



Diplomado en *www.otec.uatsa.cl* **Transporte de Relaves, Sistemas de Bombeo y Gestión de Agua para la Minería**

DESCRIPCIÓN

La creciente demanda por una minería más eficiente y sostenible ha hecho del manejo del transporte de relaves y la gestión del agua un aspecto estratégico clave en las operaciones mineras modernas. El **Diplomado en Transporte de Relaves, Sistemas de Bombeo y Gestión de Agua para la Minería** está diseñado para formar especialistas altamente capacitados que lideren en estas áreas críticas.

Este programa ofrece un enfoque integral que combina los fundamentos técnicos del transporte de pulpas con tecnologías de bombeo avanzadas y la gestión sostenible del recurso hídrico. A través de un riguroso análisis teórico y práctico, los participantes obtendrán las herramientas necesarias para optimizar procesos clave en las plantas mineras, minimizando el consumo de agua y mejorando la eficiencia del transporte de relaves.

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 del transporte de pulpas de alta densidad. 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.

METODOLOGÍA



DEDICACIÓN
60 horas lectivas
+ 60 horas
dedicación
personal



MODALIDAD
Sincrónica //
Asincrónicas



WEBINARS
en vivo por
especialistas



AULA VIRTUAL
24/7
Material
descargable



**EVALUACIÓN
EN LÍNEA**
Compatible
con horarios
Laborales



DURACION
7 meses

Contenido

CURSO 1: REOLOGÍA APLICADA A SUSPENSIONES MINERALES

Módulo 1:

Introducción a la Reología de Suspensiones Minerales

- ❖ Definición y relevancia de la reología aplicada a suspensiones minerales.
- ❖ Introducción a los modelos reológicos: Newtoniano, Bingham, Herschel-Bulkley.
- ❖ Variables que afectan la reología: tamaño de partícula, concentración de sólidos, química de la superficie.
- ❖ Introducción al concepto de tensión de cedencia (yield stress) y su importancia.
- ❖ Introducción a los tipos de reómetros

Módulo 2:

Fuerzas Interparticulares y Comportamiento Reológico de Suspensiones Minerales

- ❖ Fuerzas atractivas y repulsivas en suspensiones minerales (van der Waals, electrostáticas, estéricas).
- ❖ Teoría DLVO y su aplicación a la reología de minerales.
- ❖ Papel de los agentes floculantes y dispersantes en el comportamiento reológico.
- ❖ Relación entre la química de la superficie y la reología: efectos del pH y los electrolitos.
- ❖ Efecto de la distribución de tamaño de partículas y la estructura de la red de flóculos.

Módulo 3:

Modelos Reológicos para Suspensiones Minerales

- ❖ Revisión detallada de los modelos Herschel-Bulkley, Bingham y Casson.
- ❖ Diferencias entre suspensiones floculadas y bien dispersas en términos reológicos.
- ❖ Uso de reómetros para caracterizar suspensiones minerales.
- ❖ Correcciones por deslizamiento en las mediciones reológicas: técnicas y consideraciones.
- ❖ Análisis de resultados experimentales de suspensiones minerales bajo diferentes condiciones.

Módulo 4:

Fenómenos de Deformación y Flujo en Suspensiones Minerales

- ❖ Deformación plástica y elasticidad en suspensiones.
- ❖ Comportamiento tixotrópico y su relevancia industrial.
- ❖ Flujo en condiciones de cizalladura alta y baja: efectos sobre la estructura interna.
- ❖ Descripción y análisis del comportamiento reológico en sistemas complejos.
- ❖ Aplicaciones de la tixotropía y el adelgazamiento por cizalle en procesos industriales.

Módulo 5:

Aplicaciones Prácticas de la Reología de Suspensiones

- ❖ Impacto de reología en operaciones de flotación
- ❖ Transporte de pulpas de relaves y su comportamiento reológico en tuberías.
- ❖ Factores que afectan la estabilidad de suspensiones y el control de sedimentación.
- ❖ Reología aplicada al diseño de espesadores y sistemas de separación sólido-líquido.
- ❖ Estudios de caso de problemas comunes y sus soluciones reológicas en la industria minera.

CURSO 2: SISTEMAS DE BOMBEO Y ESTRATEGIAS DE TRANSPORTE DE RELAVES

Módulo 1:

Fundamentos del Bombeo de Pulpas

- ❖ Principios básicos: presión, caudal y potencia.
- ❖ Propiedades de las pulpas: C_p , densidad, reología.
- ❖ Introducción al golpe de ariete y subpresiones.

Módulo 2:

Selección y Operación de Bombas para Relaves

- ❖ Tipos de bombas para transporte de relaves
- ❖ Dimensionamiento de bombas para relaves:
 - * Cálculo de NPSH (Net Positive Suction Head).
 - * Curvas de operación (bomba y sistema).
- ❖ Configuración de bombas en serie y en paralelo.
- ❖ Efectos de los sólidos en la operación:
 - * Impacto en la eficiencia y vida útil.
 - * Golpe de ariete y estrategias de mitigación.

Módulo 3:

Diseño de Sistemas de Tuberías y Transporte Hidráulico

- ❖ Parámetros de diseño de tuberías:
 - * Materiales y diámetros.
 - * Velocidad de transporte recomendada.
- ❖ Pérdidas de carga en sistema hidráulicos:
 - * Pérdidas friccionales y singulares (válvulas, codos, accesorios).
 - * Métodos para calcular pérdidas de carga con fórmulas prácticas.

Módulo 4:

Transporte de Suspensiones Concentradas

- ❖ Clasificación de flujos bifásicos: laminados y turbulentos.
- ❖ Propiedades reológicas de las pulpas:
 - * Fluido newtoniano vs no newtoniano.
 - * Curvas de esfuerzo cortante y velocidad.
- ❖ Velocidad límite de flujo en cañerías:
 - * Concepto de velocidad de depósito.
 - * Factores que la condicionan (granulometría, C_p , tuberías).
 - * Estrategias para evitar obstrucciones

Módulo 5:

Análisis de Transporte y Estrategias de Modelación

- ❖ Modelos predictivos para transporte de pulpas
 - * Modelos para velocidad límite (exponencial, empírico).
 - * Modelos para pérdidas de carga.
- ❖ Optimización operativa
 - * Simulación de escenarios para maximizar la eficiencia energética.
 - * Introducción a herramientas computacionales.
- ❖ Estrategias sostenibles en transporte de relaves
 - * Casos prácticos: reducción de consumo energético y agua.

Módulo 6:

Casos Prácticos y Aplicaciones en Plantas Mineras

- ❖ Revisión de casos típicos en plantas mineras:
 - * Transporte de relaves.
 - * Sistemas de bombeo en concentradoras.
- ❖ Problemas comunes y soluciones:
 - * Sobrecargas en bombas.
 - * Sedimentación en tuberías.
- ❖ Estrategias de optimización del sistema:
 - * Diseño eficiente.
 - * Operación sostenible.

CURSO 3: GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN MINERÍA

Módulo 1:

Introducción a la Gestión de Recursos Hídricos

- ❖ Evaluación y monitoreo de recursos hídricos
- ❖ Gestión del uso de agua en minería
- ❖ Gestión de riesgos hídricos
- ❖ Economía circular en la gestión hídrica
- ❖ Innovación tecnológica en la gestión hídrica
- ❖ Restauración de sistemas acuáticos
- ❖ Manejo de agua después del cierre
- ❖ Tecnologías de recuperación de agua

Módulo 2:

Balance Hídrico y Eficiencia en el Uso del Agua

- ❖ Técnicas de balance hídrico en minería
 - * Introducción al balance hídrico: conceptos y metodología.
 - * Aplicación de balances hídricos en operaciones mineras.
- ❖ Fuentes de agua en minería
- ❖ Balance hídrico en plantas concentradoras
 - * Análisis de consumo de agua en procesos de molienda y flotación.
 - * Estrategias para optimizar el uso del agua en la concentración de minerales.
 - * Casos de estudio: Implementación del balance hídrico en plantas concentradoras de cobre y oro .
- ❖ Reutilización y reciclaje del agua en procesos de lixiviación
 - * Uso del agua en lixiviación de minerales: pilas y tanques.
 - * Impacto de la calidad del agua en la eficiencia de la lixiviación y el rendimiento del proceso.
- ❖ Aplicación de tecnologías de medición y monitoreo del agua
 - * Herramientas y sensores para la medición y monitoreo de flujos de agua.
 - * Uso de software para el modelado de balances hídricos y análisis de datos en tiempo real.

CURSO 4: 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 Mantos Blancos, Chile.
- ❖ Beneficios y desafíos de implementar tecnologías eficientes de manejo de agua.

Módulo 3:

Tecnologías de 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.



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.

El proyecto culmina con la entrega y presentación de un informe técnico, donde se abordan los aspectos del estudio de caso, incluyendo análisis de datos, propuestas de solución y conclusiones basadas en criterios científicos.



CAPACIDADES QUE ADQUIERES

❖ **Dominio de la Reología y Transporte de Pulpas**

Los participantes desarrollarán una comprensión avanzada de los principios reológicos aplicados a las suspensiones minerales, incluyendo la caracterización y manejo de pulpas de alta densidad. Esto les permitirá optimizar el transporte de pulpas en sistemas mineros, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos.

❖ **Estrategias Avanzadas de Bombeo y Transporte**

Se especializarán en el dimensionamiento y operación de sistemas de bombeo, incluyendo la gestión de variables críticas como la altura de impulsión, las pérdidas de carga, y el manejo de contingencias como el golpe de ariete. Estas habilidades son esenciales para asegurar la continuidad y estabilidad en el transporte de pulpas, un proceso fundamental en la minería.

❖ **Gestión Integral de Recursos Hídricos**

Adquirirán conocimientos en la gestión sostenible del agua, aplicando técnicas de balance hídrico en plantas concentradoras. Los participantes estarán capacitados para implementar estrategias de reducción de consumo de agua y optimización del recurso hídrico, lo que es vital en una industria cada vez más enfocada en la sostenibilidad.

❖ **Innovación y Economía Circular en la Gestión Hídrica**

Aprenderán a aplicar principios de economía circular y tecnologías innovadoras en la gestión del agua, incluyendo la restauración de sistemas acuáticos y la recuperación de agua después del cierre de minas. Estas capacidades les permitirán liderar iniciativas que no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también reducen el impacto ambiental de las operaciones mineras.

❖ **Liderazgo en Proyectos de Transporte de Pulpas y Gestión Hídrica**

Este diplomado prepara a los participantes para asumir roles de liderazgo, ya sea como gestores de recursos hídricos, supervisores de proyectos de transporte de pulpas, o consultores ambientales. El conocimiento adquirido les permitirá posicionarse como referentes en la implementación de prácticas sostenibles y eficientes dentro de la industria minera.

¿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.

PROYECCIÓN LABORAL Y OPORTUNIDADES PROFESIONALES

Al completar el Diplomado en Transporte de Relaves, Sistemas de Bombeo y Gestión de Agua para la Minería, 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 el transporte de pulpas 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.

❖ **MSc. Alejandro Olivares**

- Ingeniero Civil Mecánico, Universidad de Santiago de Chile, Chile.
- Magíster en Ciencia de la Ingeniería Mención Mecánica, Universidad de Chile, Chile.

❖ **Dr Ricardo Jeldres**

- Superintendente de Relaves – Minera Kinross, Chile
- Ingeniero Civil Químico, Universidad de Concepción, Chile.
- Doctor en Ingeniería Química, Universidad de Concepción, Chile.

❖ **MSc José Luis de la Cruz**

- Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- MBA en Administración de Negocios, Miami.

❖ **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 Antioquía, Colombia.
- Doctor en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.