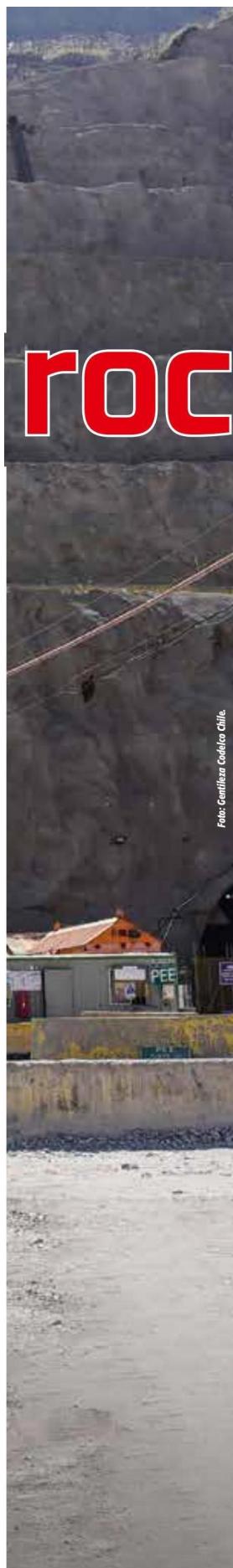




Minería Subterránea:  
**Automatizando p**

**No solo se persigue eficientizar la productividad, sino que también se busca dar mayor seguridad a los trabajadores, comandando, a distancia, con una fuerza tecnológica que evoluciona aceleradamente. Todo ello en medio de los avances que anota Codelco para extender la vida útil en este tipo de operaciones y el rechazo del SEA al proyecto Los Bronces Integrado, de Anglo American Chile.**



Parte de las obras de la Cartera de Proyecto Teniente.

Foto: Gentileza Codelco Chile.

# procesos

**L**a fuerza tecnológica, especialmente en automatización y digitalización se ha tomado en los dos últimos años a las operaciones de minería subterránea en Chile, específicamente de la mano de los nuevos proyectos que

desarrolla Codelco en Chuquicamata y El Teniente, lo que ha sumergido al capital humano en una nueva etapa de calificación para procesos autónomos y así encontrar nuevos depósitos y minerales en las profundidades.

Y es que la incorporación de nuevas tecnologías son clave para que la minería subterránea siga gozando de buena salud en el territorio nacional, tanto en mediana como en pequeña minería, y en la gran minería, a través de Codelco, cuyos proyectos que siguen aumentando sus porcentajes de avance, con el objetivo de extender la vida útil de estos yacimientos.

Este crecimiento -sin embargo- recientemente pasó a luz amarilla con el rechazo del proyecto Los Bronces Integrado, de Anglo American Chile, por parte del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), dejando en compás de espera a una inversión que contempla una fase de explotación subterránea que

promete integrar minería 4.0 y cero emisiones.

## Avances de Codelco

Según consigna un informe entregado por Codelco a MINERÍA CHILENA, son varios los progresos que se registran en sus nuevas operaciones subterráneas, entre los cuales está la adaptación del capital humano, la digitalización y automatización, lo que ha sido fundamental en la continuidad operacional en los primeros años de pandemia.

“Codelco mantiene una cartera de inversiones estable, con avances significativos en implementar iniciativas de diseño, ejecución y abastecimiento lean, junto con estrategias habilitadoras de cambio cultural y transformación digital. Todo ello ha permitido mitigar el impacto en productividad que trajo consigo la contingencia sanitaria y las condiciones geomecánicas en los proyectos de minería subterránea”, señala el documento.

Uno de los principales proyectos estructurales estratégicos de Codelco es Chuquicamata subterránea, que consiste en la transformación del rajo abierto más grande del mundo en una gigantesca operación subterránea.

Es así como, durante el año pasado, se extrajo más de 8.000.000 de toneladas de mineral desde Chuquicamata subterránea, en el contexto del ramp up del proyecto, lo que se logró tras incorporar inversiones para abordar la

inestabilidad del macizo rocoso y mejoras al diseño. A pesar de los impactos de la crisis sanitaria, logró progresar en la obra de construcción del proyecto. Incluso, continuó el estudio de viabilidad para la explotación del segundo nivel de la mina y proyecta terminar las inversiones de la etapa de “Explotación Inicial” este año.

Durante el primer trimestre de 2022, se continuó avanzando en las obras finales del proyecto, con un avance total de 98,7% a marzo. Las obras asociadas a la infraestructura de continuidad del nivel 1 avanzaron 20,2% y el desarrollo mina, 32,2%.

Para este año la cuprífera también espera construir la etapa IX del Tranque Talabre y continuar con el estudio de factibilidad de la planta de espesamiento de relaves.

## El Teniente

La Cartera de Proyectos Teniente, que reemplazó al original Nuevo Nivel Mina, busca profundizar la explotación del yacimiento, sumando reservas que ascienden a 2.000 millones de toneladas aproximadamente, con una ley media de cobre de 0,86% y 220 ppm de molibdeno. Ello permitirá que la división continúe con el tratamiento de 137 mil toneladas por día de mineral por más de 50 años. La Cartera está constituida por Andes Norte Nuevo Nivel Mina (NNM), Diamante y Andesita, además de los inicios de la explotación del nivel



Foto: Gentileza Codelco Chile.

Instalaciones de Chuquicamata subterránea.

Teniente 9, el más profundo de los sectores que actualmente están en explotación. A marzo de 2022, Andes Norte NNM presenta un avance de 72,7%, mientras que en Diamante las obras tempranas alcanzaron 92,6 % de desarrollo y la ejecución, 19,5 %. En tanto, las obras tempranas de Andesita tienen un avance de 93,6 % y la ejecución, de 12,7 %. También es destacable Rajo Inca, en la División El Salvador, en que se cambia el método de extracción de subterráneo a rajo abierto, maximizando la utilización

de infraestructura existente, el cual registra un avance de 30,6% a marzo de 2022.

### Análisis

Los especialistas consultados por este medio destacan cómo el uso de nuevas tecnologías y la calificación de los trabajadores están abriendo paso a una nueva etapa en minería subterránea, lo que también se inserta en los requerimientos de descarbonización, mediante la electrificación de consumos y aplicaciones de eficiencia energética.

Para el director de Minería de Indimin, Richard Palape, “la tecnología ha sido un pilar fundamental para enfrentar la pandemia, ya que el proceso adaptativo ha sido bien recibido por la operación. Sin duda se aceleraron los roadmaps tecnológicos y la necesidad de implementar nuevas tecnologías que soporten las actividades cotidianas de las personas”.

“El capital humano del sector, primero se adaptó en función de una necesidad, ya que, no existía tiempo para generar un

programa de capacitaciones o instalaciones a largo plazo. Despues poco a poco se fue entendiendo que la necesidad de la tecnología, no obedecía a una pandemia, si no que era parte de la modernización que necesitaba la industria minera subterránea”, profundiza.

Y complementa: “Es por ello que rápidamente las empresas comenzaron a contactar especialistas en tecnologías para poder acelerar los procesos con una minera hacia la minería 4.0. En contexto más amplio, esto es un proceso que venía de antes y va más allá de estos dos últimos años, y seguirá acelerando exponencialmente”.

Mario Jara, CIO de Zyght, añade a esto el uso de software para necesidades de seguridad, salud y medio ambiente que se utilizan en Chuquicamata Subterránea y Nuevo Nivel Mina de Teniente. “Desde el comienzo de la pandemia se implementaron controles de salud para garantizar la continuidad operacional de estos proyectos. Se generó una ODI especial, lo que sirvió para tener un control de los riesgos de contagio dentro de la faena”, puntualiza.

Jara precisa que “la digitalización de los procesos y la robotización de algunas tareas en minería es algo que es inevitable en estos días. Particularmente los trabajos en minería subterránea, donde los esfuerzos están enfocados a disminuir la exposición al riesgo de los trabajadores

**La incorporación** de nuevas tecnologías son clave para que la minería subterránea siga gozando de buena salud en el territorio nacional, tanto en mediana como en pequeña minería, y en la gran minería, **a través de Codelco, cuyos proyectos que siguen aumentando sus porcentajes de avance**, con el objetivo de extender la vida útil de estos yacimientos en 50 años”.

que están bajo de la tierra". Asimismo, indica que "la minería subterránea principalmente potencia la digitalización y automatización de procesos y tareas. Por lo tanto, los trabajadores especialistas en minería subterránea han debido ir actualizando sus competencias para adaptarse a estos cambios y comenzar a incorporar digitalización a sus tareas y capacitarse en operación remota de equipos".

Cristian Caballero, jefe del Área Minería de JRI, comparte este diagnóstico: "El capital humano se ha ido adaptando a la par con el avance e implementación de nuevas tecnologías utilizadas en minería subterránea, a

los profesionales jóvenes les interesa ingresar al mundo de la operación autónoma y les ha sido naturalmente más fácil su adaptación debido a su cercanía con los video juegos y las experiencias de realidad virtual a las que tienen acceso día a día".

Por su parte, Christian Sánchez, ejecutivo senior del Área de Estudios y Proyectos de Aprimin, resalta que en los dos últimos años "la respuesta desde la industria minera fue inmediata, acelerando los procesos de transformación digital, que ya se estaban implementando y entendiendo la importancia digitalizar el negocio mediante la implementación de gemelos digitales, autonomía, apertura de datos



y entornos de colaboración, mejoras sistemáticas en los estándares de ciberseguridad, el desarrollo de capital humano especializado y trabajando en una mejor licencia social y política para innovar". "Siempre que se hacen revi-

*Chuquicamata subterránea:*  
 "Durante el primer trimestre de 2022, se continuó avanzando en las obras finales del proyecto, con un avance total de 98,7% a marzo".

## La contribución del proyecto Los Bronces Integrado

Desazón provocó entre los actores de la industria el rechazo ambiental al proyecto Los Bronces Integrado de Anglo American Chile. Y es que esta iniciativa también contempla una fase de explotación subterránea que implicaba el uso de nuevas tecnologías 4.0 y habilitadoras de la carbono neutralidad.

Su objetivo es la adecuación y optimización del actual plan minero, manteniendo los actuales niveles de alimentación a la planta de 180 mil toneladas al día, sin aumentar la vida útil aprobada ambientalmente, considerada hasta 2036, sin modificar la capacidad de los depósitos de estériles, ni de relaves, y sin requerir más aguas frescas.

Según señala el Estudio de Impacto Ambiental presentado por la compañía, "su desarrollo es necesario debido a que en los próximos años la operación actual de Los Bronces presentará una disminución en la ley de cobre", para lo que considera tres nuevas fases.

La fase de explotación subterránea, se encuentra aproximadamente a 5 kilómetros al sur del rajo Los Bronces, por debajo de la superficie del extremo norte del Santuario de la Naturaleza Fundo Yerba Loca, a una profundidad media aproximada de 660 metros.

"La fase subterránea, que ocupa un área de 95 hectáreas bajo tierra, fue diseñada para evitar impactos en superficie en el área protegida Yerba Loca, en los glaciares, en las aguas superficiales y subterráneas, y en la biodiversidad. El método seleccionado para su explotación, corresponde a la excavación del mineral en sentido vertical dejando espacios vacíos, denominados caserones, que se llenarán con una

mezcla mayoritariamente de roca molida (97% aprox.) y cemento (3% aprox.), dejando entre ellos pilares para asegurar su estabilidad y evitar desplazamientos verticales que puedan producir hundimiento superficial", indica el documento que fue rechazado por el SEA.

Este método minero es conocido internacionalmente como una variante del "Sublevel Stoping", denominado "Sublevel Stoping con pilares y relleno de caserones", que se adapta a la geología local. Para el desarrollo de esta fase, se requiere de la construcción de túneles de acceso, ventilación y extracción de mineral, los cuales tendrán su ingreso desde la mina Los Bronces.

De acuerdo con Aaron Puna, presidente ejecutivo de Anglo American Chile, el proyecto contribuirá de manera responsable al desarrollo sustentable de Chile, pues se trata de un proyecto único en materia de tecnología e innovación, que hará realidad una nueva forma de hacer minería, con la perspectiva de adaptarse al cambio climático, minimizando la dependencia de agua fresca y logrando la carbono neutralidad, para liderar una minería que apoye la transición hacia una economía baja en carbono.

"Reafirmamos nuestra confianza en la institucionalidad ambiental y en los criterios técnicos y ambientales establecidos por los reglamentos en Chile. Estamos comprometidos con el respeto al debido proceso de evaluación ambiental y esperamos que los antecedentes técnicos y compromisos voluntarios puestos a disposición puedan ser debidamente ponderados por las autoridades competentes", afirma el ejecutivo.



Foto: Gentileza Indimin.



Foto: Gentileza Zyght.



Foto: Gentileza IRL.



Foto: Gentileza Aprimin.

siones sobre los desafíos en minería subterránea resaltan temáticas asociadas a la automatización de procesos, mejoras en la seguridad laboral y reducir el impacto en el ambiente", sostiene.

Otro factor asociado a estas operaciones es la descarbonización. Cristian Caballero señala que "los proveedores que han desarrollado la automatización de equipos han avanzado en paralelo con la electrificación de equipos, mediante baterías, alineado con la visión de la mayoría de las faenas de ser carbono neutrales a 2050".

También resalta la implementación de soluciones autónomas en las operaciones complementarias a una explotación subterránea tipo caving, como son: perforación radial, tronadura de socavación y bateas, reducción secundaria, entre otros.

#### Grandes proveedores

Germán Castro, Underground Manager de Epiroc Chile comenta que "como parte vital de una sociedad sostenible, nuestro papel

como proveedores es garantizar que las operaciones puedan funcionar de la manera más segura, respetuosa con el medio ambiente y eficiente posible. Por esta razón, hemos eficientado nuestros procesos para cumplir con la fuerte demanda actual respecto a la digitalización, automatización y electrificación". "Sin embargo, esto debe ir acompañado de una política de Estado, en términos del capital humano, que la industria minera requiere para garantizar que el cambio tecnológico sea eficaz, ya que no solo debemos invertir en nuevas tecnologías, sino que debemos ser capaces de desarrollar el conocimiento en las personas, de modo

de cubrir la demanda de capital humano que la industria minera se encuentra impulsando. En este sentido es fundamental obtener una buena radiografía de los profesionales que las entidades educacionales se encuentran desarrollando", precisa el especialista.

"Al ampliar los límites de la automatización, la digitalización y la electrificación dentro de la industria minera, estamos mejorando constantemente la seguridad y reduciendo nuestro impacto ambiental, con esto podremos ser capaces de llevar a cabo una minería 4.0, cumpliendo con el compromiso de la sustentabilidad", complementa. **mch**

Richard Palape, director de Minería de Indimin.  
 Mario Jara, CIO de Zyght.  
 Cristian Caballero, jefe del Área Minería de IRL.  
 Christian Sanhueza, ejecutivo senior del Área de Estudios y Proyectos de Aprimin.

**Los especialistas** consultados por este medio destacan cómo el uso de nuevas tecnologías y la calificación de **los trabajadores están abriendo paso a una nueva etapa en minería subterránea**,

lo que también se inserta en los requerimientos de descarbonización, mediante la electrificación de consumos".