

ANEXO II

  				
MÁSTER EN INGENIERÍA DE MINAS				
DATOS DE LA ASIGNATURA				
Nombre:				
PROCESOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES				
Denominación en Inglés:				
PROCESSES AND PLANTS FOR THE TREATMENT OF MINERALS AND INDUSTRIALS ROCKS				
Código:		Carácter:		
1170307		OBLIGATORIO		
Horas:				
	Totales	Presenciales	No Presenciales	
Trabajo Estimado	100	30	70	
Créditos:				
Grupos Grandes	Grupos Reducidos			
	Aula estándar	Laboratorio	Prácticas de campo	Aula de informática
3	0	1	0	0
Departamentos:		Áreas de Conocimiento:		
Ingeniería Mecánica y Minera (UJA)		Explotación de Minas		
Mecánica (UCO)		Prospección e Investigación Minera		
Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción (UHU)		Prospección e Investigación Minera		
Curso:		Cuatrimestre		
1º		1º		

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

Nombre:	E-mail:	Teléfono:
Julián Martínez López (Imparte y Coordina UJA)	jmartine@ujaen.es	953648528
Rosendo Mendoza Vilches (UJA)	rmendoza@ujaen.es	953648528
David Murillo Silo (Responsable UCO)	p12musid@uco.es	957213042
Fulgencio Prat Hurtado (Responsable UHU)	prat@dimme.uhu.es	959217602

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

ANEXO II

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

I. Descripción de Contenidos:

I.1 Breve descripción (en Castellano):

En la asignatura se ampliarán los conocimientos adquiridos en la materia de tecnología mineralúrgica (o similar) de los títulos de grado que dan acceso al Máster de Ingeniería de Minas. Se desarrollarán los métodos y procesos que se utilizan en la concentración de los minerales y de las rocas industriales, tales como son; los gravimétricos, eléctricos, magnéticos, electromagnéticos, la flotación y los hidrometalúrgicos.

I.2 Breve descripción (en Inglés):

The subject will expand the knowledge acquired in the field of mineralurgical technology from the degree titles that give access to the Master of Mining Engineering. The methods and processes used for the concentration of minerals and industrial rocks will be developed, such as; gravimetric, electrical, magnetic, electromagnetic, flotation and hydrometallurgical methods.

2. Situación de la asignatura:

2.1 Contexto dentro de la titulación:

Esta asignatura se imparte en el primer cuatrimestre del primer año de la titulación. Los conocimientos adquiridos serán útiles para otras asignaturas específicas del Máster que se imparten en cuatrimestres posteriores

2.2 Recomendaciones

Los alumnos tienen que tener conocimientos en tecnología mineralúrgica.

ANEXO II

3. Objetivos (Expresados como resultado del aprendizaje):

- ⑩ Conocer los principios teóricos/prácticos de los diferentes métodos de concentración de minerales.
- ⑩ Conocer los principios teóricos/prácticos de los métodos de tratamiento de las rocas industriales.
- ⑩ Conocer los diferentes equipos que se utilizan en la concentración de minerales y rocas.
- ⑩ Resolver problemas numéricos y prácticos.

4. Competencias a adquirir por los estudiantes

4.1 Competencias específicas:

- ⑩ **CE10:** Capacidad para evaluar y gestionar ambientalmente proyectos, plantas o instalaciones.
- ⑩ **CE13:** Capacidad para planificar, diseñar y gestionar instalaciones de tratamientos de recursos minerales, plantas metalúrgicas, siderúrgicas e industrias de materiales de construcción, incluyendo materiales metálicos, cerámicos, sinterizados, refractarios y otros.

4.2 Competencias básicas, generales o transversales:

Competencias Básicas

- ⑩ **CB6:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- ⑩ **CB9:** Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

Competencias Generales

- ⑩ **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.
- ⑩ **CG10:** Conocer y manejar la legislación aplicable al sector, conocer el entorno social y empresarial y saber relacionarse con la administración competente integrando este conocimiento en la elaboración de proyectos de ingeniería y en el desarrollo de cualquiera de los aspectos de su labor profesional.

Competencias Transversales

- ⑩ **CT3:** Gestionar la información y el conocimiento.
- ⑩ **CT6:** Sensibilización en temas medioambientales

5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

5.1 Actividades formativas:

ANEXO II

- ⑩ Sesiones de teoría sobre los contenidos del programa
- ⑩ Sesiones de resolución de problemas
- ⑩ Sesiones prácticas en laboratorios especializados o en aulas de informática
- ⑩ Actividades académicamente dirigidas por el profesorado: seminarios, conferencias, desarrollo de trabajos, debates, tutorías colectivas
- ⑩ Actividades de evaluación y autoevaluación
- ⑩ Trabajo individual/autónomo del estudiante

5.2 Metodologías Docentes:

- ⑩ Clase magistral participativa.
- ⑩ Desarrollo de prácticas en laboratorios especializados o aulas de Informática en grupos reducidos.
- ⑩ Resolución de problemas y ejercicios prácticos.
- ⑩ Evaluaciones y exámenes.
- ⑩ Tutorías individuales y colectivas.

5.3 Desarrollo y Justificación:

Actividades formativas:

La asignatura consta de tres partes: una parte teórica, otra práctica de resolución de problemas y la realización de prácticas de laboratorio.

Las sesiones de teoría y las sesiones de prácticas para la resolución de problemas, se impartirán de forma presencial para los alumnos de la universidad responsable (en este caso la Universidad de Jaén) en el aula ADA de la EPS de Linares y de forma online mediante videoconferencia utilizando la herramienta Gsuite Meet (plataforma de google) al alumnado de las sedes de Huelva y Belmez.

Las prácticas en el laboratorio serán presenciales en el laboratorio especializado de la universidad anfitriona, en este caso en el laboratorio de "Explotación de Minas" del Campus Científico Tecnológico de Linares de la Universidad de Jaén. En el calendario oficial del Máster, se programa la fecha de realización de dichas prácticas concentradas en una jornada intensiva de trabajo.

Las actividades académicamente dirigidas tendrán lugar en el aula ADA o en el seminario del departamento responsable de la asignatura.

La evaluación se realizará mediante un examen que serán presencial para los alumnos de la sede Linares (en el aula asignada por el centro), mientras que los alumnos de Huelva y Belmez se conectarán online para la realización del mismo. Constará de una parte teórica y otra práctica de resolución de problemas, con una duración de 3 horas.

Metodología docente:

Como se ha indicado, las clases magistrales de teoría se impartirán presencialmente por el profesor en el aula TIC del centro (ADA) para los alumnos matriculados en la UJA y mediante videoconferencia para los alumnos de la UHU y UCO. Las clases serán participativas animando al alumnado al debate y resolución de las dudas de forma colectiva.

Las prácticas de laboratorio serán dirigidas por los profesores responsables y se realizarán de forma presencial en

ANEXO II

el laboratorio de “Explotación de Minas de la EPS de Linares” para todos los alumnos matriculados en la asignatura. En ellas se trabajará con los equipos disponibles en el laboratorio simulando todas las operaciones y procesos necesarios para la concentración de los minerales y las rocas industriales. Tras la realización de la práctica, los alumnos tienen que presentar un dossier individual donde se explique el fundamento teórico de la misma, se realicen croquis y esquemas de los equipos utilizados, los resultados obtenidos, etc.

El planteamiento y la resolución de los problemas tipo se realizarán en el aula, discutiéndose de forma colectiva. Posteriormente, los alumnos resolverán con trabajo personal y de forma individual una serie de ejercicios propuestos, que tienen que presentar al profesor para su corrección y posterior evaluación.

El examen final tendrá una duración total de tres horas, donde se realizará una parte teórica y otra de problemas.

6. Temario Desarrollado

PROGRAMA DE TEORÍA

INTRODUCCIÓN: FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES.

FUNDAMENTOS DE LA CONCENTRACIÓN: Introducción a los procesos de concentración. Propiedades físicas y químicas empleadas. Introducción a los distintos procesos empleados en la concentración de minerales:

Procesos por gravedad, magnéticos, eléctricos, magnéticos, flotación, otros.

DIAGRAMAS DE FLUJO: Flow Sheet de una planta de concentración mineral: Por gravimetría y por medio denso. Flow Sheet de una planta de lavado de caolines: Caolines cerámicos para porcelana, cerámica sanitaria y carga de papel. Planta de clasificación de yesos.

⑩ **BLOQUE I: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD**

↘ **Tema 1: CLASIFICACIÓN POR SEDIMENTACIÓN O CLASIFICACIÓN INDIRECTA.** Resistencia ofrecida por un fluido al desplazamiento de un sólido. Velocidad límite de caída. Sedimentación libre y sedimentación obstaculizada. La razón de sedimentación. Aceleración diferencial. Caída libre de granos en líquidos en reposo. Fórmula de Rittinger. Isodromía. Series de clasificación previa. Caída en corriente ascensional.

↘ **Tema 2: CLASIFICADORES HIDRÁULICOS:**

Clasificadores hidráulicos de corriente horizontal: Propiamente isodrómicos: cajas en punta, canales convergentes, cono Reichert, espirales, ejemplos de uso (lavado de carbón, concentración de wolframio, fluoritas, otros).

Clasificadores isodrómicos con medios mecánicos: Akins, draga, rastrillos. Clasificadores hidráulicos de corriente vertical: conos, hidroclasificadores, espesadores, clasificadores de lamelas, fahrenheit, rheax.

↘ **Tema 3: CLASIFICADORES NEUMÁTICOS:**

Conceptos generales de la clasificación neumática. Clasificación sin corriente ascendente de aire: cámaras de captación. Clasificadores con corriente ascendente de aire: captador Birtley, zick-zack. Clasificadores centrífugos: selector en espiral, Whizzer, ciclones neumáticos.

↘ **Tema 4: HIDROCICLONES:**

Generalidades. Estudio dinámico del hidrociclón. Características de los hidrociclones, curvas de eficiencia, variables de diseño, relaciones, parámetros de control, variables de las que depende el η , ventajas e inconvenientes. Funciones del hidrociclón. Forma de instalación. Formas de descarga. Centrifugas. Ejemplos de aplicación de hidrociclones: en construcción de balsas mineras. Recuperación de bentonitas por hidrociclón en la ejecución de pantallas con hidrofresa. Clasificación de caolines.

↘ **Tema 5: CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA:**

Principio de la concentración por aceleración diferencial. Fases de la clasificación. El método inglés, sin clasificación previa. Cribas hidráulicas o jigs: Cribas de tamiz fijo (Hartz y Denver). Cribas de tamiz móvil con lecho o cama filtrante (tipo Hancock). Jigs neumáticos (carbón). Ejemplos: lavaderos gravimétricos en el distrito minero de Linares-La Carolina (el caso del lavadero del Cobre), concentración de fluoritas, concentración de baritas.

ANEXO II

↳ Tema 6: CONCENTRACIÓN POR MESAS DE SACUDIDAS:

Principio fundamental de las mesas concentradoras. Mesas con impulsos mecánicos alternativos. Parámetros que regulan la máquina. Ejemplos: concentración de menas metálicas y baritas.

↳ Tema 7: CONCENTRACIÓN POR MEDIOS DENSOS:

Principio de concentración por medios densos. Ensayos del laboratorio. Etapas del medio denso: Preparación del mineral y mezcla con el medio, preparación y recuperación del medio, control de la densidad y separación de los productos en hundidos y flotados. Diagramas de flujo. Separadores estáticos: Wenco, cono, Hardinge. Separadores dinámicos: ciclón tubular Dyna-Whirlpool, ciclón HMS. Ejemplos: Concentración de fluoritas. Concentración de celestina.

⑩ BLOQUE II: SEPARACIÓN EN CAMPO MAGNÉTICO

↳ Tema 8: PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA SEPARACIÓN MAGNÉTICA:

Principios fundamentales de la separación magnética. Clasificación de los sólidos y de las sustancias minerales en función de sus propiedades magnéticas. Sistemas de generación del campo magnético.

↳ Tema 9: SEPARADORES MAGNÉTICOS:

En seco-baja intensidad: separador magnético de imanes rotativos, Ball Norton, imanes alternativos. En seco-alta intensidad: Whetherill, rodillo inducido. En húmedo-baja intensidad: hidráulico de tambor. Húmedo-alta intensidad: Jones, Smaith, VMS. Alta y baja intensidad en húmedo: rueda Norton.

⑩ BLOQUE III: SEPARACIÓN EN CAMPO ELÉCTRICO

↳ Tema 10: CONCENTRACIÓN ELECTROSTÁTICA:

Principio fundamental. Separadores electrostáticos de alta tensión: de rodillo, de placa y de criba. Diagrama de flujo de planta de tratamiento de arenas de playa.

⑩ BLOQUE IV: CONCENTRACIÓN POR FLOTACIÓN

↳ Tema 11: FUNDAMENTOS DE LA FLOTACIÓN:

Principio de la concentración por flotación; en superficie y por espuma, interfaces líquido-gas, sólido-gas y sólido-líquido. Minerales hidrófilos, hidrófobos y aerófilos. Factores a tener en cuenta en la flotación.

↳ Tema 12: REACTIVOS EN FLOTACIÓN:

Espumantes. Colectores. Reguladores o modificadores. Flotación de minerales oxidados.

↳ Tema 13: MÁQUINAS DE FLOTACIÓN:

Principios generales de las celdas de flotación. Clasificación de las celdas o máquinas de flotación, máquinas sin agitación (flotación en superficie), con agitación mecánica subaeradas y neumáticas. Funciones de una celda de flotación. Parámetros de selección de una celda de flotación. Aspectos generales sobre la metalurgia de las celdas. Diferentes tanques y mecanismos. Las columnas de flotación.

↳ Tema 14: FLOTACIÓN SIMPLE Y SELECTIVA:

Flotación simple, un sólo mineral. Flotación selectiva o diferencial, dos o más minerales. Ejemplos de diagramas de flujo de una flotación simple y selectiva de minerales sulfurados. Curvas de agotamiento.

⑩ BLOQUE V: CONCENTRACIÓN POR PROCESOS QUÍMICOS Y ELECTROQUÍMICOS

↳ Tema 15: HIDROMETALURGIA.

Introducción. Tostación de los minerales: tostación oxidante, reductora y clorurante. Forma de extracción de sustancias disueltas. Estudio de la hidrometalurgia de algunas asociaciones minerales: Hidrometalurgia de los metales preciosos. Hidrometalurgia del cobre. Hidrometalurgia del zinc. Ejemplo de Cobre las Cruces.

PROGRAMA DE PRÁCTICAS

ANEXO II

Ejercicios y problemas

1. Leyes fundamentales que rigen la concentración mineral
2. Problemas de pulpas. % en sólidos de una pulpa.
3. Cálculo del número de celdas de flotación.

Prácticas de laboratorio

1. Determinación de la densidad de un sólido con el picnómetro.
2. Determinación de la densidad de una pulpa con la balanza de pulpas Marcy.
3. Preparación del todo uno. Trituración primaria (machacadora de mandíbulas) y secundaria (cono Simons).
4. Clasificación volumétrica. Criba vibrante.
5. Clasificación gravimétrica. Jig hidráulico.
6. Molienda. Molinos de bolas: Carcasa cerrada. Cerámico. Bicónico Hardinge. Molino de martillos.
7. Clasificador hidráulico tipo Akins.
8. Espiral de clasificación.
9. Clasificadores centrífugos. Hidrociclones.
10. Mesas concentradoras. Mesa Wilfley.
11. Clasificador electromagnético de alta intensidad.
12. Transporte hidráulico de pulpas. Cálculo de bombas.
13. Flotación. Práctica de flotación de sulfuros: concentrado de cobre y sulfuro de plomo (galena). Reactivos. Práctica de flotación de carbón. Reactivos utilizados.

ANEXO II

7. Bibliografía

7.1 Bibliografía básica:

- ⑩ “Tecnología de los aparatos de fragmentación y de clasificación dimensional: (machacadoras, trituradoras...)”. Blanc, Edmond C. Editorial: Madrid: Rocas y Minerales, D.L. 1975
- ⑩ “Crushing and screening”. Rothery, K. Editorial: Nottingham: The Institute of Quarrying, 2007
- ⑩ Instalaciones de trituración y molienda: preparación mecánica de sustancias minerales”. Naske, Carl. Editorial: Barcelona: Calpe, 1922
- ⑩ “Diseño de plantas de proceso de minerales”. Editorial: Madrid: Rocas y Minerales, 1982-1985
- ⑩ “Mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral”. Wills, Barry A. Editorial: Oxford [etc.]: ButterworthHeinemann, 2003
- ⑩ “Mineral processing technology [Recurso electrónico]: an introduction to the practical aspects of or”. Wills, B. A. (Barry Alan). Editorial: Oxford; Boston: ButterworthHeinemann, 2006
- ⑩ Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas”. Editorial: Madrid: Comité Nacional Español de Grandes Presas, 2010
- ⑩ “Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros”. Ayala Carcedo, F. J. Editorial: Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 1986

ANEXO II

- ⑩ “Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en Minería”. Editorial: Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, D.L. 1989

7.2 Bibliografía complementaria:

- ⑩ “Sand and gravel production”. Littler, A. Editorial: Nottingham: Institute of Quarrying, 2007
- ⑩ “Innovaciones y avances en el sector de las rocas y minerales industriales”. Regueiro y González-Barros, M. Editorial: Madrid: Colegio Oficial de Geólogos de España, 1997
- ⑩ “Manual de áridos para el siglo XXI”. Edita ANEFA. 2020. Depósito Legal M-21886- 2020.

ANEXO II

8. Sistemas y criterios de evaluación

8.1 Sistemas de evaluación:

- ⑩ Examen de teoría/problemas
- ⑩ Entrega del dossier de problemas
- ⑩ Entrega de dossier de prácticas de laboratorio (defensa).
- ⑩ Seguimiento Individual del Estudiante

8.2 Criterios de evaluación relativos a cada convocatoria:

8.2.1 Convocatoria I (Febrero/Junio):

Cada una de las partes evaluables tiene un peso en la nota final que se desglosa de la siguiente forma:

- ⑩ Examen de teoría y problemas. El examen de teoría será de preguntas de desarrollo, que los alumnos tienen que explicar de forma clara y bien estructurada, realizando esquemas y croquis de los equipos. Para la parte de resolución de los problemas que se planten, estos han de ser resueltos correctamente. Tanto la parte teórica como la parte de problemas propuestos en el examen, han de ser aprobadas independientemente. El peso del examen teórico y de problemas será del 40% de la nota final. Debe quedar claro que para considerar en la nota final las otras partes evaluables de la asignatura, el examen de teoría y problemas tiene que ser superado con una nota mínima 4,5 sobre 10.
- ⑩ Entrega del dossier de problemas. Los ejercicios y problemas propuestos para su resolución son obligatorios y tienen que ser entregados en plazo. Cada alumno tendrá que realizarlos de forma individual, teniendo un peso de un 25% de la nota final.
- ⑩ Los alumnos realizarán las prácticas obligatorias de laboratorio de forma presencial en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Linares. A su vez, tienen que entregar un informe individual de las prácticas realizadas, donde se explique el fundamento teórico de la práctica, se realicen los esquemas de los equipos utilizados y los resultados obtenidos. A criterio del profesor, alguno de estos trabajos escritos, podrán ser defendidos de forma oral, bien de forma individual o en grupo. Las prácticas de laboratorio tendrán un peso de un 25% de la nota final.
- ⑩ Se realizará un control de la presencialidad y seguimiento individual de cada estudiante, para ello el alumno deberá tener una actitud proactiva en las clases de teoría/problemas y prácticas de laboratorio, lo que tendrá un peso de un 10% de la nota final

8.2.2 Convocatoria II (Septiembre):

8.2.3 Convocatoria III (Diciembre):

ANEXO II

--

8.2.4 Convocatoria extraordinaria noviembre:

--

8.3 Evaluación única final:

Evaluación única final Para los alumnos que opten por la evaluación única final en las diferentes convocatorias, realizarán un examen final escrito que constará de preguntas de contenidos teórico, problemas y de prácticas de laboratorio. La parte de teoría y problemas tendrá un valor de un 60% con igual peso en cada parte, un 25% por la entrega del dossier de problemas y el 15 % restante por los conocimientos prácticos adquiridos en el laboratorio y entrega del dossier, o en su defecto la realización de un supuesto práctico y entrega del informe.

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.		
Total							