



Proyecto de explotación del yacimiento “Camarioca Este”*

Lord Mukadi Mukadi

Carrera: Ingeniería en Minas.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: La Unidad Básica Minas tiene como objetivo fundamental asegurar el abastecimiento de materia prima mineral a la empresa Comandante Ernesto Che Guevara por lo que necesita crear las condiciones para lograr una producción estable que mantenga los parámetros de calidad de la materia prima y a la vez resulte sustentable, tanto del punto de vista económico como ambiental, haciendo un uso racional de los recursos minerales. Este proyecto de explotación, en su fase inicial, garantizará el completamiento de la calidad y el volumen para la etapa así como la ampliación de la minería hacia otros cuerpos más alejados, de forma gradual, sin necesidad de hacer las grandes inversiones en infraestructura que requiere la asimilación masiva de un nuevo yacimiento. En la etapa de apertura se extraerán algo más de 400 000 t de mineral y se construirán los accesos para la asimilación de los cuerpos más alejados. La apertura se realizará de forma simultánea en los bloques 1761 y 1861 en una zona de baja potencia de escombros, con la finalidad de reducir la distancia de transportación.

Palabras clave: Yacimiento Camarioca Este; proyecto de explotación.

Camarioca Este Mining Project

Abstract: The main objective of the Mines Basic Unit is to supply the ore feed to the Che Guevara Plant. This requires creating suitable conditions to achieve a stable production maintaining ore quality standards and at the same time sustainability from the economic and environmental points of view by making rational use of mineral resources. This mining project will ensure compliance with the ore quality and volumes required in the initial phase of the project as well as expanding gradually mining operations to more distant mining fronts without requiring large investments on the infrastructure. During the opening phase, at about 400 000 tonnes of ore will be extracted and new access roads will be constructed in order to be able to mine these distant ore bodies. Mining activities will commence simultaneously in areas of low overburden ratios of fronts 1761 and 1861 in order to reduce haulage distances.

Key words: Camarioca Este ore body; mining Project.

Introducción

El yacimiento Camarioca Este se encuentra comprendido dentro del macizo montañoso Moa-Baracoa, en el municipio Moa, al este de la provincia de Holguín. El mismo está dividido en 2 sectores: sector este y sector oeste. El área del yacimiento está representada por rocas del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico meteorizado, compuesto por peridotitas y sus serpentinas y el complejo cumulativo compuesto por gabros, olivinos y plagiogranitos.

Los trabajos mineros en el yacimiento Camarioca Este consisten en el arranque, carga, traslado y depósito del mineral y del estéril. Para ello se deben realizar los siguientes procesos básicos: la preparación de las rocas para la excavación, la excavación-carga y el traslado de la masa minera (el estéril hacia las escombreras y el mineral a los depósitos o a la planta). Al mismo tiempo se realizan otros procesos auxiliares generales como el suministro de energía eléctrica, drenaje, muestreo de los minerales, mantenimiento y reparación de los equipos, etc., que aseguran la ejecución de las diferentes actividades mineras.

Organización de las labores en la unidad minera

En la empresa Ernesto Che Guevara el trabajo se realiza en dos turnos diarios de 12 horas cada uno; de 7:00 am hasta las 7:00 pm para el primer turno y de 7:00 pm hasta las 7:00 am para el segundo turno.

La cantidad de días de trabajo al año se determina por la siguiente expresión:

$$Dta = Da - Dll - Di = 365 - 22 - 6 = 337 \text{ días}$$

Donde:

Da: Total de días del año - 365

Dll: Días de afectación por lluvia - 22

Di: Días perdidos por otros imprevistos - 6

Los trabajos de extracción y carga del componente útil deben comenzar una vez se haya avanzado en las labores de desbroce y destape del estéril.

Procesos tecnológicos

En cada modo de explotación (con excepción de algunos geotecnológicos) aparecen en mayor o menor grado los llamados procesos productivos o tecnológicos, los que a su vez se dividen en principales y auxiliares.

La tecnología de laboreo de los yacimientos está constituida por los métodos y equipamientos empleados para la apertura, preparación y extracción que facilitan el desarrollo y avance de la mina; mediante la interrelación de los procesos productivos principales y auxiliares.

Estas tecnologías y mecanización de los trabajos mineros poseen un carácter sistémico y complejo, se basan en los principios de continuidad, simultaneidad e interdependencia de los procesos, el aseguramiento de la mínima distancia de transportación de la masa minera, la disminución del número y volumen de los procesos auxiliares, el mínimo de gastos y el máximo de ingresos monetarios para el cumplimiento de los planes de producción (Otaño & Blanco, 1988).

Arranque y carga

Estos trabajos contemplan la extracción y carga (traslado y descarga) en medios de transporte de la masa minera. La extracción del mineral se realizará con retroexcavadoras o excavadoras y el traslado en camiones de volteo.

En los trabajos a cielo abierto existe lo que se conoce con el nombre de estructura de mecanización compleja, la cual es un conjunto de máquinas y mecanismos desde el frente hasta la escombrera, incluyendo el transporte, que aseguran el cumplimiento de los índices planificados en los trabajos de extracción y destape. La máquina base en esta estructura es la de extracción-carga.

Teniendo en cuenta el equipamiento a usar en la mina, la estructura de mecanización compleja será de carácter discreto, debido a que los equipos que realizan el proceso son de acción cíclica en todo el flujo. La ubicación del frente de trabajo es importante para garantizar la explotación óptima de los equipos. Las mayores productividades se obtienen cuando se utilizan frentes simples y continuos, por esta razón se recomiendan siempre que sea posible.

Transporte del mineral

Es una operación fundamental del proceso productivo de una entidad minera, la misma se basa en el traslado del mineral hasta la planta o a los depósitos. El sistema de transportación de minerales desde los diferentes frentes de minería hasta el centro de recepción de minerales o hasta los depósitos de homogeneización y secado de minerales se realiza con camiones de diferentes modelos y capacidades, la mina actualmente cuenta con un equipamiento que, debido al régimen de trabajo del mismo, tiene cierto grado de deterioro, lo que dificulta y pone en riesgo la efectividad de las actividades de extracción y transporte fundamentalmente.

Para esta actividad se utilizarán camiones articulados VOLVO BM A40D. Este equipamiento presenta una serie de ventajas, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- Gran maniobrabilidad, facilitada por el sistema articulado
- Posibilidad de vencer grandes pendientes
- Excelente movilidad en el sector de descarga
- Pocas exigencias de la vía
- Posibilitan la elevación de la productividad de los equipos de carga
- Potencia de frenado uniforme
- Posibilidad de trabajar en condiciones climáticas adversas.

Operaciones auxiliares

Estas operaciones se llevan a cabo para lograr que las operaciones principales se realicen con la calidad y en el tiempo requerido; dentro de ellas tenemos, el mantenimiento de caminos y equipamiento, el regado de agua a los caminos mineros para evitar la propagación de polvo, la nivelación de los diferentes frentes de extracción, el bombeo de agua acumulada, en caso de haberse formado una gran laguna que imposibilite la extracción en una zona, y el resto de las actividades que aseguran que se cumpla con el plan de producción de la entidad minera.

Características del equipamiento

1. Buldócer KOMATSU D-85

Tabla 1. Características técnicas del buldócer

Parámetros	U/M	Dimensiones
Altura de la hoja	m	1,4
Ancho	m	3,6
Volumen en el prisma de arrastre	m ³	6,17
Productividad	m ³ /h	180

2. Motoniveladora VOLVO G-780

3. Retroexcavadora LIEBHERR 984

Tabla 2. Características técnicas de la retroexcavadora

Parámetros	U/M	Dimensiones
Volumen de la cuchara	m ³	5
Duración del ciclo de trabajo	S	25
Longitud de la pluma	m	7,8
Potencia	HP	685
Peso neto	t	65
Alcance máximo durante el arranque	m	7,0

4. Camión articulado VOLVO A-40D

Tabla 3. Características técnicas del camión volvo

Parámetros	U/M	Dimensiones
Capacidad de carga	t	37
Potencia del motor	Kw	309
Tara	Kg	31 270
Ancho	m	3,43
Altura	m	3,74
Longitud	m	11,3
Ángulo de giro de la cabina	°	45
Fórmula de las ruedas	-	6x6
Consumo	l/h	22,07

5. Camión rígido TEREX R-60

Tabla 4. Características técnicas del camión Terex

Parámetros	U/ M	Dimensiones
Capacidad de carga	t	27
Potencia del motor	Kw	522
Tara	Kg	30 600
Ancho	m	4,9
Altura	m	4,8
Longitud	m	9,13
Radio de giro de la cabina	m	10,6
Fórmula de las ruedas	-	6x6
Consumo	l/h	29,35

Apertura del yacimiento

Por apertura del yacimiento (campo de mina) se entiende el laboreo de excavaciones mineras (o instalaciones) que permiten el acceso del transporte desde la superficie de la tierra (o desde la plataforma industrial de la mina) hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otra sin explotar, y que garantizan la preparación del frente de trabajo.

La definición dada demuestra que la tarea general de la apertura del yacimiento consiste en una serie de tareas particulares de apertura y preparación de horizontes separados. Por ejemplo, trincheras de entrada que realizan la apertura a cada escalón en conjunto forman el sistema de trincheras, que representan el método de apertura del yacimiento por trincheras.

La apertura realizada del yacimiento determina por mucho tiempo, y a veces por siempre, el orden de explotación y efectividad del trabajo de la mina. Al analizar estos problemas el mayor significado lo tienen los siguientes factores:

- Tipo y ubicación mutua de las excavaciones de apertura
- Altura del escalón
- Dirección del desarrollo de los trabajos mineros en el espacio
- Contornos finales de la mina
- Sistema de explotación
- Tipo de transporte

- Plazo de construcción de la mina
- Condiciones y forma de yacencia del cuerpo mineral
- Relieve de la localidad y factores climáticos
- Ubicación en la superficie de instalaciones y escombreras
- Calidad del mineral
- Condiciones y posibilidad de financiamiento.

Para la apertura del yacimiento Camarioca Este se analizaron diversas variantes según los siguientes criterios:

-Que el área de apertura esté dentro del polígono previsto en el quinquenio o en las cercanías del mismo de tal forma que al ampliarse quede comprendida en este.

-Que la calidad del mineral sea cercana a la prevista para la etapa, pero que ofrezca la posibilidad de incrementarla o bajarla operativamente para estabilizar las situaciones que se presenten en los demás frentes.

-Que la apertura de acceso a una zona amplia en un corto plazo permita realizar una minería en barrido sin dejar reservas aisladas.

-Priorizar la extracción del mineral en la zona por donde se construirá el camino principal hacia las zonas más alejadas.

-Que los trabajos de preparación minera: destape y construcción de caminos, sean mínimos en la etapa inicial.

-Que las cuencas tributarias a la zona de apertura sean pequeñas, para reducir la humedad en los frentes y reducir los arrastres desde los mismos hacia las zonas situadas aguas abajo.

Se tuvieron también en cuenta para la elección de la variante óptima el relieve, la mineralización, la potencia de escombro, la distancia de transportación, la topografía, la hidrogeología y los aspectos medioambientales.

Se analizó la distribución por etapas previstas en el proyecto general de minería y se realizó una evaluación preliminar de todos los puntos que cumplieran con más de dos criterios para la elección del punto de apertura.

Inicialmente se evaluaron seis puntos con posibilidades para la apertura y se realizó el descarte de los puntos con mayores dificultades (bloques 2256, 2058, 1858) y se sometieron a un mayor grado de detalles los puntos situados en los bloques 1761, 1762 y 1861, de lo que se obtuvieron las siguientes variantes preliminares con valores aproximados ya que los volúmenes y leyes definitivas se calcularán con el software GEMCOM.

Sistema de explotación

Por sistema de explotación se entiende el orden de formación de la zona de trabajo de la mina en tiempo y espacio, que se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos mineros en los escalones, formas de los frentes y dirección del desplazamiento. El sistema de explotación debe caracterizar el desarrollo de los trabajos de preparación y extracción en la mina.

El sistema de explotación previsto durante la proyección predetermina el tipo de equipos mineros y de transporte, los principales parámetros de la cantera y sus principales elementos, y también los índices técnico-económicos del trabajo de la mina.

La explotación se realizará de sur a norte, con desplazamiento de los bancos de oeste a este; se extraerá todo el volumen de un banco para luego dar inicio a la explotación del banco contiguo.

Drenaje de la mina

El exceso de agua en los frentes de minería es un fenómeno inadmisibles debido a que repercute negativamente en la cadena productiva, desde la preparación minera hasta los secaderos; por lo que la reducción de la misma en los yacimientos es una condición indispensable para lograr una minería y un proceso eficientes.

El estudio de los problemas de drenaje de la mina tiene dos aspectos. El primero es mantener las condiciones adecuadas de trabajo para lo cual es necesario el bombeo de las aguas. El segundo aspecto del drenaje en la mina es la gestión de las interferencias de la operación en la hidrosfera.

Para alcanzar estos objetivos, la gestión incluye la implantación y operación de un sistema de drenaje adecuado a las condiciones de la mina, además de un sistema de recirculación del agua industrial (Sánchez, 1995).

En el yacimiento Camarioca Este las condiciones hidrogeológicas son mejores comparándolas con los demás yacimientos de la mina, pero analizando el relieve del yacimiento se descubrió la presencia de dos cañadas, por eso se prevé en este lugar la construcción de un micro-dique para reducir la formación de cárcavas, la contaminación de los ríos y mejorar las condiciones de regeneración de la vegetación. Estas cañadas se encuentran en los bloques 1762 y 1863, respectivamente.

Cálculo económico

El parámetro fundamental que indica la efectividad de cualquier operación que se realice durante la explotación es el costo de producción de una tonelada de mineral extraído. Para ello se tienen en cuenta los gastos directos que se originan durante el arranque, así como los gastos surgidos por conceptos de depreciación, mantenimientos, reparación, fondo salarial y otros gastos indirectos incurridos durante la explotación de la fase.

Un criterio fundamental a la hora de valorar la efectividad de los trabajos de extracción en una cantera es cuánto cuesta el metro cúbico de material extraído. El costo de un metro cúbico se puede obtener a partir de los gastos directos, los generales y los inducidos.

Se llaman directos a todos los que se producen directamente en el frente durante la realización de las distintas operaciones de trabajo. Dentro de los gastos directos se encuentran:

- Gastos por concepto de salario
- Gastos por concepto de energía
- Gastos por concepto de materiales.

Dentro de los gastos generales de la mina se encuentran:

- Gastos producidos por los servicios de talleres
- Gastos producidos en el transporte

- Gastos producidos en la construcción de caminos
- Gastos en otras actividades.

Dentro de los gastos inducidos, que tienen como objetivo mejorar las condiciones de trabajo, se encuentran:

- Servicio médico
- Comedor
- Otros.

Tabla 5. Gastos directos

Operación Gastos	\$	%
Desbroce	15852.3	0,36
Destape	520484.15	11,82
Extracción	3338232.09	75,81
Mantenimiento	524447.23	11,91
Total	4403419.2	100

Protección del medio ambiente

La explotación minera causará:

1. Modificación de la estructura visual del paisaje por la alteración de sus elementos y sus componentes básicos. Esto supone una disminución de la calidad paisajista de la zona.
2. Modificación y homogeneización de la textura por la eliminación de la vegetación en toda el área de la fase y contraste cromático muy llamativo dentro del entorno de la explotación.
3. La apertura de los huecos y la creación de frentes de extracción supone la eliminación de la morfología natural, que es el elemento soporte sobre el que descansa el reto de los elementos del paisaje.
4. Las escombreras introducen un fuerte contraste discordante en forma y línea (son elementos geométricos artificiales, de gran volumen en lo que dominan las líneas horizontales y los ángulos rectos), y color (contraste cromático entre el escombro y la

vegetación del entorno), que hacen que resalten desfavorablemente en la armonía del paisaje.

Medidas preventivas y correctoras

1. Tratar que la explotación del sector permita el menor impacto visual durante la explotación, mediante la introducción de la vegetación, el remodelado de la forma del terreno y la construcción de pantallas visuales de ocultación (creación de franjas defensivas de bosques).

2. Acopio de suelo fértil antes de comenzar la explotación (medida preventiva) y la aplicación de fertilizantes al material de relleno y de la escombrera (medida correctora). Esto puede ser una buena alternativa por la pérdida de suelos y sus nutrientes, pero nunca será el terreno rehabilitado como su antecesor.

3. Conformación de un sistema de terrazas para disminuir la erosión y permitir la instalación de una cobertura herbácea que favorezca el progreso de la vegetación.

4. Riego de los caminos de acopio del mineral.

5. Construcción de cunetas de diversión-colección y lagunas de sedimentación en los perímetros de las áreas mineras, y que deben ser mantenidas hasta el total cumplimiento de la rehabilitación (medidas a largo plazo).

6. Las medidas a largo plazo, como la sedimentación de cuencas río abajo, debe ser sacada de servicio después de establecer la vegetación en superficies recuperadas y luego de tener el terreno en condiciones preminadas.

Para el desarrollo íntegro de las áreas afectadas resulta ventajoso el sistema de terrazas, especialmente para zonas con pendientes superiores al 20 %, lo que aplicado con el avance de la minería permitirá el ahorro de tiempo y dinero, para una posterior dedicación forestal una vez concluida la minería de la fase.

Este sistema permite una rehabilitación de los suelos degradados por la minería, debido a que controla el escurrimiento superficial y controla la erosión de forma efectiva. Para la rehabilitación de las regiones se debe tener en cuenta la selección de las especies.

Para la rehabilitación del paisaje se deben sembrar, por todos los extremos de las áreas minadas, árboles altos (Casuarinas, Pino Cubensis), los cuales, por su elevada talla, realizan el papel de pantalla visual de ocultación.

Al concluir los trabajos de reforestación se verifica periódicamente las zonas tratadas, velando así que todo vaya según los planes previstos.

Conclusiones

Se realizó el proyecto de explotación del yacimiento Camarioca Este que permitió elegir el esquema de apertura y el método de explotación.

A partir de la investigación realizada se pudo calcular el costo económico del proyecto, que se eleva a \$ 4 403 419.2, así como el costo de una tonelada extraída y transportada que es 6.1 \$/t.

Los resultados obtenidos permitieron proponer una serie de medidas para minimizar el impacto ambiental.

Referencias bibliográficas

SÁNCHEZ, L. 1995: Drenaje de minas a cielo abierto. *Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Volumen I, UNESCO.

OTAÑO, J. & BLANCO, R. 1988: *Nociones de minería*. Ministerio de Educación Superior. La Habana.

*Trabajo tutorado por el Dr. C. Orlando Belete Fuentes y el Ing. Miguel León Mariño.