

CURSOS TÉCNICOS ONLINE PREVIOS A TAILINGS

Zona Horaria Santiago, Chile. GMT -4 | Acceso Gratuito para los Participantes

Jueves, 28 de agosto

ENG

10:00 –

Desafíos clave en relaves filtrados: proceso, estabilidad y riesgo ambiental

12:00

Joe Scalia, Profesor Asociado, Colorado State University; EE.UU.;
Linda Figueroa, Profesora, Colorado School of Mines, EE.UU.; y
Todd Wisdom, Consultor Principal, SRK Consultants, EE.UU.



Viernes, 29 de agosto

SPA

14:00 –

Manejo y balance de aguas en depósitos de relaves

16:00

Álvaro Ossandón y Gonzalo Suazo, Académicos, Departamento
de Obras Civiles, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile



Lunes, 1 de septiembre

SPA

16:00 –

Química de las aguas de relaves: ¿Qué la determina? ¿Qué nos dice?

19:30

David Rubinos, Nicolás Orellana y Jacques Wiertz SMI-ICE, Chile; y
Mansour Edraki, SMI, The University of Queensland, Australia



SMIICEChile

CURSO 1: Desafíos clave en relaves filtrados: proceso, estabilidad y riesgo ambiental

Joe Scalia, Profesor Asociado, Colorado State University; EE.UU.; **Linda Figueroa**, Profesora, Colorado School of Mines, EE.UU.; y **Todd Wisdom**, Consultor Principal, SRK Consultants, EE.UU.

CUÁNDO

Jueves 28 de agosto

IDIOMA

Inglés

DURACIÓN

10:00 – 12:00 (2 horas)

DESCRIPCIÓN

A medida que continúa avanzando el uso de relaves apilados filtrados en la minería, también lo hace nuestro conocimiento sobre los posibles desafíos para la viabilidad, estabilidad física y estabilidad química de estos depósitos. Este curso corto virtual, dirigido por el Tailings Center, introducirá brevemente a los participantes en el concepto de relaves apilados filtrados, y luego profundizará en desafíos clave basados en aprendizajes recientes. Se abordarán desafíos como la viabilidad del proceso de filtrado a diferentes escalas, asegurar condiciones dilatantes dentro del depósito durante y después de la construcción, y gestionar los desafíos ambientales asociados con relaves no saturados.

OBJETIVOS GENERALES

1. Comprender los factores que afectan la eficiencia del filtrado a distintas escalas.
2. Evaluar los desafíos geotécnicos relacionados con alcanzar y mantener condiciones dilatantes en depósitos de relaves filtrados.
3. Reconocer los riesgos geoquímicos asociados con relaves no saturados y estrategias para gestionar la estabilidad ambiental a largo plazo.

CONTENIDO Y PROGRAMA

10:00 - 10:10	Presentación, Introducción y Objetivos de Aprendizaje	Joe Scalia
10:10 - 10:20	Visión general del concepto de relaves filtrados	Joe Scalia
10:20 - 10:45	Desafío de Proceso: Viabilidad	Todd Wisdom
10:45 - 11:10	Desafío Geotécnico: Mantenerse por debajo de la Línea de Estado Crítico	Joe Scalia
11:10 - 11:35	Desafío Geoquímico: Relaves No Saturados	Linda Figueroa
11:35 - 11:50	Preguntas y Discusión	Todos
11:50 - 12:00	Conclusiones y Cierre del Curso	Joe Scalia

CAPSULA BIOGRAFICA DEL INSTRUCTORES

Joe Scalia, Ph.D. – Profesor Asociado, Universidad Estatal de Colorado, EE.UU.

Joe Scalia es Profesor Asociado en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Estatal de Colorado, especializado en investigación y docencia sobre relaves y residuos mineros. Es Director del sitio CSU del Tailings Center. En 2024, fue copresidente de la conferencia Tailings & Mine Waste (TMW) en Denver, CO, y volverá a ser copresidente de TMW en 2026. Ha publicado más de 70 artículos revisados por pares y es editor asociado de las revistas Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering y Geotextiles & Geomembranes, además de miembro del comité editorial del Canadian Geotechnical Journal y Geosynthetics International. Antes de unirse a CSU, Joe fue Asociado Senior en la práctica de Ciencias Ambientales y de la Tierra de Exponent.

Linda Figueroa, Ph.D., P.E. – Profesora, Escuela de Minas de Colorado, EE.UU.

Linda Figueroa es Profesora de Ingeniería Civil, Ambiental y Minera en la Escuela de Minas de Colorado. Antes de incorporarse a Mines, trabajó en el grupo de infraestructura civil de DMJM y en el grupo de ingeniería ambiental de Parsons Engineering Science. Es Ingeniera Civil registrada con más de 40 años de experiencia en ingeniería civil, ambiental y minera, tecnologías de agua potable y aguas residuales, microbiología aplicada y la química y gestión de metales y radionúclidos en el ambiente. Ha enseñado más de veinte cursos a lo largo de su carrera, desde biología hasta gestión nuclear y fundamentos de la ingeniería civil y ambiental. Ha dirigido más de 40 tesis/disertaciones de estudiantes de posgrado y ha publicado más de 100 publicaciones técnicas.

Todd Wisdom – Consultor Principal (Relaves No Convencionales), SRK Consulting, EE.UU.

Todd cuenta con más de 30 años de experiencia en las industrias minera y energética. Tiene experiencia en la selección, diseño, puesta en marcha y operación de sistemas y equipos de procesamiento de minerales y relaves. Durante los últimos 10 años, se ha enfocado en el procesamiento, desaguado, transporte y deposición de relaves minerales. Ha liderado el desarrollo, evaluación y aplicación de múltiples tecnologías innovadoras de relaves, incluyendo procesos como EcoTails® y GeoStable™ combinados con roca estéril, procesamiento/flotación de partículas gruesas y equipos como filtros prensa de gran formato. Es un profesional colaborativo que puede gestionar cuentas, impulsar iniciativas de I+D, administrar presupuestos, liderar equipos multidisciplinarios e implementar estrategias comerciales globales.

CURSO 2: Manejo y balance de aguas en depósitos de relaves

Álvaro Ossandón y Gonzalo Suazo, Académicos, Departamento de Obras Civiles, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

CUÁNDO

29 de Agosto; 14 hrs

IDIOMA

Español

DURACIÓN

14:00 – 16:00 (2 horas)

DESCRIPCIÓN

La minería contemporánea enfrenta desafíos técnicos, operacionales y de sostenibilidad de la inversión, particularmente en un escenario global caracterizado por una creciente escasez de recursos hídricos. La explotación de yacimientos de menor ley ha obligado a intensificar los procesos productivos, lo que a su vez ha generado un aumento significativo en la producción de residuos masivos, como los relaves. En este contexto, el uso eficiente del agua, especialmente agua fresca o continentales, y su recuperación dentro del proceso productivo se han convertido en prioridades estratégicas para la industria.

Dentro de esta realidad, los depósitos de relaves desempeñan un papel crucial en la gestión hídrica, ya que inciden directamente en el balance global de agua de la operación (y del make-up de agua). Sin embargo, la estimación del balance hídrico en estos depósitos representa un desafío complejo, debido a la interacción de múltiples fenómenos físicos (como la evaporación, retención e infiltración) y factores ambientales que condicionan su comportamiento. Además, la predicción de escenarios futuros está sujeta a la incertidumbre inherente de variables clave como las precipitaciones, particularmente bajo condiciones de cambio climático.

Este curso entrega una visión técnica y práctica general sobre la gestión del balance de agua en depósitos de relaves. Combinando fundamentos teóricos con herramientas de monitoreo, simulación y predicción, se abordan metodologías que permiten optimizar la estimación y eficiencia hídrica de las instalaciones. Asimismo, se analizarán estrategias orientadas a reducir pérdidas de agua y maximizar su recuperación desde relaves ya depositados.

OBJETIVOS GENERALES

- 1.- Entregar herramientas conceptuales para comprender y analizar el balance hídrico en depósitos de relaves, considerando los principales procesos físicos que afectan los ingresos, pérdidas y la recuperación de agua en un contexto operacional y ambiental.
- 2.- Explorar estrategias de monitoreo, simulación y operación orientadas a optimizar la eficiencia hídrica y maximizando la recirculación desde el depósito de relaves.

CONTENIDO Y PROGRAMA

14:00 - 14:40	Módulo 1: Introducción al balance de aguas	Gonzalo Suazo
14:40 - 14:50	Preguntas y Discusión Módulo 1	
14:50 - 15:00	Break 1	
15:00 - 15:40	Módulo 2: Estimación de la precipitación y PMP	Álvaro Ossandón
15:40 - 15:50	Preguntas y Discusión Módulo 2	
15:50 - 16:00	Break 2	
16:00 - 16:40	Módulo 3: Perdidas de aguas y fenómenos físicos	Gonzalo Suazo
16:40 - 17:30	Módulo 4: Técnicas de monitoreo y recuperación de agua en depósitos de relaves	Victor Araya
17:30 - 17:50	Preguntas y Discusión Módulo 3 y Módulo 4	
17:50 - 18:00	Conclusiones y Cierre del Curso	Gonzalo Suazo

CAPSULA BIOGRAFICA DEL INSTRUCTOR(ES)

Dr. Gonzalo Suazo

Doctor en Ingeniería Geotécnica, Investigador de la UTFSM, Líder de la Línea de Servicios de GHD para Américas (Chile, Canadá y Estados Unidos) y Gerente del Grupo de Negocios de Ciencias de la Tierra de GHD Chile. Ingeniero especialista en relaves con más de 17 años de experiencia en la gestión de residuos mineros, participando en proyectos relevantes en Chile, Brasil y Australia. Ha estado involucrado en todas las etapas del desarrollo de depósitos de relaves, desde estudios conceptuales y de factibilidad hasta la ingeniería de detalle. Ha colaborado con el Ministerio de Minería para la elaboración de normas nacionales para el diseño, gestión y cierre de depósitos de relaves. Su trayectoria en investigación es amplia, abarcando temas de comportamiento geotécnico y sistemas de monitoreo avanzado, y es autor de decenas de publicaciones técnicas en el ámbito de los residuos mineros. También ha sido parte del comité organizador de conferencias internacionales.

Dr. Álvaro Ossandón

Doctor en Ingeniería Civil y profesor asistente de la UTFSM. Su experiencia se centra en el estudio de procesos hidrológicos, el pronóstico de caudales y eventos hidrometeorológicos extremos como crecidas e inundaciones, combinando modelos hidrológicos físicamente basados con métodos estadísticos y probabilísticos, con énfasis en la cuantificación de la incertidumbre. Ha participado en proyectos de pronóstico operacional de caudales y eventos extremos tanto en India como en Estados Unidos. Imparte asignaturas de hidrología, hidráulica teórica y métodos estadísticos avanzados aplicados a la ingeniería hidráulica.

MSc. Victor Araya

Victor es Ingeniero Civil y MSc de la UTFSM con enfoque en geotecnia con 8 años de experiencia. Ha estado involucrado en diferentes aspectos en proyectos de exploración y diseño geotécnico, tanto para obras civiles como para proyectos de energía y minería en Chile. Su experiencia incluye preparación y gestión de campañas, interpretación y monitoreo geotécnico, análisis de estabilidad, monitoreo de depósitos de relaves, entre otros. Su experiencia en investigación incluye el desarrollo de instrumentación y la aplicación de nuevas tecnologías al monitoreo de depósitos de residuos mineros (imágenes satelitales, sensores geofísicos, entre otros). Actualmente, se desempeña como Ingeniero Geotécnico dentro de la disciplina de Relaves de GHD Chile y como investigador del Grupo de Geotecnia de la UTFSM.

CURSO 3: Química de las aguas de relaves: ¿Qué la determina? ¿Qué nos dice?

David Rubinos, Nicolás Orellana y Jacques Wiertz, SMI-ICE, Chile; y Mansour Edraki, SMI, The University of Queensland, Australia

CUÁNDO

Lunes 1 de septiembre

IDIOMA

Inglés y Español

DURACIÓN

16:00 – 19:30 (3.5 horas)

DESCRIPCIÓN

Si bien la estabilidad física de los depósitos de relaves sigue en el centro de la preocupación de la mayoría de los operadores mineros, el tema de la estabilidad química ha ido ganando un creciente interés por los riesgos ambientales que puede significar y por los altos costos que representa el control de los drenajes e infiltraciones durante las etapas de operación y cierre de los depósitos.

Por compromiso ambiental, porque así lo establecen los estándares, estos últimos años se han incrementado los esfuerzos puestos en estudiar el agua en los depósitos de relaves y su entorno. En este sentido, se muestrean y analizan las aguas de la laguna de aguas claras, de los drenes, de las zanjas, de los pozos aledaños, pero todavía se aprovecha poco esa valiosa información hidroquímica generada. Si bien esta información se reporta para dar cuenta del cumplimiento de los compromisos ambientales, no hay mucha claridad en cuanto a la interpretación de los resultados de estos análisis, existiendo oportunidades para incorporarlos como herramientas de apoyo a la gestión de los depósitos.

En este taller, abordaremos los procesos hidrogeoquímicos que determinan la calidad del agua en depósitos de relaves mineros, integrando la influencia de factores como la calidad del agua fresca (*make-up*), la adición de reactivos (para ajuste del pH, reactivos de flotación, etc.), las interacciones agua-relave, la oxigenación, la presencia de microorganismos y la tasa de recirculación, entre otros. Analizaremos las implicancias operacionales y ambientales de la evolución de la calidad del agua en estos depósitos, considerando procesos como la formación de precipitados en el sistema de drenaje, el intercambio iónico, la retención de agua de poro, la oxidación de los sulfuros y las reacciones de neutralización, que permiten explicar las diferencias en la hidroquímica entre la laguna de aguas claras y los drenajes. Además, se analizará la sensibilidad del sistema ante cambios en el régimen hídrico y en la mineralogía de los minerales procesados.

El marco normativo establecido en Chile por la Resolución Exenta N.º 31 de la SMA, que obliga al monitoreo continuo y muestreo periódico de múltiples parámetros fisicoquímicos, ha permitido generar una gran cantidad de datos. Sin embargo, esta normativa no especifica indicación alguna en cuanto a los valores límites entre los cuales deberían encontrarse los parámetros monitoreados. En este taller, se discutirá cómo aprovechar e interpretar la información generada en el monitoreo hidroquímico de los depósitos, a través de

herramientas simples que permiten entender los procesos en desarrollo y predecir la evolución futura bajo distintos escenarios de corto y largo plazo.

El taller entregará bases teóricas y metodológicas para la evaluación y control de la calidad química del agua en depósitos de relaves, orientadas a fortalecer la gestión preventiva y la estabilidad química de los depósitos.

OBJETIVOS GENERALES

1. Identificar y analizar los principales procesos hidroggeoquímicos que controlan la calidad del agua en depósitos de relaves, incluyendo fuentes de entrada, reacciones agua-mineral y condiciones operacionales, incorporando la variabilidad temporal del sistema.
2. Interpretar la información generada por el monitoreo y el muestreo periódico de las aguas de relaves (en particular en el marco de la Resolución Exenta N.º 31 de la SMA), identificando limitaciones, tendencias y aplicaciones para la gestión y modelación del agua en los depósitos de relaves.
3. Evaluar el impacto de cambios operacionales y procesos hidroggeoquímicos en la estabilidad fisicoquímica y ambiental de los depósitos de relaves, con foco en procesos como la precipitación en los sistemas de drenaje, las características químicas y mineralógicas de los relaves, y la variabilidad en la calidad del agua de proceso.

CONTENIDO Y PROGRAMA

16:00 - 16:05	Palabras de bienvenida - Introducción	David Rubinos
16:05 - 16:45	Módulo 1 - Hidroggeoquímica de los relaves - Conceptos básicos	Jacques Wiertz Mansour Edraki
16:45 - 16:55	Preguntas y Discusión Módulo 1	
16:55 - 17:35	Módulo 2 - Monitoreo hidroquímico: ¿Dónde muestrear y medir? ¿Qué medir? ¿Cómo interpretar los resultados?	Nicolás Orellana Jacques Wiertz
17:35 - 17:45	Preguntas y Discusión Módulo 2	
17:45 - 18:00	Break	
18:00 - 18:40	Módulo 3 - Gestión de la estabilidad química	Jacques Wiertz
18:40 - 18:50	Preguntas y Discusión Módulo 3	

18:50 - 19:00**Conclusiones y Cierre del Curso****David Rubinos**

CAPSULA BIOGRAFICA DEL INSTRUCTOR(ES)

David Rubinos – Líder Científico SMI-ICE Chile

David es Licenciado y Doctor en Farmacia por la Universidad de Santiago de Compostela (España), con especialización en Ecología y postgrado en Calidad de Suelos y Aguas por el Instituto de Investigación y Análisis Alimentarios de la Universidad de Santiago de Compostela (España). David forma parte del equipo de SMI-ICE-Chile desde 2018, donde actualmente ocupa el cargo de Líder Científico del Centro. David tiene más de 25 años de experiencia en investigación científica, durante los cuales ha participado en diversos proyectos nacionales e internacionales, y es autor de numerosos artículos científicos en revistas indexadas. Sus principales líneas de investigación incluyen la (bio)geoquímica, la (eco)toxicología y los riesgos para la salud humana de arsénico y otros elementos tóxicos en sistemas medioambientales, la estabilidad química y reutilización de residuos mineros (especialmente relaves de Cu y lodo rojo de bauxita), la remoción de metales y metaloides tóxicos en aguas y efluentes, la (bio)remediación de aguas y suelos contaminados, y los impactos de material particulado en el medioambiente y las comunidades.

Jacques Wiertz – Líder del equipo de Rehabilitación Ambiental y Dinámicas Ecosistémica – SMI-ICE Chile

Jacques es Ingeniero Civil Geólogo de la Université de Liège, Bélgica, con PhD – Doctorat en Sciences Appliquées de la misma Universidad. Cuenta con más de veinticinco años de experiencia en la industria minera como Ingeniero Investigador, académico y consultor, comprometido con la sustentabilidad. Sus principales áreas de especialización son Biohidrometalurgia / Biolixiviación, Estudios de evaluación de impacto ambiental para proyectos mineros, Planificación de cierre de minas, Gestión de aguas, Caracterización geoquímica de desechos mineros y Estabilidad química de depósitos de relaves. Sus áreas de interés son la gestión sostenible de residuos mineros, la gestión del agua, la economía circular en la industria minera y los indicadores de sostenibilidad de la industria minera.

Mansour Edraki - Group Leader - Environmental Geochemistry CWiMI – SMI The University of Queensland, Australia

Mansour se incorporó a la Universidad de Queensland (UQ) en el año 2000, tras completar su doctorado en la Universidad de Nueva Inglaterra. Previamente, y antes de emigrar a Australia a mediados de la década de 1990, fue profesor de ciencias de la tierra. Desde su incorporación a la UQ, Mansour se ha centrado en el desarrollo de técnicas innovadoras para comprender y predecir los procesos geoquímicos que sustentan la gestión sostenible de los residuos y del agua de minas, en particular de los drenajes ácidos y metalíferos.

Nicolás Orellana – Investigador Junior del equipo de Rehabilitación Ambiental y Dinámicas Ecosistémica – SMI-ICE Chile

Nicolás es geólogo de la Universidad de Chile, diplomado en Gestión de Pasivos Ambientales Mineros de la Industria Minero-Metalúrgica de la Universidad Andrés Bello, y diplomado en Geoquímica Ambiental Aplicada a la Minería de la Universidad Mayor. Posee experiencia previa en exploración geológica, minería metálica, consultoría en recursos hídricos y proyectos de salmueras de litio. Actualmente se desempeña en proyectos relacionados con hidrogeoquímica, residuos mineros masivos y geología ambiental aplicada a la minería.