

LA VETA INTELIGENTE

El uso de soluciones de inteligencia artificial y robótica es cada vez mayor en la industria minera nacional, contribuyendo a su desarrollo sustentable. Acá algunos ejemplos.



La actividad minera es sinónimo de riqueza. Por la cuantiosa inversión que demanda, por la abundancia de recursos minerales y divisas que aporta, y también por la enorme cantidad de datos que genera, principalmente.

La inteligencia artificial (IA) se “aprovecha” de eso y “tiene el potencial de optimizar los procesos y mejorar el rendimiento en toda la cadena de valor de la minería, desde la extracción de minerales hasta la entrega al cliente”, señala un reciente artículo de BHP, uno de los grandes actores de este mercado.

Agrega que los sistemas de IA “analizan grandes cantidades de datos mineros recopilados por sensores in situ y otros sistemas de monitoreo para

identificar patrones y tomar decisiones informadas, lo que lleva a una mayor eficiencia, costos reducidos, seguridad mejorada y un impacto ambiental minimizado”.

Sobre el último beneficio, el documento plantea que la IA “puede analizar los patrones de consumo de energía y sugerir optimizaciones para la industria minera, lo que tiene el potencial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la huella de carbono”.

AVANCES SIGNIFICATIVOS

Profundizando en la contribución de la IA y la robótica a la industria

DATOS

1 Premio en Alemania ganaron ingenieros de la Universidad Católica por su tecnología TwinViz AI, que emplea IA para reducir el tiempo de exposición al riesgo de quienes realizan trabajos de mantenimiento en túneles, especialmente en minas subterráneas.

24 Operaciones mineras han trabajado con Expande, llevando a cabo más de 460 iniciativas y cerrando casi 200 contratos de implementación y/o pilotaje entre proveedores de soluciones innovadoras y compañías mineras.

minera que opera en Chile, en el ámbito de la sustentabilidad, Matías Castro, gerente técnico del Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería (CNP), expone que *“aunque la adopción de estas tecnologías en el rubro no es inmediata, por diversos factores, los avances son significativos”*. Detalla algunos: *“Permiten optimizar el uso de recursos críticos, como el agua y la energía; reducir las emisiones; y mejorar significativamente la seguridad de las personas mediante la automatización de tareas de alto riesgo”*.

En ese contexto, manifiesta que el CNP cumple un rol clave, actuando como articulador entre desarrolladores tecnológicos y la industria minera. *“Nuestra misión es acelerar la adaptación y adopción de innovaciones, proporcionando un espacio para validar tecnologías en condiciones reales de operación. La elaboración y ejecución de protocolos de pilotaje adecuados, junto con la participación experta, reduce la incertidumbre técnica y operacional. De este modo, las innovaciones pueden ser evaluadas con un riesgo controlado, acelerando su adopción y maximizando su impacto. Su potencial transformador es enorme y existen indicios claros de su impacto en una minería más eficiente, segura y sustentable”*, subraya.

Para Alejandra Molina, gerente general de Minnovex –asociación gremial que agrupa a empresas del ecosistema minero chileno–, la incorporación de estas soluciones en el sector representa también *“un avance significativo hacia un modelo de desarrollo más sustentable, con impactos concretos en ámbitos clave como el medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional. Hoy observamos que muchas compañías están utilizando estas tecnologías para optimizar procesos y, al mismo tiempo, reducir su huella ambiental y mejorar las condiciones laborales. Por ejemplo, el uso de IA ha permitido implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para controlar variables críticas como la calidad del aire, el uso del agua y la gestión de la energía. Y desde el punto de vista de la seguridad, la automatización y la robótica, han contribuido a alejar a los trabajadores de zonas de alto riesgo, disminuyendo su exposición a condiciones peligrosas y mejorando su calidad de vida”*.

En el mismo sentido, Eva Michea, analista tecnológico de Expande de Fundación Chile, indica que la implementación de la inteligencia artificial y la robótica en la industria minera chilena ha marcado *“un antes y un después en la forma en que se llevan a cabo las operaciones. Este tipo de tecnologías, junto con modernizar y mejorar los procesos mineros, también han demostrado que son herramientas que pueden ayudar a impulsar una minería más sustentable, sostenible y segura”*.

“Permite optimizar el uso del agua y la energía”, destaca Matías Castro sobre el aporte de la IA a la minería.



Codelco El Teniente cuenta con un dispositivo robótico que inspecciona y escanea su canal de relaves.



EJEMPLOS DESTACADOS

Si de ejemplos se trata, la especialista menciona soluciones mediante algoritmos de IA *“que permiten usos más eficientes del agua y la energía en las operaciones mineras y evitar la generación de residuos. Además, existen otras con sensores que monitorean el ambiente en tiempo real para ayudar a controlar la contaminación del aire, el agua y el suelo. Y con la incorporación de robots y sistemas autónomos, muchos trabajadores dejaron de estar expuestos a condiciones peligrosas, como explosiones, derrumbes o exposición a sustancias tóxicas. Esto, en conjunto con el monitoreo en tiempo real de variables ambientales y de salud, ha permitido prevenir accidentes en las faenas y mejorar las condiciones de trabajo”*.

Matías Castro, en tanto, detalla algunas innovaciones y soluciones tecnológicas, en el campo de la sustentabilidad, a las que han contribuido en el CNP, facilitando su pilotaje y validación, o que se encuentran en esa primera etapa:

- **Emma Energy:** Desarrollo chileno que consiste en un software y plataforma con inteligencia artificial que optimiza la gestión de la energía.
- **IGO:** Sistema de detección y posicionamiento de personas y equipos con infraestructura mínima, basado en sensores e IA.
- **SmartMining:** Solución que integra IoT con inteligencia artificial para mejorar la eficiencia, seguridad y sustentabilidad de distintos equipos mineros.

La red Minnovex no se queda atrás y cuenta con varios socios que →

→ disponen de soluciones que emplean IA y robótica que aportan a una minería más segura, eficiente y sustentable.

Un caso es el de Coddi, que optimiza la confiabilidad de los equipos mineros, minimizando los tiempos de inactividad y mejorando la eficiencia operativa a través de su sistema de monitoreo de condición basado en inteligencia artificial generativa con la plataforma en la nube Microsoft Azure.

Otro de sus asociados, Maquintel, diseña y fabrica equipos robotizados para la inspección inteligente de ductos para transporte, distribución y recolección de aguas, y también de canaletas de relave para detectar desgastes en grandes extensiones.

Y Rhenü, a través del modelamiento de los activos e infraestructura crítica, genera un gemelo digital para monitorear su comportamiento, mejorando los planes de mantención y previniendo episodios que podrían afectar una operación normal y provocar cuantiosas pérdidas.

BRECHAS A SUPERAR

¿Cómo avanzar más rápido? A juicio de Matías Castro, pese a lo progresos *“persisten brechas que dificultan una adopción masiva de estas soluciones. Una de las principales es la falta de espacios sistemáticos de validación de tecnologías digitales en condiciones reales, lo que retrasa su incorporación en la minería, ya que los errores pueden generar consecuencias críticas”*.

El experto del CNP agrega que persisten desafíos técnicos, *“como la interoperabilidad de sistemas, el acceso a datos de calidad, y una preocupación transversal por la protección de información estratégica. Y en el ámbito del capital humano se requiere formar profesionales capaces de abordar estos desafíos desde una perspectiva técnica y sustentable”*, afirma.

A lo anterior, señala, *“se suma la dificultad de entender y evaluar la variedad de soluciones disponibles en el mercado, muchas de las cuales no logran escalar debido a la falta de confianza y/o capacidad operativa”*.

Desde Minnovex, en tanto, Alejandra Molina pone el acento en la implementación de medidas robustas de seguridad para controlar los riesgos cibernéticos, la incorporación de nuevas e innovadoras tecnologías digitales, la necesidad de invertir en formación de capital humano para



Alejandra Molina resalta la contribución de la IA al desarrollo sostenible del rubro.

“Hemos promovido en el ecosistema minero la necesidad de abrir espacios no transaccionales para integrar las tecnologías ‘made in Chile’ en toda la cadena de valor minera”.

Alejandra Molina, gerenta general de Minnovex

que adquiera competencias digitales, y la estandarización de protocolos y del marco regulatorio que acompañe este proceso transformacional. Esto, para *“asegurar un uso ético, seguro y transparente de la IA y la robótica, especialmente en temas sensibles como el tratamiento de datos, la seguridad operativa y la sostenibilidad ambiental”*, acota.

Por su parte, Eva Michea coincide en la relevancia de avanzar en la capacitación del capital humano para la gestión del cambio en este cam-



Foto: Codelco

La salud y seguridad operacional se ven favorecidas con esta herramienta.

DATO

1 Gran objetivo busca Poseidón, plataforma que transforma el tratamiento de agua al combinar tecnología digital avanzada con inteligencia artificial: lograr una gestión hídrica más eficiente y sostenible en la minería y otros sectores.

po, “ya que existe una resistencia a adoptar nuevas formas de funcionamiento en espacios conocidos por ser las personas tradicionalistas en sus métodos de trabajar”, asegura.

Añade que es fundamental, asimismo, fortalecer la conectividad y la infraestructura digital presente en las faenas, que aún es deficiente, principalmente por su ubicación geográfica. Y, en esa línea, resalta la importancia de dictar normativas adecuadas “que fomenten e incluso presionen la adopción de tecnologías sostenibles, lo que debe ser promovido mediante la colaboración entre los sectores público y privado”.

MINERAS EN ACCIÓN

Paulatinamente, las grandes empresas mineras con operaciones en Chile están incorporando o probando soluciones robóticas o de IA en sus procesos e instalaciones para mejorar su desempeño en el área de la sustentabilidad.

En Codelco, por ejemplo, la División El Teniente cuenta con un dispositivo robótico que inspecciona y escanea su canal de relaves. Con esta herramienta, la operación adquiere la información necesaria para conocer el estado del ducto, que se extiende por 87 kilómetros, desde el área precordillerana de la región de O’Higgins hasta el embalse Carén, en la comuna de Alhué, en la región Metropolitana.

La cuprífera también está en busca de una solución robótica, automatizada o de operación remota, para reemplazar la apertura manual del paso de escoria en el Convertidor Teniente. “El objetivo es eliminar la exposición directa de los trabajadores y minimizar los riesgos ocupacionales a largo plazo mediante la automatización o el control remoto del proceso de apertura del paso de escoria. La solución debe ser capaz de resistir el calor extremo y la radiación, así como de empujar y romper materiales endurecidos (arcilla y ladrillos refractarios) para despejar el paso”, especifican en la compañía.

En Antofagasta Minerals, hace algunos meses su Directorio de Innovación aprobó el financiamiento para cuatro proyectos y probar su utilidad. Uno de ellos, “Monitoreo de prácticas operacionales y seguridad en la mina mediante IA”, de Minera Centinela, contempla el uso de dicha herramienta para incrementar la eficiencia operacional y seguridad en los procesos de carguío y transporte. Otro, en Minera Antucoya, denominado “Dron de Limpieza”, tiene como desafío mejorar la seguridad y eficiencia en la limpieza de equipos y estructuras de la compañía. Y en Los Pelambres, el proyecto “Sistema de reacondicionamiento de aceite hidráulico” busca una solución que aumente la vida útil de los aceites disminuyendo así las instancias de recambio y el impacto ambiental generado por esta tarea.

BHP también ha aprovechado los beneficios de la IA: la mina Escondida ahorró más de tres gigalitros de agua y 118 gigavatios hora de energía entre 2022 y 2024 gracias a esta solución. En la misma operación, la compañía integró la tecnología de sensores inteligentes de casco para medir la fatiga de los conductores de camiones mediante el análisis de las ondas cerebrales, previniendo accidentes relacionados con su somnolencia. **IA**

OPINIÓN



Felipe Oyarce
Especialista en Geomática
Gestión Ambiental Consultores

El rol de la IA en el medio ambiente

Vivimos en una era donde la tecnología no solo avanza con rapidez, sino que comienza a redefinir cómo entendemos el mundo. Herramientas de inteligencia artificial (IA) como las plataformas generativas tipo ChatGPT han dejado de ser promesas del futuro para convertirse en recursos cotidianos que están revolucionando múltiples industrias. Más que una tendencia, la IA se ha transformado en una herramienta concreta, permitiendo procesos más ágiles, decisiones mejor informadas y soluciones eficientes a problemas complejos.

En la consultoría ambiental, esta transformación digital marca un punto de inflexión. No solo ha cambiado la forma en que recolectamos datos, sino también cómo los interpretamos de manera profunda, dinámica e integrada, gracias a modelos de deep learning y redes neuronales. Lo que antes requería meses, hoy puede resolverse en días, al interpretar y detectar patrones en grandes volúmenes de información. Esto se traduce en estrategias, procesos y proyectos más efectivos y sostenibles.

En GAC hemos integrado la IA como una herramienta clave para entender y anticipar dinámicas ecosistémicas. Aplicando modelos de IA, hemos alcanzado un nuevo nivel de análisis, procesando múltiples datos ambientales e identificando patrones de comportamiento de la fauna y flora que nos permiten evaluar su interacción con el entorno. Este enfoque ha sido aplicado en el Desierto de Atacama, donde se ubica el Desierto Florido, analizando su dinámica en periodos con y sin floración, y entendiendo su expansión bajo ciertos parámetros geográficos y ambientales. Asimismo, en zonas áridas del norte de Chile, trabajamos en la modelación de la distribución de la chinchilla, especie de alto valor ecológico, evaluando cómo su presencia se relaciona con el entorno y cómo podría verse afectada por cambios futuros en su hábitat. Estos desarrollos permiten detectar variaciones, observar movimientos y anticipar respuestas ante transformaciones ambientales. Esta capacidad analítica fortalece nuestros estudios y entrega a nuestros clientes una ventaja real ante los desafíos actuales.

Así, la IA se ha convertido en una aliada estratégica para nuestro equipo, donde el trabajo multidisciplinario cumple un rol clave para maximizar su impacto. La colaboración entre áreas dentro de GAC permite integrar perspectivas diversas, lo que da como resultado modelos de IA más robustos y eficaces.

En GAC creemos que la verdadera innovación no está solo en la tecnología, sino en cómo la usamos para mejorar vidas, apoyar el desarrollo sostenible y proteger el medio ambiente. Esta es nuestra apuesta: una consultoría ambiental integral, inteligente, innovadora y con propósito.