

www.otec.uatsa.cl

Postítulo en Tecnologías de Espesamiento y Gestión de Relaves Mineros

Un compromiso con la gestión responsable y excelencia operacional

Programa dirigido a profesionales que deseen adquirir competencias de alto nivel y formarse como especialistas en operaciones de espesamiento y gestión de relaves mineros. Etapas unitarias de gran importancia para la minería moderna, que tiene como prioridad respetar su entorno y conseguir – al mismo tiempo – un gran nivel de excelencia operacional, que atienda a los desafíos de escasez de agua, presencia de gangas complejas, y operación de nuevas tecnologías.

Este innovador programa está estructurado para enfrentar los principales desafíos en etapas de espesamiento de relaves, transporte, estrategias de almacenamiento, avances en la geotecnia de depósitos, con una profundización en temáticas sociales, ambientales y legales.

Se exploran casos de estudios en donde se profundizan tecnologías de vanguardias, con profesores altamente capacitados en la materia, que guiarán al estudiante mediante un sistema de aprendizaje teórico-práctico, con el objetivo de formar capacidades de excelencia en los participantes.



VALOR PROGRAMA
\$3.900.000

Formas de Pago

- Tarjeta de Crédito
- Tarjeta de Débito
- Transferencia Bancaria*

* 5% de descuento adicional por pago al contado.

METODOLOGÍA



Dedicación

160 horas lectivas
+ 60 horas
dedicación
personal



Clases Lectivas

48 clases
fundamentales
+ 12 clases de
formación integral



Clases Vespertinas en Vivo

Una vez a
la semana



Clases Magistrales

Por profesionales
expertos en la
industria Minera



Material Descargable

Desde cualquier
Dispositivo



Modalidad Plataforma eLearning

Con acceso a
clases grabadas



Evaluación en línea

Compatible con
Horarios Laborales



Periodo de Clases

12 Meses

PROGRAMA

Parte 1: Fundamentos y Tecnologías de Espesamiento de Relaves

Módulo 1

Teoría de sedimentación y floculación

- Introducción a la floculación de partículas
- Teoría de sedimentación
 - o Sedimentación de partículas
 - o Sedimentación de suspensiones con enfoque en relaves
- Mecanismos de agregación de partículas
 - o Coagulación
 - o Parche electrostático
 - o Floculantes y puente polimérico
- Tipos de floculantes para la minería
- Mercado de floculantes y coagulantes para la minería

Módulo 2

Tecnologías Modernas de Espesamiento

- Introducción
- Componentes del espesador
- Tecnologías de espesamiento
 - o Espesador convencional
 - o Espesador high-rate
 - o Espesador de alta densidad
 - o Espesador en pasta
- Espesamiento en pasta en contexto de escasez hídrica
- Avances tecnológicos
 - o Nueva generación de espesadores
 - o Tecnologías de feedwells
 - o Análisis de rastras
- Grandes desafíos del espesamiento
 - o Espesamiento de relaves arcillosos y mineral fino
 - o Espesamiento en agua de mar
- Embancamiento de espesadores: análisis crítico y prevención
- Puesta en marcha de espesadores y capacidad de diseño

Módulo 3

Diseño y Control de Espesadores

- Parámetros relevantes en espesamiento y su determinación
- Diseño de espesadores y comparación de métodos
- Control operacional de underflow
- Efecto del floculante en la capacidad del espesador
- Efecto de la tasa de corte en floculación y capacidad del espesador
- Optimización de la floculación en la alimentación de espesadores
- Análisis de agua recuperada en etapas de espesamiento
- Levantamiento de inventario de espesadores
- Desafíos en diseño de una planta de recuperación de agua ante incrementos del volumen de relaves

Módulo 4

Instrumentación y Herramientas de Evaluación de Rendimiento de Espesadores

- Instrumentación para la determinación automática de parámetros de espesamiento
- Medición de la concentración de suspensiones
- Densidad de flujo de sólidos y altura de cama
- Estrategias de muestreo
- Instrumentación para seguimiento de parámetros de espesamiento
- Instrumentación para laboratorios de espesamiento y manejo de relaves

Parte 2: Transporte de Relaves y Sistemas de Bombeo

Módulo 5

Fundamentos de Reología Clásica: Una Mirada Hacia Suspensiones Minerales

- Conceptos generales y fundamentales de reología.
- Modelos de fluido
 - o Bingham,
 - o Herschel-Bulkley,
 - o Casson.
- Una revisión crítica sobre reometría de paletas: alcances y limitaciones.
- Reómetros y viscosímetros comerciales: aspectos técnicos y tecnológicos.
- Caracterización e interpretación de mediciones reológicas
 - o Flujos secundarios durante la medición: vórtices de Taylor y flujo turbulento.
 - o Tratamiento para partículas gruesas de rápida sedimentación.
 - o Fenómenos de wall-slip. Métodos, análisis, y correcciones de reogramas.
 - o Análisis tixotrópico de pulpas minerales utilizando un reómetro rotacional.
- Una breve historia del yield stress ¿Es un mito la existencia de este parámetro?

Módulo 6

Sistemas de Bombeo

- Fundamentos de bombeo de pulpas
- Disposición
- Efecto de sólidos
- Punto de operación
- Altura de impulsión y correcciones
- Dimensionamiento
- Bombas en serie
- Bombas en paralelo
- Altura Neta Positiva de Aspiración (NPSH)
- Flujos imperantes o transientes
 - o Golpe de Ariete
 - o Subpresiones
 - o Sobrepresiones
- Tipos de tuberías
- Transporte hidráulico en canales y acueductos

Módulo 7

Estrategias de Transporte en Suspensiones Concentradas

- Fundamentos de hidráulica y reología para transporte de pulpas
- Casos típicos de escurrimiento y transporte en plantas mineras
- Clasificación de flujos bifásicos y análisis de casos prácticos
- Velocidad límite de flujos en cañerías
- Variables que condicionan el transporte de pulpas y definen la velocidad límite
 - o Granulometría y gravedad específica
 - o Cp
 - o Características de las tuberías
- Influencia de la granulometría y mineralogía. Análisis de sedimentación en cañerías
- Pérdidas de carga
 - o Pérdidas friccionales
 - o Pérdidas de carga singulares
- Estrategias de modelación en transporte de pulpas
 - o Modelos para predecir la velocidad límite
 - o Modelos para predecir la pérdida de carga

Parte 3: Geotecnia Aplicada y Depósitos de Relaves

Módulo 8

Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

- Introducción
 - ¿Qué es un depósito de relaves?
 - Introducción a la Ingeniería Geotécnica de relaves mineros
 - Análisis y clasificación de suelos con enfoque en depósitos de relaves
 - Principios generales de compactación
 - Conductividad hidráulica
 - Principios de filtración y consolidación
 - Conceptos básicos: permeabilidad, drenes, licuación, suelos finos
 - Resistencia de las arenas: contractiva, densidad, no-drenada residual, presencia de finos
 - Estabilidad de taludes
 - Clasificación de depósitos de relaves
 - Introducción a los mecanismos de fallas
 - Aspectos legales para la gestión de depósitos de relaves
-

Módulo 9

Diseño y Construcción de Tranques de Relaves

- Análisis introductorio
 - Selección del sitio para el depósito del relave
 - Reología y estrategias de disposición
 - Métodos constructivos: Método de aguas arriba, aguas abajo y eje central
 - Sistemas de impermeabilización y drenaje
 - Análisis de conductividad hidráulica, permeabilidad y filtraciones
 - Estándares internacionales y seguridad
 - Modelamiento de presas de tranques de relaves, modelos constitutivos
 - Aplicaciones de softwares geotécnicos a presas de tranques de relaves
-

Módulo 10

Estabilidad de Depósitos de Relaves

- Mecánica de suelos y rocas para la gestión de depósitos de relaves
 - Análisis de estabilidad de taludes, laderas y depósitos de relaves
 - Modelación numérica y física de depósitos de relaves
 - Estudio de fallas y riesgos geotécnicos en depósitos de relaves
 - o Licuación sísmica
 - o Inestabilidad de taludes
 - o Rebalse
 - o Erosión interna
 - o Capacidad de soporte
 - Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes
 - Depósitos que generan drenaje ácido e impacto de agua de mar
 - Factores que controlan la infiltración
 - Planificación de emergencias y medidas de mitigación
 - Lecciones aprendidas y análisis de casos prácticos
-

Parte 4: Aspectos Técnicos y Legales para la Gestión de Relaves

Módulo 11

Gestión de Cierre y Post Cierre de Depósitos de Relaves

- Legislación y normativa para el cierre de faenas e instalaciones mineras
 - Planificación y ejecución del cierre de depósitos de relaves
 - Rehabilitación y recuperación de áreas impactadas por relaves
 - Monitoreo geotécnico durante el cierre y post cierre
 - Casos de estudio y mejores prácticas en gestión de cierre
 - Análisis medioambiental de depósitos de relaves
 - Estrategias de economía circular
-

Módulo 12

Códigos, Reglamentos, Regulación y Legislación

- Instituciones relacionadas
- Código de minería
- Reglamentación
 - o Aprobación de proyectos: Decreto Supremo N° 248
 - o Seguridad minera: Decreto Supremo N° 132
- Regulación de cierre de faenas
- Código de aguas
- Reglamento de obras hidráulicas: Decreto 50
- Ley 19300
- Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
- Contexto normativo internacional

Proyecto de Certificación

Proyecto grupal con estudio de caso real

Proyecto enfocado en abordar problemáticas reales de industrias mineras, que será desarrollado con el apoyo tutores guías expertos en la materia, pertenecientes a las principales industrias mineras del país.

La actividad está elaborada para cumplir 2 objetivos:

o Aplicar conocimientos adquiridos en el programa con análisis de caso real

o Fomentar el trabajo colaborativo que mejore las redes de contacto de los participantes, que tendrán una especialidad en común.

Cuerpo Académico

MSc Mauricio Villanueva

Ingeniero Senior de Tranque de Relaves - Minera Mantos Verdes, Chile

- Ingeniero Civil Metalúrgico, Universidad Católica del Norte, Chile.
- Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad Católica del Norte, Chile.

Dr Ricardo Jeldres

Académico - Universidad de Antofagasta, Chile

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

MSc José Luis de la Cruz

Ingeniero Senior de Tranque de Relaves - Teck Resources Limited, Chile

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

Dr Gerardo Zamora

Académico - Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

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

MSc Claudia Castillo

Ingeniera Senior en Espesamiento - CSIRO Chile, Chile

- Ingeniera Ambiental, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- Ingeniera Civil Química, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- Magíster en Ciencias de la Ingeniería c/m en Metalurgia Extractiva, Universidad de Chile, Chile.

Dr Williams Leiva

Académico - Universidad San Sebastián, Chile

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

Ing. Danilo Muñoz

Especialista Senior Flotación y Planta Moly QB2, Teck Resources Limited, Chile.

- Ingeniero Civil Metalúrgico, Universidad de Santiago, Chile.

Dr Steven Nieto

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

Ing. Jaime Acuña

- Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Chile
- Diplomado en Ingeniería de Relaves, Universidad de Chile, Chile
- Diplomado en Mecánica de Suelos Aplicada, Universidad de Chile, Chile

MSc Grecia Villca

Ingeniera de Proyectos de Relaves, Universidad de Antofagasta, Chile

- Ingeniera Química, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia.
- Magíster en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.

Abogada Susy Claps

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