

GRANDES HITOS:

Cómo evolucionó la faena minera

La planta de concentración que comenzó a operar en 1906 era la última palabra en molienda, lo que le permitió ser reconocida en la época como la más grande, perfecta y mejor en su género en todo el mundo.

En 1905, con El Teniente, se dio inicio a la primera explotación de cobre a gran escala en Chile. La operación fue concebida con una planta concentradora con capacidad de tratamiento de 250 toneladas de mineral por día (capacidad dada por el molino); recuperaciones de 70% de metal en la fase de concentración y 94% de metal en la fase de fundición. En esos años se estimaron reservas por 250.000 toneladas de mineral con una ley promedio de 4,5%.

Para desarrollar el proyecto era necesario trasladar 4.000 toneladas en maquinaria y materiales de construcción hacia la cordillera. La idea original era hacerlo a media-

dos de 1905, pero no fue hasta la primavera que el traslado se hizo posible. Carretas tiradas por bueyes llegaron a trasladar hasta 100 toneladas diarias de equipos. Los planes de la empresa eran trasladar, instalar la planta y hacerla funcionar en junio del siguiente año.

La instalación del molino demoró casi un año y entró en operaciones el 1º de junio de 1906, dando así inicio a las faenas de concentración. La planta de concentración, de cinco pisos de altura, era la última palabra en molienda, lo que le permitió ser reconocida en la época como la más grande, perfecta y mejor en su género en todo el mundo. A cargo de la construcción de la planta estuvo el ingeniero Bradley.

Se utilizaron dos chancadores giratorios Mc Cully de rodillos y cuatro molinos Hardinge de guijarros. La planta fue el tercer ítem que concitó el mayor gasto después de la compra del yacimiento y construcción del camino.

El sistema de explotación de mineral aplicado fue el de hundimiento por bloques, que eran de 10 metros de ancho por 50 metros de largo con pilares de sostenimiento de 7 metros de ancho. Para el desarrollo y explotación del mineral se usaron doce perforadoras de aire comprimido Ingersoll y explosivo rack a rock, aunque en forma limitada se usó también la dinamita y la pólvora. El mineral era extraído de la mina en carros de



Trabajador viajando en capacho del tranvía aéreo en 1914.

Los primeros sectores que se explotaron fueron Fortuna, Teniente y Regimiento

una tonelada, movidos eléctricamente por una locomotora de 25 hp. Los primeros sectores que se explotaron fueron Fortuna (1905-1922), Teniente y Regimiento. Este último se trabajó por pocos años porque su ley era muy baja, de 0,8%. Hacia 1913 los recursos de El Teniente sumaban 50 millones de toneladas con una ley media de 2,8%.

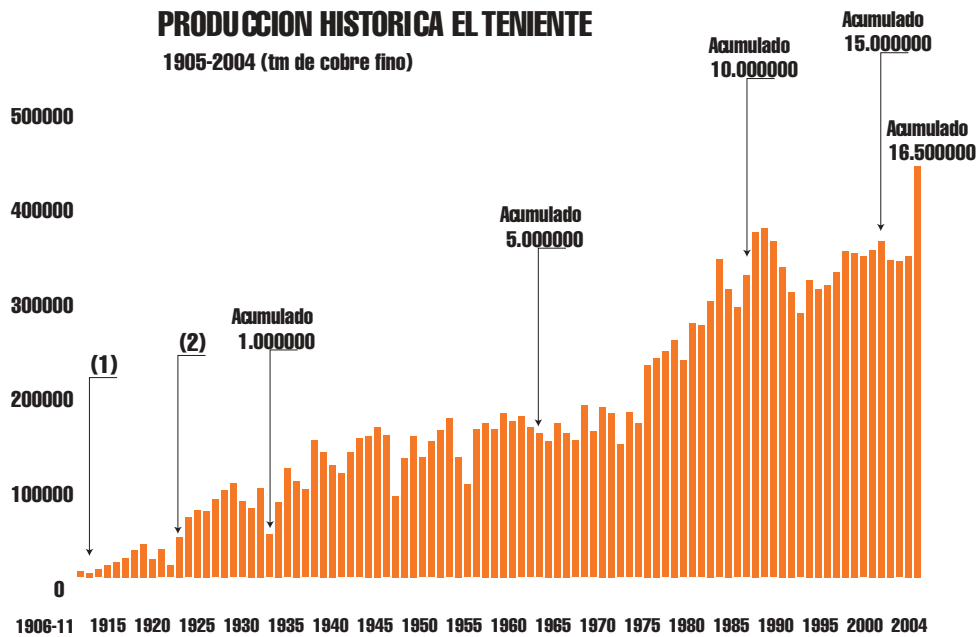
Como la mina se comenzó a explotar en 1905 y la concentración del mineral partió en 1906, durante un año se

exportó mineral de cobre en colpas con el propósito de obtener rápidamente retornos económicos. Luego, en 1906, se dio inicio a la exportación de mineral concentrado. Este se secaba en forma natural por la acción del clima en canchas debidamente preparadas para este proceso. El concentrado era depositado en sacos de 80 kilos y se exportaba por el Puerto de Valparaíso. El 1º de junio de 1906 se puso a funcionar la planta concentradora, operando las

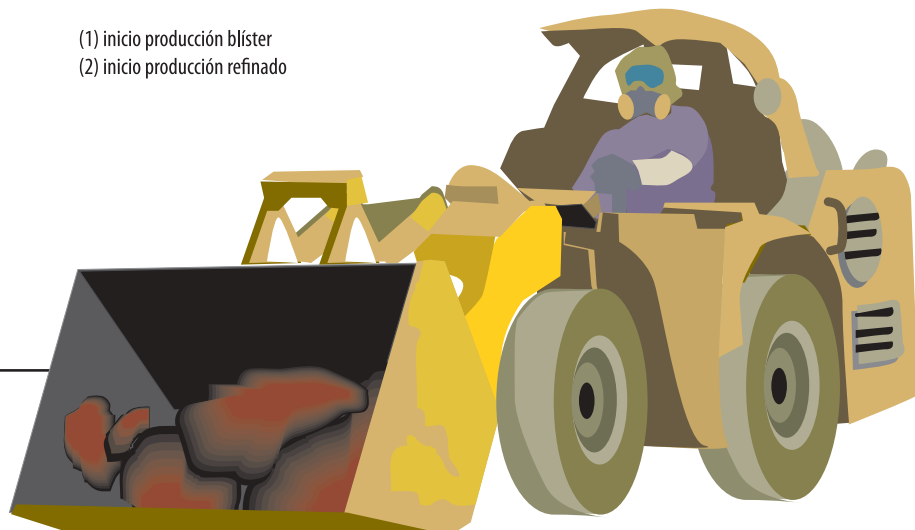
24 horas del día sin detenerse. El primer concentrado se obtuvo el 5 de junio, por eso cada año la primera semana de junio la División El Teniente celebra la Semana Molinera.

El mineral era reducido de tamaño (chancado) hasta quedar con la granulometría requerida para la molienda. Luego de esta etapa de chancado y molienda, el mineral era mezclado con agua y entraba a la última etapa del proceso que consistía en una serie de lavados, de-

PRODUCCION HISTORICA EL TENIENTE
1905-2004 (tm de cobre fino)



- (1) inicio producción blíster
- (2) inicio producción refinado



**Ya en 1950
había certeza
de que El
Teniente era
uno de los
yacimientos
de cobre más
grandes del
mundo.**

cantación, rebalse y, debido al mayor peso del cobre, se lograba separarlo de los demás elementos con que venía acompañado. En la planta trabajaban las 24 horas en turno de 8 horas cada uno. La planta (chancadores, molino y concentración) se ubicó en lo que ahora se conoce por el nombre de Sewell. La concentración se realizaba por gravedad y permitía obtener concentraciones entre 45% y 55%.

Por los años 1909 Teniente producía cerca de 6.000 toneladas de cobre.

Expansión de la planta

En 1912, con la incorporación de un nuevo molino y una nueva planta concentradora, dotada de equipos similares a los de la planta inicial, la capacidad de procesamiento pasó a 3.000 toneladas por día. Con estas mejoras la producción de El Teniente creció un 1.250% en tan sólo seis años.

Estas innovaciones tecnológicas, sin embargo, origi-

naron complicaciones, particularmente en la recuperación, la que bajó considerablemente debido al mayor tamaño de las partículas y la variabilidad del mineral, que era una mezcla de dos sectores diferentes de la mina. Fruto de ello en 1914 la producción disminuyó y se determinó cerrar la planta original el día 5 de mayo. Debido a estos problemas en el proceso de flotación, el personal de planta fue enviado a Australia para conocer y especializarse en el uso de esta nueva tecnología.

Fundición

Hasta 1911 El Teniente sólo producía concentrados de cobre, también llamado cobre mate.

El año 1907 se dio inicio a la construcción de una fundición de "eje o mata de cobre" compuesta por dos altos hornos circulares, seis pequeños tostadores cónicos, un soplador, un fuelle de fragua y dos cortas chimeneas de fierro. Esta planta, precaria, sólo permitía tratar una cuantas toneladas de concentrado. Los problemas operacionales, producto de toda clase de interrupciones, llevaron a su cierre el año 1910.

En 1909 se mandó a construir en Estados Unidos una nueva fundición que disponía de dos hornos de soplete más grandes que los anteriores, hornos nodulizadores y el primer convertidor Peirce Smith. En diciembre de 1911 se puso en marcha el primer horno lográndose producir cobre blíster. En 1912 la fundición contaba con tres convertidores Peirce Smith (dos de 40 ton y 1 de 20 ton) y dos



El oficio de punzador en la Fundición Sewell, 1914.

hornos. La fundición producía barras de 100 kilogramos y leyes de 99 a 99,5%.

Además de la fundición se construyó una planta de ácido sulfúrico, producto que abastecía a una planta experimental de lixiviación. La planta de lixiviación, cuyo objetivo era producir cobre electrolítico, no prosperó a escala comercial debido a su elevado costo.

Durante una década se pudo seguir expandiendo la concentradora y la fundición dentro del espacio existente en Sewell, pero luego se hizo estrecho para nuevas ampliaciones, por lo que en 1916 se realizaron estudios técnicos para una nueva fundición (la tercera) que sería ubicada a 6,5 kilómetros de Sewell, en Calet-

nes, nombre que se le dio por ser una zona que se asemejaba a una caleta. La nueva fundición se puso en operaciones en 1922 mientras que la antigua se desmanteló. La producción de refinado a fuego aumentó desde 32.000 toneladas en 1925 a casi 50.000 para fines de la década. Y en 1945 la producción de blíster alcanzaba 150.000 toneladas.

El desarrollo de El Teniente fue un proceso global complejo, de índole humana, productiva, técnica, industrial, empresarial, económica, social y cultural. A mediados de siglo el paternalismo ex-



Planta experimental de lixiviación.

La mina se desarrolló principalmente por galerías horizontales, piques verticales e inclinados en torno a la periferia del cráter.

tranjero había transformado al campesino en un minero de verdad.

Evolución 1945-1995

Ya en 1950 había certeza de que El Teniente era uno de los yacimientos de cobre más grandes del mundo.

Del sector Fortuna, el principal recurso hasta 1921, se extrajeron 10 millones de toneladas con un máximo de 1,7 millones en un año. Cuando decayeron las reservas de Fortuna se comenzó a explotar el sector Teniente que aumentó de 3 millones de toneladas en 1922 a 10 millones de toneladas en la década de 1950.

En 1920 El Teniente extraía 10.000 tpd. En 1943 completó los primeros 10 millones de toneladas. Desde el comienzo de las operaciones hasta 1950 la producción alcanzó 234 millones de toneladas de mineral extraído de la mina, con un contenido de 2,20% de cobre. En 1961 se cumplió el hito de haber extraído 300 millones de toneladas.

A partir de 1945 se empezó a usar perforación húmeda, no obstante seguía siendo una explotación muy esforzada. Hasta antes de 1945 se cargaban los carros a pulso, es decir, con pala de reja. Fue a principios de los cincuenta cuando se introdujo la primera pala mecánica Eimco, que trabajaba con aire comprimido de la red de la mina. La producción se cargaba directamente sobre los carros mediante el uso de buzones.

Métodos de explotación

La mina se desarrolló principalmente por galerías horizontales, piques verticales e inclinados en torno a la periferia del cráter. Con el comienzo industrial de la mina se comenzaron a abrir nuevos niveles, perfeccionando el método de explotación, con la idea de explotar el yacimiento lo más parejo posible. Para la roca secundaria el sistema tradicional de hundimiento era el más apropiado, pero a medida

que se profundizaba se fueron aplicando nuevos sistemas. Los métodos de explotación aplicados desde el inicio de la explotación fueron los siguientes:

- **Método combinado:** El primer método aplicado a El Teniente fue un sistema combinado shrinkage stopping-pillar caving, una explotación de caseroneo por realce sobre mineral y socavación, con posterior hundimiento del pilar entre caserones, cavidades que eran de forma irregular. El rendimiento de perforación y tronadura alcanzaba a 140 toneladas por hombre-turno.

Las galerías se reforzaban con maderas, principalmente traídas desde Estados Unidos. El uso de estos métodos implicaba un alto costo de enmaderación, por eso con los años la explotación fue adaptándose a las condiciones de estabilidad de la roca ampliando los niveles, el tamaño de los ca-

Construcción del proyecto Aumento Capacidad de Beneficio del PDT.

serones (ancho y largo), el grosor de los pilares, la separación entre labores de producción y la orientación de desarrollo.

• **Método transitorio de hundimiento de pilares:**

Con la experiencia del método combinado se dio paso al sistema tradicional de hundimiento de grandes masas rocosas, sin necesidad de desarrollar caserones. Esta nueva aplicación permitió bajar, entre otras cosas, el consumo de enmaderación en un 40%.

Un cambio significativo en el método ocurrió en 1939. El re-acarreo comenzó a ser eliminado de las operaciones en forma gradual, aumentando las buitrás. Fruto de ello hubo un tiempo en que la cantidad de personal en la mina cayó de 2.000 a menos de 800 personas.

• **Método de hundimiento por bloques:** El método

Luego de la chilenización del cobre, el Ministerio de Economía aprobó una inversión para aumentar la capacidad instalada de 180.000 a 280.000 toneladas anuales.



de hundimientos por bloques es utilizado contemporáneamente en yacimientos de gran extensión y altura, que es favorecida por la fuerza de gravedad y por su propio peso, permitiendo el deslizamiento del mineral a niveles inferiores. Esto permite una economía al reducir considerablemente el acarreo de mineral y, lo más importante, fragmentar un gran volumen de roca con un bajo consumo de explosivo. El sistema se implantó definitivamente en El Teniente en 1947 y se mantuvo hasta la década de los cincuenta.

Plan Codegua

A mediados de 1950 la producción bordeaba las 140.000 toneladas de cobre. La Kennecott Copper, sucesora de Braden Copper, encargó un estudio de expansión de El Teniente a la firma de ingeniería Kaiser

Engineers International y ésta confirmó en 1957 la factibilidad de realizar una ampliación.

El proyecto, llamado Plan Codegua, consistía en ampliar la capacidad de tratamiento de mineral de 34.000 tpd (capacidad disponible en Sewell y Caletones) a 65.000 tpd, mediante la construcción de una nueva planta concentradora y fundición cerca de San Antonio, un túnel de 16 kilómetros que conectaría la mina y la concentradora y una tubería de 130 kilómetros para transportar el concentrado hasta el puerto. La construcción del proyecto demoraría entre 3 y 3,5 años con una inversión entre US\$ 200 y 274 millones de la época (unos US\$ 1.200 millones en la actualidad).

El estudio determinó que el yacimiento se extendía hasta una profundidad desconocida y que sus reservas podrían fácilmente extender las

operaciones de El Teniente por 100 años más. Por diversos motivos el proyecto no se llevó a cabo pero ha servido de referencia para numerosos estudios que se han realizado en años posteriores.

Plan 280

Luego de la chilenización del cobre, junto con autorizar el Ministerio de Hacienda el funcionamiento de la Sociedad Minera El Teniente, el Ministerio de Economía aprobó su inversión para aumentar la capacidad instalada de producción de 180.000 a 280.000 toneladas anuales. Así, la Sociedad llevó adelante el programa de expansión que fue conocido como Programa 280. Empresas que participaron en esta obra fueron WKE Bechtel, Compañía Constructora UTA y ABI Ingeniería. Una de las grandes obras fue la construcción del túnel Teniente 8, donde operaría el ferrocarril

Teniente 8 de trocha ancha para el transporte de personal, mineral y abastecimientos, entre los piques Sewell y la mina, uniendo buzones de carga subterráneos con la planta de chancado Colón, mediante una red de líneas, desvíos y andenes. Teniente 8 quedó operativo en 1970. Otra gran obra fue el Concentrador de Colón, cuya planta fue pionera en usar tecnología de punta (semi-automática, molienda única y molinos grandes). Otra obra fue la expansión de la fundición Caletones, que agregó hornos adicionales, una planta de oxígeno, plantas de filtros y de secado, y reemplazó la chimenea de 76 metros por una de 92 metros. Además, se construyó la Carretera del Cobre, una vía de 49 km que reemplazó el viejo tren a Sewell. Si bien muchas de las obras del proyecto se construyeron, por diversos motivos la producción no se elevó sino que incluso descendió, llegando a 160.000 ton en 1973, en comparación con las 181.000 ton de 1967. Luego del agitado 11 de septiembre de 1973, durante 1974 el proyecto empezó a dar sus frutos llegando ese año a una producción de 225.000 toneladas y terminando casi la totalidad de las obras contempladas. El proyecto logró su capacidad de 280.000 ton a fines del año 1980, es decir, 13 años después.

Últimas expansiones

En 1977, y ya en manos del Estado de Chile, se aprobó una nueva expansión para

El Teniente. Entre los proyectos que había que desarrollar estaba el chancador dentro de la mina, el tranque de relaves Colihues, el desarrollo de mina Sur y Norte, la planta SX, y la ampliación de las plantas Colón y Caletones. Muchos de estos proyectos se encontraron con la crisis económica del año 80, pero lograron salvarla bien y de hecho ése fue el año cuando la producción sobrepasó las 300.000 toneladas.

Uno de los mayores desafíos fue la construcción del chancador dentro de la mina, para lo cual se utilizó ingeniería nacional. Esta iniciativa consistía en la instalación de un chancador primario (200 toneladas) que se ubicó en el nivel Teniente 6, en el sector denominado Pipa, parte central del yacimiento sin mineralización. El chancador

fue inaugurado en 1982 y permitió sobrepasar las 300.000 toneladas de cobre fino por año.

Era necesario además desarrollar el sector sub 6, cuyas reservas respaldarían la producción del futuro, pero debido a (los) sucesivos estallidos de roca, fenómeno característico de la roca primaria, su desarrollo se detuvo en 1989. Se determinó entonces, entre otras medidas, reforzar las labores (fortificación) y poner en marcha equipos LHD con sistema de telecomando, pero, ante nuevas explosiones de rocas, se ordenó nuevamente el cierre en 1992. La paralización de la faena dio tiempo para investigar a fondo el problema geomecánico y el sector pasó a ser experimental, usando técnicas de robotización con martillos picadores y LHD a control remo-

to, que fueron tele-operados desde una sala de control, a fin de proteger la vida de los operarios. El proyecto permitió retomar paulatinamente la producción. Para suplir la producción se desarrollaron otros sectores tales como Quebrada Teniente, Esmeralda y Diamante.

A comienzos del año 1998 El Teniente comenzó con los estudios preliminares para desarrollar uno de los mayores proyectos realizados en su historia denominado "Plan Desarrollo Teniente PDT", que consistió en ampliar la producción desde 350.000 a 450.000 toneladas. El proyecto, de una inversión cercana a los US\$ 1.000 millones, inició su puesta en marcha en 2003, fruto de lo cual El Teniente alcanzó el año pasado una producción de 437.635 toneladas de cobre fino. **mch**



Nuevo molino SAG de 26.000 hp y 38 x 22 pies en el Concentrador Colón, 2003.