

■ El proyecto consistió en una ampliación de la mina a rajo abierto y la incorporación de una nueva línea de chancado, molienda y flotación en la planta concentradora ya existente. ■ Numerosos desafíos técnicos en terreno, uno de los más importantes, la logística y el crudo clima invernal, que determinaron la construcción de tres cavernas subterráneas de grandes dimensiones. Retos montaña adentro.

**PLAN DESARROLLO
ANDINA FASE I**

MONTAÑA ADENTRO

U

N GIGANTE MINERO se encuentra en plena Cordillera de Los Andes, a 50 km al noreste de Santiago, bajo la explotación del yacimiento Río Blanco, cuyas operaciones se desarrollan entre los 2.000 y 4.200 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m) Hablamos de la División Andina de Coldelco, donde la Vicepresidencia de Proyectos (VP), concluyó la ejecución del Plan Desarrollo Andina Fase I (PDA), que contempló una ampliación de la mina rajo de 25 ktpd a 60 ktpd de mineral.

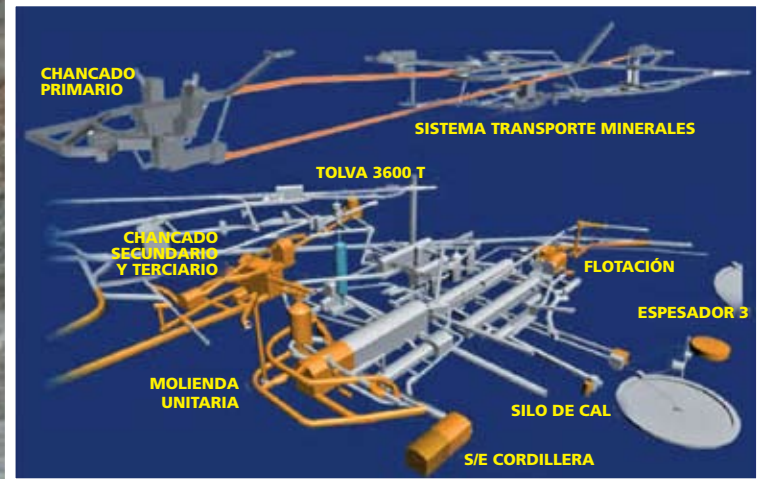
PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT



GENTILEZA COBELCO

PDA FASE I

En gris las instalaciones existentes y en naranja las intervenciones de sistemas existentes y las nuevas plantas que incorporó el proyecto.



GENTILEZA SALFACORP

En las imágenes se muestra el montaje de los chancadores, para lo cual se construyó una caverna de 40 m de largo por 20 de ancho y 34 de alto.

FICHA TÉCNICA

PLAN DESARROLLO ANDINA FASE I

UBICACIÓN: Cordillera de Los Andes, a 50 km al noreste de Santiago, bajo la explotación del yacimiento Río Blanco

MANDANTE: Vicepresidencia de Proyectos, Codelco

CONTRATISTAS: Salfa Montajes en área Chancado y Flotación; e Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers S.A. en área de Molienda

PLAZO DEL PROYECTO: Desde el 10 de enero de 2007 hasta su cierre el 31 de diciembre 2010

COSTO DE INVERSIÓN: US\$ 1.125.000 millones

PRINCIPALES OBRAS

- Cambio de alimentadores del chancador existente Don Luis
- Repotenciamiento del sistema de transporte de minerales
- Tolva de 3.600 t
- Tolva de 26.000 t
- Planta de chancado secundario / terciario con equipos de 1.000 HP
- Planta molienda unitaria basada en un molino de 17.500 HP (motor anillo)
- Planta de flotación con 8 celdas rougher de 130 m³ y 4 celdas de barrido de 38 m³
- Equipos en remolienda: dos molinos torre de 1.250 HP
- Subestación eléctrica

“El desarrollo contempló aumentar la capacidad de la planta concentradora desde 72.000 tpd (toneladas por día) a 94.500 tpd nominales, mediante el mayor procesamiento del área de Chancado Primario, el potenciamiento del Sistema de Transporte de Mineral, la incorporación de una nueva planta de Chancado Secundario y Terciario, unidad de Molienda (Molino Unitario) y la ampliación del proceso de Flotación Colectiva y Selectiva, Sistema de Transporte de Relaves, y sistemas de infraestructura asociados”, comenta Jorge Blanco, gerente del proyecto PDA Fase I de Codelco.

En general, el desarrollo se realizó subterráneamente, mediante la construcción de cavernas para alojar el nuevo equipamiento. La planta, previa ampliación, se componía de dos líneas de producción destinadas al tratamiento de 72 ktpd de mineral: Molienda Convencional con tres secciones de molinos de barra y bolas que procesan 30.000 tpd y un molino unitario de 5.000 tpd; y Molienda semiautógena SAG de 37 mil t por día.

¿Desafíos?, muchos. Partiendo por la logís-



1

CAVERNA Y PLANTA DE CHANCADO

1. Fundaciones de los chancadores secundarios y terciarios.
2. Montaje de estructura metálica en caverna de chancado.
3. Chancador izado para ser posteriormente montado.
4. Parte del chancador montado a las bases de hormigón y su posterior conexión a los sistemas de cañerías y correas.



2

GENTILEZA SALFACORP



3



4

GENTILEZA CODELCO

tica de trabajar en la Cordillera, la interconexión de los procesos existentes con los nuevos, y el montaje de equipos de gran tonelaje. Pero sin duda que el mayor de los retos fue el clima invernal que obligó a construir tres cavernas que alojaron los nuevos equipos. Gigante montaña adentro.

CAVERNAS

Las faenas mineras se construyeron en cavernas con acceso directo a la superficie, a través de túneles. Estas áreas las construyó Codelco y las entregó a los contratistas, previo inicio de la construcción de las nuevas áreas de proceso. “Las cavernas eran vecinas a las ya existentes y con equipos en operación,

por lo que el control de la ventilación fue clave en el desarrollo del proyecto, de manera de no afectar la producción de Andina. De este modo, se consideraron circuitos de ventilación en todo momento de las etapas constructivas”, postula Jorge Blanco.

Los métodos constructivos de las cavernas consideraron el uso de tecnología de última generación para minimizar las vibraciones producidas por las tronaduras,

lo que redujo la exposición al riesgo de los trabajadores por transportes de explosivos. La excavación minera se realizó en forma continua, comenzando a inicios del 2007, y terminando con las cavernas para tolvas de almacenamiento de material a fines del 2008.

“Se construyeron cavernas de grandes dimensiones para albergar las instalaciones de las plantas de chancado, molienda y flotación. Estas cavernas vecinas a las existentes e interconectadas con éstas, se construyeron en roca de buena calidad geomecánica, generándose en el proceso constructivo un área superior e inferior en paralelo, mediante galerías piloto, realizándose el ensanche en todo el sector superior, fortificándose el techo, y generándose

CLIMA Y LOGÍSTICA

LAS CONDICIONES DE CLIMA al interior del cajón Río Blanco, estadísticamente en una temporada invernal normal (01 de mayo al 30 de septiembre) dejan una cantidad aproximada de 12 m de nieve acumulada. Debido a lo anterior, "durante el proceso constructivo del proyecto, los trabajadores debieron vivir el régimen de encierro, por el cierre de caminos que experimenta la División Andina", relata Jorge Blanco. Estos encierros fueron llevados a cabo en campamentos habilitados, para tales efectos, al interior de la mina subterránea. Los regímenes no fueron superiores a 7 días. Las superficies de trabajo en temporada invernal se encontraban en su mayoría cubiertas por hielo, lo que incrementó el riesgo de caída a mismo y distinto nivel al interior de cavernas y túneles cercanos a superficie (portales principales de ingreso, portales de inyección o extracción). El proyecto fue apoyado en todo momento por un área específica de control, la cual se denominó "Disciplina de Invierno", cuyos integrantes tenían las competencias adecuadas para guiar los trabajos y dar las directrices para sacar adelante los trabajos planificados, sin exposición a riesgos innecesarios.



chimeneas para cara libre y comenzándose el rebaje en bancos", señala Blanco.

AMPLIACIÓN - CHANCADO

Entremos a las nuevas obras. La ampliación de la planta de procesos se basa en una nueva línea de chancado secundario/terciario, molienda unitaria y flotación con capacidad nominal de 22.500 tpd, alimentada desde el chancador primario existente Don Luis.

Para empezar, el chancado se compone de dos chancadores secundarios y uno terciario, que reducen el tamaño de las rocas traspasadas desde el chancador Don Luis. La caverna construida para el nuevo sector de chancado fue de 40 m de largo por 20 de ancho y 34 de alto, lo que significó remover un total de 46.500 m³ de roca.

El chancador primario (tipo giratorio de 54' x 74" con motor de 600 HP), es alimentado con mineral proveniente del rajo y del III Panel proveniente de la mina subterránea, a través de un sistema de traspaso de mineral que alimenta dos tolvas reguladoras. El transporte entre las etapas de chancado ubicadas en mina subterránea y planta concentradora se realiza por correas transportadoras subte-



PLANTA TRATAMIENTO MAPOCHO

PERI – SISTEMA DE ENCOFRADOS Y ANDAMIOS

La solución más versátil, fácil y rápida para sus proyectos



Encofrados
Andamios
Ingeniería

www.peri.cl

rráneas. El producto del chancador descarga en una tolva, desde donde el mineral es vaciado mediante un alimentador de correa, que conecta con la correa A-3. Esta a su vez alimenta la correa de transferencia A-4, que conduce el mineral a través de un túnel para descargarlo en la tolva de traspaso. El mineral es vaciado desde la tolva mediante el alimentador de correa A-5, que sustenta la correa A-6. Esta última descarga en la correa transportadora A-7, que alimenta el área de prechancado o directamente la tolva SAG. “El proyecto PDA Fase I reemplazó bajo un nuevo diseño, los alimentadores de correa de la línea de producción (A-2 y A-5), con sus respectivos chutes de descarga y electroimán del alimentador A-2. La correa A-3 se reemplazó también y se realizaron diversas modificaciones y adaptaciones aguas abajo de dicho alimentador, como por ejemplo en la correa A4, donde se reemplazó el sistema motriz aumentando la velocidad y el porcentaje de carga y se cambió el chute de descarga”, señala Blanco.

Por su parte, la correa A-6 se modificó considerablemente, por condición de tamaño máximo de rocas a transportar y para evitar una velocidad superior a la actual, aumentando su ancho de cinta de 42” a 54” y cambiando el diseño de polines, tanto de transporte como de retorno.

Nos detenemos en este repotenciamiento de las correas. Una de sus protagonistas fue la cinta A-7. Como había que incorporar el nuevo sistema al circuito existente, “se ejecutó en base a una parada de planta programada de 40 días y 40 noches. Se redujo la producción de División Andina y se trabajó a un 40% de la capacidad de manera de incorporar el sistema nuevo repotenciado. Sólo flotación y molienda unitaria quedaron operando, deteniéndose el sistema de transporte por correas. Lo más emblemático fue la modificación y repotenciamiento de la correa 7, de 5 km de largo entre eje y eje, y 72 pulgadas de ancho, que opera a lo largo de un túnel. Se retiró y reemplazó completa, reforzando la estructura soportante”, comenta Jorge Cumicheo, gerente de operaciones de Salfa Montajes.

“Como se trataba de un área operativa, no



GENTILEZA SALFACORP

1

CORREAS TRANSPORTADORAS

1. Camión enrollador de cinta transportadora al interior del túnel.
2. Alineamiento de correa M6.
3. Cuadratura de mesa de correa M6 al interior del túnel.



2



3

estaba pensada para el ingreso de una nueva correa, por lo que el desafío consistió en entrar y salir con los carretes con la correa nueva y salir con los carretes enrollados de la correa existente, para lo cual se debió implementar un camión especialmente diseñado para estos fines. Dadas las restricciones de espacio en altura de la caverna donde debíamos descargar y luego cargar, los carretes los bajábamos a través de maniobras a la soportación especialmente diseñada para este trabajo y desenrollábamos la cinta bajándola por un vano a la cola de la correa 6, donde estaba la mesa de pliegue de la cinta N°7, en base a huinches y poleas que permitían el doblado y tiro respectivamente. Estuvimos cerca de un mes y medio desenrollando carretes y cuando teníamos la cinta plegada, se instaló el enrollador que haría el tiro y paso definitivo de la correa, la cual se empalmó a la correa existente”, comenta Manuel Bolados, administrador de obra de Salfa Montajes.

Otra correa que demandó retos fue la 51. Su complejidad radicaba en que era más ancha, por lo que hubo que agrandar el túnel en un metro de ancho, a lo largo de 40 metros. La faena se conoce en minería como desquincar, pero en este caso se debía ejecutar con la correa existente en operación. “Fue un tra-

bajo previo a la parada de planta. Nos asesoramos por especialistas que se dedican a la faena de deflagración, en base a un gas explosivo, llamado NONEX. Para esto se perforaba la pared de roca en base malla de tiro calculada por especialistas mineros y se instalaban los cartuchos que generan una explosión que fracciona en trozos la roca, de manera de no proyectar una explosión masiva”, prosigue Bolados.

Pero hubo más desafíos: el montaje de equipos de gran tonelaje y el clima. “En faenas mineras convencionales, en que las plantas están ubicadas en grandes áreas y sin restricción de espacios, se instala el puente grúa y con él se montan los equipos pesados apoyado por grúas externas que pueden entrar y salir del área. “En caso del PDA Fase I no fue así. Debido al reducido espacio al interior de la caverna y los plazos comprometidos, lo que hicimos fue introducir una grúa de 160 t, y la posicionamos dentro de la caverna en la ubicación que permitió avanzar en las especialidades de obras civiles, estructura, mecánica, piping, electricidad e instrumentación. Fuimos avanzando de manera de no depender solamente del puente grúa, agregando un gancho más para el izaje y tener un avance coordinado entre las especialidades, disminuyendo al



CAVERNA Y PLANTA DE MOLIENTA

La caverna de molienda unitaria es la mayor de las que se construyeron para la ampliación del PDA. Sus dimensiones son de 54 m de largo por 28 de ancho y 37 de alto.

mínimo los tiempos de interferencias con áreas ordenadas, comenta Cumicheo.

“Al principio partimos bien porque había espacio y teníamos el margen para introducir equipos al interior de la caverna. Por otra parte, Andina es una quebrada, donde prácticamente existe el camino industrial y éste va derivando en cada caverna. Pero como todo se llena de nieve, prácticamente no hay espacios de almacenamiento afuera, por lo que tampoco se pueden dejar los equipos. La solución fue llegar con lo justo por día, una programación rigurosa en donde no podíamos dejar los equipos en el exterior, ya que las temperaturas bordean los -10, pero la sensación es -36°”, cuenta Bolados.

Importante de mencionar es el nuevo diseño de la planta, que contempló la instalación, bajo una nueva tolva de 3.600 t, construida en roca, de un nuevo alimentador M1 que descarga a la correa M2 y vacía directamente en el harnero de 10' de ancho por 24' de largo. El producto chancado descarga en la correa M3. Ésta deposita en la correa M5 que a su vez descarga en la correa M6, la que termina en un silo excavado en roca de 400 toneladas. El producto chancado cae en la correa M3 para ser nuevamente clasificado en los harneros terciarios, creando en esta etapa el circuito cerrado. El bajo tamaño de esta etapa de clasificación descarga sobre la cinta M7,

que vacía en una tolva de almacenamiento de mineral de 26.500 t, excavada dentro del macizo rocoso, para alimentar la Molienda Unitaria nueva, “tolva que fue un esfuerzo poder concluirla en los plazos señalados y que marcó también una de las rutas críticas del proyecto”, resalta Jorge Blanco.

MOLIENDA

La nueva sección de molienda unitaria está diseñada para procesar 22.500 tpd de mineral. El equipo principal es un molino de bolas de 25' x 37', de tecnología de última generación, accionado por un motor con sistema tipo anillo de 17.500 HP (caballos de fuerza), alimentado por la etapa de chancado secundario/terciario, vía una tolva de almacenamiento nueva de 26.500 t de capacidad, construida en roca. Para albergar estos equipos se construyó la mayor de las cavernas, de 54 m de largo por 28 de ancho y 37 de alto, a través de la remoción de 95.700 m³ de roca.

El molino opera en circuito cerrado directo con una batería de 13 ciclones de 26" de diámetro, y dispone de un “trunnion” y “trommel” magnético, para la remoción de las esquirlas de hierro producto del desgaste de las bolas de molienda (chips). Se ubica en una extensión de la caverna SAG, a continuación del molino de bolas N° 2, lo que implicó construir tolvas de almacenamiento y un sistema de alimentación de bolas, paralelo al existente.

En cuanto a los equipos de levante, se extendió el recorrido de los puentes grúa y se incorporó uno nuevo con capacidad para 60 t que en conjunto pueden prestar servicio durante períodos de mantenimiento en toda la nave de molienda SAG.

Presec, El Adhesivo Cerámico Que está Pegando



Nueva Fórmula
de Alta Tecnología.



Máxima Adherencia.



Fácil de Preparar.



Presec



EL CORAZÓN DE CHILE



Para mayor información técnica de nuestros productos,
contactarse al: Fono: 490 9000 · Email: presec@melon.cl



CAVERNA Y PLANTA DE FLOTACIÓN

1. Para construir la caverna de flotación se removieron 55.400 m³ de roca.
2. El reducido espacio fue protagonista de las faenas.
3. Montaje de las celdas de flotación.

arriba y con ella montamos todas las celdas”, recuerda Manuel Bolados.

El concentrado de las nuevas celdas de flotación primaria, así como el de las existentes se unen en un cajón común. Desde este cajón, mediante bombas, se alimenta un circuito cerrado inverso de remolienda, que cuenta con dos molinos verticales, de 1.250 HP cada uno, operando en circuito cerrado inverso con su respectiva batería de ciclones. “Esta modificación al circuito actual corresponde a retornar la operación del molino N° 9 a su condición original y en su misma ubicación física en

la sección C, con lo cual las tres secciones quedan en igualdad de equipos y tratamiento, logrando incrementar la potencia disponible en la molienda convencional, lo que es aprovechado por los proyectos de mejoramiento del chancado”, relata Jorge Blanco.

La expansión de Andina no termina con el PDA Fase I. En la actualidad, Codelco se encuentra trabajando en la ingeniería básica del Plan Nueva Andina Fase II, que consiste en

la expansión de la capacidad de tratamiento de División Andina en 150.000 t por día de mineral, pasando desde las 94.000 tpd alcanzadas con el PDA Fase I, a 244.000 tpd nominales. Gigante montaña adentro. ■

www.codelco.cl; www.salfacorp.com;
www.skchile.cl

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- “Chuquicamata Subterránea. Un nuevo gigante”. Revista Bit N° 74, Septiembre de 2010, pág. 64.
- “Mina Radomiro Tomic-Chuquicamata. Uniendo gigantes”. Revista Bit N° 71, Marzo de 2010, pág. 24.

■ EN SÍNTESIS

El proyecto Plan Desarrollo Andina Fase I consideró una ampliación de la capacidad de producción de la División Andina desde su situación de referencia, 72.000 tpd a un ritmo en torno a las 94.500 tpd nominales. Todas las instalaciones de la nueva línea de procesos en el concentrador subterráneo se emplazan en cavernas cercanas o bien adyacentes a las plantas actuales. Gigante montaña adentro.

GENTILEZA CODELCO



GENTILEZA CODELCO

“Lo más complejo fue la logística al interior de la caverna. Dentro de ellas no había mucho espacio para almacenar material, por lo que el movimiento de lo que había que llevar por día fue muy complejo, había que estar muy bien planificado, de manera de no tener a los trabajadores parados por falta de material”, relata Roberto Guarini, gerente técnico de Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers S.A.

El otro desafío fue el montaje de los molinos. “Dado que existía un espacio reducido para las maniobras, la operación de las grúas al interior de la caverna fue vital. Lo que hicimos fue ingresar con la grúa, montar el molino y luego seguir a pulso o con el puente grúa”, señala Matías Gutiérrez, gerente de operaciones de Ingeniería y Construcción Sigdo Koppers S.A.

FLOTACIÓN

La caverna de flotación mide 72 m de largo por 18 de ancho y 25 de alto, y fueron removidos 55.400 m³ de roca. La etapa de flota-

ción primaria se realiza en dos circuitos independientes: el existente compuesto por cuatro líneas de 9 celdas de 100 m³ y un nuevo circuito consistente en dos filas de 4 celdas de 130 m³ cúbicos.

El circuito existente es alimentado por el producto de la Molienda SAG, Molienda Unitaria nueva, sección A de la Molienda Convencional y molino unitario existente. El nuevo circuito de flotación primaria es alimentado gravitacionalmente por el producto de las secciones de molienda convencional B y C, en un nuevo cajón ubicado en la nave de molienda convencional (entre el Molino de barras N° 2 y N° 3), desde el cual se impulsa con bombas el producto al cajón de alimentación de las nuevas celdas.

En esta caverna no fue la excepción el reducido espacio. “Lo que hicimos fue construir una plataforma en altura, de manera de llegar con una grúa de 45 toneladas con la que pudimos montar los equipos, en conjunto con el puente grúa. La grúa la dejamos estacionada



TENSOCRET

SISTEMAS PREFABRICADOS EN HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

PREMIO 2010
DESARROLLO
TECNOLÓGICO



EDIFICIOS PREFABRICADOS EN HORMIGÓN AISLADOS SISMICAMENTE

LOSETA NERVADA TT*

RAPIDEZ DE CONSTRUCCIÓN

AISLACIÓN SÍSMICA