

Reportaje

Reportaje central

Minería subterránea:

La apuesta para extender la vida de los yacimientos

La profundización de los depósitos minerales y el agotamiento de recursos de fácil acceso impulsan una modalidad clave para asegurar continuidad operacional y sostener la competitividad del sector.



Operaciones
en Chuquicamata
Subterráneo.

Foto: Camilleza Cofelco.

La minería subterránea desempeña un papel cada vez más relevante en el desarrollo de esta industria productiva en Chile, especialmente en un escenario marcado por la profundización de los yacimientos y la necesidad de dar continuidad a las operaciones. Esta modalidad está presente en todas las escalas productivas, aunque con particularidades en cada segmento. Según datos entregados por Sonami, en la mediana y gran minería cerca del 40% de las operaciones utiliza métodos subterráneos. Pese a ello, en la producción de cobre el predominio del rajo abierto sigue siendo claro. Cerca del 90% de la producción se obtiene en operaciones de superficie, mientras que el porcentaje restante proviene de minería subterránea. En contraste, se estima que cerca del 80% de los pequeños productores extrae sus minerales mediante labores subterráneas, lo que refleja la relevancia que esta modalidad mantiene en dicho segmento. Reinaldo Salazar, gerente de Estudios de Sonami, explica que la relevancia de la minería subterránea está en que permite sostener actividad en yacimientos maduros, dar continuidad a operaciones existentes y acceder a mineral en profundidad. Esto cobra especial importancia en territorios donde la minería es una fuente significativa de empleo, proveedores y actividad económica local. Bajo esta mirada, Raúl Castro,

profesor del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile, quien menciona que “el recurso mineral se va agotando en el tiempo, es así que la extracción de minería a cielo abierto también va profundizando. De igual forma los recursos que ya son profundos y que se extraen por subterránea también se van agotando. A todo este concepto le llamamos profundización de los yacimientos”. El académico advierte que la profundización significa diversos desafíos: “Por una parte, el mineral tiende a bajar en contenido de mineral y a aumentar en dureza lo cual impacta su posterior procesamiento. Por otra, existen mayores cargas o esfuerzos a medida que se profundiza en la corteza terrestre, lo cual significa mayores peligros geomecánicos que requieren de ser cuantificados, mitigados y controlados. Lo mismo sucede con la distancia de transporte y la temperatura, todo aumenta con la profundización imponiendo desafíos a los sistemas de transporte y ventilación”.

Menor ley, mayores exigencias

La minería subterránea posee una relevancia estratégica mayor que su participación volumétrica en las series agregadas. Al respecto, Juan Ignacio Guzmán, CEO de GEM Mining Consulting, quien sostiene que “la producción nacional para 2025 fue de 5.415 kt de cobre

fino, de las cuales 480 kt como provinieron de yacimientos subterráneos, equivalentes a 8,9% del total. El punto central para el país es que la minería subterránea sostiene distritos maduros, accede a recursos profundos, reduce huella superficial incremental y mantiene capacidades laborales y tecnológicas especializadas”. El especialista explica que el escenario de leyes decrecientes, agotamiento de óxidos y profundización de sulfuros impulsa la transición en dos frentes: “Primero, los rajos antiguos enfrentan mayores razones estéril/mineral, mayores distancias de transporte y restricciones geotécnicas. Segundo, parte de los recursos de mejor ley o continuidad queda bajo el piso económico del rajo, por lo que métodos como block caving, panel caving, room-and-pillar y sublevel stoping se vuelven opciones de continuidad. Las compañías evalúan geometría del cuerpo mineralizado, hundibilidad, ley y tonelaje, inversión en desarrollo, ventilación, agua, energía, permisos, seguridad, capacidad de planta y riesgo de ramp-up”. Desde la perspectiva del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Constanza Espinoza, gerente general IIMCh, el país experimenta un profundo cambio de paradigma en términos mineros: “La era del mineral de fácil acceso y alta ley ha dado paso a una realidad inevitable marcada por yacimientos más profundos y disminución en las leyes, un escenario que nos

desafía a redefinir la forma en que entendemos la actividad productiva. Hoy, la transición hacia la minería subterránea es una estrategia imperativa para extender la vida útil de nuestras operaciones y sostener la competitividad global del país”.

La ejecutiva advierte que, si bien la explotación a rajo abierto sigue siendo eficiente en etapas tempranas, el reloj geológico impone un límite crítico. “Llega un punto en que el aumento de las distancias de acarreo, el volumen de estéril, las restricciones geotécnicas y la escalada de costos operacionales obligan a ejecutar un quiebre tecnológico y dirigir la mirada hacia el subsuelo. Esta decisión ya no responde únicamente a ecuaciones financieras de corto plazo, sino a una resolución estratégica de continuidad de negocio y legitimidad socioambiental”, explica.

La profesional comenta que, al dar este paso, las compañías evalúan variables de alta complejidad sistémica.

Al respecto, menciona que “el diseño de operaciones capaces de convivir con certezas absolutas a grandes profundidades pone a la seguridad operacional y la estabilidad geotécnica no como simples métricas, sino como un imperativo ético. A esto se suma la necesidad de optimizar radicalmente recursos críticos como el agua y la energía bajo esquemas circulares, integrando la automatización, los sistemas remotos autónomos

y la electromovilidad desde la ingeniería base. Asimismo, un factor clave es la mitigación del riesgo técnico para sostener la producción durante un proceso de coexistencia operacional que puede superar la década”.

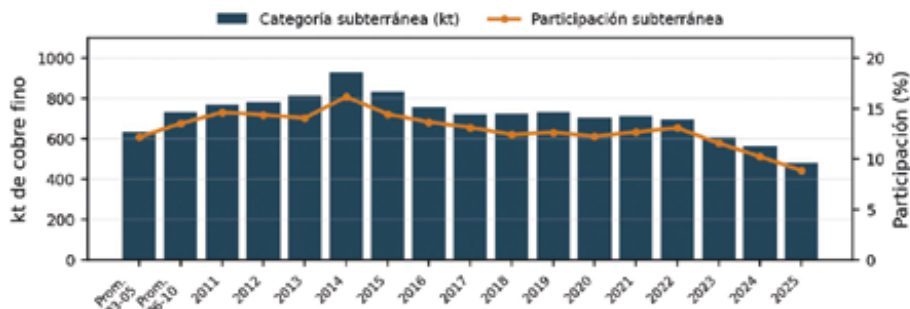
Transición

Retomando este punto, Raúl Castro aborda el hecho que, a medida que se profundizan los rajos, se tiene que elevar el mineral, aumentando los costos de transporte y el total de estéril a remover por cada tonelada de mineral. “Es por ello que llega un punto en la vida de los proyectos mineros en el cual es más rentable extraer desde una minería subterránea que desde una de superficie”, afirma.

Un ejemplo concreto de esta evolución se observa en el proceso que está experimentando Codelco. Según detallaron desde la estatal a MINERÍA CHILENA, la minería subterránea, que hoy representa algo más del 30% de la producción de la empresa, aumentará sustantivamente en las próximas décadas, al tiempo que grandes yacimientos explotados en una modalidad de rajo abierto se transformarán de manera progresiva en faenas subterráneas. Por lo mismo, esta modalidad posee una relevancia estructural y estratégica de primer orden en el Plan de Desarrollo de la Corporación.

Entre los principales planes de futuro de la compañía destaca la cartera de proyectos de

➔ Aporte de la categoría subterránea al cobre chileno



Fuente: GEM Mining Consulting

➔ Indicadores productivos y lectura operacional

Indicador	Prom. 2003-05	2014	2024	2025
Categoría subterránea (kt Cu fino)	635	932	564	480
Rajo abierto (kt Cu fino)	4.578	4.830	4.942	4.935
Total Chile (kt Cu fino)	5.212	5.761	5.506	5.415
Participación categoría subterránea	12,2%	16,2%	10,2%	8,9%

Fuente: GEM Mining Consulting



Foto: Centiliza IMCh



Foto: Centiliza Sonami



GEM Mining Consulting



Foto: Centiliza Universidad de Chile

la División El Teniente, que considera un monto de inversión aprobado de US\$6.253 millones. Asimismo, el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea, inaugurado en 2019 y cuya inversión en la continuidad de la fase 1 nivel 1 asciende a US\$1.577 millones, extenderá la vida útil del yacimiento homónimo. En el primer trimestre de 2026, este proyecto alcanzó 92% de avance, mientras se continúa con los estudios de ingeniería para la explotación de las reservas de los niveles 1 y 2. Asimismo, la Corporación inició las etapas tempranas de ingeniería para un proyecto de minería subterránea en la División Ministro Hales, evaluando también alternativas en esta modalidad para el distrito Andina – Los Bronces, posterior al desarrollo del plan minero conjunto.

Técnica y eficiencia

Frente a los desafíos que conlleva la minería subterránea, desde Codelco recalcan que la seguridad de las personas es el principal valor, así como la máxima prioridad entre los pilares estratégicos del directorio. Tras el accidente fatal de 2025 en la División El Teniente,

se estructuró un plan de acción integral que impacta a múltiples áreas. En el corto plazo, la compañía priorizará las mejoras al sistema de monitoreo sísmico, la delimitación estricta de zonas de control y la ejecución de sondajes en profundidad dotados de instrumentación geotécnica. A partir de esta información, estos datos recientes se utilizan para calibrar los modelos tridimensionales de la mina y perfeccionar los mapas de riesgo, lo que permite ajustar con disciplina las prácticas operativas y evaluar alternativas estructurales como el uso de pilares de contención todavía más robustos.

De cara al mediano plazo, hacia el mediano plazo, la estrategia contempla profundizar el análisis sísmico y geoestadístico, además de realizar pruebas controladas en terreno para observar de primera mano la respuesta real de la roca. Esto se complementa con el desarrollo de modelos matemáticos y predictivos aún más complejos que permiten evaluar diversos escenarios futuros y definir con exactitud qué zonas se deben reforzar. Paralelamente, se actualizarán los estándares de instalación de fortificaciones de acuerdo con la nueva información disponible, con la revisión técnica de expertos externos para respaldar las

De Izq. a Der.:
Constanza Espinoza, gerente general del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile.
Reinaldo Salazar, gerente de Estudios de Sonami.
Juan Ignacio Guzmán, CEO de GEM Mining Consulting.
Raúl Castro, profesor del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile.

Esta modalidad de producción permite acceder a yacimientos de mejor ley.



Foto: Centiliza Grupo Minero Las Cenizas

decisiones operativas clave. A más largo plazo, la Corporación proyecta modernizar sus plataformas de análisis mediante la integración total de datos sísmicos, geológicos y operacionales. Para ello, se incorporará la aplicación de analítica avanzada y modelos de aprendizaje profundo (deep learning) con el objetivo de anticipar tendencias y cambios en el comportamiento del macizo rocoso. En la visión de Reinaldo Salazar, la minería subterránea está impulsando capacidades que serán cada vez más necesarias para la industria,

especialmente en seguridad, tecnología, automatización, ventilación, planificación minera y formación técnica especializada. “En el actual escenario productivo, con yacimientos más profundos, menores leyes y mayores complejidades operacionales, la minería subterránea aparece como una alternativa cada vez más relevante para sostener producción, extender la vida útil de las faenas y mantener la competitividad minera del país. Para que ese potencial se traduzca en producción concreta, se necesita certeza

para invertir y tramitar permisos, junto con tecnología, seguridad y capital humano especializado”, afirma el gerente de Estudios de Sonami. En torno a este desafío, Constanza Espinoza resalta que el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile puede desempeñar un rol articulador, favoreciendo el intercambio de conocimiento entre empresas mineras, academia, proveedores tecnológicos, consultoras y autoridades. “La experiencia demuestra que la minería subterránea presenta desafíos técnicos, operacionales y de capital humano que requieren una colaboración permanente entre los distintos actores del ecosistema”, afirma.

Bajo esta mirada, menciona que el IIMCh contribuye generando espacios de difusión y discusión especializada mediante su Convención Anual, los Jueves Mineros, sus comisiones técnicas y publicaciones institucionales, promoviendo el intercambio de experiencias y buenas prácticas. “Asimismo, impulsa la formación y actualización de profesionales, fomenta el análisis de nuevas tecnologías y fortalece el vínculo entre la industria y el mundo académico, aportando a que la transición hacia la minería subterránea se desarrolle con una mirada de largo plazo, basada en la innovación, la seguridad, la productividad y la sostenibilidad, de esa forma el futuro de la minería lo construimos hoy”, añade.

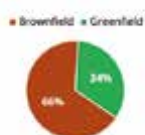
➤ Caracterización de los proyectos de inversión en etapa de evaluación a marzo de 2026

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN EN ETAPA DE EVALUACIÓN, A MARZO DE 2026

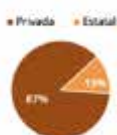
(1) Monto total: \$US857.727.

FUENTE: Consejo Minero en base a Códigos 2025.

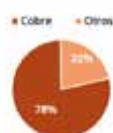
Tipo de proyecto



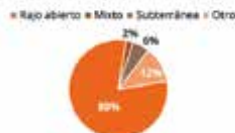
Tipo de empresa



Tipo de mineral



Tipo de mina



Fuente: Consejo Minero

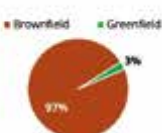
➤ Caracterización de los proyectos de inversión en etapa de ejecución a marzo de 2026

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN EN ETAPA DE EJECUCIÓN A MARZO DE 2026

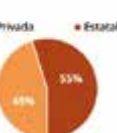
(1) Monto total: \$US444.427.

FUENTE: Consejo Minero en base a Códigos 2025.

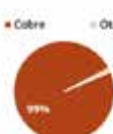
Tipo de proyecto



Tipo de empresa



Tipo de mineral



Tipo de mina



Fuente: Consejo Minero

Planificación y desarrollo

Juan Ignacio Guzmán enfatiza en que el proceso de una transición una operación no es lineal: “Una faena puede operar por años como sistema mixto rajo-subterránea y el cuello de botella puede estar en desarrollo mina, manejo de mineral, chancado subterráneo, ventilación o planta. Por ello, el éxito depende menos de declarar un método y más de sostener productividad, seguridad y predictibilidad geomecánica durante el ramp-up”.

“La minería subterránea chilena es una capacidad país. Su importancia excede el porcentaje reportado en una serie agregada porque permite extender la vida de distritos históricos, capturar recursos profundos, reducir huella superficial incremental y sostener cadenas de proveedores especializadas. El desafío de la próxima década será demostrar que la transición puede ser segura, gradual y rentable, combinando geología de alta confianza, ingeniería de desarrollo, permisos, tecnología operacional y cultura de seguridad”, agrega el especialista.

Por otra parte, Constanza Espinoza destaca el hecho que “en Chile contamos con el orgullo de Chuquicamata Subterránea, un hito de la ingeniería local que demostró la viabilidad de reconvertir una operación histórica mediante block caving. A nivel internacional, experiencias como Palabora en Sudáfrica o Grasberg en

Indonesia nos confirman que una planificación temprana, una adecuada gestión técnica y una cultura de anticipación basada en datos son las únicas garantías de éxito”.

“Al final del día, extraer mineral requiere técnica, pero construir el futuro exige visión. El mañana de nuestra industria se jugará en la profundidad de la roca, pero se resolverá en nuestra capacidad para adoptar la tecnología con sentido humano, audacia técnica y una mirada de largo plazo”, plantea la gerente general del IIMCh.

Proyecciones

De cara a los próximos años, Juan Ignacio Guzmán considera que “el futuro de la minería subterránea en Chile hacia 2034 depende fundamentalmente de la estabilidad operacional de El Teniente, así como de la continuidad y ramp-up de Chuquicamata Subterránea, y en menor medida de la reposición de reservas en la mediana minería de Atacama, y entrada de proyectos subterráneos o de transición como Arqueros, Romeral Fase V y El Soldado si

cumplen permisos, ingeniería y financiamiento”.

“Hacia 2034, la participación porcentual de la minería subterránea no necesariamente crecerá en el corto plazo, porque el rajo abierto seguirá dominando el tonelaje nacional. Su función estratégica será de continuidad y reposición de distritos maduros más que de expansión inmediata de participación. En proyectos brownfield, el valor se captura sólo si el desarrollo subterráneo se sincroniza con chancado, traspasos, correas, molienda, flotación, mantenimiento, permisos, agua y energía”, asevera. **mch**

La minería subterránea posee un relevante rol entre los pequeños productores.

La tecnología posibilita elevar los estándares de sostenibilidad de las faenas.



Foto: Gentileza Ministerio de Minería



Foto: Gentileza AMTC