

Minería Sustentable



Foto: Cemilcar Coliaco

AVANCES POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

En 2024, la inversión de Codelco en IA representó el 34% del presupuesto tecnológico

Herramientas

digitales impulsan una minería más eficiente y competitiva

La minería chilena atraviesa una transformación marcada por la incorporación de inteligencia artificial en distintas etapas de la cadena productiva. Desde la exploración hasta las operaciones, estas herramientas comienzan a consolidarse como parte del funcionamiento habitual de las faenas. Uno de los principales aportes de estas soluciones es la optimización de procesos mediante análisis de datos y modelos predictivos, permitiendo anticipar fallas, ajustar variables operacionales y mejorar la recuperación de minerales en tiempo real. Junto con mejorar la pro-

ductividad, estas tecnologías también contribuyen a enfrentar algunos de los principales desafíos ambientales y operacionales del sector, favoreciendo un uso más eficiente de recursos como agua y energía, además de reducir detenciones no programadas y extender la vida útil de los equipos. José Ramón Abatte, gerente corporativo de Tecnología y Digitalización de Codelco, sostiene que la estatal ha desplegado soluciones de IA, analítica avanzada y automatización de procesos productivos en todas sus divisiones, abarcando el espectro completo de

la cadena de valor. “Entre los avances más concretos destacan más de 180 sistemas de control avanzado multivariable predictivo (APC) en procesos de concentradora, tostación y fundición, con beneficios cuantificables y sostenidos en el tratamiento y la recuperación de mineral”, resalta. A ello se suman, agrega el ejecutivo, modelos de analítica avanzada que permiten “modelar el movimiento del mineral desde la mina hasta el espesamiento, aplicando recomendadores con el fin de optimizar la producción de cobre y el consumo de agua, con una mirada predictiva y de mayor alcance”. “Con más de 50 proyectos activos y un impacto económico consolidado que supera los 150 millones de dólares, los resultados vali-

El uso de algoritmos y modelos predictivos **permite optimizar procesos, reducir impactos ambientales y fortalecer la continuidad operacional.**

dan la apuesta estratégica de la Corporación: en 2024, la inversión en IA representó el 34% del presupuesto tecnológico de Codelco, tendencia que se ha mantenido en el tiempo”, complementa el vocero de la estatal.

La integración de estas herramientas también avanza con fuerza en otras compañías mineras. Por su parte, Carlos Schipmann, gerente de Gestión de la Información (IM) de Anglo American, afirma que en la compañía están incorporando la IA como una “extensión natural de nuestros sistemas de automatización, control y digitalización de manera transversal”.

“Nuestro enfoque es claro: utilizamos IA de forma responsable para apoyar a las personas, automatizando tareas repetitivas y de alto volumen de datos, y permitiendo que los equipos se concentren en el análisis, la colaboración y la innovación. En el tiempo, la IA se está convirtiendo en parte natural de cómo operamos en Anglo American, impulsando no solo mejores resultados operacionales, sino también nuevas oportunidades de aprendizaje y desarrollo para nuestros equipos de trabajo”, precisa Schipmann.

IA aplicada a sostenibilidad y eficiencia operacional

Uno de los temas críticos en la minería actualmente es la



sustentabilidad y la búsqueda de métodos para reducir el consumo de agua, energía y emisiones. Ante este escenario cabe preguntarse cómo la inteligencia artificial puede ayudar en este desafío.

El Dr. Javier Ruiz del Solar, investigador líder en automatización del Advanced Mining Technology Center

la IA permite tomar mejores decisiones con datos, disminuir ineficiencias y mejorar el uso de recursos”.

A modo de ejemplo, el académico del AMTC plantea que “en el procesamiento de minerales, la IA puede apoyar una mejor regulación de molienda, flotación, bombeo y espesamiento, reduciendo consumos es-

De Izq. a Der.:
 José Ramón Abatte, gerente corporativo de Tecnología y Digitalización de Codelco

Carlos Schipmann, gerente de Gestión de la Información de Anglo American

Javier Ruiz del Solar, investigador líder en automatización del AMTC

Gonzalo Moenne, director de Estrategia y Roadmapping de Fundación Chile

José Ramón Abatte: “Estamos convencidos de que la IA será uno de los factores determinantes para la competitividad y sostenibilidad de la minería chilena en las próximas décadas”

(AMTC) de la Universidad de Chile, explica que las aplicaciones más prometedoras de IA para una minería más sostenible son el “mantenimiento predictivo de equipos críticos, optimización de plantas concentradoras, apoyo a la planificación minera con modelos predictivos, análisis de imágenes para seguridad y monitoreo operacional, y sistemas de control avanzado para reducir variabilidad en los procesos. En todos estos casos,

específicos de energía, agua y reactivos. En operaciones mina, puede ayudar a optimizar rutas, velocidades, carguío y uso de equipos, disminuyendo consumo energético”.

El mayor impacto aparece, añade Ruiz, cuando estas herramientas se integran a nivel de sistema. “No basta con optimizar un equipo aislado; hay que entender cómo interactúan mina, planta, agua, energía y mantenimiento. Ahí la IA puede

aportar una capacidad relevante para operar con mayor eficiencia y menor impacto ambiental”, puntualiza.

Desde la experiencia operacional, el representante de Anglo American reflexiona que “al aplicar IA junto con sistemas avanzados de control de procesos, se disminuye la variabilidad operacional y se evita operar en condiciones ineficientes que demandan más recursos o generan mayores emisiones para el mismo resultado. En la práctica, esto permite optimizar el uso de energía y agua en tiempo real”.

Asimismo, afirma que la IA cumple un “rol clave en el mantenimiento predictivo y confiabilidad operacional. A través de robótica e inteligencia embebida en equipos de inspección —lo que se conoce como ‘IA física’— es posible anticipar fallas, detectar vibraciones anómalas o patrones de degradación antes de que ocurran eventos mayores. Esto no solo mejora la seguridad, sino que evita detenciones no planificadas, arranques adicionales y pérdidas energéticas, reduciendo impactos ambientales asociados a contingencias”.

Schipmann profundiza —aquí— en que, “en la práctica, esto disminuye la huella de carbono de las operaciones al evitar sobreconsumos asociados a variabilidad, re-procesos o contingencias. Además, integrada con modelos predictivos, sensores



virtuales y gemelos digitales, la IA permite evaluar distintos escenarios antes de ejecutar una acción, seleccionando aquellas alternativas que logran el mejor equilibrio entre producción, costos y emisiones. Esto habilita una gestión ambiental más informada, anticipada y proactiva”.

nalmente, los sistemas de optimización de procesos productivos —como los recomendadores de flotación y molienda— permiten operar los activos de manera más eficiente, reduciendo el consumo energético asociado a cada tonelada de cobre producida”.

Codelco proyecta una inversión anual de entre 80 y 100 millones de dólares en iniciativas de IA

Carlos Schipmann: “Al aplicar IA junto con sistemas avanzados de control de procesos, se disminuye la variabilidad operacional y se evita operar en condiciones ineficientes”

En el caso de Codelco, Abatte asevera que en la estatal cuentan con modelos específicos para optimizar el uso de recursos hídricos en distintas divisiones, así como sistemas recomendadores orientados al control y reducción de polución, “como el proyecto de reducción de material particulado MP10 en Ministro Hales, y que se proyecta al resto de Operaciones Norte. Adicio-

El avance de estas tecnologías también ha impulsado iniciativas colaborativas orientadas a acelerar la innovación en el sector. La IA ya se ha instalado como un parámetro de sostenibilidad en Chile, cobrando relevancia la contribución de organismos como Fundación Chile al desarrollo de soluciones basadas en esta tecnología para la industria minera. Gonzalo Moenne, director

de Estrategia y Roadmapping de Fundación Chile, menciona que, en la actualidad, están aportando en la “construcción de hojas de ruta de innovación tecnológica sectorial como lo han sido: Hoja de Ruta del Cobre a la Innovación (2014), Roadmap de Digitalización para la Minería 4.0 (2020), mapas que han orientado tanto la demanda como el desarrollo de la oferta de soluciones tecnológicas para los desafíos de la minería”, así como también en apoyar a las empresas mineras, a los proveedores y a las startups, a través de la iniciativa Expande.

Una transformación con mirada de largo plazo

No obstante, pensando en la próxima década, surge la interrogante ¿cómo será la minería chilena con la implementación de IA en sus procesos clave? Moenne responde que “la palabra clave es la integración. La IA jugará un rol decisivo como habilitante de una minería integrada e inteligente, que permita superar la llamada ‘cultura de silos’ que aún predomina la gran minería”. En la misma línea, Ruiz del Solar, dice que “es razonable esperar una integración más profunda entre sistemas que hoy operan de manera relativamente aislada. Por ejemplo, una mayor conexión entre planificación minera, operación en tiem-



po real y gestión de activos, apoyada por modelos que utilizan datos históricos y datos en línea”.

En ese sentido, desde el AMTC, expresa el académico, “tenemos un rol relevante, porque hemos venido trabajando estos desafíos desde hace años, junto con actores importantes de la industria minera. Esa combinación de investigación aplicada, validación en condiciones reales y colaboración con la industria permite aportar soluciones tecnológicas con relevancia operacional”.

Desde la estatal, Abatte manifiesta: “estamos convencidos de que la IA será uno de los factores determinantes para la competitividad y sostenibilidad de la minería chilena en las próximas décadas. Nuestra estrategia proyecta una expansión sostenida e intensiva del despliegue tecnológico con una inversión anual de entre

80 y 100 millones de dólares en iniciativas de IA, analítica avanzada, automatización y sensorización”.

A nivel de industria, el ejecutivo de Anglo American remarca que “mirando al futuro, la IA tendrá un rol fundamental y estratégico en construir una minería más sostenible y competitiva para Chile. Al igual que en su momento lo fueron la electrificación, el control automático o la digitalización industrial, la IA representa un cambio estructural. No adoptarla implica el riesgo de operar con desventajas frente a compañías y países que sí lo hagan”.

La IA “no es una moda ni una promesa futura, sino una herramienta concreta para cerrar la brecha entre la estrategia, la gobernanza y la operación diaria, haciéndola más segura, más eficiente y sostenible”, precisa el vocero de Anglo American. **mch**

La IA permite disminuir ineficiencias y resguardar la seguridad