

Diplomado en INGENIERÍA DE AGUAS Y RELAVES MINEROS



Webinars en Vivo

Por especialistas

Aula Virtual 24/7

Material descargable

Evaluación en Línea

Compatible con horarios
laborales



Dedicación

70 horas lectivas +
70 horas dedicación
personal



Talleres prácticos en vivo

Dirigidos por
expertos



Modalidad

Sincrónica

DESCRIPCIÓN

La creciente demanda de una minería más eficiente y sostenible ha hecho del manejo de relaves y la gestión del agua un aspecto estratégico clave en las operaciones mineras modernas. El Diplomado en Ingeniería de Aguas y Relaves Mineros está diseñado para formar especialistas altamente capacitados que lideren en estas áreas críticas.

El diplomado es ideal para profesionales que buscan expandir sus conocimientos y especializarse en dos de los mayores desafíos que enfrenta la minería actual: el manejo eficiente del agua y la optimización de la operación de relaves convencionales, pastas y filtrados. Al finalizar, los egresados podrán aplicar soluciones innovadoras que no solo mejoren la productividad, sino que también garanticen prácticas sostenibles y responsables dentro de las operaciones mineras.

CONTENIDO

**CURSO 1: ESPESAMIENTO DE RELAVES:
FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS**

**CURSO 2: GESTIÓN OPERACIONAL Y
MANTENIMIENTO DE DEPÓSITOS DE RELAVES**

CURSO 3: MANEJO DE AGUAS EN RELAVES MINEROS

**CURSO 4: BALANCE HÍDRICO APLICADO A RELAVES
MINEROS**

**CURSO 5: GESTIÓN AMBIENTAL DE RELAVES
MINEROS**

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

CURSO 1: ESPESAMIENTO DE RELAVES: FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

Módulo 1: Introducción al Espesamiento y Componentes Clave

- Introducción: Procesamiento de minerales
- Rol del espesamiento en la gestión eficiente de relaves.
- Impacto del espesamiento en la recuperación y reutilización de agua en operaciones mineras.
- Descripción detallada de componentes: cono de descarga, sistema de rastras, feedwells, sistema de desborde, y sistemas de soporte.
- Funciones y estrategias para la optimización del desempeño de cada componente.

Módulo 2: Tecnologías de Espesamiento

- Clasificación operacional de espesadores
- Tipos de espesadores: ventajas, limitaciones, y criterios para su selección.
- Fundamentos para Entender el Comportamiento de Feedwells
- Tecnologías de feedwells y sistemas de distribución de sólidos.
- Ejemplos para el análisis de feedwells mediante CFD.

Módulo 3: Área Unitaria y Modelación Continua

- Definición del área unitaria en el diseño de espesadores.
- Aplicación práctica del cálculo del área unitaria en diferentes tipos de espesadores.
- Métodos para determinar el área unitaria.
- Modelación de un espesador continuo.
- Desarrollo de ensayos experimentales.

Módulo 4: Agregación de Partículas y Uso de Floculantes

- Fundamentos de la coagulación y floculación: principios teóricos y prácticos.
- Tipos de mecanismos de agregación: puente polimérico, parche electrostático y agregación hidrodinámica.
- Propiedades del flóculo y su impacto en la gestión de relaves.
- Selección y aplicación de floculantes en minería
- Tipos de floculantes: aniónicos, catiónicos y no iónicos.
- Factores que afectan el desempeño de los floculantes.
- Innovaciones recientes en químicos de agregación.

Módulo 5: Desafíos y Gestión de Riesgos en el Espesamiento

- Manejo de relaves arcillosos y minerales ultrafinos: estrategias para mejorar la eficiencia de sedimentación.
- Espesamiento en condiciones con agua de mar: adaptaciones y optimizaciones.
- Identificación de las causas del embancamiento en espesadores.
- Estrategias de mitigación, prevención de fallos y planes de contingencia para mantener la seguridad operativa.

CURSO 2: SELECCIÓN, EVALUACIÓN Y NEGOCIACIÓN DE CONTRATOS MINEROS

Módulo 1: Definiciones y Tipos de Depósitos de Relaves

- Definición de relaves: qué son y cómo se generan.
- Clasificación de los depósitos de relaves: Tipos y características (depósitos convencionales, en seco, relaves espesados, en pasta, y filtrados).
- Comparación de los distintos tipos de depósitos según criterios operacionales, económicos y ambientales.
- Revisión de normativas y estándares internacionales sobre gestión de depósitos de relaves.

Módulo 2: Relaves Espesados, en Pasta y Filtrados

- Definición y características de relaves espesados, en pasta y filtrados.
- Ventajas y desventajas de cada tecnología.
- Procesos de espesamiento y filtración: Principios básicos.
- Casos de estudio de implementación de relaves en pasta y filtrados.
- Impacto en la operación, costos y sostenibilidad del proyecto.

Módulo 3: Estrategias de Disposición de Relaves y Pendiente de Playa

- Estrategias de disposición de relaves: Convencional, en capas, y con relaves espesados y filtrados.
- Importancia de la pendiente de playa en la estabilidad y el drenaje del depósito.
- Factores que afectan la pendiente de playa: granulometría, contenido de agua, tipo de relave.
- Diseño y monitoreo de la pendiente de playa para optimizar la disposición y evitar problemas operativos.
- Casos prácticos de operación y manejo de la pendiente de playa.

Módulo 4: Fenómenos de Consolidación para Desaguado y Recuperación de Agua

- Fundamentos de la consolidación de relaves: Procesos y mecanismos.
- Impacto de la consolidación en la estabilidad y capacidad de almacenamiento de los depósitos.
- Métodos para acelerar el desaguado de los relaves: estrategias y tecnologías aplicadas.
- Sistemas de recuperación de agua en depósitos de relaves: Importancia y optimización.
- Ejemplos de optimización del balance hídrico en operaciones de relaves.

CURSO 3: MANEJO DE AGUAS EN RELAVES MINEROS

Módulo 1: Introducción a la Gestión del Agua en Minería

- Importancia del agua en la industria minera y su impacto ambiental.
- Influencia de la minería en la calidad y cantidad de agua en las zonas mineras.
- Aspectos regulatorios y retos ambientales en la gestión del agua.
- Introducción a los conceptos de almacenamiento y recuperación de agua en instalaciones de relaves.

Módulo 2: Tecnologías de Gestión de Agua en Minería

- Tecnologías convencionales y alternativas para la gestión de agua en relaves mineros.
- Uso de ciclones y pantallas vibratorias para la recuperación de agua.
- Estudio de caso: Tecnología de deshidratación de relaves en minera chilena.
- Beneficios y desafíos de implementar tecnologías eficientes de manejo de agua.

Módulo 3: Gestión del Agua en Instalaciones de Almacenamiento de Relaves (TSF)

- Tipos de instalaciones de almacenamiento de relaves (TSF) y su impacto en la gestión del agua.
- Prácticas recomendadas para la gestión del agua en TSF: reducción de pérdidas de agua por evaporación e infiltración.
- Diseño y operación segura de las instalaciones de almacenamiento de relaves.
- Monitoreo de la calidad del agua y herramientas para su implementación.

Módulo 4: Estrategias de Control de Filtraciones y Gestión del Agua de Proceso

- Control de filtraciones en TSF mediante geomembranas, zanjas de corte y sistemas de lechada de concreto plástico.
- Uso de sistemas geosintéticos y su aceptación en el marco regulatorio.
- Estrategias para minimizar la filtración y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las TSF.
- Estudio de caso: Soluciones ambientales aplicadas en TSF en Chile y Perú.

Módulo 5: Impacto del Cambio Climático en la Gestión del Agua en Minería

- Riesgos asociados a eventos climáticos extremos y su influencia en la gestión de recursos hídricos en la minería.
- Planificación y preparación para eventos climáticos extremos.
- Estrategias de adaptación para minimizar el impacto del cambio climático en la gestión del agua.
- Ejemplos de prácticas internacionales de adaptación y gestión del riesgo.

Módulo 6: Gestión Integrada del Agua y Sostenibilidad en Minería

- Gestión del agua en la industria minera alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Indicadores de sostenibilidad y desarrollo de estrategias de uso eficiente del agua.
- Beneficios de integrar el manejo del agua con el control de calidad y reducción de riesgos ambientales.
- Conclusiones y resumen del curso: mejores prácticas, desafíos y oportunidades para la sostenibilidad del recurso hídrico en minería.

CURSO 4: BALANCE HÍDRICO APLICADO A RELAVES MINEROS

Módulo 1: Fundamentos del Balance Hídrico

- Introducción al Balance Hídrico en Relaves
 - * Tranques de Relaves y Métodos de Construcción
 - * Clasificación de Relaves
 - * Componentes del Balance Hídrico
 - * Ecuaciones y Cálculos del Balance Hídrico
- Factores que afectan el Balance Hídrico
 - * Factores que influyen en el Balance Hídrico de Relaves Mineros
 - * Tipos de Configuración de Depósitos de Relaves
 - * Factores Geotécnicos
 - * Factores Operacionales
 - * Factores Climáticos, Normativos y de Planificación
- Estudios de Caso
 - * Estudio de Caso 1: Tranque de Relaves – Minera Escondida (Chile)
 - * Estudio de Caso 2: Depósito de Relaves – Xstrata Thorncliffe (Sudáfrica)
 - * Estudio de Caso 3: North Coast – British Columbia (Canadá)
 - * Casos Comparativos de Depósitos de Relaves (Caso A)
 - * Casos Históricos de Deshidratación de Relaves (Caso B)
 - * Porcentajes de Sólidos y Reducción del Uso de Agua (Caso C)

Módulo 2: Modelación Determinista del Balance Hídrico

- Introducción a la Modelación de Balance Hídrico
 - * Introducción a la Modelación del Balance Hídrico
 - * Recolección y Clasificación de Datos
 - * Entradas y Salidas del Sistema de Relaves
 - * Pasos Básicos para Implementar un Modelo
 - * Balance Hídrico Determinista
- Análisis de Casos con Modelación Determinista
 - * Modelación Determinista – Caso 1
 - * Modelación Determinista – Caso 2
 - * Modelación Determinista – Caso 3
 - * Modelación Determinista – Caso 4

Módulo 3: Simulación y Análisis Probabilístico del Balance Hídrico

- Introducción a Simulación
 - * Introducción a la Simulación de Balance Hídrico
 - * Fundamentos de Crystal Ball
 - * Pasos Básicos de Uso
 - * Análisis de Resultados y Aplicaciones Prácticas
- Análisis de Casos con Modelación Probabilística
 - * Modelación Probabilística – Incertidumbre, Suposición, Previsión
 - * Modelación Probabilística – Proyección

Módulo 4: Gestión de Riesgos y Optimización de la Gestión de Agua

- Identificación y Evaluación de Riesgos
 - * Introducción a los Riesgos Hídricos
 - * Interacción de los Depósitos de Relaves con el Agua
 - * Identificación de Riesgos en Diferentes Tipos de Relaves
 - * Riesgos Asociados al Balance Hídrico y Gestión de Agua
 - * Riesgos de Gestión y Modelamiento
- Estrategias de Mitigación de Control
 - * Estrategias de Mitigación y Control en Balance Hídrico de Depósitos de Relaves Mineros: Caso 1 - Lecciones del Caso Cosmos Nickel
 - * Estrategias de Mitigación y Control en Balance Hídrico de Depósitos de Relaves Mineros: Caso 2 - Análisis de Pruebas Experimentales
- Optimización y Mejora Continua
 - * Escenarios de Reducción del Uso de Agua
 - * Consumos de Agua en Minería
 - * Modelos de Optimización del Balance Hídrico
 - * Mejora Continua en la Gestión de Agua

CURSO 5: GESTIÓN AMBIENTAL DE RELAVES MINEROS

Módulo 1: Introducción a los Relaves Mineros y su Gestión

- Definición de relaves mineros: composición y características.
- Tipos de métodos de disposición de relaves (depósitos en valles, apilamiento en seco, reintegración en minas subterráneas).
- Importancia de la gestión de relaves en el contexto de la minería moderna.
- Panorama de desafíos ambientales asociados a la disposición de relaves.
- Estudios de caso sobre métodos convencionales de disposición.

Módulo 2: Impactos Ambientales de los Relaves Mineros

- Impactos físicos y químicos de los relaves en el medio ambiente (calidad del agua, suelo, aire).
- Efectos de la liberación de metales pesados y otros contaminantes.
- Drenaje ácido de mina.
- Evaluación de riesgos ambientales y sociales.
- Estudios de caso sobre incidentes de fallas en depósitos de relaves y sus consecuencias ambientales.

Módulo 3: Drenaje Ácido de Mina

- Definición y causas del drenaje ácido de mina (DAM).
- Reacciones químicas involucradas en la formación de DAM.
- Factores que influyen en la generación de DAM: mineralogía, geología y condiciones ambientales.
- Efectos del DAM en la calidad del agua y los ecosistemas.
- Métodos de prevención y control del DAM.
- Estudios de caso sobre estrategias exitosas de mitigación del drenaje ácido de mina.

Módulo 4: Reprocesamiento, Reutilización y Reciclaje de Relaves

- Definición y diferenciación entre reprocesamiento, reutilización y reciclaje de relaves.
- Técnicas para recuperar metales valiosos de relaves.
- Uso de relaves como materiales de construcción (ladrillos, cementos).
- Estudios de caso sobre aplicaciones exitosas de reprocesamiento y reutilización de relaves.
- Consideraciones económicas y ambientales en el reprocesamiento.

Módulo 5: Monitoreo y Evaluación de Relaves

- Métodos de monitoreo de calidad del agua y aire en instalaciones de relaves.
- Técnicas geotécnicas para el monitoreo de la estabilidad de depósitos de relaves.
- Indicadores de sostenibilidad y evaluación del impacto a lo largo del ciclo de vida de los relaves.
- Uso de modelación para predecir impactos a largo plazo.

Módulo 6: Enfoque Integrado en la Gestión de Relaves

- Gestión de relaves dentro del contexto de la planificación de mina (integración desde la extracción hasta la disposición).
- Evaluación de riesgos e integración de estrategias de mitigación en el diseño de depósitos de relaves.
- Estudios de caso sobre enfoques integrados de gestión sostenible de relaves.
- Elaboración de un marco conceptual para la gestión integrada de relaves.
- Evaluación de riesgos e integración de estrategias de mitigación en el diseño de depósitos de relaves.
- Estudios de caso sobre enfoques integrados de gestión sostenible de relaves.
- Elaboración de un marco conceptual para la gestión integrada de relaves.

Módulo 7: Innovaciones y Nuevas Tecnologías en la Gestión de Relaves

- Nuevas tecnologías emergentes para la gestión de relaves.
- Aplicación de métodos biológicos y microbianos en la estabilización de relaves.
- Uso de herramientas de modelación avanzada para mejorar la gestión de relaves.
- Innovaciones en la reducción de la huella hídrica y energética.
- Actividad sugerida: investigación de una tecnología emergente para la gestión de relaves.

Módulo 8: Cierre de Depósitos de Relaves y Rehabilitación del Terreno

- Principios de cierre de depósitos de relaves: objetivos y desafíos.
- Métodos de rehabilitación y revegetación de depósitos de relaves.
- Técnicas para la estabilización química y física de los depósitos.
- Integración de la comunidad y consideraciones socioeconómicas en el cierre.
- Actividad sugerida: propuesta de plan de cierre para un depósito de relaves, considerando aspectos técnicos y sociales.

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

El Proyecto de Certificación es el componente final del diplomado, diseñado para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el programa a través de la resolución de un caso real sobre la gestión de relaves mineros. Los participantes trabajarán con el apoyo de tutores expertos, lo que asegura 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 geotécnicos de gran envergadura. Esta dinámica también fomenta la creación de redes de contacto entre profesionales con intereses y especialidades afines.

POR QUÉ ELEGIR ESTE DIPLOMADO

- **Contenido Integral y Actualizado:** El programa ofrece un enfoque exhaustivo en dos áreas críticas de la minería, combinando teoría y aplicaciones prácticas con un fuerte enfoque en la sostenibilidad.
- **Flexibilidad y Accesibilidad:** Con modalidad sincrónica y asincrónica, webinars con especialistas, y acceso 24/7 a materiales descargables, el diplomado se adapta a los horarios laborales de los profesionales, permitiendo un aprendizaje continuo sin interferir con sus responsabilidades laborales.
- **Proyectos Reales y Networking:** Los participantes tendrán la oportunidad de aplicar sus conocimientos en proyectos grupales basados en casos reales, incrementando no solo sus habilidades técnicas sino también sus redes de contacto en la industria minera.

CAPACIDADES QUE ADQUIERES

Optimización del espesamiento de relaves

Capacidad para aplicar fundamentos y tecnologías de espesamiento, evaluando el desempeño de componentes críticos (feedwells, rastras, sistemas de descarga) y utilizando floculantes adecuados para mejorar la sedimentación y la recuperación de agua.

Gestión integral de depósitos de relaves

Competencia para analizar, diseñar y operar distintos tipos de depósitos (convencionales, espesados, en pasta y filtrados), considerando su estabilidad, pendiente de playa, consolidación y recuperación de agua, bajo estándares internacionales.

Manejo avanzado del recurso hídrico en minería

Habilidad para implementar tecnologías y estrategias de gestión del agua en instalaciones de relaves, incluyendo control de filtraciones, tratamiento, monitoreo de calidad y adaptación frente al cambio climático.

Balance hídrico aplicado

Dominio en la aplicación de modelos deterministas y probabilísticos de balance hídrico en relaves, integrando datos geotécnicos, climáticos y operacionales, para evaluar riesgos y optimizar el uso del agua.

Gestión ambiental y sostenibilidad de relaves

Capacidad de identificar, evaluar y mitigar impactos ambientales (drenaje ácido, emisiones, riesgo químico y físico), aplicando estrategias de reprocesamiento, reutilización y cierre sostenible de depósitos.

Aplicación práctica en proyectos reales

Competencia para integrar lo aprendido en un proyecto de certificación basado en un caso real de la industria, desarrollando trabajo colaborativo, liderazgo y generación de soluciones innovadoras con enfoque en sostenibilidad.

PROYECCIÓN LABORAL Y OPORTUNIDADES PROFESIONALES

- Al completar el **Diplomado en Ingeniería de Aguas y Relaves Mineros**, estarás preparado para asumir roles de responsabilidad en la industria minera, un sector clave en la economía global y nacional.

Las competencias adquiridas te abrirán las puertas a diversas oportunidades laborales en el ámbito de la minería, donde la gestión eficiente de los recursos hídricos y gestión de relaves son esenciales para optimizar operaciones y asegurar la sostenibilidad.

- **Áreas de Desempeño Profesional**
- **Minería:** Plantas concentradoras, operaciones de relaves y tratamiento de aguas.
- **Consultoría Ambiental:** Especialización en la gestión hídrica y sostenibilidad en minería.
- **Empresas de Ingeniería:** Desarrollo de soluciones tecnológicas para el transporte de relaves y gestión de recursos hídricos.
- **Proyectos de Innovación y Sustentabilidad:** Liderazgo en la implementación de estrategias que minimicen el impacto ambiental de la minería.

CUERPO ACADÉMICO

DR GERARDO ZAMORA ECHENIQUE

- Ingeniero Metalúrgico, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia.
- Doctor en Metalurgia, Universidad RWTH Aachen, Alemania.

DR RICARDO JELDRES

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

ABOGADA SUSY CLAPS

- Abogada, Universidad de Antofagasta, Chile.
- Magíster en Derecho Minero, Universidad de Antofagasta, Chile.

DR WILLIAMS LEIVA

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

DR. STEVEN NIETO

- Ingeniero de Materiales, Universidad de Antioquia, Colombia.
- Doctor en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.

MSC(C). ALEJANDRO VILLALOBOS

- Ingeniero Metalúrgico, Universidad Católica del Norte, Chile.
- Magíster (c) en Ciencias de la Ingeniería c/m Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.

CUERPO ACADÉMICO

MSC. DANNY FLORES

- Ingeniero Metalúrgico, Universidad de Oruro, Bolivia.
- Magíster en Ciencias de la Ingeniería c/m 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.