



**Máster en Ciencia y Tecnología Químicas**  
**Facultad de Ciencias Químicas**  
**Universidad Complutense de Madrid**

**Guía docente**  
**PREPARACIÓN Y RECICLADO DE**  
**MATERIALES**

Código: 605210

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2024-2025**

**Nombre de la asignatura (Subject name)**

**Preparación y reciclado de materiales**  
*Preparation and recycling of materials*

**Duración**

**Primer semestre**

**Créditos ECTS /Carácter**

**6 ECTS / Obligatorio**

**Contenidos básicos (Subject knowledge)**

Aspectos termodinámicos y cinéticos de los procesos de obtención de materiales. Procesos pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos y electrometalúrgicos de preparación de diferentes materiales metálicos. Vida útil de los materiales. Planificación de estrategias industriales para la valorización de materiales de naturaleza diferente y mezclados. Posibilidades de reutilización y reciclado.

*Thermodynamics and kinetics of metal extraction processes. Pirometallurgical, hydrometallurgical and electrometallurgical extraction processes. Life cycle analysis. Development of industrial strategies for valorizing different materials in mixtures. Possibilities for reusing and recycling.*

**Profesores y ubicación**

<b>Profesor</b>	Consuelo Gómez, Raúl Arrabal, Isabel Lasanta, Teresa de Miguel (coordinadora)
<b>Despacho</b>	QB418, QA131H, QA131C, QB419
<b>Departamento</b>	Ingeniería Química y de Materiales
<b>Correo electrónico</b>	cgcastro@quim.ucm.es, rarrabal@ucm.es, milasant@ucm.es, <a href="mailto:mtdmiguel@ucm.es">mtdmiguel@ucm.es</a> (coordinadora)

**Objetivos y competencias (Abilities and Skills)**

**OBJETIVOS**

1. Proporcionar una base sólida y equilibrada de conocimientos sobre la preparación y reciclado de materiales.
2. Desarrollar en los estudiantes capacidades que les permitan aplicar los conocimientos, tanto teóricos como prácticos, a la resolución de problemas en

entornos nuevos o dentro de contextos poco conocidos tanto de la ciencia de materiales como multidisciplinares.

3. Generar en el estudiante, mediante la educación en ciencia de materiales, la sensibilidad necesaria para formular juicios, a partir de una información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos.
4. Desarrollar herramientas de aprendizaje, mediante la educación en ciencia de materiales, que permitan a los estudiantes continuar su formación de un modo autodirigido o autónomo.
5. Generar en el estudiante el gusto por la investigación científica.

### **ABILITIES**

1. *To provide students with the proper basis of knowledge on preparation and recycling of materials.*
2. *To promote the development of abilities in students in order to deal with and to solve theoretical and practical questions in new fields of materials science and related areas.*
3. *To promote in students, through materials science education, sensitivity for giving opinions, having an incomplete or limited information, including thoughts on social and ethic liabilities related to the knowledge acquired.*
4. *To develop learning tools in students, through materials science education, to continue their educational formation in an autonomous way.*
5. *To promote in students enjoyment for research.*

### **COMPETENCIAS GENERALES**

- CG1.- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de problemas relacionados con la preparación y reciclado de materiales.
- CG2.- Desarrollar habilidades teórico-prácticas para resolver problemas de interés científico y social en el contexto de la preparación y reciclado de materiales.
- CG4.- Reconocer y evaluar la calidad de los resultados teóricos y prácticos utilizando las herramientas adecuadas.
- CG5.- Utilizar y reconocer la tecnología de los materiales para poder resolver problemas en el entorno de los mismos.
- CG6.- Conocer y comprender los fundamentos científicos del mundo de los materiales y sus interrelaciones entre la estructura, propiedades, procesado y aplicaciones.
- CG7.- Correlacionar la composición con la estructura y propiedades de los materiales.

### **GENERAL SKILLS**

- CG1.- To integrate knowledge on preparation and recycling of materials in order to deal with complex related questions.*
- CG2.- To develop abilities on theory and practice in order to solve scientific and social questions of interest in preparation and recycling of materials.*
- CG4.- To recognize and evaluate qualitatively theoretical and practical results using the proper tools.*
- CG5.- To use and recognize the technology of materials in order to solve real problems.*
- CG6.- To know and understand the scientific basis of the materials and the relationship between structure, properties, processing and applications.*
- CG7.- To establish the relationship between materials composition and their structure and properties.*

### **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE7.- Formular juicios a partir de información de la ciencia de materiales en desarrollo, que incluya reflexión sobre responsabilidades sociales, reciclado y sostenibilidad.*
- CE8.- Seleccionar y utilizar los distintos procedimientos de obtención de los materiales metálicos.*

### **SPECIFIC SKILLS**

- SS7.- To give opinions using materials science information in progress, including thoughts on social, recycling and sustainable liabilities.*
- SS8.- To select and use different metal extraction processes.*

### **COMPETENCIAS TRANSVERSALES**

- CT1.- Elaborar, escribir y defender informes de carácter científico y técnico.*
- CT2.- Trabajar en equipo.*
- CT3.- Valorar la importancia de la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente.*
- CT4.- Demostrar capacidad de auto-aprendizaje.*
- CT5.- Demostrar compromiso ético.*
- CT6.- Comunicar resultados de forma oral/escrita.*
- CT7.- Trabajar con seguridad en laboratorios de investigación.*
- CT8.- Demostrar motivación por la investigación científica.*

### **GENERIC COMPETENCES**

- GC1.- To elaborate, write and defend scientific and technical reports.*
- GC2.- To work in multidisciplinary teams.*
- GC3.- To assess the importance of sustainability and respect for the environment.*
- GC4.- To demonstrate self-learning ability.*
- GC5.- To show ethical commitment.*
- GC6.- To communicate results orally and in writing.*
- GC7.- To work safely in research labs.*
- GC8.- To show motivation for scientific research.*

## Contextualización en el Máster

La asignatura 2.2.1: “Preparación y reciclado de materiales” se oferta en la Materia optativa 2.2: “Ciencia y Tecnología de Materiales” que se encuadra dentro del módulo obligatorio Módulo 2: “Especialización”.

## Programa de la asignatura

### BLOQUE I. PREPARACIÓN DE MATERIALES METÁLICOS

- Tema 1. Estado actual y tendencias en Metalurgia Extractiva.
- Tema 2. Aspectos termodinámicos y cinéticos desde un punto de vista sostenible.
- Tema 3. Sostenibilidad en procesos pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos y electrometalúrgicos.

### BLOQUE II. PROCESOS DE METALURGIA EXTRACTIVA

- Tema 4. Nociones sobre equipos y herramientas de análisis
- Tema 5. Aluminio
- Tema 6. Cobre
- Tema 7. Oro y plata
- Tema 8. Litio
- Tema 9. Níquel, cobalto y metales del grupo del platino
- Tema 10. Tierras raras
- Tema 11. Titanio
- Tema 12. Tántalo, Niobio y otros

### BLOQUE III. RECICLADO DE MATERIALES

- Tema 13. Ciclo de vida de los materiales y economía circular. Políticas de gestión y legislación de residuos.
- Tema 14. Reciclado del acero. Residuos urbanos y calidad del acero reciclado.
- Tema 15. Reciclado de Al, Pb, Cu y Zn. Baterías y pilas.
- Tema 16. Reciclado de polímeros, materiales de construcción y vidrios.
- Tema 17. Valorización de residuos post-consumo mezclados.

## Resultados del aprendizaje (*learning outcomes*)

1. Tener conocimiento de las posibilidades que ofrece la Metalurgia Extractiva para la recuperación de metales a partir de menas minerales.
2. Conocer los fundamentos termodinámicos y cinéticos que gobiernan los procesos extractivos.
3. Identificar y saber aplicar los tratamientos pirometalúrgicos, electrometalúrgicos y bio-hidrometalúrgicos para la obtención de metales a partir de menas minerales.
4. Tener conocimiento de las posibilidades que ofrece el reciclado para la recuperación de materiales metálicos y no metálicos.

1. *To be aware of the possibilities that Extractive Metallurgy offers in the recovery of metals from raw ores.*
2. *To know the basic aspects of thermodynamics and kinetics governing metal extraction processes.*
3. *To identify and know how to apply pyrometallurgical, electrometallurgical and bio-hydrometallurgical technologies in the recovery of metal from raw ores.*
4. *To be aware of the possibilities that recycling offers in the recovery of metallic and non-metallic materials.*

## Metodología y programación docente

### METODOLOGIA

Las actividades presenciales de la asignatura se estructuran en clases de teoría y seminarios y prácticas de laboratorio.

En las clases de teoría los profesores darán a conocer al alumno el contenido de la asignatura. Se presentarán los conceptos teóricos y algunos hechos experimentales que permitan al alumno obtener una visión global y comprensiva de la asignatura. En cada tema se expondrán el contenido y objetivos principales. Como apoyo a las explicaciones teóricas, se proporcionará a los alumnos material docente apropiado, bien en fotocopias o bien en el Campus Virtual. En las clases de teoría se intercalarán algunas sesiones de vídeos científicos para acercar al estudiante a la práctica industrial. Se considerará la posibilidad de que algunas clases sobre materias especializadas sean impartidas por profesores invitados.

Las clases de seminarios y tutorías tendrán como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos a un conjunto de cuestiones y/o ejercicios. Se propondrán trabajos para la realización por parte de los alumnos, trabajos que serán presentados mediante una exposición oral y/o escrita.

Se desarrollarán las prácticas de laboratorio con contenidos relacionados con la parte teórica.

### PROGRAMACION DOCENTE

Actividad	Presencial (hrs)	Trabajo autónomo (hrs)	Créditos ECTS
Clases teóricas/Theory classes	40	60	4,0
Seminarios/Seminars	5	7,5	0,5
Tutorías/ Tutorials	2	3	0,2
Laboratorio/ Lab	6	4,5	0,42
Preparación de trabajos y exámenes	3	19	0,88
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>94</b>	<b>6</b>

## **Evaluación del aprendizaje**

El rendimiento académico del estudiante se computará atendiendo a la calificación del examen final oral o escrito (40%), y la evaluación del trabajo personal en el laboratorio, ejercicios y revisiones científicas (40%), así como la participación en tutorías y seminarios (20%).

Para poder ser evaluado el estudiante deberá haber participado, al menos, en el 70% de las actividades presenciales.

Las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003.

## **Idioma o idiomas en que se imparte**

Castellano (se incluirá terminología en inglés).

## **Bibliografía y recursos complementarios**

- Ballester, A., Sancho, J. y Verdeja, L.F. (2000). "Metalurgia Extractiva". Vols. 1 y 2. Ed. Síntesis, Madrid.
- Gupta, C.K. and Mukherjee, T.C. (1990). "Hydrometallurgy in Extraction Processes". Vols. I and II. CRC Press, USA.
- Rosenqvist, T. (1983). "Principles of Extractive Metallurgy". McGraw-Hill, London.
- Gilchrist, J.D. (1989). "Extraction Metallurgy". Pergamon Press, London.
- Wills, B.A. (1992). "Mineral Processing Technology". Pergamon Press, Oxford.
- Rich, V. (Ed.) (2001). "The International Scrap and Recycling Industry Handbook". Woodhead Publishing Ltd. Cambridge.
- Gómez, M.R. y Gil, J.R. (1997) "Los Plásticos y el Tratamiento de sus Residuos". UNED, Madrid.
- Ramachandra, R. (2006). "Resource Recovery and Recycling from Metallurgical Wastes". Elsevier, Amsterdam.
- Lund, H.F. (1996). "Manual McGraw-Hill de Reciclaje". McGraw-Hill, Madrid.
- Tchobanoglous, Theisen, Vigil. (1996). "Gestión Integral de Residuos Sólidos". McGraw-Hill.