



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65001043 - Metalurgia Y Siderurgia**

### PLAN DE ESTUDIOS

06TM - Grado En Ingeniería En Tecnología Minera

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65001043 - Metalurgia y Siderurgia
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06TM - Grado en Ingeniería en Tecnología Minera
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Iñigo Eloy Ruiz Bustinza	222	inigo.rbustinza@upm.es	Sin horario.
Ana Maria Mendez Lazaro (Coordinador/a)	221	anamaria.mendez@upm.es	Sin horario.
Teresa Palacios Garcia	342	teresa.palacios@upm.es	Sin horario.

\* 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

- Química Física
- Química I
- Química II

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

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

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CG 1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Tecnología Minera.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, analizar, calcular, proyectar, construir, mantener, conservar, explotar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de las Tecnologías Mineras, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas, incluyendo la función de asesoría en estos campos.

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinarios.

CG 4 - Comprender el impacto de la tecnología minera en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad. desarrollando la capacidad para la realización de estudios de ordenación del territorio y de los aspectos medioambientales relacionados con los proyectos, plantas e instalaciones, en su ámbito

CG 5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG 6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional

CG 7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la ingeniería en tecnología minera en sus actividades profesionales.

F37 - Metalurgia y tratamiento de concentrados minerales, metales y aleaciones: Industria metalurgia férrea y no férrea, aleaciones especiales, ensayos metalotécnicos, etc

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA208 - Capacidad de conocer, comprender y utilizar los principios y metodología de la siderurgia.

RA248 - Relacionar las características de los diferentes tipos de materiales no metálicos con sus propiedades y método de obtención.

RA209 - Comprender las leyes y fenómenos básicos de la ciencia e ingeniería metalúrgica primaria y secundaria tanto en vía hidro como pirometalúrgica, sus rasgos comunes y diferenciales.

RA210 - Comprender y seleccionar con criterios de usuarios el comportamiento de los concentrados metálicos en relación con los procesos extractivos y los metales obtenidos.

RA211 - Comprender la relación entre la tipología de un yacimiento, las características mineralógicas y los distintos procesos de aplicación posibles para la extracción económica del metal, bien a través de la mineralurgia o directamente.

RA212 - Practicar el cálculo metalúrgico en diversos supuestos.

RA213 - Conocer los aspectos económicos, de calidad y medioambientales de la metalurgia extractiva y sus particularidades en la siderurgia.

RA249 - Aplicar los diferentes materiales no metálicos a sus distintos usos.

RA247 - Conocer las distintas familias de materiales no metálicos, sus propiedades y obtención Aplicar los fundamentos del análisis de secciones en vigas.

RA207 - Capacidad de conocer, comprender y utilizar los principios y metodología de la metalurgia no férrea.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura "Metalurgia y siderurgia" tiene como objetivo el estudio de los procesos implicados en la obtención de metales a partir de minerales y residuos

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Tema 1. Bases de la tecnología
  - 1.1. Introducción a la metalurgia
  - 1.2. Procesos y operaciones
  - 1.3. Metodología operativa Pirometalurgia-Hidrometalurgia
2. Tema 2. Sistemas metalúrgicos.
3. Tema 3. Diagramas de equilibrio de los sistemas metalúrgicos.
  - 3.1. Diagrama de Ellingham-Richardson.
  - 3.2. Diagramas de tostación y de reducción carbotérmica.
  - 3.3. Diagrama de Pourbaix.
  - 3.4. Mecanismos cinéticos básicos.
4. Tema 4. Hidrometalurgia. Preparación de la materia prima.
  - 4.1. Acondicionamiento de los minerales.
  - 4.2. Acondicionamiento del medio acuoso.
5. Tema 5. Hidrometalurgia. Tecnología de la lixiviación.
  - 5.1. Solubilidad de los compuestos metálicos.
  - 5.2. Operativa de la lixiviación
6. Tema 6. Hidrometalurgia. Tratamiento de los productos de la lixiviación.
  - 6.1. Separación sólido-líquido. (S/L).
  - 6.2. Cálculo de un espesador
  - 6.3. Agotamiento de fangos de sedimentación.
  - 6.4. Cálculo de un circuito de CCD.

- 6.5. Purificación de las soluciones clarificadas.
- 6.6. Extracción con disolventes orgánicos. SX.
- 6.7. Cálculo de un circuito de SX.
- 6.8. Otras formas de extracción.
- 7. Tema 7. Hidrometalurgia. Recuperación de metal de la solución final.
  - 7.1. Precipitación.
  - 7.2. Electrowinning y electrorefino.
  - 7.3. Cálculo metalúrgico de un taller de EW.
- 8. Tema 8. Pirometalurgia. Preparación de la materia prima
  - 8.1. Aglomeración.
  - 8.2. Secado y calcinación.
  - 8.3. Tostación oxidante de sulfuros.
  - 8.4. Otras operaciones de tostación.
- 9. Tema 9. Pirometalurgia. Extracción por fusión.
  - 9.1. Sistemas pirometalúrgicos de fusión.
  - 9.2. Fusión de óxidos.
  - 9.3. Fusión de sulfuros.
  - 9.4. Elaboración de fundidos. Conversión.
  - 9.5. Escorias de fusión.
- 10. Tema 10. Pirometalurgia. Volatilización.
  - 10.1. Sistemas pirometalúrgicos de volatilización.
  - 10.2. Tratamiento de vapores y gases. Condensación.
- 11. Tema 11. Pirometalurgia. Electrolisis ígnea y afino térmico.
  - 11.1. Sistemas pirometalúrgicos de electrolisis
  - 11.2. Sistemas pirometalúrgicos de afino.
- 12. Tema 12. Siderurgia. Preparación de la materia prima.
  - 12.1. Homogeneización. Parques de minerales.
  - 12.2. Aglomeración. Pelletización y sinterizado.
  - 12.3. Baterías de coque.

13. Tema 13. Siderurgia. Reducción de óxidos de hierro.

13.1. Operaciones de reducción en horno alto.

13.2. El horno alto y sus instalaciones.

13.3. Escorias de horno alto.

13.4. Gases de horno alto.

13.5. Instalaciones auxiliares.

14. Tema 16. Siderurgia. Colada de acero.

14.1. Afino en cuchara. Química del afino y operativa.

14.2. Ferroaleaciones.

14.3. Calidades del acero. Impurezas.

14.4. Colada continua.

15. Tema 14. Siderurgia. Acería y convertidores.

15.1. Química de la conversión.

15.2. Convertidores y su operación.

15.3. Escorias de convertidor.

15.4. Operaciones e instalaciones auxiliares.

16. Tema 15. Siderurgia. Acería eléctrica y especial.

16.1. Hornos electricos. Componentes y bases.

16.2. Tipos de hornos. Operativa y aplicaciones.

17. Tema 17. Siderurgia. Procesos de transformación y nuevas tecnologías.

17.1. Procesos de transformación del acero y nuevas tendencias de la tecnología.



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 1</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3		<b>TEMA 2</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
4		<b>TEMA 2</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>Tema 3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Tema 4 y Tema 5</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7		<b>TEMA 6</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>EVALUACIÓN I</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
8	<b>Tema 7</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9	<b>Tema 8 y Tema 9</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>Tema 10</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Tema 11</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 7</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>EVALUACION II</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
12	<b>Tema 12 y Tema 13</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

13	<b>Tema 14</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Tema 15</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Informe práctico</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
15	<b>Tema 16 y Tema 17</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de laboratorio</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>EVALUACION III</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
16				<b>EXAMEN FINAL: Teoría+práctica</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00
17				

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.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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	EVALUACIÓN I	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	5 / 10	CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 F37 CG 7 CG 1 CG 2
11	EVALUACION II	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	5 / 10	CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 F37 CG 7 CG 1
14	Informe práctico	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	02:00	20%	5 / 10	CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 F37 CG 7 CG 1 CG 2
15	EVALUACION III	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	20%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 F37 CG 7

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	EXAMEN FINAL: Teoría+práctica	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG 1 CG 2 CG 3 CG 4 CG 5 CG 6 F37 CG 7

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

El sistema de evaluación continua se aplicará con carácter general a todos los estudiantes.

### Evaluación progresiva

La calificación final por evaluación continua de la asignatura se obtendrá como suma ponderada de las pruebas que sean realizadas a lo largo del curso , incluido el informe práctico (prácticas+trabajos/ejercicios)

Evaluación I (40%), Evaluación II (20%), Evaluación III 3 (25%), Informe práctico (25%).

Será necesaria una nota mínima de 5 sobre 10 en cada una de las evaluaciones para poder aprobar por evaluación continua.

Las fechas concretas de las evaluaciones y entrega de informe práctico se anunciarán la primera semana de clase.

### Evaluación global

Es aplicable a los alumnos que no hayan superado la asignatura mediante evaluación continua. El alumno se

examinará tanto de la parte teórica como práctica

Las prácticas son obligatorias en cualquier modalidad. Aquellos alumnos/as que no las hayan aprobado deberán examinarse de la parte práctica en la evaluación global.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
- METALURGIA EXTRACTIVA. - 3 TOMOS --AUTOR:FRANCISCO PARRILLA ARMADA EDITADO POR FUNDACION GÓMEZ PARDO. 2012	Bibliografía	   
Plataforma Moodle de la asignatura	Recursos web	Transparencias de los diferentes temas
EQUIPAMIENTO	Equipamiento	  Laboratorio de Metalurgia
EXTRACTIVE METALLURGY TODAY: PROGRESS AND PROBLEMS. Fathi Habashi. Publicacion Québec: Métallurgie Extractive. 2000	Bibliografía	
METALS FROM ORES: An introduction to extractive metallurgy. Fathi Habashi. Publicacion Québec: Métallurgie Extractive. 2003	Bibliografía	
METALURGIA EXTRACTIVA VOL.1 and VOL.II. A. Ballester, L. Verdeja; J. Sancho. Editorial Síntesis. Madrid, 2000	Bibliografía	

LA FABRICACIÓN DEL ACERO. Unesid	Bibliografía	
-------------------------------------	--------------	--

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

En esta asignatura se trabajan los siguientes **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

ODS6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

ODS9: Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.

ODS12: Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles.