

Diplomado en

FLOTACIÓN DE COBRE-MOLIBDENO: FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS



Webinars en Vivo

Por Especialistas

Aula Virtual 24/7

Todas las Clases Quedan
Grabadas

Evaluación en Línea

Compatible con Horarios
Laborales



Dedicación

80 Horas Lectivas +
80 Horas
Dedicación Personal



Duración

9 meses



Modalidad

Clases en Vivo y Clases
Asincrónicas

DESCRIPCIÓN

El **Diplomado en Flotación de Cobre-Molibdeno** forma especialistas capaces de comprender, analizar y optimizar los procesos de concentración de minerales sulfurados, integrando fundamentos fisicoquímicos, operación industrial, tecnologías de separación selectiva y evaluación metalúrgica avanzada. A lo largo del programa, los participantes adquieren una visión integral del proceso Cu-Mo, que abarca desde el comportamiento de las superficies minerales y la acción de los reactivos hasta la flotación colectiva y selectiva, y la gestión de los desafíos operacionales asociados a aguas de mar y minerales arcillosos.

El programa combina clases sincrónicas y asincrónicas, con acceso permanente a un aula virtual 24/7, webinars dictados por especialistas internacionales y actividades prácticas de análisis metalúrgico. Su diseño modular permite una progresión coherente desde los fundamentos de la flotación hasta la modelación cinética, el balance de masas y la optimización de los circuitos Rougher-Cleaner-Scavenger. El Proyecto de Certificación final aplica los conocimientos adquiridos a un caso real de la industria minera, bajo la tutoría personalizada de expertos con experiencia en plantas Cu-Mo de nivel mundial.

CONTENIDO

CURSO 1: FUNDAMENTOS DE FLOTACIÓN POR ESPUMA

CURSO 2: TECNOLOGÍAS DE FLOTACIÓN COLECTIVA Y SELECTIVA DE COBRE-MOLIBDENO

CURSO 3: MEJORES PRÁCTICAS PARA LA FLOTACIÓN EN MINERALES ARCILLOSOS

CURSO 4: EVALUACIÓN METALÚRGICA Y OPTIMIZACIÓN DE CIRCUITOS DE FLOTACIÓN DE COBRE-MOLIBDENO

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

CURSO 1: FUNDAMENTOS DE FLOTACIÓN POR ESPUMA

Módulo 1: Introducción a la flotación

- Estructura química y propiedades superficiales de minerales de cobre y molibdeno
 - Mineralogía y microestructura
 - Mojabilidad y ángulo de contacto
 - Potencial zeta
- Reactivos de flotación
 - Clasificación de reactivos
 - Selección y dosificación de reactivos
 - Pruebas para la evaluación de reactivos
- Cinética de flotación
- Efecto del pH y potencial electroquímico
- Análisis reológico de pulpas minerales e impacto en flotación
 - Relación entre reología y dispersión del gas en la celda de flotación
 - Impacto de reología en densidad de la pulpa
 - Uso de modificadores reológicos
 - Reología en función del pH

Módulo 2: Circuitos y equipos para la flotación

- Circuitos Rougher, Scavenger y Cleaner
- Diseño y configuración de circuitos de flotación
- Tipos de celdas de flotación y análisis de eficiencia
- Equipos y accesorios utilizados en flotación
- Estrategias de control de procesos de flotación
- Instrumentación y monitoreo en la flotación
- Uso de agua de mar en flotación
 - Efecto de salinidad en estabilidad de burbujas y fenómenos interfaciales
 - Arrastre mecánico en ambiente altamente salino
 - Análisis de la especiación de iones en agua de mar
 - Iones de agua de mar y su impacto en flotabilidad de Cu y Mo
 - Experiencias industriales en el uso de agua de mar para flotación de Cu-Mo
- Variables de interés en flotación de Cu-Mo
 - Grado de cristalización
 - Mineralogía y tamaño de partículas
 - Impacto de pH y modificadores reológicos
 - Dispersión del gas
 - Calidad de agua
 - Reactivos tradicionales y de nueva generación con influencia del tiempo de acondicionamiento

Módulo 3: Puesta en servicio de celdas de flotación: principios y análisis de caso

- Optimización de celdas a su capacidad de diseño en los circuitos de primera limpieza, de scavenger y de segunda limpieza.
- Preparación de la documentación de procedimientos y protocolos, y ejecución del programa de puesta en servicio de unidades de flotación.
- Elaboración de procedimientos de puesta en marcha e instructivos de arranque para las distintas Operaciones Unitarias de la Planta Concentradora y de la Flotación Selectiva Cu-Mo.
- Documentación de cierre de proyectos.
- Identificación de riesgos operacionales.

CURSO 2: TECNOLOGÍAS DE FLOTACIÓN COLECTIVA Y SELECTIVA DE COBRE-MOLIBDENO

Módulo 1: Fundamentos y Estrategias en la Flotación Cu-Mo

- Introducción a la flotación Cu-Mo
- Flotación colectiva: principios, objetivos y control operacional
- Estrategias de depresión de piritita
 - Depresantes orgánicos e inorgánicos
 - Modificadores de pH y uso de cal
 - Nueva generación de reactivos para control selectivo
- Análisis de colas de flotación colectiva y evaluación metalúrgica
- Desafíos operacionales y bajas recuperaciones:
 - Depresión inadvertida de molibdenita
 - Slime-coating y efectos de arcillas finas
 - Influencia de floculantes orgánicos sobre la selectividad

Módulo 2: Flotación Selectiva y Procesamiento del Concentrado

- Concentrado colectivo y flotación selectiva de Cu-Mo
 - Principios de separación Cu-Mo
 - Etapas de remolienda y su impacto en la liberación de molibdenita
 - Fundamentos de la aplicación de NaSH y su control operativo
 - Destrucción de compuestos xantato-metálico y reducción de dixantógeno
 - Producción de concentrado de Cu y concentrado de Mo
- Planta de molibdeno: esquema de procesos, equipos y control
- Comisionamiento, puesta en marcha y ramp-up hasta alcanzar la producción de diseño
- Evaluación técnico-económica de plantas de molibdeno

Módulo 3: Innovación, Sustentabilidad y Optimización Avanzada

- Análisis tecnológico y circuitos para flotación selectiva Cu-Mo
 - Esquemas tecnológicos y selección de reactivos
 - Parámetros operativos para el control de procesos de flotación
 - Monitoreo y análisis de datos de proceso
- Desafíos ambientales y sustentabilidad en flotación Cu-Mo
- Estudios de casos industriales y lecciones aprendidas

CURSO 3: MEJORES PRÁCTICAS PARA LA FLOTACIÓN EN MINERALES ARCILLOSOS

Módulo 1: Naturaleza y Comportamiento de las Arcillas en Minerales Cu-Mo

- Introducción al impacto de gangas complejas en procesos de flotación
- Clasificación de arcillas
 - Tipos de arcillas y su origen geológico
 - Análisis químico y mineralógico
- Interacción arcilla-minerales de Cu-Mo
 - Mecanismos de adsorción de partículas finas
 - Interferencia de arcillas en la cinética de flotación
 - Impacto en la hidrofobicidad de los minerales y en la estabilidad de la espuma

Módulo 2: Reología, Hidrodinámica y Efectos en la Flotación Cu-Mo

- Comportamiento reológico de suspensiones de arcillas
 - Correlación entre flotación y reología en minerales arcillosos
 - Influencia de modificadores reológicos y dispersantes
- Comportamiento de arcillas en agua de mar
 - Efecto de la salinidad sobre la dispersión y la agregación
 - Interacción de especies de calcio y magnesio
 - Fenómeno de heterocoagulación y su impacto operativo
- Arrastre mecánico y calidad de burbujas
- Efecto de la oxidación de sulfuros de cobre en la heterocoagulación y recuperación

Módulo 3: Estrategias de Mitigación y Prácticas Industriales

- Estrategias operacionales para mitigar el impacto de arcillas
 - Uso de modificadores químicos para controlar la adherencia y dispersión de arcillas
 - Técnicas de pretratamiento físico-químico de arcillas antes de la flotación
 - Aplicación de dispersantes y colectores selectivos
- Estudios de caso industriales
 - Mejores prácticas para el control de arcillas en plantas de flotación de Cu-Mo
 - Resultados metalúrgicos y mejoras en la eficiencia operacional

CURSO 4: EVALUACIÓN METALÚRGICA Y OPTIMIZACIÓN DE CIRCUITOS DE FLOTACIÓN DE COBRE-MOLIBDENO

Módulo 1: Cinética y Modelos Matemáticos de Flotación

- Principios de la cinética de flotación: primer y segundo orden.
- Determinación experimental de la constante de reacción k y del orden de reacción.
- Representación gráfica y ajuste de la curva $\ln(C_0/C)$ vs. el tiempo.
- Modelos avanzados: Klimpel (rectangular), Kelsall (doble constante) y Gamma.
- Factores que afectan la cinética: velocidad del impeller, flujo de aire, tamaño de la burbuja, tamaño de la partícula y concentración del colector.
- Ejercicios de aplicación con datos experimentales y resolución de k y R_{∞} de minerales Cu-Mo

Módulo 2: Evaluación Metalúrgica y Balance de Masa

- Conceptos de grado, recuperación, distribución y eficiencia metalúrgica
- Fórmula de dos productos y aplicación práctica (p. ej., Au 20 ppm → 400 ppm).
- Fórmula de tres productos para sistemas Cu–Mo o Cu–Zn
- Balance global y parcial de los componentes.
- Estimación de errores y verificación de los balances.
- Cálculo de la distribución de la masa y de la recuperación en las etapas Rougher, Cleaner y Scavenger.
- Ejercicios numéricos de evaluación y de control de datos de planta.

Módulo 3: Simulación Conceptual y Análisis de Circuitos

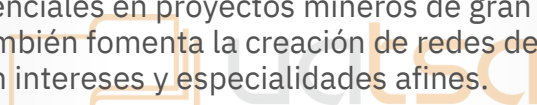
- Celdas en serie y modelos ideales de mezcladores.
- Distribución del tiempo de residencia (RTD) y efecto del número de celdas sobre la recuperación.
- Relación entre la residencia media y el comportamiento tipo plug-flow.
- Simulación del efecto del tiempo de retención y de la constante k sobre la recuperación global.
- Cálculo de carga circulante y razón de recirculación en circuitos cerrados

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

El **Proyecto de Certificación** es el componente final del diplomado, diseñado para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el programa mediante la resolución de un caso real relacionado con el tema. Los participantes trabajarán con el apoyo de tutores expertos, lo que garantiza un proceso de aprendizaje guiado y especializado.

Este proyecto tiene dos objetivos fundamentales:

- **Aplicación práctica de conocimientos:** Los estudiantes aprovecharán desafíos reales de la industria, aplicando las metodologías, técnicas y herramientas aprendidas a lo largo del diplomado.
- **Desarrollo del trabajo colaborativo:** Los equipos trabajarán de manera colaborativa, potenciando sus habilidades de liderazgo y coordinación, esenciales en proyectos mineros de gran envergadura. Esta dinámica también fomenta la creación de redes de contacto entre profesionales con intereses y especialidades afines.



PERFIL DE EGRESO

Al finalizar el diplomado, los participantes serán capaces de:

- **Comprender y aplicar los fundamentos fisicoquímicos de la flotación Cu-Mo**, analizando las propiedades de las superficies minerales, el comportamiento interfacial y la acción de los principales reactivos implicados en la separación de fases.
- **Diseñar, operar y optimizar circuitos de flotación colectiva y selectiva**, evaluando el desempeño metalúrgico de los equipos, la eficiencia de los reactivos y las estrategias de control operativo en distintos escenarios industriales.
- **Identificar y mitigar los efectos adversos de las arcillas, la salinidad y las variaciones reológicas** sobre la eficiencia del proceso, mediante estrategias químicas y operativas para mantener la estabilidad de la espuma y la selectividad mineralógica.
- **Aplicar modelos cinéticos y balances metalúrgicos** para interpretar resultados experimentales, calcular parámetros de rendimiento y simular circuitos de flotación en condiciones estacionarias o de optimización.
- **Integrar criterios de eficiencia, sustentabilidad y excelencia operacional** en la toma de decisiones metalúrgicas, promoviendo una gestión responsable del recurso hídrico y la maximización del valor metalúrgico en plantas concentradoras de cobre y de molibdeno.

PROYECCIÓN LABORAL Y OPORTUNIDADES PROFESIONALES

Los egresados del Diplomado en Flotación de Cobre-Molibdeno estarán preparados para desempeñarse en plantas concentradoras, operaciones metalúrgicas y unidades de procesamiento Cu-Mo, tanto en funciones de supervisión y control de procesos, optimización metalúrgica como en el desarrollo tecnológico.

Su formación les permitirá participar activamente en la toma de decisiones técnicas relacionadas con la eficiencia de los circuitos de flotación, la gestión de reactivos, el control de la calidad metalúrgica y la mejora continua de las operaciones. Asimismo, podrán integrarse a consultoras, laboratorios especializados y centros de investigación que trabajen en la evaluación y el diseño de procesos de concentración de minerales.

En un contexto de creciente demanda por profesionales especializados en flotación Cu-Mo y en el uso eficiente del agua, los participantes podrán proyectarse hacia roles de liderazgo técnico, asesoría metalúrgica o gestión de procesos en compañías mineras, empresas proveedoras de insumos y firmas de ingeniería.

La certificación del diplomado fortalece la trayectoria profesional de quienes buscan consolidarse como referentes en eficiencia operacional, innovación y sostenibilidad en la minería del cobre y del molibdeno, aportando una ventaja competitiva en un mercado cada vez más exigente y orientado al desempeño de excelencia.

CUERPO ACADÉMICO

DANILO MUÑOZ

- Especialista Senior en Flotación y Planta Moly QB2, Teck Resources Limited, Chile.
- Ingeniero Civil Metalúrgico, Universidad de Santiago, Chile.

DR. RICARDO JELDRES

- Ingeniero Civil Químico, Universidad de Concepción, Chile.
- Doctor en Ingeniería Química, Universidad de Concepción, Chile.

DR. PEDRO ROBLES

- Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Doctor en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.

DR. MATÍAS JELDRES

- Ingeniero Civil Metalúrgico, Universidad de Concepción, Chile.
- Doctor en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.

MSC. ALEJANDRO VILLALOBOS

- Ingeniero Metalúrgico, Universidad Católica del Norte, Chile
- Magíster en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.

DR. EDER PICEROS

- Ingeniero Civil Químico, Universidad de Concepción, Chile
- Magíster en Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción, Chile
- Doctor en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile