



UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA ACREDITADA
NIVEL AVANZADO

ÁREAS:
• Gestión Institucional
• Docencia de Pregrado
• Vinculación con el Medio
• Docencia de Postgrado
• Investigación

HASTA 7 DE SEPTIEMBRE DE 2027

Programa Asignatura Hidrometalurgia MSMI86

1. Datos de la Asignatura

Nombre	Hidrometalurgia MSMI86
Carrera	Ingeniería Civil en Minas.
Unidad	Departamento de Ingeniería en Minas.
Código	MSMI86.
Período Lectivo	Anual.
Carga horaria semanal	4 horas pedagógicas.
Tipo de asignatura	Teórico.

2. Datos del Profesor

Nombre Profesor	Arturo Reyes Román.
Departamento	Ingeniería en Minas.
Facultad	Ingeniería.
Ubicación	Edificio Departamento de Ingeniería en Minas, 2º Piso.
Teléfono	(55) 2513790.
Correo electrónico	Arturo.reyes@uantof.cl
Horario de Atención	Jueves 10 a 12 horas.

3. Descripción de la Asignatura

3.1 Descripción de la asignatura

La hidrometalurgia constituye una disciplina esencial de la metalurgia extractiva y cumple un rol estratégico en la minería contemporánea. Este curso entrega bases científicas y tecnológicas para comprender, analizar y aplicar procesos de lixiviación, separación y recuperación de metales desde minerales, concentrados y residuos. Se enfatiza en la termodinámica, la cinética, el diseño de operaciones y la gestión de recursos críticos como el agua y la generación de residuos. Se abordan tanto las operaciones industriales tradicionales como tecnologías emergentes (biohidrometalurgia, reciclaje de baterías, economía circular). La asignatura aborda los fundamentos de físico químicos del proceso hidrometalúrgico. El estudiante aprenderá aspectos tales el fundamento termodinámica, cinética y electroquímico en el cual esta basado el proceso hidrometalúrgico.

3.2. Prerrequisitos y recomendaciones

Esta asignatura requiere haber cursado ramos de formación básica tales como física y química, termodinámica y metalurgia.

4. Resultados de Aprendizaje

RA1. Comprende y explica los fundamentos científicos y tecnológicos de la hidrometalurgia, identificando los procesos de lixiviación, separación y recuperación de metales, junto con los aspectos termodinámicos, cinéticos y ambientales involucrados.

RA2. Integra y aplica dichos fundamentos en el análisis y diseño de operaciones hidrometalúrgicas, evaluando y optimizando procesos de extracción y recuperación de metales bajo criterios de eficiencia, uso responsable del agua y sostenibilidad ambiental.

5. Unidades de Aprendizaje

UNIDAD 1: Introducción y Fundamentos	
Tema 1	Rol de la hidrometalurgia en minería moderna.
Tema 2	Comparación con pirometalurgia y electrometalurgia.
Tema 3	Fundamentos químicos y electroquímicos.
Tema 4	Diagramas de Pourbaix (E–pH).

UNIDAD 2: Cinética y Fisicoquímica de la Lixiviación	
Tema 1	Modelos cinéticos: núcleo en contracción, difusión.
Tema 2	Factores de lixiviación: pH, E, temperatura, granulometría.
Tema 3	Etapas de reacción y procesos de difusión.
Tema 4	Ejemplos en minerales de cobre, oro y uranio.

UNIDAD 3: Procesos de Lixiviación Industrial	
Tema 1	Sistemas de lixiviación: pilas, botaderos, reactores agitados.
Tema 2	Lixiviación ácida, alcalina y a presión.
Tema 3	Lixiviación de oro y plata: cianuración y alternativas
Tema 4	Biohidrometalurgia y papel de microorganismos.
Tema 5	Aspectos de ingeniería y operación de pilas.

UNIDAD 4: Técnicas de separación y concentración	
Tema 1	Espesadores.
Tema 2	Lavado en contracorriente.
Tema 3	Filtros y equipos industriales.
Tema 4	Cementación y precipitación selectiva.
Tema 5	Extracción por solventes: fundamentos y McCabe–Thiele.
Tema 6	Intercambio iónico y adsorción.

UNIDAD 5: Electrometalurgia	
Tema 1	Fundamentos electroquímicos y potenciales de celda.
Tema 2	Calidad de cátodos y control de impurezas.
Tema 3	Diseño de plantas de EW de cobre

UNIDAD 6: Hidrometalurgia y Sostenibilidad	
Tema 1	Tratamiento de efluentes y detoxificación de residuos cianurados.
Tema 2	Evaluación de huella hídrica y gestión de residuos sólidos (yeso, jarosita).
Tema 3	Reciclaje de metales y minería verde.
Tema 4	Economía circular en hidrometalurgia.

UNIDAD 7: Estudios de Caso y Proyecto Final	
Tema 1	Casos industriales: Chile, Perú, Canadá, Australia.
Tema 2	Proyecto de diseño de proceso hidrometalúrgico.
Tema 3	Aplicación de criterios de eficiencia hídrica y ambiental.

6. Metodología Docente y evaluación

Estrategia metodológica / Actividad formativa	Rol del Profesor	Rol del Estudiante	Procedimientos de evaluación	Criterios
1. Clases expositivas	Presenta y explica los fundamentos de la hidrometalurgia (termodinámica, cinética, lixiviación, SX, EW), apoyándose en material audiovisual y ejemplos industriales.	Atiende, toma apuntes, participa en la discusión y formula preguntas.	Controles y pruebas parciales.	Demostrar comprensión conceptual y capacidad para explicar procesos. (RA1)
2. Clases de ejercitación (ayudantías)	Propone y guía la resolución de problemas de balances, cinética y procesos hidrometalúrgicos.	Resuelve problemas en clase y de manera autónoma, plantea dudas y discute resultados.	Ejercicios corregidos y entregas.	Aplicación práctica de los conceptos, precisión en cálculos y justificación de respuestas. (RA2)
3. Trabajo autónomo	Recomienda lecturas de artículos y textos actualizados (agua de mar, economía circular, casos de SX/EW).	Estudia, elabora resúmenes, responde cuestionarios y aplica lo aprendido.	Entrega de resúmenes y guías.	Capacidad de estudio independiente y relación teoría–aplicación.
4. Aprendizaje colaborativo (proyectos)	Coordina actividades grupales orientadas al diseño de un proceso hidrometalúrgico.	Desarrolla en equipo diagramas de flujo, simulaciones y presentaciones orales.	Proyecto grupal escrito y exposición final.	Integrar y aplicar conocimientos en procesos sustentables; trabajo en equipo. (RA2)
5. Laboratorios	Diseña y supervisa experiencias prácticas de lixiviación, SX y EW, entregando pautas y retroalimentación.	Ejecuta experimentos, registra resultados, los analiza y redacta informes.	Informes de laboratorio con rúbrica.	Relación entre teoría y práctica; análisis crítico de resultados.
6. Estudio de casos y debates	Presenta casos reales de la industria minera y modera debates sobre agua, residuos y circularidad.	Investiga, prepara argumentos y participa en la discusión.	Exposiciones y participación en debates evaluados.	Capacidad de análisis crítico, argumentación técnica y creatividad en soluciones.
7. Visitas técnicas y salidas a terreno	Organiza y conduce visitas a faenas mineras, plantas hidrometalúrgicas, industrias químicas y centrales energéticas.	Participa activamente en terreno, registra observaciones y elabora un informe grupal.	Informe técnico y discusión posterior en clases.	Relacionar la teoría con la práctica industrial; reconocer aplicaciones reales de la hidrometalurgia. (RA2)

7. Bibliografía.

1. Atkins PW. Química Física. 8ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2008.
2. Schlesinger ME, King MJ, Sole KC, Davenport WG. Extractive Metallurgy of Copper. 5th ed. Oxford: Elsevier; 2011. ISBN: 978-0-08-096789-9.
3. Domic EM. Hidrometalurgia: Fundamentos, Procesos y Aplicaciones. Santiago de Chile: Instituto de Ingenieros de Minas de Chile; 2001.