



**PROYECTO  
FUTURO**

## **CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA**

# **UN NUEVO GIGANTE**

- La mina a rajo abierto más grande del mundo dejará de serlo en ocho años más. Luego de un siglo de extracción, el 2018 cerrará sus faenas al aire libre, para sumergirse bajo tierra y convertirse en una de las tres minas subterráneas más grandes del mundo.
- Ya se trabaja a 600 m de profundidad en la construcción de túneles de exploración, que a la fecha suman 15 kilómetros. Nace un nuevo gigante.

PAULA CHAPPLE C.  
PERIODISTA REVISTA BIT



## FICHA TÉCNICA

### MINA CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA (PMCHS)

**UBICACIÓN:** Instalaciones industriales de División Codelco Norte, comuna de Calama, provincia de El Loa, II Región de Antofagasta

**MANDANTE:** Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP) de Codelco

**INGENIERÍA BÁSICA:** Hatch

**MÉTODO DE EXPLORACIÓN:** Block Caving, en configuración de Macrobloques

**INICIO OBRAS DE CONSTRUCCIÓN:** 2011

**FECHA ESTIMADA TÉRMINO PROYECTO:** Fines de 2019

**INVERSIÓN TOTAL ESTIMADA:** US\$ 2.100 millones

**ETAPA DE DESARROLLO ACTUAL:** Ingeniería básica y Exploración para Ingeniería de Detalles

**INVERSIÓN ETAPA EN CURSO:** US\$ 85 millones en ingeniería y US\$ 65 millones en exploraciones

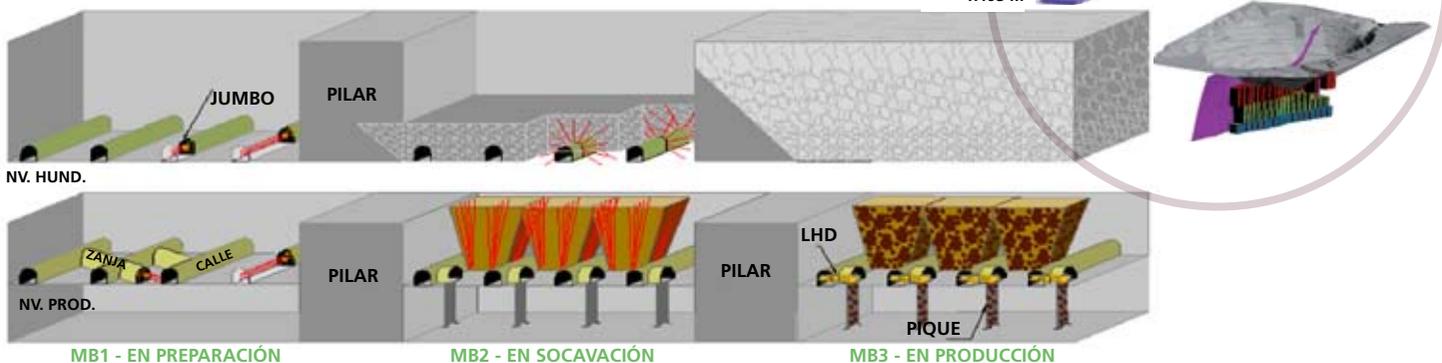
**A** PARTIR DEL 2018 y por los próximos 50 años, Chuquicamata será una mina subterránea. Claro, porque a 1.650 km al norte de Santiago, se está por comenzar a construir un nuevo gigante. Es el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea (PMCHS), que gestiona y ejecuta la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP) de

Codelco, para la División Codelco Norte (DCN). La iniciativa consiste en la transformación del rajo abierto más grande del mundo en una monumental operación bajo tierra, que permitirá explotar parte de los recursos que quedarán bajo el actual yacimiento, el cual comenzó sus operaciones en 1910 y dejará de ser rentable hacia fines de la presente década. Bajo el actual rajo se han detectado cerca de 1.700 millones de t en reservas de mineral de cobre (ley 0,7%) y molibdeno (499 ppm), que representan más de 60% de lo explotado en los últimos 90 años.

Los nuevos recursos permitirán un período de operación de 45 años aproximadamente, precedida por una fase de construcción y puesta en marcha cercana a 10 años. “La opción técnica y económica aconseja explotar estas reservas a través de la construcción de una mina subterránea, que será una de las más grandes, modernas y eficientes del mundo”, señala Sergio Fuentes, gerente del proyecto Chuquicamata Subterránea. La producción está precedida por una fase de construcción de 8 años, fundamentalmente determi-

Esquema del método de explotación de hundimiento de bloques, en nivel hundimiento y en nivel producción. Al lado, configuración minera con 4 niveles de explotación, caracterizados por las cotas de los respectivos niveles de hundimiento.

1.841 m  
1.625 m  
1.409 m  
1.193 m



nados por el desarrollo de extensos túneles y piques, necesarios para accesos, producción y ventilación. Los estudios indican que el 2018 el rajo abierto debe dejar de operar. Por ello, las obras del nuevo proyecto están programadas para el primer semestre de 2011. Revista BiT adelanta los desafíos y métodos constructivos. Entremos a una de las futuras minas subterráneas más grandes del planeta. Un nuevo gigante.

**EXPLORACIÓN**

Las reservas mineras a ser explotadas por la mina Chuquicamata Subterránea corresponden a una extensión en profundidad del mismo yacimiento explotado actualmente mediante rajo abierto. Se ha identificado que estos recursos se extienden a una profundidad superior a los 700 m, medidos desde el fondo del rajo que se explota en la actualidad, con una extensión aproximada de 2,5 km

en el sentido Norte-Sur y 450 m promedio en el sentido Este-Oeste.

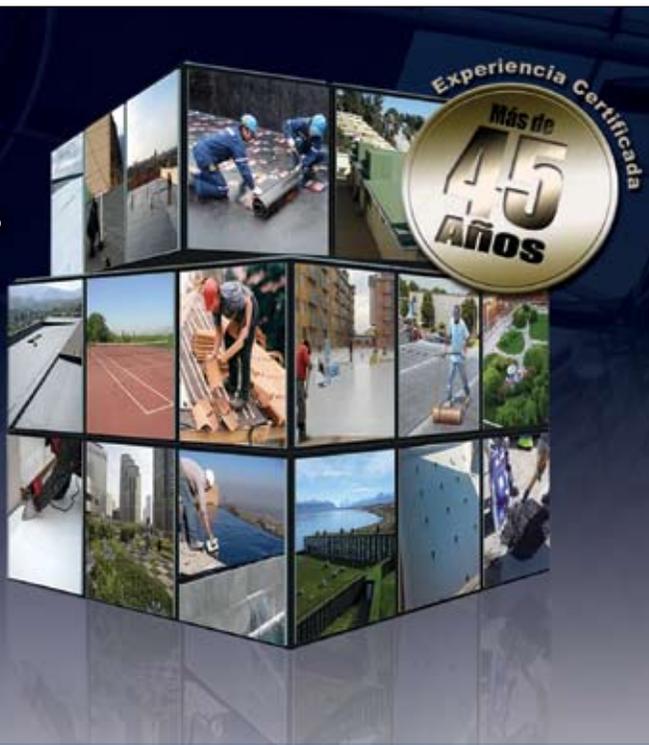
Derivado de una década de estudios de ingeniería, el proyecto ha establecido que la explotación se desarrollará aplicando el método de hundimiento por bloques, en configuración Macro Bloques, con el proceso de extracción "Block Caving mecanizado con LHDs" (ver esquema página 66), nombre que se deriva del tamaño de los bloques diseña-

www.pulsa.cl

**Calidad que supera las mayores exigencias**

**Algunos de nuestros productos son:**

- Membranas asfálticas
- Membranas EPDM
- Membranas TPO
- Poliuretanos para losas transitables
- Poliuretanos modificados con asfalto
- Sistema Roof Garden (cubiertas vegetales)
- Cementicios
- Y mucho más...



Avda. Pedro de Valdivia 2319, Providencia, Santiago - Chile  
Tel.: (56-2) 799 8700 - Fax: (56-2) 371 5101

Para mayor información: [asistenciatecnica@asfalchilemobil.cl](mailto:asistenciatecnica@asfalchilemobil.cl)

**www.asfalchile.cl**



Representante en Chile de:





Se han construido cerca de 15 km de rampas de exploración desde el interior del rajo Chuquicamata, parte de las cuales se ubican en profundidad (bajo el fondo del rajo actual) y en pleno cuerpo del mineral que será explotado vía extracción subterránea.

túneles y piques, equivalente a la distancia entre Calama y La Serena. Impresionante.

### INFRAESTRUCTURA

Para su funcionamiento, Chuquicamata Subterránea requiere contar con unidades de apoyo en el interior mina y en superficie, instalaciones que permitirán asegurar un servicio integral para su operación. El primer año de ejecución del proyecto (2011) se iniciará la construcción y habilitación de aproximadamente un 40% de la infraestructura en superficie y el 60% restante, gradualmente, hasta el año 8. En tanto, del año 9 al 45 se construirá la Infraestructura Subterránea Nivel 2, 3 y 4. Un aspecto importante, existen obras de infraestructura permanente y temporal. Las primeras sustentan la operación durante toda la vida útil del proyecto, tanto

dos. Éstos varían entre 2,2 y 5,5 hectáreas, superficie superior si se compara con los mayores bloques explotados en las minas en la década de los '80, cercanos a 1,5 hectáreas.

Bajo esta modalidad, Chuquicamata Subterránea comprenderá cuatro niveles de explotación definidos por las cotas de los respectivos niveles de hundimiento: 1.841 m, 1.625 m, 1.409 m y 1.193 m (ver esquema página 66), generando 216 m de altura de

columna media de mineral in situ entre niveles. La macrosecuencia de explotación del cuerpo se inicia en la parte superior y secuencialmente avanza en profundidad.

De esta forma, se prevé una tasa de producción en régimen de 140.000 t de mineral por día (tpd), lo que significará una producción de 340.000 t de cobre fino y más de 18.000 t de molibdeno fino al año. Durante la vida de la mina se desarrollarán cerca de 1.000 km de



## ANTOLIN CISTERNAS Y CIA S.A.

PRESENTES EN LA CONSTRUCCIÓN, ENERGÍA Y MINERÍA



**ARRIENDO BOMBAS DE HORMIGÓN**



**ARRIENDO DE COMPRESORES**



**FORTIFICACIÓN DE LADERAS**



**EXCAVACIÓN EN ROCA**

### OBRAS

- Minería subterránea
- Excavaciones abiertas en roca
- Sostenimiento de taludes
- Hormigón proyectado
- Colectores aguas lluvia
- Obras metro subterráneo
- Obras civiles

### ARRIENDOS

- Compresores (presión normal y alta presión)
- Grupos electrógenos
- Scoop
- Mixer bajo perfil
- Robot shotcrete
- Dumper
- Jumbos
- Shotcreteras
- Torres de iluminación
- Truck drill hidráulicos
- Camiones aljibe
- Unidades esparcidoras de sal
- Camiones tolva

**SECTOR PORTAL SURESTE.**  
Por esta área saldrá el material hacia la superficie.



en superficie como al interior mina. La construcción de las Obras de Infraestructura Permanentes se extenderá hasta el 2018. Las faenas temporales apoyan la operación sólo para el nivel que han sido construidas, siendo desmanteladas en la medida que la explotación se agota y deja de operar.

El 2011 se inicia la construcción de las siguientes Obras de Infraestructura Permanente Inicial (OIPI), para terminar a principio del 2014: Dos rampas de acceso principal, una para la correa principal, dos de inyección de aire, un pique de extracción de aire, infraestructura de apoyo para construcción (instalaciones en superficie definitivas) y caminos.

## OBRAS PERMANENTES EN SUPERFICIE

■ **Servicios de apoyo:** construcción de aproximadamente 20.000 m cuadrados. Se considera taller de mantención mayor, muestra, bodega principal de materiales, infraestructura de arriendo de equipos y su mantenimiento, unidad de rescate mina, policlínico para la atención primaria de salud y estación meteorológica.

■ **Patio de materiales** de salvataje y

stock de áridos (55.500 m<sup>2</sup>), polvorines (22.000 m<sup>2</sup>) y la planta de tratamientos de aguas (6.000 m<sup>2</sup>), emplazados en superficie y distanciados del barrio cívico.

■ **Barrio cívico** para la instalación de oficinas, casino, sala multiuso, salas de control, estacionamientos, bodegas, talleres, policlínico, estaciones de combustibles, estanque de agua industrial, estanque de agua potable y planta de tratamiento de aguas servidas.

■ **Stock Pile o acopio** de mineral en superficie con una capacidad de almacenamiento mínimo de 90.000 t vivas (mineral que es posible extraer sin equipos de apoyo) que en su parte inferior contará con un sistema de manejo de minerales que permitirá el carguío a la correa Overland.

## OBRAS PERMANENTES INTERIOR

■ **Dos rampas de acceso principal** de trazado recto descendente y longitud aproximada de 7.600 m cada una. Se destinará un túnel sólo para el ingreso y el otro para el egreso de vehículos, cada uno con una pendiente descendente promedio de 8,75%, definida desde el portal de ingreso ubicado al su-

reste del actual yacimiento hasta la primera rotonda vehicular, cercana al primer nivel de explotación.

■ **Una rampa para la correa** para el transporte principal de mineral, con un trazado recto y longitud aproximada de 7.000 m, y formada por correas en serie con pendiente ascendente desde interior mina de 15%, que conducirá el mineral desde interior mina al stock pile en superficie.

■ **Sistema de ventilación principal** mina, formado por siete rampas de inyección de aire para ventilación principal, de aproximadamente 4.500 m de longitud cada una y 15% de pendiente negativa, que se ubicarán a unos 5 km al noreste del actual rajo de Chuquicamata. Dos piques de extracción de aire para ventilación principal de 11 m de diámetro de sección final y 1000 m de longitud aproximada.

■ **Infraestructura eléctrica** que permanecerá operativa durante toda la vida útil del proyecto: Se contempla una Subestación Eléctrica (S/E) Transferencia 1 y 2, una S/E Drenaje, otra S/E Sistema de Silos y S/E Panel.

■ **Rampas de acceso** a los distintos niveles de interior mina.

## DESAFÍOS CONSTRUCTIVOS

Hasta la fecha se han construido 15 km de túneles de exploración desde el interior del rajo Chuquicamata, parte de los cuales se ubican en profundidad (bajo el fondo del rajo actual) y en pleno cuerpo del mineral que será explotado de forma subterránea. Los túneles de exploración tienen una profundidad que comienza en los 2.400 m sobre el nivel del mar y llegan hasta los 1.680 m sobre el nivel del mar y sirven para reconocer con mayor exactitud los recursos de mineral que hay disponibles y las características del macizo rocoso. Es decir, estos túneles no son parte de la infraestructura definitiva del proyecto de la mina subterránea.

El método constructivo de las excavaciones iniciales será a través de perforación y tronadura, sin embargo, "se ha considerado el uso de equipamiento de última generación, de tal forma de minimizar potenciales riesgos de exposición de los trabajadores y aumentar la eficiencia en la construcción de túneles", adelanta Fuentes. "Para los desarrollos horizontales se contempla el uso masivo de equipos de gran capacidad, como jumbos robotizados de alto alcance con varios brazos de perforación, barrenadores de 6 m, camiones de 50 t y cargadores frontales de bajo perfil (LHD), entre los principales", explica Sergio Fuentes.

## MEDIDAS EFICIENTES

La ejecución del proyecto aportará al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la Comuna de Calama, declarada zona saturada por material particulado respirable durante el 2009. Por ser subterránea, su ejecución implicará una disminución aproximada del 97% de las emisiones de MP-10 con respecto a las actuales emisiones asociadas a la operación de la mina a rajo abierto Chuquicamata, transformándose en uno de los principales aportes de la División al Plan de Descontaminación de Calama.

Bajo la responsabilidad de la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (VCP) de Codelco, los diseños se orientan hacia el uso eficiente de la energía, el agua y combustibles. Se contempla motores eléctricos de alta eficiencia, la recirculación y reutilización de las aguas usadas en el proceso. En el ámbito de las ERNC, se considera el aprovechamiento de la energía solar y su utilización en los sistemas de agua caliente para uso del personal.

Los túneles de exploración se ejecutan para reconocer los recursos de mineral y las cualidades del macizo rocoso.



Los desafíos constructivos de rampas y piques están asociados a mayores dimensiones a las habitualmente construidas en la minería nacional. “La preparación de la mina subterránea requiere habilitar el acceso a ella. Por esta razón, la ubicación de las rampas está a una distancia tal del rajo que permite ubicarnos debajo de él, sin poner en riesgo la infraestructura existente”, detalla Fuentes.

Respecto a la fase operacional, el gran desafío tecnológico estará centrado en el Proceso de Transporte Principal de Mineral, cuya configuración de dos tramos en serie elevarán el mineral casi 1.000 m de altura para descar-

garlo en superficie sobre el Stock Pile. Este sistema de aproximadamente 50 MW de potencia instalada –será el mayor del mundo–, contempla el uso de la cinta ST-10.000 –actualmente en testeo en Alemania– y sistemas motrices especiales para su aplicación.

Para esta fase, también se contempla el uso de equipos de perforación cuya operación sea automática, de manera de maximizar su rendimiento y minimizar la exposición de los operadores a condiciones de riesgo. Asimismo, se considera la utilización de equipos de fortificación robótica y full mecanizada.

El inicio de las obras está programado para

el primer semestre de 2011. Se contempla el montaje de correas transportadoras, chancadores y ventiladores, entre los equipos más relevantes. En futuras ediciones se investigará con mayor profundidad este gigante minero, una vez que la obra presente mayor grado de avance. Es el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea. Un nuevo gigante. ■

[www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

#### ARTÍCULOS RELACIONADOS

“Mina Radomiro Tomic - Chuquicamata. Uniendo Gigantes”. Revista Bit N° 71, Marzo de 2010, pág. 24. Fotos gentileza Codelco.

#### ■ EN SÍNTESIS

**El yacimiento a rajo abierto más grande del mundo está llegando al límite de su vida útil, por lo que se optó por seguir su explotación bajo tierra. En la actualidad el nuevo proyecto Mina Chuquicamata Subterránea se encuentra en etapa de factibilidad, y se han construido 15 km de túneles de exploración, ubicados justo debajo del rajo de Chuquicamata. En 2018, se estima que producirá cerca de 140 mil t de cobre por día.**

BIT 74 SEPTIEMBRE 2010 ■ 69



INNOVACION

DESDE  
**100** PRE  
ANOS 1910 • 2010

Desde hace **100 años** en todo el mundo, y 68 años en Chile, **constantemente innovando.**



[www.sika.cl](http://www.sika.cl)

Innovation & Consistency | since 1910

# Vivir el progreso.

## Las grúas sobre orugas universales de la serie HS.

- Aplicaciones universales y diversas
- Construcción de gran robustez para trabajos en condiciones extremas
- Técnica de accionamiento de gran rendimiento
- Dimensiones de transporte optimizadas



Liebherr Chile S.A.  
Av. Nueva Tajamar 481, Of. 2103 y 2104  
Edificio World Trade Center, Torre Sur  
Las Condes, Santiago - Chile  
Phone Office: +56-2-5800717  
Fax Office: +56-2-5848029  
[www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)

# LIEBHERR

El Grupo

# Para conocer los costos del proyecto antes, durante y después del Presupuesto



Con los más avanzados recursos de Windows podrá componer y ajustar el presupuesto a partir de bases de datos con precios y partidas de proyectos anteriores.

En esta versión, Presto ha cambiado el motor de base de datos, dando mayor agilidad al trabajo multiusuario, por un eficiente sistema de cliente servidor, pudiendo acceder a una obra en una base de datos SQL.

Utilice las más potentes mediciones con expresiones, fórmulas y referencias. Recupere las mediciones automáticas de los programas de CAD más usados, mediante enlaces bidireccionales. Gestione modificaciones, aumentos de obra y estados de pago.



Obtenga de forma automática el diagrama de barras a partir del presupuesto. Modifique duraciones, traslapes, cantidad de equipos y precedencias o altere las fechas manualmente y vea el resultado integrado entre costos y tiempos. Exporte el presupuesto a otros software gestores de proyectos como MS Project.

La utilidad de Presto no termina con el presupuesto. Compare ofertas, planifique económicamente ingresos y costos, programa la ejecución de la obra y realice toda la gestión de control de costos y bodega.

Use y personalice más de cien informes predefinidos. Importe y exporte los informes en múltiples formatos como ASCII, MS Access, HTML, RTF (Word), y PDF. Envíe los onformes a Excel con fórmulas. Cree sus propias macros con Visual Basic.



Aminfo Ltda.  
 Huelén 224 Of. 201  
 Providencia. Santiago  
 Fono: (2)3749980 - Fax: (2)2364527  
 comercial@aminfo.cl  
 www.aminfo.cl - www.prestosoftware.cl