviour Of Materials Iii**

### PLAN DE ESTUDIOS

04MI - Grado En Ingenieria De Materiales

### 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.....	12
7. Actividades y criterios de evaluación.....	15
8. Recursos didácticos.....	18
9. Otra información.....	19

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	45000120 - Mechanical Behaviour Of Materials III
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés/Castellano
<b>Titulación</b>	04MI - Grado en Ingeniería de Materiales
<b>Centro responsable de la titulación</b>	04 - E.T.S. De Ing. De Caminos Canales Y P.
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Rafael Sancho Cadenas	04A.S1.061.0	rafael.sancho@upm.es	J - 09:00 - 10:30 Bajo petición
Jesus Ruiz Hervias	04A.S1.065.0	jesus.ruiz@upm.es	J - 09:00 - 10:30 Bajo petición
Francisco Rafael Galvez Diaz-Rubio (Coordinador/a)	04A.S1.079.0	f.galvez@upm.es	J - 09:00 - 10:30 Bajo petición

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

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Mecánica De Materiales Ii

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Materiales no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE 2. - Saber modelizar el comportamiento (mecánico, electrónico, químico o biológico) de los materiales y su integración en componentes y dispositivos.

CE 5. - Capacitar para el aprendizaje autónomo de nuevos conocimientos y técnicas

CG 1 - Uso de la lengua inglesa

CG 11 - Responsabilidad y ética profesional

CG 2 - Capacidad de trabajo en equipo

CG 3 - Comunicación oral y escrita

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA28 - Saber trabajar en equipo. Ejecutar el trabajo con responsabilidad y respeto a los demás.

RA27 - Utilizar con soltura la comunicación oral y escrita en lengua española e inglesa

RA26 - Saber diseñar y experimentar con componentes estructurales sencillos.

RA25 - Saber aplicar de forma práctica las teorías de comportamiento mecánico a los diferentes tipos de materiales (metálicos, cerámicos, polímeros y materiales biológicos).

RA24 - Conocer las teorías y modelos matemáticos más relevantes en relación con la respuesta mecánica de los materiales y sus mecanismos de deformación y rotura.

RA23 - Entender, asimilar y manejar los conceptos y métodos básicos del comportamiento mecánico de los materiales, incluyendo la influencia del tiempo ( fenómenos diferidos) , la temperatura ( fenómenos termomecánicos) y la presencia de ambiente agresivos.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

#### PART 1: Fundamentals of plasticity

##### 1. Introduction

Development of the course

Objectives

Program

Bibliography

## 2. The tensile test

Engineering stress-strain

True stress-strain

Maximum load

Stress-strain empirical laws

The simple compression test

The Bauschinger effect

## 3. Yield Criteria.

Isotropic materials definition.

Yield of metallic materials

Geometrical representation

Tresca and Von Mises Criteria?s

Non-metallic materials criteria

Coulomb Criterion

Drucker-Prager Criterion

Strain hardening effect

#### **4. Constitutive equations**

Introduction

Stress-strain relationship for isotropic materials

Stress-strain relationship for metallic materials

Hill equations

Prandtl-Reuss and Levy-Mises equations

Hencky equations

#### **5. Viscoplasticity**

Definitions

Creep and relaxation

Logarithmic creep and Andrade

Stress and temperature effects

## 6. Physics of plasticity.

Introduction to crystallography and microplasticity mechanisms

Thermally activated and drag controlled dislocation motion

Creep mechanisms based on diffusion and dislocation glide

Mechanical twinning and phase transformations

## PART 2: Applications in PLASTICITY

## 7. Pure bending.

Hypotheses

Elastic moment and plastic moment

Plastic mechanisms

## 8. Plastification of beams

Analysis of the process

Isostatic and hyperstatic beams

Collapse loads

The extremum principle

## 9. Plastification of tubes

Analysis of the process

Thin wall tubes. Plastification of pipes and spheres.

Instability. Maximum pressure

Thick wall tubes.

### **PART 3: Solving problems using numerical simulations**

#### **S1. Exercise 1. The tensile test. Obtaining the stress-strain curve through a virtual test**

Measurements of the strain using a longitudinal extensometer

Measurements of the strain using a transversal extensometer

Measurements of the stress from load

Bridgmann's correction

#### **S2. Exercise 2. The compression test.**

Friction and barreling

Comparison Von Mises vs Drucker Prager

Study of the effects of the hydrostatic pressure on VM and DP

### **S3A. Exercise 3. Plastification of beams**

The neutral axis under elastic and plastic behaviour

Measuring the maximum elastic bending moment

Measuring the maximum plastic bending moment

### **S3B. Exercise 3. Plastification of thick wall tubes**

Tresca / Von Mises comparison

Plain strain / Plane stress comparison

## 5.2. Temario de la asignatura

1. 1. Introduction
  - 1.1. Description of the course
  - 1.2. Objectives and contents
  - 1.3. Bibliography
  - 1.4. Assessment
2. The tensile test
  - 2.1. Engineering vs true stress and strain
  - 2.2. Maximum load, elongation and measurements
  - 2.3. stress-strain laws
3. Compression test
  - 3.1. 3D effects
  - 3.2. Bauschinger effect
4. Yield criteria for metallic materials
  - 4.1. Tresca and von mises
  - 4.2. Geometrical representation
  - 4.3. Strain hardening. Isotropic vs kinematic
5. Yield criteria for non metallic materials
  - 5.1. Coulomb and Drucker Prager
  - 5.2. geometrical representation
6. Physics of plasticity
  - 6.1. Crystallography and mechanisms
  - 6.2. Thermal activated and drag dislocation motion
  - 6.3. Creep mechanisms
  - 6.4. Twinning and phase transformations
7. Constitutive equations
  - 7.1. Stress-strain relationships for isotropic metallic materials
  - 7.2. Incremental strain theory

7.2.1. Hill equations

7.2.2. Prandtl-Reuss

7.2.3. Levy-Mises

7.3. Total Strain Theory

7.3.1. Henky

8. Viscoplasticity

8.1. Creep and relaxation

8.2. Logarithmic creep and Andrade

8.3. Stress and temperature effects

9. Pure bending

9.1. The neutral axis

9.2. Elastic and plastic bending moments

10. Plastification of beams

10.1. Isostatic beams

10.2. Hyperstatic beams

10.3. The collapse load

10.4. The virtual work approach

10.5. The upper limit theorem

11. Plastification of tubes

11.1. Thin wall tubes and spheres

11.2. Instability. Maximum pressure

11.3. Thick wall tubes

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>1. Introduction - Development of the course - Objectives - Program - Bibliography</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>2A. The compression test - introduction - uniaxial o triaxial stress state - bauschinger effect</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>S0. Numerical simulation of plasticity - type of codes - pre processing, processing and postprocessing - explicit and explicit codes - the mesh and specific requirements</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	<b>2B. The tensile test - Engineering stress-strain - True stress-strain - Maximum load - Stress-strain empirical laws</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Exercises of tensile test</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>S1. Simulation of a tensile test using Abaqus. Pre-processing. The geometry and the mesh</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>2B. The tensile test. Necking and Bridgman correction</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Exercises of tensile test</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>S1. Simulation of a tensile test using Abaqus. Pre-processing. The elements and the material definitions</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>3A. Yield Criteria of metallic materials. - Isotropic materials definition. - Yield of metallic materials - Geometrical representation - Tresca and Von Mises - Strain hardening effect</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Exercises. Yield criteria of metallic materials</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>S1. Simulation of a tensile test using Abaqus. Pre-processing. The step, boundary conditions and constrains.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>3A. Yield Criteria of metallic non materials. - Coulomb. - Drucker Prager - Geometrical representation</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Exercises. Yield criteria of non metallic materials</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>S1. Simulation of a tensile test using Abaqus. Running the job and Post-Processing</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

6	<p><b>4A. Constitutive equations - Stress-strain relationship for isotropic and metallic materials - The flow rule - Prandtl-Reuss and Levy-Mises equations</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Constitutive equations using incremental strain theory</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S1. Simulation of a tensile test using Abaqus. Post-Processing. Obtaining the stress-strain curves using a longitudinal virtual extensometers</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
7	<p><b>4B. Constitutive equations - Total strain theory - Hencky equations - proportional stress-state</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Constitutive equations using total strain theory</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S1. Simulation of a tensile test using Abaqus. Post-Processing. Obtaining the stress-strain curves using a transversal virtual extensometers at different locations</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Simulation 1. Numerical simulation report. Discussion and conclusions</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:30</p>
8	<p><b>Exercises. Tensile test, yield and constitutive equations</b> Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S2. Simulation of a compression test using Abaqus. Pre-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Mid term exam 1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:30</p>
9	<p><b>5. Viscoplasticity. Definitions. Creep and relaxation. Logarithmic creep and Andrade. Stress and temperature effects.</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Viscoplasticity</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S2. Simulation of a compression test using Abaqus. Pre-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
10	<p><b>6A. Physics of plasticity. Part 1. Introduction to crystallography and microplasticity mechanisms. Thermally activated and drag controlled dislocation motion</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>S2. Simulation of a compression test using Abaqus. Post-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Simulation 2. Numerical simulation report. Discussion and conclusions</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:30</p>
11	<p><b>6B. Physics of plasticity. Part 2. Creep mechanisms based on diffusion and dislocation glide. Mechanical twinning and phase transformations</b> Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>S3A. Simulation of a 3D beam under pure bending using Abaqus. Pre-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12	<p><b>7. Pure bending. Hypotheses. Neutral axis. Elastic moment and plastic moment. Plastic hinge and mechanisms</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Pure Bending</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S3A. Simulation of a 3D beam under pure bending using Abaqus. Pre-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		

13	<p><b>8. Plastification of beams. Analysis of the process. Isostatic and hyperstatic beams. Collapse loads. The virtual work approach and the upper limit theorem.</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Beams</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S3A. Simulation of a 3D beam under pure bending using Abaqus. Post-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
14	<p><b>9A. Plastification of tubes. Thin wall tubes. Pipes, tanks and spheres. Instability and maximum pressure.</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Thin wall tubes</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S3B. Simulation of a container under internal pressure using Abaqus. Pre-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
15	<p><b>9B. Plastification of tubes. Thick wall tubes. Plane strain and plane stress. Initial, partial and full plastification of sections.</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Exercises. Thick wall tubes</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>S3B. Simulation of a container under internal pressure using Abaqus. Post-Processing.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Simulation 3. Numerical simulation report. Discussion and conclusions</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:30</p>
16				<p><b>Mid term exam 2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:30</p>
17				<p><b>FINAL EXAM</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:00</p>

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
7	Simulation 1. Numerical simulation report. Discussion and conclusions	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:30	6.67%	/ 10	CE 2. CE 5. CG 11 CG 1 CG 2 CG 3
8	Mid term exam 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	40%	3 / 10	CG 11 CG 1 CG 3 CE 2.
10	Simulation 2. Numerical simulation report. Discussion and conclusions	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:30	6.67%	/ 10	CG 11 CG 1 CG 2 CG 3 CE 2. CE 5.
15	Simulation 3. Numerical simulation report. Discussion and conclusions	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:30	6.67%	/ 10	CE 2. CE 5. CG 11 CG 1 CG 2 CG 3
16	Mid term exam 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	40%	3 / 10	CE 2. CE 5. CG 11 CG 1 CG 2 CG 3

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

17	FINAL EXAM	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE 2. CE 5. CG 11 CG 1 CG 2 CG 3
----	------------	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	---

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

The student has two possibilities to pass the subject; a continuum assessment or a final exam.

### CONTINUUM ASSESSMENT

The assessment of the subject is ranged from 0 to 10 points according to the following criterion.

Two different mid-term exams. Those exams will consist on practical exercises and theory test-type questions.

Partial exam1: Covers the general theory of the subject. The student will obtain one marks named P1.

Partial exam2: Covers applications of the subject. The final mark for Partial exam2 named P2

The final mark of the exams will be the average:

$$T=(P1*P2 )/2$$

Three exercises of simulation of virtual experiments being the corresponding marks S1, S2 and S3.

Those exercises are mandatory. Each exercise has a weigh of 1/3, and the final simulation mark is computed by the arithmetic mean:

$$S=(S1+S2+S3)/3$$

Finally the weigh of the exams is 80% and simulation exercises 20%.

The final mark for the subject is computed following the following expression:

$$MM-III=0.2S+0.8T$$

To pass the subject, a minimum of 5 points is required

### **FINAL EXAM ASSESSMENT (January)**

Covers the whole subject where theory test-type question and practical exercises are to be solved, giving a mark called "Jan" ranging from 0 to 10.

There is just one opportunity at the end of the course (January).

The marks obtained from the continuum assessments are NOT considered here, except of simulation exercises which are mandatory.

To pass the subject, a minimum of 5 points is required.

$$MM-III=0.2*S+0.8*Jan$$

### EXTRAORDINARY EXAM ASSESSMENT (July)

Covers the whole subject and only practical exercises are to be solved, giving a mark ranging from 0 to 10.

There just one opportunity at the end of the course (July).

The marks obtained from the continuum assessments and simulation exercises are NOT considered here.

To pass the subject, a minimum of 5 points is required.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Book	Bibliografía	Francisco Gálvez. Plastic Behaviour of Materials. García Maroto Editores. 2017.
Book2	Bibliografía	Hill. The Mathematical Theory of Plasticity. Oxford University Press, Oxford (U.K.), (1983)

Book3	Bibliografía	Johnson - Mellor. Engineering Plasticity. Ellis Horwood, Chichester (U.K.), (1983) 
Software	Otros	Abaqus Student version

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Si las circunstancias lo requieren por motivos extraordinarios sobrevenidos, la actividad docente podría pasar a ser no presencial.

Esta asignatura contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo sostenible de la ONU, a través de sus procesos de aprendizaje y con los resultados obtenidos: ODS9, ODS10, ODS11 y ODS12