



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

**45000128 - Recycling Of Materials**

### PLAN DE ESTUDIOS

04MI - Grado En Ingeniería De Materiales

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo 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.....   | 4  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 10 |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 13 |
| 9. Otra información.....                         | 14 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 45000128 - Recycling Of Materials           |
| <b>No de créditos</b>                      | 6 ECTS                                      |
| <b>Carácter</b>                            | Obligatoria                                 |
| <b>Curso</b>                               | Tercero curso                               |
| <b>Semestre</b>                            | Sexto semestre                              |
| <b>Período de impartición</b>              | Febrero-Junio                               |
| <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><br>*        |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| Jesus Ruiz Hervias<br>(Coordinador/a) | Lab. Fisica     | jesus.ruiz@upm.es         | M - 10:00 - 12:00<br>X - 10:00 - 12:00 |

\* 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 |
|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| Orellana Barrasa, Jaime   | jaime.orellana@upm.es   | Ruiz Hervias, Jesus  |
| Cristobal Beneyto, Miguel | miguel.cristobal@upm.es | Ruiz Hervias, Jesus  |

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Fundamentos Químicos

### 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 3. - Saber planificar la resolución de problemas relacionados con la selección, fabricación, procesado, utilización y reciclado de todo tipo de materiales en función de las herramientas de que se disponga y de las restricciones de tiempo y recursos

CE 8. - Saber diseñar y gestionar la utilización y durabilidad de componentes y dispositivos con materiales, con especial cuidado en el deterioro de materiales y siendo respetuosos con el medio ambiente

CE 9. - Saber diseñar, implementar y controlar los procesos de reutilización y/o almacenamiento de materiales, con especial atención al cuidado del entorno

CG 1 - Uso de la lengua inglesa

CG 10 - Adaptación a nuevas situaciones

CG 11 - Responsabilidad y ética profesional

CG 2 - Capacidad de trabajo en equipo

CG 3 - Comunicación oral y escrita

CG 8 - Respeto del Medio Ambiente

CG 9 - Capacidad de trabajo interdisciplinar

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA5 - Saber aplicar las Tecnologías de la Información y de la Comunicación

RA48 - Conocer y saber aplicar tecnologías limpias de reciclado, reutilización y recuperación de materiales,

RA47 - Entender, asimilar y manejar los conceptos básicos para administrar los materiales en la fase final de su ciclo vital; bien reutilizándolos o almacenándolos, siempre de forma respetuosa con el medio ambiente.

RA3 - Ser capaz de trabajar en equipo en entornos interdisciplinares.

RA16 - Ejecutar el trabajo con responsabilidad y respeto a los demás y al medioambiente

RA17 - Utilizar con soltura la comunicación oral y escrita en lengua inglesa.

RA49 - Conocer y saber aplicar técnicas y medidas de ahorro energético

RA4 - Saber adaptarse a nuevas situaciones.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

This course deals with the main issues associated to Recycling and Sustainability in our present world. This is a very complex issue that can be approached in many different ways. In this course we will focus on the aspects related to Materials Engineering. The contents include lectures on the main recycling techniques for different kinds of materials and the main energy sources available and their role to achieve long-term sustainability. In addition, invited speakers will give conferences on several topics relevant to the course.

The students will have to present a team project at the end of the course. The objective is to critically analyze an articulation of sustainable development. The method developed by Prof. Michael Ashby to deal with complex problems in sustainability will be used. The project should focus on a particular aspect and include the opinions of all stakeholders. The most important point is critical thinking and creativity, not ideology. Guidance will be provided in practical classes and team project meeting sessions will be scheduled in the course. Ansys Granta Edupack software will be used for life-cycle analysis and to search for data relevant to sustainability.

At the end of this course, the student should be able to:

- Explain the main concepts of the recycling of materials and sustainability disciplines, and discuss the importance of a rational use of natural resources and energy,
- Use simplified life-cycle analysis tools to estimate the carbon footprint and the energy consumption associated to the different stages in the life of a component, and
- Apply these skills and knowledge to critically analyze an articulation of sustainable development related to recycling, energy and sustainability.

In addition to that, the student should improve his transferable skills including oral and written communication, team work and decision making, time and project management, and work ethics.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introduction to Recycling and UN Sustainable Development Goals (SDG)
  - 1.1. Sustainable development assessment method
2. Life-cycle analysis and eco-design
  - 2.1. Life-cycle analysis
  - 2.2. Eco-design
3. Waste management
  - 3.1. Waste management systems
  - 3.2. MRF and waste separation techniques
4. Materials recycling
  - 4.1. Polymer recycling
  - 4.2. Metal recycling
    - 4.2.1. Hydrometallurgy
    - 4.2.2. Pyrometallurgy
    - 4.2.3. Exercises
  - 4.3. Other materials
  - 4.4. Supply chain risk
5. Energy and Sustainability
  - 5.1. Introduction
  - 5.2. Energy production
  - 5.3. Energy storage
  - 5.4. Energy seminars

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad tipo 1   | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación   |
|-----|--|------------------|----------------|---|
| 1   | <p><b>Course presentation</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Introduction to Recycling and UN Sustainable Development Goals (SDG)</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Sustainable development assessment method</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>  |                  |                |   |
| 2   | <p><b>Life-cycle analysis</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Eco-design</b><br/>Duración: 01:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>  |                  |                | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:10</p>  |
| 3   | <p><b>Eco-design</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>MRF and waste separation techniques</b><br/>Duración: 01:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Critical materials. Supply chain risk</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> |                  |                | <p><b>Mini-project about life-cycle analysis</b><br/>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial<br/>Duración: 00:10</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:10</p> |
| 4   | <p><b>Waste management systems</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Polymer recycling</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ashby method: analysis of an</b></p>  |                  |                | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:10</p>  |

|   |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|
|   | <p><b>articulation of sustainable development</b><br/>Duración: 01:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>   |  |  |  |
| 5 | <p><b>Polymer recycling</b><br/>Duración: 00:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Metal recycling: hydrometallurgy</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>               | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 00:10</p> |
| 6 | <p><b>Metal recycling: hydrometallurgy</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Metal recycling: pyrometallurgy</b><br/>Duración: 00:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 00:10</p> |
| 7 | <p><b>Exercises: hydro and pyrometallurgy</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Recycling of other materials</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  |  |
| 8 | <p><b>Introduction to energy</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Energy production</b><br/>Duración: 00:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>                         | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 00:10</p> |
| 9 | <p><b>Energy production</b><br/>Duración: 01:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>   | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 00:10</p> |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 10 | <p><b>Seminar Energy</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Energy production</b><br/>Duración: 01:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>                    | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:10</p>   |
| 11 | <p><b>Seminar Energy</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Energy storage</b><br/>Duración: 01:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>                       | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:10</p>   |
| 12 | <p><b>Seminar Energy</b><br/>Duración: 00:50<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Presentation of term project review</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Review of lectures</b><br/>Duración: 00:10<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | <p><b>Team project meeting</b><br/>Duración: 02:00<br/>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> |  | <p><b>Review of lectures</b><br/>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:10</p>   |
| 13 | <p><b>Term project presentations</b><br/>Duración: 04:00<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>   |  |  | <p><b>Term project presentations</b><br/>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 00:30</p>  |
| 14 | <p><b>Term project presentations</b><br/>Duración: 04:00<br/>OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>   |  |  |  |
| 15 | <p><b>Course review</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  | <p><b>Continuous assessment test</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial<br/>Duración: 03:00</p> <p><b>Final ordinary exam</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial<br/>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                          |
|------|--|--|---------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 2    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |
| 3    | Mini-project about life-cycle analysis | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo    | No Presencial | 00:10    | 10%             | 5 / 10      | CE 3.<br>CE 9.<br>CE 8.<br>CG 2<br>CG 1<br>CG 3 |
| 3    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |
| 4    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |
| 5    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |
| 6    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |
| 8    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |
| 9    | Review of lectures                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial    | 00:10    | 1%              | 5 / 10      | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.                 |

|    |                            |  |            |       |     |        |   |
|----|----------------------------|--|------------|-------|-----|--------|---|
| 10 | Review of lectures         | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 00:10 | 1%  | 5 / 10 | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.   |
| 11 | Review of lectures         | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 00:10 | 1%  | 5 / 10 | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.   |
| 12 | Review of lectures         | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 00:10 | 1%  | 5 / 10 | CE 9.<br>CE 8.<br>CG 1<br>CE 3.   |
| 13 | Term project presentations | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo    | Presencial | 00:30 | 45% | 5 / 10 | CG 1<br>CG 3<br>CE 3.<br>CE 9.<br>CG 9<br>CG 10<br>CG 11<br>CE 8.<br>CG 2 |
| 17 | Continuous assessment test | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial | 03:00 | 45% | 5 / 10 | CE 3.<br>CE 9.<br>CG 8<br>CG 10<br>CG 11<br>CE 8.<br>CG 1<br>CG 3         |

### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción         | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas  |
|-----|---------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| 17  | Final ordinary exam | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00    | 100%            | 5 / 10      | CG 1<br>CG 3<br>CE 3.<br>CE 9.<br>CG 8<br>CG 10<br>CG 11<br>CE 8. |

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción              | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas  |
|--------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Final extraordinary exam | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00    | 100%            | 5 / 10      | CG 3<br>CE 3.<br>CE 9.<br>CG 8<br>CG 10<br>CG 11<br>CE 8.<br>CG 1 |

## 7.2. Criterios de evaluación

A) Continuous assessment (pass mark: 50%)

This is the recommended way to follow the course. It will consist of:

- Term project (45%): it is **compulsory for continuous assessment**. A minimum of 5/10 points is needed to be considered for evaluation.
- Final test (45%): **it will take place at the same time as the final ordinary exam** (established in the course guide). A minimum of 5/10 points is needed to be considered for evaluation.
- Review of lectures (10%): a minimum of 5/10 points for each individual review is needed to be considered for evaluation.
- Mini-project about life-cycle analysis (10%)

In this case, the theoretical maximum mark would be 110%, although the maximum mark will be 100%. It is intended to encourage the students to pursue the continuous assessment mode and also to help them (with an additional 10%) if they choose this mode.

Notes about term projects:

- The term projects will be performed in groups and will be presented by each group member. Marks will be individual, based on the presentation.
- A file with the presentation will have to be uploaded to the course website.
- It is compulsory to present the term project for the continuous assessment mode.
- The highest mark will only be awarded to excellent projects.
- If the term project is failed, the student will have to take the final exam. In this case, an additional part related to the term project might be included in the exam.

B) Final exam, ordinary and extraordinary (passmark: 50%): for those who did not pass in continuous assessment mode.

In addition to the final test, an additional part related to the term project might be included in the exam, in the following cases:

- If the student did not present the term project.
- If the term project was failed.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre   | Tipo         | Observaciones |
|--|--------------|---------------|
| Ashby, M.F. "Materials and Sustainable Development" Elsevier, 2016                                     | Bibliografía |               |
| Ashby, M.F. "Materials and the Environment. Eco-informed Material Choice". Butterworth Heinemann, 2012 | Bibliografía |               |

|   |              |  |
|---|--------------|--|
| Classroom presentations   | Recursos web |  |
| Ansys Granta Edupack software   | Otros        | Software for materials selection and life-cycle analysis, with an emphasis on Recycling and Sustainability available at "Escritorio UPM" |
| Ramachandra Rao, S. "Resource recovery and recycling from metallurgical wastes", Elsevier, 2006 | Bibliografía |  |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

The course is related to the following Sustainable Development Goals:

SDG 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy

SDG 11: Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable

SDG 12: Ensure sustainable consumption and production patterns

SDG 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts

SDG 14: Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development

SDG 15: Protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss