



la clase ejecutiva

EL MERCURIO



Profesor: Gustavo Lagos Ph.D. University of Leeds.

SABADO

19 DE OCTUBRE DE 2013

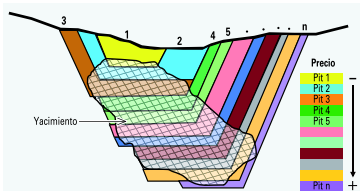
La clase ejecutiva es una alianza entre El Mercurio y la UC fundada en 1998 con el propósito de apoyar la educación ejecutiva en Chile.

El valor está en el yacimiento

Hay mucho más valor agregado en la mina que en las fundiciones.

DE 7 A 10 AÑOS TRANSCURREN ENTRE LOS ESTUDIOS Y LA PRODUCCIÓN

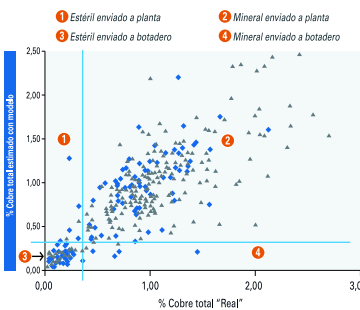
PLAN MINERO DE LA EXPLOTACIÓN DE UN YACIMIENTO



LAS ETAPAS DE UN PROYECTO MINERO



FALLAS EN EL MODELO DEL YACIMIENTO



En 2012, Pelambres estaba entre las cinco minas con menores costos y mayores reservas de cobre a nivel global.

¿Qué es un yacimiento de cobre? Un cuerpo de roca mineralizada con cobre que contiene una concentración estadísticamente anómala, superior a la del resto de la corteza terrestre. El promedio de la concentración de cobre en esta es de 68 partes por millón, o 0,00068%.

Entre los yacimientos grandes de cobre explotados con menor concentración de este metal en Chile figura Lomas Bayas, en 2012, con una ley promedio de 0,36%.

Si bien lo que usualmente se conoce es la ley o concentración promedio de los yacimientos, estos son heterogéneos y anisotrópicos, y, a menos que se conozca con precisión qué y cuántos metales y compuestos hay en cada lugar, y cómo llega a esos lugares, puede haber sorpresas desagradables.

La heterogeneidad dice relación con la variación de las características geológicas, físicas y químicas de la roca. La anisotropía significa que la concentración de cobre varía en forma distinta, dependiendo de la dirección espacial. Es común que las partes más ricas de un yacimiento se distribuyan en formas que no están alineadas con la superficie, como lo muestra la figura 1.

VARIAS CAMPAÑAS DE SONDAJES

Para caracterizar un nuevo yacimiento deben realizarse varias campañas de sondeos, los que permiten hacer un estudio de ingeniería de perfil, la primera instancia de evaluación económica de un proyecto minero.

En un gran yacimiento, el tiempo que debe transcurrir desde el comienzo del estudio de perfil hasta entrar en producción es de entre 7 y 10 años. La incertidumbre es alta en esta etapa, y muchas campañas de sondeo deberán ser realizadas para reducir en las etapas sucesivas de la ingeniería.

La incertidumbre se relaciona no solo con el conocimiento del yacimiento, sino que también con otros factores, como la aceptación social y ambiental del proyecto, acceso a los insumos básicos, fundamentalmente agua, energía, y la propiedad de los suelos para los accesos y áreas de relaves y otros desechos.

La creación de valor es máxima en la etapa del estudio de perfil. Lo que se haga bien o mal y, especialmente en la siguiente etapa, la ingeniería conceptual se propagará posteriormente en la rentabilidad del yacimiento durante su vida útil (figura 2).

Los puntos de muestreo de los sondeos se establecen con metodologías que permiten realizar un modelo matemático representativo de la composición química y física de cualquier yacimiento.

Una etapa clave en la elaboración del modelo es la aplicación de la teoría denominada **Kriging**, desarrollada por el matemático Francis Georges Matheron, basada en la tesis de Magister de Danie Krige para el yacimiento de oro de Witwatersrand, en Sudáfrica.

El método incluye la interpolación y extrapolación de valores medidos mediante la asignación de peso-distancia a los nuevos puntos estimados. Es aquí donde se pueden generar errores graves en la evaluación económica y explotación del yacimiento.

MODELO DE BLOQUES

La siguiente etapa consiste en segmentar el yacimiento en pequeños bloques, los que pasan a constituir el modelo de bloques. Cada uno de ellos debe estar caracterizado por la ley del metal principal—en este caso, el cobre—, pero también de otros elementos de valor, como por ejemplo el molibdeno, el oro, la plata, y otros metales, como el selenio, el telurio, el germanio, etc.

Cada bloque debe estar también caracterizado con respecto a las impurezas, como el arsénico y el plomo, los que de superar cierto valor se les aplica multas en el tratamiento del concentrado. En caso de existir altas leyes de arsénico, por ejemplo, este elemento puede ser enviado a planta, pero se requieren procesos especiales para separarlo y confinarlo. Es lo que ocurre en la mina Ministro Hales, de CODELCO.

La composición de la roca es también clave, ya que determina la dureza y aquellos elementos que pueden interferir con la recuperación de metal que se obtendrá en la planta, que es típicamente entre 80 y 95%.

La determinación del tamaño de cada bloque se logra mediante métodos geostatísticos matemáticamente sofisticados, con el objetivo de aumentar la exactitud y la precisión al estimar la composición real de un yacimiento. Un tamaño de bloque puede ser, por ejemplo, de 25x25x15 metros. El modelo de bloques es introducido a un software de planificación minera—hay varios en el mercado—, el que establece un plan minero de explotación del yacimiento que maximiza el valor presente del metal extraído, a través de la vida del yacimiento; por ejemplo, 10, 20 o 30 años.

Dicho plan establece las envolventes sucesivas del rajo, la pendiente de los taludes, las rampas de acceso, y las diversas etapas de explotación del rajo.

También estima el Valor Presente del proyecto, aspecto clave para que los inversionistas tomen la decisión de seguir adelante o abandonar.

LEY DE CORTE

La ley de corte corresponde a la menor concentración del elemento principal (cobre, en este caso), extraído y enviado a la planta en un cierto momento. Kenneth Lane desarrolló un algoritmo para determinar la ley de corte óptima, desde el punto de vista del valor extraído.

Previo a las tronaduras se realizan perforaciones para confirmar, por última vez, si el modelo es correcto.

La roca mineralizada cuya concentración del metal principal es inferior a la ley de corte se denomina estéril, y es enviada a botaderos, los que pueden estar segregados en baja o mediana ley. Estos últimos podrían ser explotados en el futuro si se desarrollan tecnologías adecuadas o si el precio sube hasta hacer rentable su explotación.

El monitoreo de la ley de corte y la apropiada separación de la roca mineralizada que va a la planta o a botaderos es clave, ya que si se envía material con la ley mayor que la ley de corte al botadero, o bien con ley menor que la ley de corte a la planta, la recuperación global del yacimiento cae. Esto es usual, como lo muestra la figura 3.

La recuperación en la mina es de tal importancia económica, que previo a las tronaduras se realizan perforaciones para confirmar, por última vez, si el modelo del yacimiento es correcto y para asegurar que no se está perdiendo mineral y que la capacidad de la planta esté siendo usada al máximo.

EL CASO DE PELAMBRES

Pelambres era conocido desde el imperio Inca, pero fue reconocido como gran yacimiento recién en 1910 con las explotaciones realizadas por William Braden.

Las leyes eran muy bajas (alrededor de 1%) para la época. Las exploraciones continuaron intermitentemente hasta 1978, año en que Anaconda Chile S.A. adquirió el yacimiento a Enami y realizó 70 mil metros de sondeos, los que no dieron resultados económicos.

En 1986 el yacimiento fue adquirido por Andrés Lukić Abaroa, quien a través de la Compañía Minera Anaconda—hoy Antofagasta Minerals—realizó labores de exploración en los años siguientes, para desarrollar una mina de mediano tamaño.

En 1992 se creó la Compañía Minera Los Pelambres, la que llegó a producir cerca de 20 mil toneladas de cobre fino contenido en concentrado en 1994. Prosiguieron las exploraciones, y en 1996 se encargó a Bechtel, en los Estados Unidos, la ingeniería para producir 300 mil toneladas por año.

Para financiar el proyecto, el que inicialmente costaba 800 millones de dólares, se incorporó a cinco compañías japonesas. El grupo Lukić no tenía los recursos para financiar toda la inversión, y debió hipotecar hasta las propiedades personales para poder pagar su parte de la inversión.

Finalmente, la construcción comenzada en 1997 costaría 1.355 millones de dólares. La expansión de la mina, esta vez a rajo abierto, comenzaría a producir 310 mil toneladas en 2000, y sería expandida posteriormente hasta 417 mil toneladas de cobre contenido en concentrados en 2012.

En este mismo año, Pelambres estaba entre las cinco minas con menores costos y mayores reservas de cobre a nivel global. Obtenía utilidades antes de impuestos de 2.209 millones de dólares. Las funciones en su mayoría japonesas, obtuvieron utilidades inferiores a 100 millones de dólares por procesar el concentrado de Pelambres en 2012.

Lo que logró llevar a este yacimiento a su éxito actual fueron tres factores: inversión en más exploraciones, mejor tecnología, y excelencia de los que gestionaron este negocio. Por ello decimos que el valor del negocio está en la mina.

Hasta el próximo sábado.

Esta clase es parte del Diplomado en Gestión en la Minería. Más información de esta y otras clases en www.claseejecutiva.cl

DIPLOMADOS INGENIERÍA INDUSTRIAL UC

DIPLOMADO EN GESTIÓN EN LA MINERÍA



Rolando Carmona, Osvaldo Urzúa Ph.D. Sussex, Gustavo Lagos Ph.D. Leeds, Luis Cifuentes Ph.D. Carnegie Mellon

Matrículas Abiertas www.claseejecutiva.cl

Vesna Radnic Mira vradnic@ing.puc.cl diplomados@claseejecutiva.cl

+562 2354 5917 +569 6596 0488 +569 8768 9873