

Diplomado en

INGENIERÍA GEOTÉCNICA

APLICADA A RELAVES MINEROS



Webinars en Vivo

Por Especialistas

Aula Virtual 24/7

Todas las Clases Quedan
Grabadas

Evaluación en Línea

Compatible con Horarios
Laborales



Dedicación

70 Horas Lectivas +
70 Horas
Dedicación Personal



Duración

8 meses



Modalidad

Clases en Vivo y Clases
Asincrónicas

DESCRIPCIÓN

El Diplomado en Ingeniería Geotécnica Aplicada a Relaves Mineros ofrece una formación avanzada e integral, orientada al diseño, la operación y el cierre de depósitos de relaves bajo criterios de estabilidad, seguridad y sostenibilidad. Su objetivo es desarrollar competencias técnicas que permitan comprender, evaluar y gestionar el comportamiento geotécnico de las instalaciones de relaves a lo largo de su ciclo de vida, integrando la ingeniería aplicada con los estándares y regulaciones internacionales más exigentes.

El programa abarca desde los fundamentos del diseño y la construcción de depósitos de relaves hasta la gestión del cierre y del postcierre, incorporando herramientas de modelación geotécnica, instrumentación avanzada y análisis de riesgos. Los participantes aprenderán a aplicar metodologías analíticas y numéricas para el estudio de la estabilidad de los taludes, la presión de los poros, la licuefacción y las fallas geotécnicas, considerando variables sísmicas, hidrogeológicas y ambientales. Asimismo, se profundiza en el manejo del agua mediante balances hídricos, drenajes, control de filtraciones y estrategias de recuperación, elementos esenciales para cumplir con las normativas de seguridad y sostenibilidad.

El diplomado combina conocimientos técnicos con una sólida base normativa y de gestión. Se estudian los principales marcos regulatorios nacionales e internacionales —como el Decreto Supremo N° 248/2007, la Ley N° 20.551, la Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM) y las guías ICOLD/ANCOLD—, junto con los aspectos legales, ambientales y sociales asociados a la gobernanza de relaves. Además, el programa analiza casos emblemáticos de fallas geotécnicas, como Brumadinho y Mount Polley, con el propósito de extraer lecciones aplicables para la prevención y mitigación de riesgos en operaciones reales.

CONTENIDO

CURSO 1: Diseño y Estabilidad Geotécnica de Depósitos de Relaves

CURSO 2: Instrumentación y Monitoreo Geotécnico para la Gestión de Relaves

CURSO 3: Gestión de Cierre y Postcierre de Depósitos de Relaves

CURSO 4: Aspectos Legales para la Gestión de Relaves

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

CURSO 1: Diseño y Estabilidad Geotécnica de Depósitos de Relaves

Módulo 1: Introducción a los Depósitos de Relaves y su Gestión Integral

- Tipos y configuración de depósitos de relaves:
 - Clasificación: espesados, filtrados, en pasta, entre otros.
 - Factores de diseño inicial y configuración geométrica.
- Criterios para la selección de sitios:
 - Topografía, clima, geología y accesibilidad.
 - Factores ambientales y sociopolíticos.
- Ciclo de vida de los depósitos de relaves:
 - Desde la construcción hasta el cierre y post-cierre.
 - Impactos en el medioambiente y comunidades.
- Normativas y estándares internacionales:
 - Principales regulaciones en Chile y el mundo.
 - Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM).

Módulo 2: Geotecnia Aplicada al Diseño de Depósitos de Relaves

- Propiedades geotécnicas de materiales de relaves:
 - Granulometría, cohesión, fricción interna y plasticidad.
 - Compactación y permeabilidad.
- Caracterización geotécnica del suelo de fundación:
 - Métodos de evaluación de fundaciones.
 - Riesgos asociados a fundaciones débiles.
- Métodos de ensayo geotécnico en laboratorio y campo:
 - Pruebas de corte directo, consolidación y triaxiales.
 - Análisis de piezometría y permeabilidad in situ.
- Aplicaciones de modelos geotécnicos:
 - Modelos analíticos y numéricos.
 - Ejemplos prácticos de software especializado.

Módulo 3: Balance Hídrico y Manejo del Agua en Depósitos de Relaves

- Componentes del balance hídrico:
 - Precipitación, escorrentía, infiltración y evaporación.
 - Aportes y salidas en el sistema.
- Diseño de sistemas de manejo de aguas:
 - Canales de contorno, vertederos y sistemas de drenaje.
 - Diseño de lagunas y playas activas.
- Impacto del clima en la gestión hídrica:
 - Estrategias para climas áridos y húmedos.
 - Modelos probabilísticos para escenarios climáticos extremos.
- Recuperación y recirculación de agua:
 - Métodos de optimización del uso del agua.
 - Tecnologías para aumentar la eficiencia hídrica.

Módulo 4: Estabilidad de Taludes en Depósitos de Relaves

- Factores que afectan la estabilidad de taludes:
 - Influencia de la pendiente, materiales y carga.
 - Efectos de la presión de poros.
- Métodos de análisis de estabilidad:
 - Análisis de equilibrio límite.
 - Métodos numéricos: elementos finitos y diferencias finitas.
- Estabilidad sísmica de taludes:
 - Diseño para cargas dinámicas.
 - Análisis de licuefacción estática y sísmica.
- Monitoreo y mantenimiento de taludes:
 - Instrumentación geotécnica (inclinómetros, piezómetros).
 - Protocolos de inspección y mantenimiento.

Módulo 5: Riesgos Geotécnicos y Gestión de Fallas en Depósitos de Relaves

- Modos de falla en depósitos de relaves:
 - Erosión interna y externa, rebalse y licuefacción.
 - Fallas por asentamientos diferenciales.
- Evaluación de riesgos geotécnicos:
 - Métodos determinísticos y probabilísticos.
 - Uso de matrices de riesgo en proyectos.
- Mitigación de riesgos en operación:
 - Estrategias de diseño preventivo.
 - Planificación para eventos extremos (sismos, lluvias).
- Casos históricos de fallas en relaves:
 - Análisis de incidentes como Brumadinho y Mount Polley.
 - Lecciones aprendidas y mejoras prácticas.

Módulo 6: Cierre, Recuperación y Estabilidad Física a Largo Plazo

- Diseño de cierre de depósitos de relaves:
 - Planificación para la estabilidad a largo plazo.
 - Técnicas de cobertura y revegetación.
- Monitoreo post-cierre:
 - Instrumentación para estabilidad estructural y química.
 - Detección y mitigación de riesgos residuales.
- Normativas de cierre y sostenibilidad:
 - Leyes y estándares aplicables al cierre en Chile y el mundo.
 - Incorporación de criterios ESG en el cierre.
- Modelos de gestión de impactos ambientales:
 - Evaluación de impacto ambiental post-operacional.
 - Remediación y recuperación de ecosistemas.

CURSO 2: Instrumentación y Monitoreo Geotécnico para la Gestión de Relaves

Módulo 1: Fundamentos de la Instrumentación Geotécnica

- Introducción y principios básicos:
 - Contexto de la instrumentación en depósitos de relaves.
 - Importancia del monitoreo: estándares actuales, herramientas y tecnologías.
 - Definiciones básicas de instrumentación geotécnica.
 - Introducción a los parámetros geotécnicos para la estabilidad de relaves.
- Conceptos básicos de instrumentación:
 - Elementos clave en la medición: detección, acondicionamiento, indicación, automatización y telecomunicación.
 - Exactitud, precisión, resolución y rango de medición.
 - Factores críticos de falla en depósitos de relaves y su relación con la instrumentación.
- Funcionamiento de instrumentos geotécnicos:
 - Tipos de piezómetros: Casagrande, cuerda vibrante, fibra óptica, y venteados.
 - Extensómetros, inclinómetros, sensores de nivel y acelerómetros.
 - Características y criterios de instalación para cada tipo de instrumento.
- Deformaciones y normativa:
 - Estimación y monitoreo de deformaciones en muros y presas.
 - Normativas nacionales e internacionales para la instrumentación geotécnica en depósitos de relaves.
 - Métodos de estimación de deformaciones y estándares vigentes.

Módulo 2: Instrumentación y Monitoreo Geotécnico Avanzado

- Métodos de instrumentación y monitoreo:
 - Clasificación de métodos: invasivos, semi-invasivos y no invasivos.
 - Instalación de instrumentos según método elegido y características del depósito de relaves.
- Selección, calibración y mantenimiento de instrumentos:
 - Selección de instrumentos según el tipo de depósito y modos de falla creíbles.
 - Actividades de calibración y mantenimiento de instrumentos geotécnicos.
 - Frecuencias de calibración y mantenimiento.
- Tendencias en monitoreo y seguridad de relaves:
 - Nuevas tecnologías: comunicación inalámbrica, InSAR, drones, plataformas de gestión de datos.
 - Integración de monitoreo con planes de acción, operaciones y preparación ante emergencias.
 - Definición de umbrales de desempeño y TARP (Trigger Action Response Plan).

CURSO 3: Gestión de Cierre y Postcierre de Depósitos de Relaves

Módulo 1: Legislación y Normativa Sobre Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras

- Aspectos generales.
 - ¿Qué es un plan de cierre?
 - ¿Cuáles son las ventajas de preparar e implementar un Plan de Cierre?
- ¿Cuál es la regulación aplicable?
 - Normativas en Chile.
 - Normativas en Perú y en otros países sudamericanos.

Módulo 2: Planificación y Ejecución del Cierre de Depósitos de Relaves

- Planificación del cierre de los depósitos de relaves.
 - ° Aspectos Generales.
- Contenidos Mínimos de los Proyectos de Plan de Cierre.
- Fases de la vida de un proyecto minero.
- Desarrollo de un plan de cierre de faenas mineras.

Módulo 3: Recuperación y Rehabilitación de Áreas Impactadas por Relaves

- Identificación de criterios ambientales, aspectos técnicos y medidas mínimas para el cierre.
- Criterios ambientales.
- Aspectos técnicos y medidas mínimas para el cierre.
 - ° Rajos abiertos y canteras.
 - ° Minas subterráneas.
 - ° Tranques de relaves.

Módulo 4: Aspectos Financieros del Cierre de Minas

- Aspectos generales.
- Análisis y evaluación de los costos de cierre.
- Generación de garantías financieras para el cierre.

Módulo 5. Dimensiones Sociales y Gobernanza en el Cierre de Minas

- Introducción a la gobernanza en el cierre minero
- Justicia procedimental y riesgo social
- Impactos socioeconómicos del cierre de minas
- Participación comunitaria y resolución de conflictos
- Sostenibilidad e integración postcierre

Módulo 6. Innovaciones en el Cierre de Minas y Relaves: Integración Ambiental en el Ciclo de Vida Minero

- Introducción al cierre de minas desde un enfoque ambiental
- Modelos geoambientales para la planificación del cierre
- Desulfurización de relaves: Estrategias para la reducción del impacto ambiental
- Aplicaciones de residuos mineros en estrategias de cierre
- Evaluación del impacto del cambio climático en estrategias de cierre

CURSO 4: Aspectos Legales para la Gestión de Relaves

Módulo 1: Gobernanza y Gestión Nacional de Relaves

- Evolución histórica y marco regulatorio desde 1970.
- Observatorio Nacional de Relaves y Programa Tranque.
- Plan Nacional de Depósitos: objetivos, ejes estratégicos y resultados esperados.
- Gobernanza de los relaves activos, inactivos y abandonados.

Módulo 2: Marco Normativo, Fiscalización y Cumplimiento

- DS N° 248/2007: diseño, operación y cierre de relaves.
- Rol de SERNAGEOMIN y requisitos técnicos.
- Ley 20.551 y obligaciones en los planes de cierre.
- Procedimientos de clausura, sanciones y fiscalización efectiva.
- Regulación diferenciada para la minería a pequeña escala.

Módulo 3: Evaluación Ambiental y Sustentabilidad Minera

- Ley 19.300 y Resolución de Calificación Ambiental (RCA).
- Estudios geotécnicos, hidrogeológicos y sísmicos.
- Impactos ambientales en el agua, el aire, el suelo y la salud.
- Políticas nacionales e internacionales (Agenda 2030, Política Minera 2050, Convención 169).
- Planes de cierre, garantías económicas y consulta indígena.

Módulo 4: Estándares Globales, Innovación y Economía Circular

- Estándar Global de Gestión de Relaves y auditorías internacionales.
- Experiencias internacionales y rol de COCHILCO.
- Economía circular: reprocesamiento y reutilización de relaves.
- Innovaciones tecnológicas (geopolimerización, energías renovables).
- Participación ciudadana y consulta comunitaria.
- Gestión de cambios, mejora continua y transparencia.

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

El **Proyecto de Certificación** es el componente final del postítulo, diseñado para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el programa mediante la resolución de un caso real sobre la gestión de relaves mineros. 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 geotécnicos de gran envergadura. Esta dinámica también fomenta la creación de redes de contacto entre profesionales con intereses y especialidades afines.

PERFIL DE EGRESO

El egresado del **Diplomado en Ingeniería Geotécnica Aplicada a Relaves Mineros** será un profesional capaz de aplicar criterios técnicos, analíticos y normativos para la gestión integral de la estabilidad física de los depósitos de relaves a lo largo de su ciclo de vida, desde el diseño y la operación hasta el cierre y el postcierre.

Al finalizar el programa, el participante habrá desarrollado las siguientes capacidades:

- **Evaluar la estabilidad geotécnica** de depósitos de relaves, considerando factores sísmicos, hidráulicos y de presión de los poros, aplicando herramientas analíticas y numéricas para el diseño y el control de estructuras seguras y eficientes.
- **Diseñar e implementar sistemas de instrumentación y monitoreo geotécnico**, interpretando datos en tiempo real para detectar tempranamente desviaciones, gestionar preventivamente riesgos y tomar decisiones informadas.
- **Aplicar metodologías de análisis y control de riesgos geotécnicos y ambientales**, identificando mecanismos de falla, proponiendo medidas de mitigación y fortaleciendo la seguridad operativa y la gobernanza de los depósitos de relaves.
- **Integrar criterios normativos, técnicos y de sostenibilidad** en el diseño, la operación y el cierre de instalaciones de relaves, conforme a los estándares nacionales e internacionales (DS N° 248/2007, Ley 20.551, GISTM, ICOLD, ANCOLD), promoviendo la gestión responsable y sostenible de la minería moderna.

PROYECCIÓN LABORAL Y OPORTUNIDADES PROFESIONALES

El **Diplomado en Ingeniería Geotécnica Aplicada a Relaves Mineros** forma profesionales capaces de asumir roles técnicos y estratégicos en el diseño, la evaluación y la gestión de depósitos de relaves, fortaleciendo su liderazgo en proyectos orientados a la seguridad, la estabilidad y la sostenibilidad de las operaciones mineras.

El egresado estará preparado para desempeñarse como ingeniero geotécnico, especialista en estabilidad de relaves, coordinador de instrumentación y monitoreo, supervisor de cierre y postcierre, o asesor técnico en cumplimiento normativo y gobernanza. Su formación le permitirá incorporarse a empresas mineras, consultoras geotécnicas y ambientales, organismos reguladores o centros de investigación, tanto en Chile como en otros países de la región.

Gracias a su sólida base técnica y normativa, el egresado podrá participar en proyectos que integran el análisis de estabilidad, la gestión del riesgo geotécnico, el monitoreo de estructuras críticas y la aplicación de estándares internacionales como GISTM, ICOLD y ANCOLD.

Este programa potencia la empleabilidad y la proyección profesional de los participantes, preparándolos para contribuir activamente a una minería más segura, eficiente y sostenible.

CUERPO ACADÉMICO

DR. LUKE CLARKSON

- Civil Engineering, University of Queensland, Australia
- PhD in Geotechnical Engineering, University of Queensland, Australia

DR. MATÍAS SILVA

- Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
- PhD in Civil Engineering, Université Grenoble Alpes, Francia

ABOGADA SUSY CLAPS

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

MSC. JOSÉ LUIS DE LA CRUZ

- Superintendente de Relaves – Minera Kinross, Chile
- Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

DR. GERARDO ZAMORA

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

ING. EDUARDO LÓPEZ

- Ingeniero Civil, Universidad de Concepción, Chile
- Diplomado en Ingeniería Geotécnica, Universidad de Chile, Chile

CUERPO ACADÉMICO

ING. SERGIO VERGARA

- Ingeniero Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile, Chile

MSC. ALEJANDRO VILLALOBOS

- Ingeniero Metalúrgico, Universidad Católica del Norte, Chile
- Magíster en Ciencias de la Ingeniería, con mención en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile