



Seguridad minera

Prepararse ante riesgos y convivir con la incertidumbre

Expertos coinciden en que, pese a los avances tecnológicos y normativos, la industria debe reforzar cultura, formación y vigilancia para acercarse a la meta de fatalidad cero.

La minería chilena opera en entornos complejos donde los riesgos son parte del día a día. Cada incidente recuerda que la seguridad no es un estado alcanzado, sino un desafío permanente que exige preparación, anticipación y mejora continua. A pesar de los avances en tecnología, normativa y capacitación, los accidentes recientes demuestran que la industria debe mantener una vigilancia constante y fomentar una cultura de prevención sólida, en la que el conocimiento científico, la innovación y la colaboración entre empresas, academia y Estado sean pilares fundamentales.

La seguridad en la minería chilena no solo depende de tecnología o normativas, sino también de la capacidad de anticipación, la formación de profesionales y la cultura preventiva que se despliega en cada faena. Desde la investigación científica hasta la implementación de sistemas autónomos y la fiscalización rigurosa, cada medida busca reducir la exposición de los trabajadores y fortalecer la resiliencia del sector frente a incidentes inevitables. La colaboración entre empresas, academia y Estado se vuelve, por tanto, un eje clave para que la industria pueda convivir con el riesgo sin comprometer la vida y la integridad de quienes ope-

ran en un entorno complejo y cambiante.

Investigación y ciencia para anticipar riesgos

Para la Dra. Kimie Suzuki, investigadora del AMTC y académica del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile, comprender el comportamiento de las rocas es esencial para reducir los accidentes: "Si se revisan las cifras de accidentes y fatalidades del Sernageomin, en los últimos diez años cerca del 30% de las muertes se ha debido a caída de rocas, principalmente en la minería subterránea, y en la pequeña minería esta cifra incluso alcanza el 50%. Por lo tanto, aún tenemos mucho por hacer para reducir estos números".

Suzuki destaca que la minería chilena enfrenta desafíos distintos según el método de explotación y la profundidad de los yacimientos, dice que "las condiciones del macizo rocoso son mucho más desfavorables que las conocidas anteriormente, por lo que es necesario generar conocimiento que avance junto con la tecnología utilizada para capturar datos".

En minas a rajo abierto, explica la investigadora, la ampliación de los rajos genera nuevos retos geotécnicos: "La investigación puede contribuir significativamente a reconocer ciertas características geológicas que per-

mitan anticipar condiciones que generen inestabilidad, así como a comprender los mecanismos de falla que pueden presentarse en entornos geológicos complejos, considerando que cada mina posee un contexto distinto", precisa.

La automatización también es un eje central para reducir la exposición, puntualiza que "un ámbito de trabajo relevante dentro del AMTC busca retirar al personal de zonas de riesgo y así minimizar los peligros asociados a fatalidades".

A la vez, Suzuki subraya el valor de modelamiento numérico y captura de datos geológico: "el conocimiento científico ha avanzado significativamente en la caracterización del macizo rocoso, lo que nos permite anticipar comportamientos y posibles escenarios futuros, pero aún nos falta mucho por hacer. Existen grandes oportunidades en el modelamiento numérico, el cual debe ir estrechamente vinculado a una adecuada caracterización geológica".

Añade que "resulta clave actualizar las herramientas de diseño y el conocimiento asociado, en la medida que la tecnología ofrece nuevos medios para recopilar y analizar información".

"Hay líneas de investigación orientadas a mejorar la interpretación de toda esta información", agrega Suzuki, resaltando la importancia de

Andes Norte división
El Teniente.

Foto: Cerillera Sernageomin



Foto: Canaliza Sernageomin

Trabajador con elementos de protección personal en terreno.

aplicar el conocimiento científico de forma constante para prevenir accidentes.

Desde la academia

El profesor Enrique Jélvez, del Departamento de Ingeniería de Minería UC, enfatiza la necesidad de incorporar la seguridad como parte integral de la formación profesional, "sabemos que la gran industria minera presenta los estándares más altos en seguridad en faena, pero no basta con la existencia de dichos estándares de seguridad, ya que, si bien en la operación minera los ingenieros aprenderán protocolos específicos, la universidad puede ofrecer el espacio para entender las

bases técnicas y científicas de esos protocolos".

Jélvez resalta que los futuros ingenieros deben internalizar la responsabilidad profesional desde el inicio de su carrera, manifestando que "deben estar preparados para gestionar riesgos, tomar decisiones críticas y velar por la seguridad tanto de sí mismos como de los equipos de trabajo bajo su supervisión desde el primer día".

Sobre el accidente en El Teniente, el académico expone que la minería subterránea exige mayor desarrollo en digitalización y automatización, "falta mucho desarrollo aún para lograrlo. Desde la academia la reflexión es

que debemos avanzar en incorporar como parte de la formación central, cursos dedicados y obligatorios de seguridad en minería".

En cuanto a tecnologías emergentes, el académico explica que los sistemas de monitoreo en tiempo real y la inteligencia artificial son herramientas claves: "existen cámaras que registran el parpadeo y luego, usando algoritmos de IA, pueden detectar patrones de cansancio. Esto se comunica inmediatamente para generar alertas tempranas o incluso desactivar el equipo de forma automática si el operador no responde". De la misma manera, afirma que "la forma más eficaz de lograr la protección de trabajadores en la minería es no exponerlos a estar al frente del proceso productivo".

"La seguridad debe internalizarse como un valor y no solo como una obligación reglamentaria", recuerda Jélvez, destacando que la cultura preventiva es un componente que debe incorporarse desde la formación académica hasta la operación minera.

Si se revisan las cifras de accidentes, cerca del 30% de las muertes **se ha debido a caída de rocas, principalmente en la minería subterránea**", Dra. Kimie Suzuki, AMTC

Política pública y colaboración sectorial

Por su parte, la ministra de Minería, Aurora Williams, subraya la importancia de perfeccionar la seguridad pese a los buenos indica-

dores del sector, afirma que "incluso con indicadores que la confirman como uno de los rubros más seguros, con una tasa de fatalidad del 0,02%, la minería debe continuar perfeccionando sus condiciones de trabajo para lograr la fatalidad cero". A la vez, la jefa de la cartera resalta que cada accidente es un llamado a mejorar prácticas: "Cada accidente en faena abre una etapa de investigación con el propósito de mejorar prácticas y evitar reincidencias".

En esa línea, sostiene que el trabajo conjunto entre sector público y privado es crucial para reforzar la prevención: "Estamos convencidos que fortalecer el desarrollo del sector minero, indistintamente de su envergadura, requiere del trabajo coordinado y colaborativo entre el sector público y el privado". Ahora bien, en materia de innovación y capacitación, la ministra deja que ver "la automatización, la operación a distancia, el monitoreo remoto o el uso de la inteligencia artificial están instalándose en la gran industria como alternativas estratégicas que ayudan a fortalecer la seguridad y a reducir riesgos". Expone que "hoy, el desafío de integrar la innovación a las operaciones mineras debe ir más allá de optimizar la gestión de procesos para avanzar en la protección de quienes trabajan en terreno". Al mismo tiempo, desta-

ca iniciativas regionales de formación. Identifica que "la creación del Centro de Capacitación en La Serena representa una oportunidad para fortalecer las competencias en prevención de riesgos, contribuyendo a una industria minera más segura y responsable".

"El primer foco es el resguardo de la vida de las personas, y de manera paulatina, la industria ha ido logrando instalar en trabajadores y trabajadoras la capacidad de observar, evaluar y decidir llevar a cabo la ejecución de cualquier actividad sólo si las condiciones de seguridad están garantizadas para su cumplimiento", agrega Williams, destacando la evolución de la cultura preventiva en todo el sector.

Fiscalización y regulación para anticipar riesgos

El director nacional de Sernageomin, Andrés León, expresa que la seguridad depende tanto de la tecnología como de los factores culturales. Sostiene que "fortalecer la seguridad minera en Chile desde la perspectiva regulatoria requiere enfocarse en dos ejes principales: tecnolo-

La seguridad debe internalizarse como **un valor y no solo como una obligación reglamentaria**", Prof. Enrique Jélvez, UC

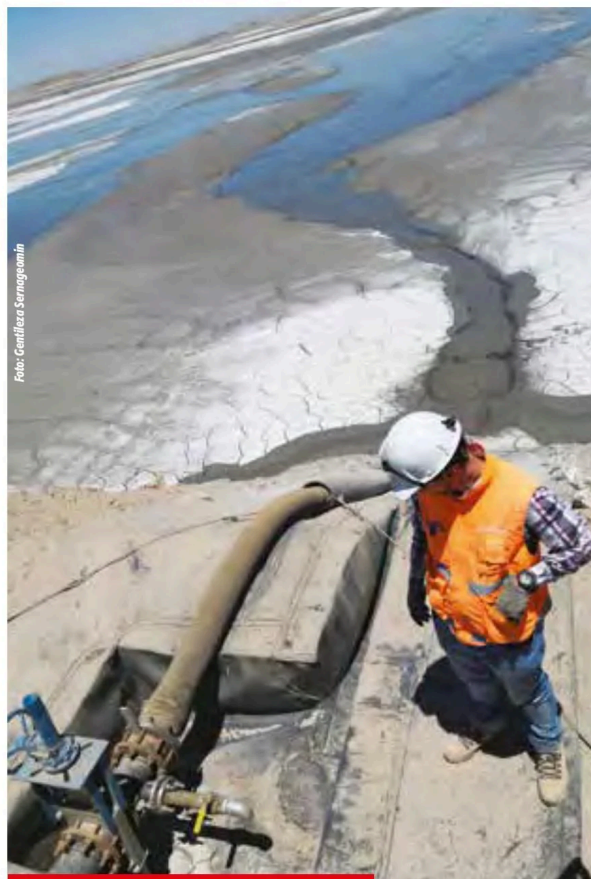


Foto: Gentileza Sernageomin

gías emergentes y factores conductuales y culturales". En este contexto, "se recomienda desarrollar normativas sobre competencias mínimas para distintos roles, implementar programas obligatorios de liderazgo en seguridad para supervisores y jefaturas, y crear sistemas de evaluación de la cultura organizacional". El ejecutivo detalla cómo Sernageomin fortalece su labor tras accidentes

Trabajador con elementos de protección personal en terreno.

como El Teniente: "Entre las medidas prioritarias se encuentran controles a las variables geotécnicas, de manera continua y especializadas, junto con inspecciones masivas realizadas por equipos multidisciplinarios capaces de identificar riesgos antes de que se materialicen."

Sobre nuevas tecnologías, añade que "entre las tecnologías implementadas, destacan drones autónomos para inspecciones en zonas de alto riesgo, imágenes satelitales y simuladores de alta fidelidad con realidad aumentada, que permitan un mayor control de operaciones complejas, incluyendo escáneres láser portátiles, software de modelamiento geomecánico y computadores de alto rendimiento".

Asimismo León, resalta la reducción directa de exposición del personal, puntualizando que "también es importante fomentar el uso de equipos autónomos, que eliminan la exposición humana en el transporte de material y perforadoras automáticas con sensores predictivos que operan sin personal en zonas de perforación. La reducción directa de exposición se logra mediante operaciones remotas desde centros de control seguros y el uso de herramientas de última generación".

"El desafío consiste en

construir un marco regulatorio y estándares que evolucionen con la tecnología, protegiendo al trabajador y consolidando una cultura de seguridad sólida, robusta y sostenible", concluye León.

Convivir con el riesgo y seguir avanzando

Las cuatro perspectivas muestran que, aunque Chile ha logrado avances notables en seguridad minera, el desafío es continuo y multidimensional. En resumen, convivir con el riesgo implica:

- Anticipar situaciones críticas mediante investigación científica y modelamiento.
- Formar profesionales con cultura de seguridad desde la academia.
- Fortalecer la normativa y la fiscalización, incorporando tecnologías y metodologías modernas.
- Colaborar entre sector público, privado y académico, asegurando que los avances lleguen a todas las escalas de operación.

En base a las declaraciones de los entrevistados, se



Foto: Centrea Minería

plasma que la seguridad minera no es un estado alcanzado, sino un camino que combina aprendizaje, innovación y responsabilidad compartida. Cada accidente recuerda que la fatalidad cero es un objetivo que exige vigilancia constante, colaboración y adaptabilidad ante un riesgo que siempre acompañará a la minería. Prepararse ante los riesgos. **mch**

El primer foco es el resguardo de la vida de las personas, y de manera paulatina, **la industria ha logrado instalar en los trabajadores la capacidad de decidir** solo si las condiciones de seguridad están garantizadas", Ministra Aurora Williams