

ANEXO II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Universidad de Huelva)  
 Escuela Politécnica Superior de Belmez (Universidad de Córdoba)  
 Escuela Politécnica Superior de Linares (Universidad de Jaén)

GUIA DOCENTE

CURSO 23/24



Universidad  
de Huelva



UNIVERSIDAD DE CORDOBA



UNIVERSIDAD DE JAÉN

DATOS DE LA  
ASIGNATURA

**Nombre:**

GESTIÓN Y TRATAMIENTOS DE RESIUDOS MINEROS

**Denominación en Inglés:**

MINING WASTE MANAGEMENT AND TREATMENT

**Código:**

1170305

**Carácter:**

Obligatoria

**Horas:**

	Totales	Presenciales	No Presenciales
<b>Trabajo Estimado</b>	75	22.5	52.5

**Créditos:**

Grupos Grandes	Grupos Reducidos			
	Aula estándar	Laboratorio	Prácticas de campo	Aula de informática
	1,5	0.5	1	0

**Departamentos:**

Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción  
(Universidad de Huelva)

Mecánica (Universidad de Córdoba)

Ingeniería Mecánica y Minera (Universidad de Jaén)

**Áreas de Conocimiento:**

Prospección e investigación minera

Prospección e investigación minera

Prospección e investigación minera

**Curso:**

1º

**Cuatrimestre**

1º

**ANEXO II****DATOS DEL PROFESORADO (\*Profesorado coordinador de la asignatura)**

<b>Nombre:</b>	<b>E-mail:</b>	<b>Teléfono:</b>
José Antonio Grande Gil	grangil@uhu.es	959217346
Manuel A. Caraballo Monge /Responsable UHU)	mcaraballo@dimme.uhu.es	959217345
María Santisteban Fernández	maria.santisteban@dimme.uhu.es	959 217340
Manuel López Sánchez (Responsable UCO)	um1losam@uco.es	957213042
Rosendo Mendoza Vilchez (Responsable UJA)	rmendoza@ujaen.es	953648530

**Datos adicionales del profesorado (Tutorías, Horarios, Despachos, etc... )**

Despacho Manuel Caraballo: PB22

## ANEXO II

### DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

#### I. Descripción de Contenidos:

##### I.1 Breve descripción (en Castellano):

Caracterización de residuos mineros.  
Clasificación de instalaciones y seguridad.  
Actividades generadoras.  
Rehabilitación y valorización de pasivos ambientales.  
Metodologías de monitorización y modelización ambiental en medios mineros.

##### I.2 Breve descripción (en Inglés):

Characterization of mining waste.  
Classification of facilities and security.  
Generating activities.  
Rehabilitation and evaluation of environmental liabilities.

#### 2. Situación de la asignatura:

##### 2.1 Contexto dentro de la titulación:

La asignatura se enmarca en el primer curso de máster para dar cobertura a un espacio por definir en profundidad al tratarse la actividad generadora de los mayores impactos asociados a la actividad extractiva.

##### 2.2 Recomendaciones

Se recomienda que los alumnos hayan cursado previamente las asignaturas Fundamentos Geológicos, Geología, El Agua en la Minería y Técnicas Mineralúrgicas y Tratamiento de Rocas.

## ANEXO II

### 3. Objetivos (Resultado del aprendizaje, o habilidades o destrezas y conocimientos):

#### 3.1. Habilidades y destrezas

##### 3.1. Habilidades y destrezas:

HD09: Conoce todo lo relativo a la reducción, tratamiento, recuperación y eliminación de residuos mineros. Sabe aplicar los conocimientos adquiridos al desarrollo de planes de gestión de tratamientos de residuos mineros

##### 3.2. Contenidos o conocimientos:

C09: Es capaz de caracterizar los residuos mineros y clasificar las instalaciones. Posee conocimientos sobre la seguridad de éstos, las actividades generadoras, así como de la rehabilitación y valorización de pasivos ambientales, y sobre las metodologías de monitorización y modelización ambiental en medios mineros

#### 3.2. Contenidos o conocimientos

COM07: Ser capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.

COM10: Ser capaz de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio

COM12: Tomar conciencia de la necesidad de una formación y mejora continua de calidad, desarrollando valores propios de la dinámica del pensamiento científico, mostrando una actitud flexible, abierta y ética ante opiniones o situaciones diversas, en particular en materia de no discriminación por sexo, raza o religión, respeto a los derechos fundamentales, accesibilidad, etc.

COM02: Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinarios) relacionados con su área de estudio.

COM03: Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

COM21: Comprometerse con la ética y la responsabilidad social como ciudadano y como profesional.

COM23: Sensibilización en temas medioambientales.

COM24: Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la Ingeniería de Minas.

COM32: Capacidad para proyectar y ejecutar tratamientos de aguas y gestión de residuos (urbanos, industriales o peligrosos).

C09: Es capaz de caracterizar los residuos mineros y clasificar las instalaciones. Posee conocimientos sobre la seguridad de éstos, las actividades generadoras, así como de la rehabilitación y valorización de pasivos ambientales, y sobre las metodologías de monitorización y modelización ambiental en medios mineros.

### 4. Competencias a adquirir por los estudiantes

#### 4.1 Competencias específicas:

## ANEXO II

CE1 - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la Ingeniería de Minas

CE9 - Capacidad para proyectar y ejecutar tratamientos de aguas y gestión de residuos (urbanos, industriales o peligrosos)

### 4.2 Competencias básicas, generales o transversales:

CG2 - Ser capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.

CG5 - Ser capaz de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

CG7 - Tomar conciencia de la necesidad de una formación y mejora continua de calidad, desarrollando valores propios de la dinámica del pensamiento científico, mostrando una actitud flexible, abierta y ética ante opiniones o situaciones diversas, en particular en materia de no discriminación por sexo, raza o religión, respeto a los derechos fundamentales, accesibilidad, etc.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CT1: Dominar en un nivel intermedio una lengua extranjera, preferentemente el inglés.

CT4 - Comprometerse con la ética y la responsabilidad social como ciudadano y como profesional.

CT6 - Sensibilización en temas medioambientales.

## 5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

### 5.1 Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa
- Sesiones de Resolución de Problemas
- Sesiones de Campo de aproximación a la realidad Industrial
- Actividades de Evaluación y Autoevaluación
- Trabajo Individual/Autónomo del Estudiante

### 5.2 Metodologías Docentes:

## ANEXO II

- Clase Magistral Participativa
- Desarrollo de Prácticas de Campo en grupos reducidos
- Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos
- Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes
- Planteamiento, Realización, Tutorización y Presentación de Trabajos
- Evaluaciones y Exámenes

### 5.3 Desarrollo y Justificación:

Se impartirán clases magistrales relativas al contenido recogido en el programa y se plantearán problemas y ejercicios prácticos que deberán resolver los alumnos bajo la supervisión y tutoría del profesor. Se propondrá la presentación de un trabajo individual relativo a la caracterización de residuos mineros en alguna explotación de nuestro entorno, además de la caracterización, el alumno deberá plantear soluciones de intervención sobre los residuos en estudio. El seguimiento de los trabajos se hará durante las horas de clase con el apoyo de los horarios de tutoría. El Examen teórico será escrito a final de curso y versará sobre el contenido de la asignatura.

## 6. Temario Desarrollado

### **Tema 1. La minería como motor de desarrollo y generación de residuos:**

- Concepto de Residuo Minero
- Fases y gestión de residuos
- Implicaciones ambientales

### **Tema 2. Residuos mineros: residuos radiactivos y no radiactivos**

- Tipos de Residuos Mineros
- Actividades generadoras
- Tipologías de estructuras
- Problemas de estabilidad físico-química de las estructuras
- Áreas de acumulación de residuos mineros

### **Tema 3. Monitorización de espacios afectados por la presencia de residuos.**

- Indicadores de afección
- Relaciones causa-efecto
- Evolución espacial y temporal del proceso contaminante
- Mapas de riesgos

### **Tema 4. Herramientas de modelización ambiental en espacios mineros.**

- Estadística clásica
- Lógica borrosa
- Aplicaciones

### **Tema 5. Sostenibilidad en Minería.**

- La minería circular como alternativa al tratamiento de residuos.
- Metales base presentes en escombreras potencialmente reintroducibles en el ciclo productivo.
- REE y elementos de interés estratégico: Una clave para la aplicación de economía circular en minería.
- Legislación

## ANEXO II

### 7. Bibliografía

#### 7.1 Bibliografía básica:

1. Calvache, M. L. y Duque, C. (2010) Prácticas de hidrogeología. Editorial Universidad de Granada. Lottermoser, B. (2010). Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts. Springer-Verlag Berlin.
2. Grande J.A., Dávila, J.M., Fortes, J.C., Santisteban, M., Sarmiento, A.M., Córdoba F., Leiva M., de la torre, M.L., Jiménez A., Díaz-Curiel J., Bisoca B, Luís A.T., Durães N., Ferreira da Silva E., Rivera M.J., Aroba J, Carro B., Borrego J., Morales J.A. (2020) Recursos minerales y medio ambiente: una herencia que gestionar y un futuro que construir. ISBN: 978-84-17445-95-9
3. Grande J.A., Pérez-Ostalé E., de la torre, M.L, Valente T., Borrego J., Pérez J., Santisteban, M., Garrido, R., Romero E. (2015) Drenaje Ácido de Mina en la Faja Pirítica Ibérica: tcnicas de estudio e inventario de explotaciones. ISBN 978-84-16061-54-9
4. Johnson, D.B., Hallberg, K.B. (2005) Acid mine drainage remediation options: a review. Science of the Total Environment, 338, 3-14. Fernández-Rubio, R. (2008), Activos ambientales de la minería. CONAMA. Actas del Congreso Nacional del Medio Ambiente). Grupo de Trabajo Documento Final. Madrid. Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo. - Metodología para la realización de un inventario de instalaciones de residuos mineros cerradas o abandonadas. Instituto Geológico y Minero de España. ISBN:978-84-7840-956-3.
5. Johnson, D.B., Hallberg, K.B. (2005) Acid mine drainage remediation options: a review. Science of the Total Environment, 338, 3-14. Fernández-Rubio, R. (2008), Activos ambientales de la minería. CONAMA. Actas del Congreso Nacional del Medio Ambiente). Grupo de Trabajo
6. López-Pamo, E., Aduvire, O., Baretino, D. (2002) Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro. Boletín Geológico y Minero, 113 (1), 3-21.
7. López-Pamo, E., Aduvire, O., Baretino, D. (2002) Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro. Boletín Geológico y Minero, 113 (1), 3-21.
8. Metodología para la realización de un inventario de instalaciones de residuos mineros cerradas o abandonadas. Instituto Geológico y Minero de España. ISBN:978-84-7840-956-3.
9. Polo, C. (2006) Los ejes centrales para el desarrollo de una minería sostenible. Publicación de las Naciones Unidas. ISBN: 92-1-322895-3
10. Secretaría General de Innovación, Industria y Energía. (2013). Diagnóstico sobre la situación del sector minero andaluz y sus tendencias como base de apoyo a la redacción de la Estrategia Minera de Andalucía 2014- 2020.
11. USEPA (1994) Acid Mine Drainage Prediction, U.S. Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste, EPA530-R-94-036.
12. USEPA (2000) Free Water Surface Wetlands. Wastewater Technology Fact Sheet. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. EPA 832-F-00-024. -Younger, P.L. (1997). The longevity of minewater pollution: a basis for decision-making. The Science of the Total Environment, 194/195, 457-466.
13. USEPA (2000) Free Water Surface Wetlands. Wastewater Technology Fact Sheet. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. EPA 832-F-00-024.
14. Younger, P.L. (1997) The longevity of minewater pollution: a bass for decision-making. The Science of the Total Environment, 194/195, 457-466.
15. Younger, P.L. (2005) Corrección de aguas ácidas de mina: aplicación de métodos activos y pasivos en Europa. En: Baretino, D., Loredó, J., Pendas, F. (eds.), Acidificación de suelos y aguas: problemas y soluciones. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 212 pp.
16. Younger, P.L., Banwart, S.A., Hedin, R.S. (2002) Mine water: Hidrology, Pollution, Remediation. Environmental Pollution, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 5, 442 pp.
17. Younger, P.L., Banwart, S.A., Hedin, R.S. (2002). Mine water: Hidrology, Pollution, Remediation. Environmental Pollution, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 5, 442 pp. -Younger, P.L. (2005). Corrección de aguas ácidas de mina: aplicación de métodos activos y pasivos en Europa. En: Baretino, D., Loredó, J., Pendas, F. (eds.), Acidificación de suelos y aguas: problemas y soluciones. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 212 pp.

#### 7.2 Bibliografía complementaria:

## ANEXO II

- Grande, J.A., Jiménez, A., Borrego, J., de la Torre, M.L., Gómez, T. Relationships Between Conductivity and pH in Channels Exposed to Acid Mine Drainage Processes: Study of a Large Mass of Data Using Classical Statistics. (2010) *Water Resources Management*, 24 (15), pp. 4579-4587
- De La Torre, M.L., Grande, J.A., Graiño, J., Gómez, T., Cerón, J.C. Characterization of AMD pollution in the River Tinto (SW Spain). Geochemical comparison between generating source and receiving environment (2011) *Water, Air, and Soil Pollution*, 216 (1-4), pp. 3-19
- Carro, B., Borrego, J., López-González, N., Grande, J.A., Gómez, T., de la Torre, M.L., Valente, T. Impact of acid mine drainage on the hydrogeochemical characteristics of the Tinto-Odiel estuary (SW Spain) [Impacto del drenaje ácido de mina en las características hidrogeoquímicas del estuario de los ríos Tinto y Odiel (SO España), (2011) *Journal of Iberian Geology*, 37 (1), pp. 87-96
- Santisteban, M., Grande, J.A., De La Torre, M.L., Valente, T., Perez-Ostalé, E., Garcia-Pérez, M. Study of the transit and attenuation of pollutants in a water reservoir receiving acid mine drainage in the Iberian pyrite belt (SW Spain) (2016) *Water Science and Technology: Water Supply*, 16 (1), pp. 128-134.
- Pérez-Ostalé, E., Grande, J.A., Valente, T., De La Torre, M.L., Santisteban, M., Fernández, P., Diaz-Curiel, J. Relationships between sources of acid mine drainage and the hydrochemistry of acid effluents during rainy season in the Iberian Pyrite Belt (2016) *Water Science and Technology*, 73 (2), pp. 345-354.
- Santisteban, M., Grande, J.A., De La Torre, M.L., Valente, T., Cerón, J.C. Acid mine drainage in semi-arid regions: The extent of the problem in the waters of reservoirs in the Iberian Pyrite Belt (SW Spain) (2015) *Hydrology Research*, 46 (1), pp. 156-167.
- Santisteban, M., Grande, J.A., de la Torre, M.L., Valente, T., Perez-Ostalé, E., Cerón, J.C., Aroba, J. Fuzzy Intelligence Approach for Modeling the Migration of Contaminants in a Reservoir Affected by AMD Pollution [Ein Fuzzy-Logik-Ansatz zur Modellierung des Schadstofftransports in einem durch Sauerwasser beeinflussten Stausee] (2014) *Mine Water and the Environment*, 34 (3), pp. 352-360.

## ANEXO II

### 8. Sistemas y criterios de evaluación

#### 8.1 Sistemas de evaluación:

- Examen de Teoría/Problemas
- Defensa de Prácticas
- Defensa de Trabajos e Informes Escritos

#### 8.2 Criterios de evaluación relativos a cada convocatoria:

##### 8.2.1 Convocatoria I (Febrero/Junio):

El alumno podrá escoger entre dos sistemas de evaluación: evaluación continua y evaluación única final. Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, o en las dos semanas siguientes a su matriculación, si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de la asignatura, lo comunicará al profesor responsable presencialmente, por escrito o mediante e-mail. La comunicación se deberá realizar en plazo y el alumno, como garantía de recepción de sus intenciones, recibirá el correspondiente acuse de recibo por e-mail.

La ponderación establecida en la calificación final del alumno para el sistema de evaluación continua es:

- Examen de Teoría/Problemas: 40 % (CE1, CE9, CB7)
- Defensa de Prácticas: 30 % (CB8, CT4, CT6)
- Defensa de Trabajos e Informes Escritos: 30 % (CE1, CE9, CG2, CG5, CG7)

La ponderación establecida en la calificación final del alumno para el sistema de evaluación única final es:

100% examen. En este examen se evaluarán los conceptos teórico-prácticos impartidos en la asignatura. (CE1, CE9, CG2, CG5, CG7, CB7, CB8, CT4, CT6)

Los requisitos mínimos para la obtención de la mención de "Matrícula de Honor" son obtener una calificación de sobresaliente (10) en todas y cada una de las actividades de evaluación.

##### 8.2.2 Convocatoria II (Septiembre):

Evaluación única final donde el examen pondera un 100%. En este examen se evaluarán los conceptos teórico-prácticos impartidos en la asignatura. (CE1, CE9, CG2, CG5, CG7, CB7, CB8, CT4, CT6)

##### 8.2.3 Convocatoria III (Diciembre):

## ANEXO II

Evaluación única final donde el examen pondera un 100%. En este examen se evaluarán los conceptos teórico-prácticos impartidos en la asignatura. (CE1, CE9, CG2, CG5, CG7, CB7, CB8, CT4, CT6)

### 8.2.4 Convocatoria extraordinaria noviembre:

Evaluación única final donde el examen pondera un 100%. En este examen se evaluarán los conceptos teórico-prácticos impartidos en la asignatura. (CE1, CE9, CG2, CG5, CG7, CB7, CB8, CT4, CT6)

### 8.3 Evaluación única final:

Evaluación única final donde el examen pondera un 100%. En este examen se evaluarán los conceptos teórico-prácticos impartidos en la asignatura. (CE1, CE9, CG2, CG5, CG7, CB7, CB8, CT4, CT6)

## ANEXO II

9. Organización docente semanal orientativa:							
Fecha	Grupos Grandes	G. Reducidos				Pruebas y/o act. evaluables	Contenido desarrollado
		Aul. Est.	Lab.	P. Camp	Aul. Inf.		
25/10/2023	1,5						Tema 1
30/10/2023	1,5						Tema 1
31/10/2023	1,5						Tema 1
6/11/2023	1,5						Tema 1
7/11/2023	1,5						Tema 1
8/11/2023	1,5						Tema 1
13/11/2023	1,5						Tema 1
14/11/2023	1,5						Tema 1
14/12/2023	3						Tema 1
15/01/2024			5				Laboratorio
16/01/2024				10			Trabajo de campo
<b>Total</b>	15		5	10			