Elección del Sistema de explotación del bloque R Norte de la Veta Santa Ana distrito minero Zaruma-Portovelo

Crespo, J.[1]; Peña, E[2].
[1,2]Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT)
Escuela superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Km. 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Casilla 09-01-5863, Guayaquil
Ecuador
Jcres77@hotmail.com
gepena@espol.edu.ec

RESUMEN

El principal objetivo de esta tesis es seleccionar entre varios sistemas de explotación de minerales metálicos el más adecuado a utilizar en un nuevo bloque mineralizado cuyo principal producto de extracción es el Oro. En base a las condiciones geológicas del yacimiento se hacen unas comparaciones con los diferentes sistemas existentes y se logra determinar que se puede combinar 2 sistemas de explotación para obtener el mayor provecho en la parte económica, además de cumplir con las normas de seguridad de trabajo en las labores mineras. En este trabajo se determinan también las dimensiones de las labores de acceso a los frentes y extracción del mineral requerido. Se calcula el tipo de malla que se debe utilizar para este tipo de trabajo y sistemas de ventilación y bombeo que se utilizan, además el cronograma de trabajo y un estudio económico para determinar si el proyecto es viable. Como resultado final de este estudio los sistemas a utilizar son cámaras y pilares combinado con Corte y relleno, debido a las ventajas tanto en la en la extracción como para cumplir con el relleno del bloque.

Palabras claves: Minería subterránea, tipo de muestreo, sistemas de explotación, Relleno del bloque, buzones.

ABSTRACT

The objective principal of this thesis is to select between several systems of development of metallic minerals the but adapted to use in a new block of mineral whose principal extraction product is the Gold. In base to the geological conditions of the deposit are made some comparisons with the different existing systems and is achieved to determine that it can be combined 2 systems of development to obtain the greater profit in the economic part, in addition to complying with the procedures of work safety in mining labors. In this work are determined also the dimensions of labors of access to the fronts and extraction of the mineral required. It is calculated the type of mesh that it should be to use for this type of work and ventilation and pumping systems that are used, furthermore the work chronogram and an economic study to determine if the project is viable. As a result final of this study the systems to use are chambers and pillars combined with Court and landfill, due to the advantages in the in the extraction as well as to comply with the landfill of the block.

1. Introducción

La zona de estudio es conocida desde tiempos precolombinos y fue trabajada para oro en la época colonial española. En 1878 fue fundada la Zaruma Gold Mining Company con capital Británico y la compañía inició exploración subterránea y una cierta producción. En la actualidad el distrito minero esta siendo explotado por algunas compañías mineras nacionales y extranjeras, la actividad minera constituye

un rubro importante en el desarrollo del sector. En los últimos años el desarrollo minero en el sector ha aumentado realizando las labores en todas sus fases en diferentes zonas.
Luego de realizar los estudios explorativos se han determinado reservas de mineral económicamente rentable y para realizar la explotación se requiere de un estudio técnico-minero con el cuál se determinará el sistema de explotación Óptimo que garantice la mayor extracción de mineral, tomando en cuenta las medidas de seguridad.

2. Objetivos

Presentar una alternativa al sistema de explotación que se lleva a cabo en los antiguos bloques, y determinar cual de los sistemas es el más conveniente desde el punto de vista técnico y económico.

Demostrar que con este sistema, el riesgo de accidentes bajará considerablemente, porque se realizaran labores que no permiten que nuevamente se regrese a labores abandonadas.

3. Datos geográficos de la zona

3.1 Ubicación y posición geográfica

El sector se encuentra localizado al norte del Distrito en el extremo sur-occidental del país, políticamente pertenece a la jurisdicción de la provincia de El Oro, cantón Zaruma.
La ubicación Geográfica de la bocamina se encuentra en las coordenadas siguientes:

LONGITUD	:E 79^0 36′ 41″
LATITUD	:S 3^0 40′ 20″
ALTURA	:1315.40 M.

4. Reservas de mineral en el bloque R norte

4.1 Muestreo y leyes de mineral

El muestreo es una labor importante y en la cual hay que tener mucho cuidado al realizar la toma de muestra.

4.2 Tipos de muestra

Muestreo de canal. Consiste en realizar canales perpendiculares al buzamiento de la veta por todo lo ancho de la potencia, y el ancho de dicho canal es de 5 cm, para que sea una muestra representativa.
Muestreo de punto. Consiste en tomar muestras aleatorias a lo ancho y largo de la veta en forma puntual, no en forma acanalada.

5. Cálculo de la ley media

Durante el desarrollo de las galerías principales o labores de arranque del mineral, se toman muestras de la mena antes de realizar cada perforación, el método que se utilizó para realizar el muestreo es el de canal o surco. El análisis de las diversas muestras tomadas durante el desarrollo de las galerías y chimeneas que limitan el bloque R dieron el contenido de mineral. El promedio aritmético de ellas es igual al contenido medio de oro.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} B_i}{n} \qquad (1)$$

Donde:
μ = Ley promedio del bloque
B = Ley de mineral en cada metro de avance.
n = numero de muestras

6. método utilizado para el cálculo de reservas

En función de la forma geométrica que tiene el yacimiento (filón o veta) y de las labores de preparación ya realizadas, para el calculo de reservas del bloque R se utilizara el Método Mediante los bloques de Explotación, ya que es el mas utilizado especialmente en el caso de los yacimientos tipo filón, además se tienen franqueadas las galerías que limitan el bloque en sus 3 lados.
En este método mediante los bloques de explotación se toma en consideración los siguientes aspectos que son básicos, tales como:
Área real en m2, (A)
Espesor o potencia promedio en m, (P)

RESERVAS	TONELADAS
PROBADAS	22500.8
PROBABLES	29687.2
POSIBLES	52188

Contenido medio o ley media de los componentes metálicos en gr/ton, (Cm)
Determinación del peso volumétrico en Ton/m3, (γ)
El volumen del yacimiento o de una parte de el, se lo calcula mediante la siguiente formula:

$$V = A \otimes P \qquad \textbf{(2)}$$

Donde:
V= volumen de la veta en m3.
A= área de la veta en m2.
P= espesor medio de la veta o de un bloque en m.
Las reservas en gramos de componente mineral se obtiene de la siguiente formula:

$$R = A * P * \gamma_v * C_m \qquad \textbf{(3)}$$

Donde:
A*P*γ_v = peso del componente mineral en toneladas.
Para la determinación del área real del bloque se debe tomar en cuenta el ángulo de buzamiento de la veta. Debido a que el ángulo de buzamiento de la veta en el bloque R es de 60, la formula para el cálculo es:

$$\mathrm{A} = \frac{A^{'}}{sen\,\alpha} \qquad \textbf{(4)}$$

$$A^{'} = L * h \qquad \textbf{(5)}$$

Donde:
- L= longitud del bloque
- H= altura del bloque
- A= área real
- A'= área proyectada
- α= ángulo de buzamiento del yacimiento.

De acuerdo a esto las reservas calculadas son:

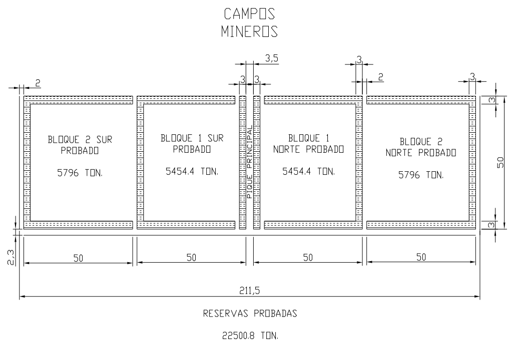

Figura 1. Tonelaje de cada bloque

Tabla 1. Tabla de valores de reservas

7. Preparación del bloque

El proyecto de explotación subterránea contiene 2 fases: la primera es la fase desarrollo, y la segunda fase es de producción. La fase de desarrollo consiste en diseñar y preparar la misma para proceder a la explotación ingenieril de todo el planeamiento de la infraestructura de la mina; la cual incluye; instalaciones de superficie, plan de explotación y selección de equipo
Para ello se realizó una galería de exploración con la cual se destapo la veta y de forma inmediata se franqueó un pique para conocer en profundidad la veta tanto en las propiedades geomecánicas como en la parte estructural.
Luego se diseña en el terreno la forma de cómo extraer el mineral estableciendo un método de minado.

8. Selección y descripción del sistema de explotación escogido

La elección del método de explotación es muy importante dentro de un proyecto de explotación de un yacimiento mineralizado, porque de él dependerá el diseño de la mina y el volumen de la producción.
En una misma mina o yacimiento se pueden aplicar diversos métodos de

minado, considerando que muchas veces se utilizan variantes de aquellos métodos, según el género de los terrenos en el que se han formado (rocas encajantes).
Para la buena elección del método de explotación deberán analizarse los siguientes factores:
a) Tipo de Yacimiento
b) Geometría del Yacimiento
c) Distribución de la masa mineralizada.
d) Propiedades físicas y químicas del mineral y de las rocas encajantes.
e) Factores económicos y facilidad de transporte
f) Condiciones de seguridad, de medio ambiente.
Analizando estos parámetros, entre los más recomendados tenemos:

- Corte y relleno ascendente (Cut and fill)
- Corte y relleno descendente
- Cámaras y pilares

El sistema de explotación que se llevara a cabo se lo determinará estudiando las condiciones geológicas del sector y las propiedades geomecánicas del macizo. De acuerdo a lo expuesto anteriormente debido al buzamiento y potencia que presenta la veta, se va a elegir un sistema de explotación combinado, se comenzará con el sistema de cámaras y pilares, y luego se procederá a explotar los pilares de alta ley dejando los de baja ley, y se procederá a utilizar el sistema de corte y relleno para estabilizar el macizo debido al espacio vacío que quedará después de la obtención del mineral. En el sistema de cámaras y pilares el bloque a extraer se lo va a dividir en campos mineros, para esto se cuenta con una galería principal a través del cual se va a transportar el mineral desde la tolva de acumulación hacia la superficie. En primer lugar, como contamos con un pique desarrollado que nos permitió destapar las reservas a los 50 m. de profundidad se franqueará un nivel de explotación siendo este el primer paso a realizar. A los 50m de avanzado en la galería de explotación se realizará el franqueo de una chimenea que servirá como paso de personal y ventilación la cual va a comunicar con el nivel superior, formando un bloque cuyas dimensiones se presentan a continuación (Fig. 2)

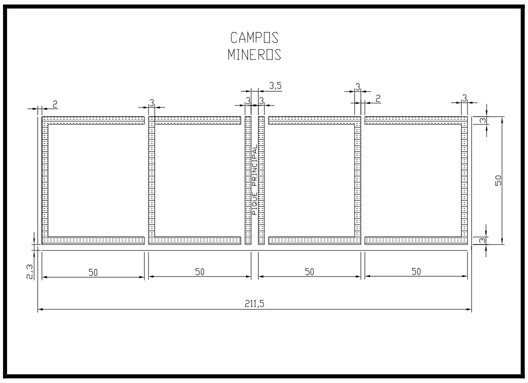

Fig. 2 dimensiones de los bloques

Luego se realizan los trabajos de corte, franqueándose a 3 m. sobre el frontón de transporte un frontón de corte o también llamado subnivel de corte, este se comunica con el nivel de transporte mediante recortes que serán los futuros buzones de trasiego los cuales servirán de alimentación a los vagones que se encuentran en el nivel de transporte. Cuando los frentes de explotación estén limpios se procede a la perforación de ellos mientras el material que esta en el buzón se lo saca a la superficie. A medida que se va avanzando en la galería principal se va destapando mas reservas y se crea un nuevo bloque lo cual se lo prepara de esta misma forma. De esta manera se continua destapando otros bloques que nos van a servir para aumentar el volumen de mineral a extraer, por la práctica obtenida se recomienda obtener por cada bloque en explotación 2 destapados para que al terminar de explotar el bloque se proceda en forma inmediata a explotar los que están preparados y esperando ser ex0plotados. Cuando los bloques estén preparados para la explotación, desde el subnivel de corte se realizan verticales, los verticales están separados entre si cada 3 metros esto depende de las características del macizo, de este mismo modo desde la chimenea de ventilación se realizan perforaciones para abrir laterales, los cuales estarán separados entre sí cada 3 metros, debido a esto se conectarán verticales y laterales, dando forma a los pilares, como la ley del mineral no es uniforme habrán distintos valores de ley quedando pilares de diferente valor mineral, cuando los frentes de explotación en el bloque hallan terminado se procederá a explotar los pilares llevando un control de los de alta ley y los de baja ley de donde se

escogerá los económicamente rentable y los de baja ley se quedarán como sostenimiento natural y ayudaran al relleno del bloque.
Para la extracción de los pilares se utiliza el método de explotación en retirada, esto consiste en extraer los pilares mas internos hasta lo mas externos y en forma de columna, los pilares se explotaran sistemáticamente, es decir de arriba hacia abajo y los pilares extraídos serán reemplazados por puntales de madera que ayudarán al sostenimiento de la caja alta hasta que se realice el relleno. Luego de extraer los pilares se procede a rellenar el bloque, para esto el bloque lo dividiremos en 2 partes las cuales serán separadas mediante una barrera de madera. La división del bloque tiene por objetivo realizar un relleno en partes, la parte que es extraída se bloquea y se rellena y se sigue extrayendo los demás pilares así sucesivamente hasta rellenar todo el bloque, el relleno en el bloque va a realizarse por columnas, como se muestra en la figura 3:

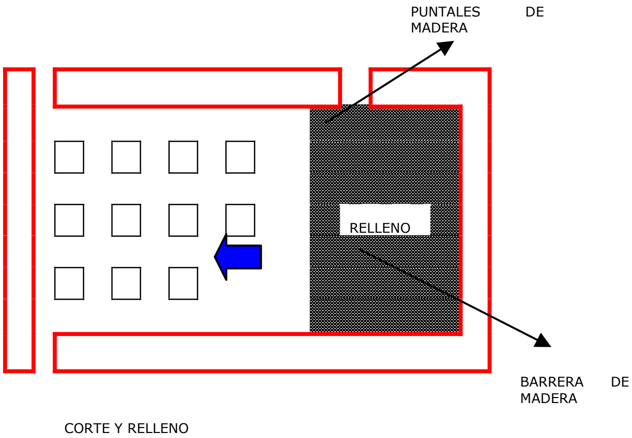

Fig. 3 Forma de relleno

El relleno se lo obtendrá de un frente en exploración cerca del bloque para que el transporte sea más rápido y el relleno sea en el menor tiempo posible, además se adoptará una variante para obtener relleno desde el mismo bloque en explotación, para esto se realiza una labor conocida en el mundo minero como hueco de perro, la cual consiste en realizar una labor de franqueo en el techo del bloque lo cual será en estéril y nos proveerá de caja para el relleno en el mismo sitio, dicha labor no es muy grande las dimensiones dependen en mucha medida de la dureza del techo y la gran ventaja que se obtiene es que no necesitamos ningún mecanismo para transportar el material ya que se aprovechará la gravedad, esto significa que se va a franquear con una inclinación que permita aprovechar esta ventaja (fig.4).

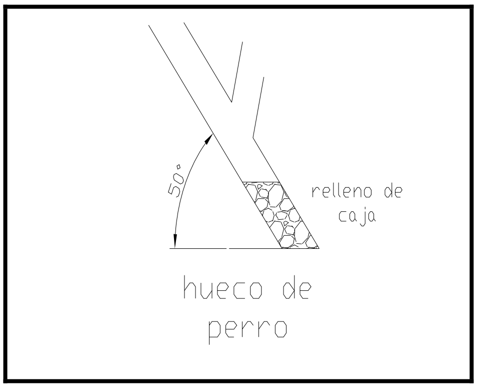

Fig. 4 Hueco de Perro

Con estas variantes el relleno del bloque será llevado de una forma rápida y segura. Porque serán 2 frentes y el relleno será en forma inmediata, de esta manera se va a realizar el relleno de todos los bloques en los cuales se ha acabado la etapa de explotación. Continuando con las labores de explotación de mineral, mientras se esta realizando la explotación de los pilares, en otro sector se está preparando un bloque y el que estaba preparado se sigue explotando de la misma manera para que el volumen de mineral que se extrae diariamente no baje y se mantenga una uniformidad y organización de la planificación minera. Las chimeneas que se franquearan en el nuevo nivel tendrán usos específicos, se franquearan al sur y al norte del nivel, la del sur servirá para la ventilación del bloque, por esta pasaran las mangas de ventilación y de extracción de esta manera el bloque estará siempre ventilado, la del norte servirá para transporte de personal, estas chimeneas estarán conectadas al nivel superior y este estará conectado para la superficie.
BUZONES.-Los buzones son tolvas de acumulación internas que se construyen al inicio de las chimeneas y como su nombre lo indica sirven para acumular el mineral del bloque y ser extraído después, estos buzones tienen muchas ventajas pero entre las principales podemos anotar:

- Sirven para acumular material.
- Dan rapidez al transporte.

Cuando es necesario nos permite separar el material de acuerdo a la ley que tengamos y no queremos mezclarlas. En la fig. 5 se muestra la forma de un buzón.

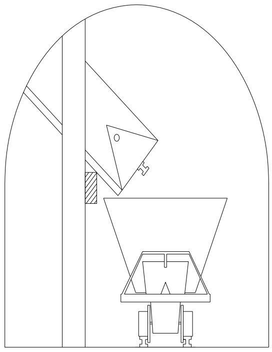

Fig. 5 Corte de un buzón

9. Producción y vida útil del proyecto

En la tabla 2 se presenta la duración del proyecto. Y en la tabla 3 la inversión necesaria

DURACION DEL PROYECTO	
MINERAL OBTENIDO DEL AVANCE DE GALERIA NORTE Y SUR (TON)	3580
MINERAL CH 4N Y 4S (TON)	560
RESERVAS DE BLOQUES NORTE Y SUR (TON)	48048
TOTAL DE RESERVAS (TON)	52188
PRODUCCION DIARIA PROYECTADA (TON)	90
PRODUCCION SEMANAL PROYECTADA (TON)	630
DURACION DEL PROYECTO PROYECTADA (SEMANAS)	83

Tabla 2. Duración del proyecto

¡Error! Vínculo no válido.

Tabla 3. Tabla de costos

En la tabla 4 se observa el cuadro de producción diaria y anual así como el ingreso bruto que se obtiene por el mineral extraído.

¡Error! Vínculo no válido.

Tabla 4. Tabla de Producción

En la tabla 5 se presenta el análisis económico que se realiza para el tiempo propuesto de trabajo.

AÑOS	0	1	2	3
INGRESO BRUTO		8377538,4	8377538,4	8377538,4
GASTO TOTAL		2802110,4	2802110,4	2493315,0
INVERSION	521880			
UTILIDAD BRUTA		5575428,0	5575428,0	5884223,4
IMPUESTOS		1393857	1393857	1471055,85
UTILIDAD NETA	0	4181571,0	4181571,0	4413167,6
TASA	12	12	12	13
VALOR ACTUAL		3733545,53	3333522,79	3058546,49

VAN	10125614,81	
PRI	1	AÑO
RENTABILIDAD	149,23	%

Como se observa en el cuadro 5 la rentabilidad del proyecto con este sistema de explotación combinado es alta, lo que permite llevar a cabo el trabajo con la certeza de que es viable económicamente.

10. Conclusiones y recomendaciones

10.1 Conclusiones

1. Este sistema combinado nos permite extraer totalmente los valores económicamente rentables.
2. El rendimiento de trabajo es óptimo y seguro, debido a que tenemos la certeza de tener un bloque clausurado y no corremos el riesgo de regresar a explotar pilares de ley media para extraerlos después.
3. El relleno para el bloque se lo obtiene en el interior del bloque optimizando el tiempo de relleno, y se pueden desarrollar más labores mineras.
4. El tiempo de ventilación es mínimo y seguro.
5. Los costos bajan considerablemente con respecto al anterior método utilizado (cámaras y pilares), sin correr el riesgo de colapsos o hundimientos por espacios vacíos que hallan en la parte superior.

10.2 Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar este sistema combinado debido a que en corto tiempo se obtienen resultados alentadores.
2. Ser prudentes al trabajar con cualquier sistema que se aplique en el momento del disparo debido a

que siempre van a quedar bloques sueltos en el techo.

3. Al realizar el relleno se deberá tener muy en cuenta que esta sea en forma continúa y compacta.
4. En el momento que se clausure un bloque se deberá avisar al departamento de seguridad industrial minera para que se realice el respectivo programa de cierre para evitar el paso a esta labor, y para que en los planos se proceda a colocar la leyenda de bloque cerrado

11. Bibliografía

Tesis para la Obtención del titulo de Ingeniero de minas realizado por Washington Córdova.
Tesis para la obtención del titulo de Ingenieros de minas realizado por Elsa Romero.
Pagina Oficial de Atlas Copco.
Laboreo de Excavaciones Subterráneas y mecánicas de rocas por Dr. Roberto Blanco.
Métodos de explotación en minería subterránea por R. Oyarzun.
Peters, W.C. 1978. Exploration and mining geology. John Wiley & Sons, NY, 696 pp.
Rossi, G. 1990. Biohydrometallurgy. McGraw-Hill, NY, 609 pp.
Thomas, L.J. 1979. An introduction to mining. Methuen, Sidney, 471 pp
Guía metodológica de seguridad para proyectos mineros subterráneos Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile.