

PROPUESTA DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL LENTE # 2 DEL YACIMIENTO “LAS MERCEDITAS” A PARTIR DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Diosdanis Guerrero Almeida*, Alfredo Grimón Hernández*, Pavel Laurencio Cala**

*Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, (ISMMAJ)

**Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONI)

dguerrero@ismm.edu.cu

La actividad minera es considerada como indispensable, en la continuidad del proceso de desarrollo de las naciones de nuestro planeta. Esta industria genera productos esenciales para la economía mundial, así como para la sociedad moderna que exige un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Elemento de vital importancia en esta esfera, lo constituye la explotación subterránea de los yacimientos y la aplicación de métodos de explotación que garanticen la total y segura extracción de las reservas geológicas.

Este trabajo forma parte de un grupo de investigaciones encaminadas a perfeccionar la variante de explotación del yacimiento Merceditas, ubicado en el nordeste de la provincia de Holguín. Para su realización fue necesario el uso de métodos observacionales y experimentales, así como los medios y equipos del Laboratorio de Resistencia de Materiales y de Computación del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. La metodología de investigación empleada estuvo dirigida a la búsqueda bibliográfica de información, visitas a la mina, trabajo de campo y análisis y procesamiento de los resultados. La variante de explotación propuesta permite, entre otras cosas, el empleo de equipos de elevada productividad; explotar de manera integral las reservas exploradas en mayor proporción; un mejor control del techo de las cámaras y garantiza una mayor seguridad durante el laboreo del yacimiento, todo lo cual se enmarca, en la concepción de desarrollo sostenible de la minería cubana.

Palabras clave: explotación subterránea, sistema de explotación, desarrollo sostenible.

The mining activity is considered indispensable in the continuity of the development process of the nations on the planet. This industry generates essential products for world economy as well as for the modern society which demands the taking of vital importance in this sphere, constitutes the underground exploitation of the mines, and the application of the exploitation methods that guaranteed the total end secure extraction of the geological reserves.

This work forms part of an investigations group towards the perfection of the exploitation variant of the “Merceditas” mines, located in the northeaster part of Holguin province. For its realisation it was necessary the use of experimental and observational methods, as was as means and Laboratory equipments of material Resistance and the Computation of the Superior Institute of Mining and Metallurgy of Moa. The methodology of investigation employed was directed towards the bibliographic research of information, visits done to the mines, field work and analysis and the processing of the results.

This work forms part of an investigations group towards the perfection of the exploitation variant of the “Merceditas” mines, located in the northeaster part of Holguin province. For its realisation it was necessary the use of experimental and observational methods, as was as means and Laboratory equipments of material Resistance and the Computation of the Superior Institute of Mining and Metallurgy of Moa. The methodology of investigation employed was directed towards the bibliographic research of information, visits done to the mines, field work and analysis and the processing of the results.

Key Words: underground exploitation, system of exploitation, sustainable development.

Introducción

El desarrollo del progreso productivo, la introducción de cambios con tecnologías de punta y la búsqueda de nuevas soluciones, es la tarea económica fundamental de las naciones con vista a alcanzar el desarrollo sostenible. Para solucionar esta tarea, se requiere de un desarrollo planificado en todas las ramas de la economía, entre ella la industria extractiva de recursos minerales. La intensificación de la extracción de materias primas minerales, requiere del aprovechamiento de la tecnología, la creación de nuevas empresas, y la reedificación de las ya existentes.

En correspondencia con lo antes expuesto, este trabajo brinda soluciones para resolver uno de los grandes problemas existentes durante la explotación

minera del yacimiento Merceditas. Este problema está relacionado con la incorrecta aplicación de la variante de explotación de cámaras y pilares utilizada en esta Unidad Minera cubana.

Para su solución, fue necesario el empleo de diversos materiales y metodologías de cálculo, ubicados en el Laboratorio de Resistencia de Materiales y en el Centro de Cálculo Docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. Para el diseño de las variantes propuestas, así como, para la confección de los pasaportes de perforación y voladura se utilizaron diversos Software profesionales tales como: el AutoCAD – 2000 y el DISVOL del Instituto Minero de España. Además se contó con el apoyo del Centro de Información Científico - Técnica de dicho Instituto de investigación cubano.

Desarrollo Información General sobre el Yacimiento “Las Merceditas”

El macizo hiperbásico Moa - Baracoa está ubicado en la parte nororiental de la antigua provincia de Oriente y comprende la mayor parte del territorio de los municipios Sagua de Tánamo y Moa, de la provincia de Holguín y Baracoa de la provincia Guantánamo. La región está limitada al norte por el Océano Atlántico, al este por el río Yumurí, al oeste por el curso medio del río Castro y su límite sur está incluido en la provincia Guantánamo.

El yacimiento Merceditas se encuentra ubicado dentro de los límites del municipio de Moa, provincia Holguín. El poblado mayor, más cercano al yacimiento es Punta Gorda, donde se encuentra la Planta de Beneficio de cromita Rafael Fausto Orejón, la cual procesa las menas del yacimiento en cuestión. El yacimiento se une a la Plata de Beneficio por medio de un camino minero de 25 Km.

La región en la cual se encuentra enclavado el yacimiento es de clima tropical y no se caracteriza actualmente por la división existente de seca y de lluvia. Las lluvias en general caen durante todo el año, las precipitaciones alcanzan niveles entre 1700-2500mm al año, reconociéndose la mayor cantidad de éstas en los meses de abril - junio - octubre y diciembre. En el invierno tienen carácter prolongado y poca intensidad, estas lluvias son más abundantes en las zonas montañosas que en el litoral y la humedad relativa es muy alta. La región posee un régimen de temperatura muy variado en las partes montañosas y costeras de la región.

El área se encuentra ubicada dentro del parque “Alejandro de Humbolt”, y la misma es de un alto interés de conservación florística del país.

La vegetación de la región es tropical y depende de la capa de vegetación y la orografía. Crecen pinos, matorrales de plantas tóxicas y otras variedades de especies leñosas. En las montañas (tanto sobre de las pendientes como sobre las divisiones de las aguas) se caracteriza por la presencia de densas malezas tropicales trenzada por liana, ortigas, etc., por lo que el transitar por estos lugares sin previas aperturas de trochas se hace muy difícil, (Rodríguez, 1997).

El relieve de la zona es muy variado, alrededor del 80 % desarticulado, compuestos por montañas de laderas abruptas, y el resto está ocupado por altiplanos. Todo el territorio está en los límites de la Cuchilla de Moa, macizo montañoso de la Sierra de Sagua. Montañas bajas, aplanadas ligeramente diseminada, es la forma de relieve que adquieren estas montañas, en ellas se encuentra la mayor cota que corresponde a la elevación del **Toldo** con 1174 m de altura, alrededor del cual se han desarrollado numerosas formas de relieve cárstico. Es muy frecuente dentro del territorio encontrar la formación de barrancos en la parte alta y media de los ríos que

atraviesa el complejo ofiolítico y tiene un fuerte control estructural.

Las menas del yacimiento se encuentran en forma de 7 lentes, la mayoría de los cuales afloran a la superficie a ambos lados del río Jaragua (excepto el 7), y cuyas potencias varían entre 2 y 25 m y su buzamiento oscila entre 10^0 – 40^0 . Dichos cuerpos están relacionados con las harzburgitas. Alrededor de los cuerpos minerales, entre las menas y las harzburgitas, generalmente se desarrolla un cuerpo dunítico de poca potencia, las rocas que componen este yacimiento están completamente serpentinizadas, cuyos contenidos de espínela cromíferas son de (80 – 95)%, (60 – 85)% y del 50 % respectivamente.

En cuanto a su composición sustancial varía de acuerdo a las relaciones cuantitativas del mineral metálico y no metálico que la compone. Las menas más características son las masivas y las de impregnación densa de los granos medios y gruesos, llegando a alcanzar desde 1 hasta (5 – 7)mm. Presentan, además, estructuras locales masivas nodulares raramente cataclásticas microbrechosas y muy raramente corroídas y bateadas. La mena está compuesta fundamentalmente por: Cr_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , FeO , MgO .

Las rocas del macizo de este yacimiento están representadas por peridotitas, dunitas, y diques de gabro pegmatitas, clasificándose como rocas duras y semiduras. La valoración ingeniero-geológica de estas rocas depende de forma decisiva del agrietamiento de las mismas, ya que de ello se determina la solidez, la estabilidad y la deformación de las rocas, en su interacción con la obra, (Blanco, 1998).

Las rocas son la base sobre las cuales se construyen las obras mineras, además de que se pueden emplear en la construcción. Esto nos obliga a conocer detalladamente sus propiedades y poder predecir con suficiente exactitud, cuál será su comportamiento al ser sometida a diferentes cargas, (Blanco, 1995).

Para el yacimiento se realizaron investigaciones de las principales propiedades físicas y mecánicas de las rocas, con el propósito de servir de herramienta de trabajo a los ingenieros en la proyección de las obras mineras con fines productivos, investigativos y estratégicos. Entre las propiedades investigadas, para el yacimiento podemos enumerar la resistencia a la compresión, peso volumétrico seco, masa volumétrica saturada, humedad, masa específica, porosidad y otros parámetros que caracterizan la calidad de las rocas, (Cartaya, 1996).

Los suelos se presentan con un característico color rojo, de vegetación muy propia, con alto contenido de hierro y aluminio, lo que hacen que se cataloguen como fersialíticos. Desde el punto de vista minero presentan gran importancia ya que son grandes fuentes económicas, no siendo así desde el punto de vista agrícola (se utilizan fundamentalmente como forestal), pues son pobres en cuanto a la fertilidad.

En la actualidad la mina es abastecida del agua proveniente de la micropresa ubicada aproximadamente a un kilómetro de la misma, en la cota 321, el agua es enviada a la mina a través de turbinas, utilizando para su transportación la propia fuerza de gravedad. La red hidrográfica está desarrollada, representada por el río Jaragua y algunas cañadas, las que drenan el agua en épocas de extensas lluvias, aunque permanecen secas en épocas del año de escasas precipitaciones, a su vez este río es el afluente del río Jiguaní. El área donde se realizaron los trabajos se encuentra alejada totalmente de la influencia del río, ya que la cota del mismo es inferior a la cota de la base de explotación, sin embargo, en el interior de la mina se pudo encontrar áreas de intenso agrietamiento por donde fluye abundante agua en épocas de lluvias, no siendo así en épocas de seca.

En la parte del macizo que comprende la mina, aparecen las grietas tectónicas originadas por la influencia de los esfuerzos tectónicos de tracción, los cuales son más representativos en los frentes de extracción de mineral de cromo y los de compresión, presentes en las zonas de extracción y de rocas de caja, influyendo en la entrada de agua a las excavaciones de la mina. Las condiciones hidrogeológicas del área de trabajo se corresponden con el tipo de litología presente, esto permite afirmar que la presencia de agua en las obras mineras es por manantiales presentes en las zonas fracturadas. Las aguas presentes en la mina son de baja mineralización (0.1 g/l), el pH es ligeramente básico entre 7.5 - 7.8, clasificándose como aguas hidrocarbonatadas cloruradas. Los mayores gastos medios corresponden con las épocas de mayores precipitaciones, llegando hasta 1.5g/L (126m³/días).

El suministro de la energía eléctrica a la mina se realiza a través de una planta diesel de energía. Anteriormente la fuente de alimentación era una minihidroeléctrica ubicada en la cota 240, cerca de la residencia de los trabajadores.

Este yacimiento forma parte del grupo de minas construidas para la explotación de los yacimientos de cromo anclados en la región de Moa- Baracoa, las cuales están formados por complejos metamórficos anteriores al cretácico. Los productos extraídos de esta mina, una vez procesados en la Planta de Beneficio; se venden a diferentes países del resto del mundo; entre los que se destacan Suecia, Brasil y México. En el consumo nacional se destacan las empresas Antillana de Acero, Planta Mecánica de Santa Clara y el Laminador de las Tunas.

Características generales de la explotación minera existente

Durante la etapa de exploración geológica, el yacimiento fue aperturado por medio de tres socavones, que fueron contribuyendo inicialmente a las labores de exploración geológica y después de la

explotación de los cuerpos minerales, pero teniendo en cuenta su posible utilización para la explotación de los cuerpos minerales, tal como ha sucedido con el Lente # 1, fue aperturado por un socavón ubicado en el costado yacente por debajo del cuerpo mineral a unos 6-8 m, (Núñez, 1995).

El yacimiento se explota desde el año 1981 por el modo de explotación subterráneo, con perspectivas de continuar explotándolo por este mismo modo. Para su explotación se han utilizado diferentes métodos pertenecientes a la clase I (Zona de arranque abierta, según la clasificación de Agosshkov). De dicha clase se utiliza desde sus inicios, el Método de Explotación por Cámaras y Pilares perteneciente al Grupo 4. Este método se comenzó de forma experimental inicialmente y hasta la actualidad permanece, de éste se han utilizado 2 variantes: Cámaras y Pilares con Arrastre de la mena a través del contrapozo de colada con Winche Scraper, y Cámaras y Pilares con arranque por subnivel y con arrastre de la mena a los contrapozos de colada. Este último es el que se describe a continuación.

A partir del socavón de exploración se realizó una galería transversal maestra por la roca, siguiendo el rumbo del cuerpo mineral. Luego, cada 10 m se construyeron recortes perpendiculares a dicha galería. Estos recortes son de aproximadamente 5 m de largo. A partir del primer recorte se erige el contrapozo de un compartimiento, que sirve para el traslado del personal y los equipos. Este contrapozo llega hasta el mineral pudiendo continuar hasta el colgante. Posteriormente, a partir de este contrapozo y por todo el centro del pilar proyectado de la cámara, es construida una galería de minas que llega hasta el pilar de corona de la cámara. Esta galería se construye entre las cámaras y se une con la galería de ventilación que se erige previamente por todo el pilar de corona.

A partir de la galería de transporte y cada 10 m se construyen los recortes de 5 m. Más adelante se construyen las piqueras o coladeros que van hasta el colgante del lente, para poseer una mayor información geológica. Posteriormente desde la galería de ventilación y por el centro de la cámara se construye una galería de corte ubicada en el piso de la cámara, hasta el coladero, por donde se inicia la explotación de la cámara.

La separación de la mena se realiza por perforación y voladura, perforando barrenos con la Perforadora PR-22, desde el interior de la galería de corte hacia la galería de ventilación, dispuestos los barrenos en forma de abanico. En los últimos tiempos se ha utilizado el método de **“tumba y deja”**. Este método consiste en ir arrancando el mineral desde uno de los hastiales de la galería de corte hasta llegar a los límites proyectados de la cámara y luego para alcanzar la altura proyectada de la cámara, el minero se sube sobre el montón de mena explosionada y perfora la otra parte del techo. Esto se realiza en

ambos lados de la galería de corte y finalmente se procede al arrastre del mineral, (Briñoles, 1996).

El arrastre en las cámaras se realiza con ayuda de un winche-scrapers, que se coloca en una pequeña cámara de 2 - 4 m situada en el yacente, detrás de la piqueta. El mineral arrastrado cae por gravedad a través de la piqueta hasta el recorte, donde se encuentra ubicada la cargadora frontal PNZ-2 de fabricación Checa, la que carga el tren de vagones que traslada el mineral hasta la estación de descarga situada en la roca y que está en la misma cota de forma paralela al socavón M-1, (Noa,1996).

A pesar de poseer un tiempo considerable de aplicación en la mina, esta variante presenta una serie de problemas y deficiencias que obstruyen la explotación racional e integral de los recursos minerales en dicho yacimiento, y por tanto, impiden alcanzar un desarrollo sostenible en esta actividad. Entre estas deficiencias podemos señalar las siguientes:

1. Elevados riesgos para del trabajador
2. Altos costos de explotación
3. Imposibilidad de tener un control riguroso del comportamiento del macizo rocoso
4. Deficiente ventilación de las cámaras
5. Baja productividad del método
6. Uso irracional de los recursos
7. Contaminación al medio ambiente

Conociendo estos y otros elementos, nos propusimos diseñar una variante de explotación óptima que resolviera dichos problemas.

Propuesta de la variante de explotación a emplear

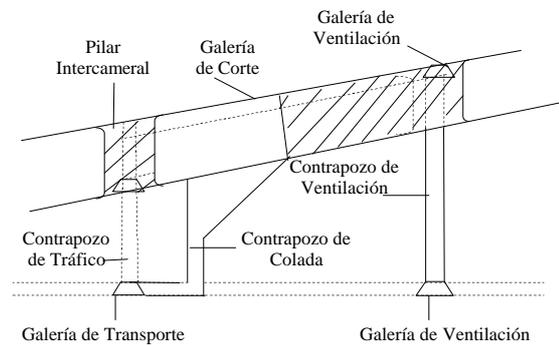
Para la elección del método de explotación se tuvo en cuenta una serie de factores dentro de los cuales los más importantes a enumerar son los siguientes:

1. Morfología del yacimiento y sus dimensiones.
2. Números de cuerpos minerales del yacimiento.
3. Elementos de yacencia de los cuerpos; (potencia, buzamiento, profundidad, etc).
4. Propiedades físico mecánicas de las rocas y de la mena.
5. Condiciones hidrogeológicas.
6. Relieve de la superficie.
7. Producción anual de la mina.
8. Plazo de existencia de la mina.
9. Monto de las reservas industriales.
10. Nivel de desarrollo de las técnicas.
11. Monto de las inversiones.
12. Objetivos a proteger en la superficie.
13. Costo producción.
14. Valor de la mena.

Una vez analizados estos elementos, y haciendo uso de diversas técnicas para la elección del método de explotación, se determinó que el método de explotación óptimo para explotar los lentes cromíticos de la Mina Mercedes es el de la **clase I, Grupo 4: M. E. Cámaras y Pilares: variante de**

arrastre por winche –scrapers, con galería de corte superior.

Dicho método se describe a continuación en la figura 1.



Como ya conocemos, la apertura del cuerpo es a través de un socavón que se extiende por todo el costado yacente del cuerpo mineral, a unos 6-8 m. A partir de este socavón se realizará una galería transversal maestra por la roca, siguiendo el rumbo del cuerpo mineral. Por el estéril, y paralelo a los pilares intercamerales, se construirán contrapozos de sección transversal circular de 2.8m de diámetro, estos se emplearán para el traslado del personal y los equipos. Seguidamente se construirá una galería de comunicación entre los pilares intercamerales por todo el piso de la excavación en la parte baja del yacente. Posteriormente, a partir de este contrapozo y por todo el centro del pilar intercameral proyectado, se construye una galería de mina de unos 2.8m de alto y unos 2.8m de ancho en el techo de la excavación por todo el contacto estéril mineral. Ésta se une a la galería de ventilación que se erige por el centro del pilar de corona de unos 2.8m de alto y unos 2.8m de ancho.

Posteriormente al final de la cámara, en el centro del pilar de corona, se erige un contrapozo de 2.8m de diámetro, el cual se utilizará para la ventilación. A partir de la galería de transporte y cada 15 m, se construyen los recortes de 5 m. Posteriormente se construyen un contrapozo de colada de sección transversal con 2.8m de diámetro, que van hasta el colgante del lente, para poseer una mayor información geológica. Con posterioridad a los contrapozos de colada, se construirán las cámaras (nichos) de 2.8 m de alto y 2.8 m de ancho, situadas en el colgante, detrás de la piqueta, donde se ubicarán los winche-scrapers para el arrastre de la mena explosionada en la galería de corte. Posteriormente se erige una galería de corte de 3.4×3.4 m por el colgante del cuerpo y por todo el contacto estéril-mineral, a una distancia de 7.5 m de los pilares. Dicha galería se construye por el centro de la cámara. Después de terminada la galería de corte, se construyen los embudos, éstos tendrán comienzo a 2.5 m por encima de los recortes de carga; se empezarán a laborear desde el extremo del

contrapozo hasta los pilares intercamerales, y desde el otro extremo del contrapozo hasta el centro de la cámara (por el yacente del cuerpo y por todo el contacto estéril mineral).

La separación de la mena se realiza por perforación y voladura, perforando barrenos largos con la perforadora de fabricación Checa SECO S36 IR/MK5, con bastidor de 3.2m desde el interior de la galería de corte hacia la galería de ventilación, dispuestos los barrenos en forma de abanico. Los trabajos de arranque en los contrapozos, se realizan con la plataforma trepadora (ALIMAK).

Está previsto que el arrastre de la mena hasta los contrapozos de colada se realice con voladura de lanzamiento. Después de terminada la explotación de la cámara, aquellas reservas que queden en el piso de la excavación se arrastrarán con ayuda del winche – scraper. El mineral arrastrado cae por gravedad a través de la piqueta hasta el recorte, donde se encuentra ubicada la cargadora frontal PNZ-2 de fabricación Checa, la cual carga al tren de vagonetas, el que traslada el mineral hasta la estación de descarga que está en la misma cota de forma paralela al socavón M-1. (Guerrero, 2001). La variante de explotación elegida tiene como ventajas: la alta productividad alcanzada en las labores de arranque de la mena, garantiza una mejor seguridad para la realización de los trabajos mineros, pues los obreros no están expuestos a los peligros (desprendimientos) en las cámaras ya que es menor el tiempo de explotación de éstas. Es de resaltar la rápida ejecución de las labores de preparación con la utilización de equipos de elevada productividad (ALIMAK). Además, su aplicación no implica grandes costos, pues no se necesita material para fortificar las excavaciones preparatorias. Otra ventaja es la no- ubicación de pilares centrales en las cámaras, por lo que los tiempos de arrastre disminuyen considerablemente. Por último la posibilidad de utilizar los espacios mineros creados para otros fines, la utilización de los residuos y la disminución del impacto ambiental constituyen ventajas del método propuesto, (Guerrero, 2001).

Entre los indicadores más significativos de la variante propuesta, podemos mencionar los siguientes:

1. Coeficiente de preparación.; 31.5 m/ton.
2. Coeficiente de corte.; 27.36 m/ton.
3. Duración del arranque en el bloque.; 9 días.
4. Producción anual en base a las posibilidades técnicas.; 116328 ton/año.
5. Producción anual en base al plan metálico asignado.; 74531.5 ton/año

6. Producción anual en base al plazo de existencia de la mina.; 3521.182 ton/año.

Conclusiones

1. La variante de explotación aplicada actualmente en la mina, no permite la explotación integral y racional de los recursos minerales.
2. En la mina no se tiene un control riguroso del comportamiento del macizo rocoso.
3. Existencia de peligros y riesgos geomíneros en la mina, que dificultan la explotación de los lentes cromíticos.
4. La variante de explotación propuesta, permite crear las bases para alcanzar el desarrollo sostenible de la explotación minera cubana.

Bibliografía

1. Blanco, T. R.; Elementos de la mecánica de los macizos rocosos, La Habana, editorial Félix Varela, 327 Pág, 1998.
2. Blanco, T. R.; Influencia de los trabajos subterráneos sobre el terreno y construcción de superficie, La Habana, Editorial Félix Varela, Pág. 77, 1995.
3. Briñoles, L. C.; Perfeccionamiento de los trabajos de voladura en las cámaras de extracción de la mina Merceditas, Trabajo de diploma, Facultad de Geología y Minería, ISMM, Moa, 57 Págs. 1996.
4. Cartaya, P. M.; Caracterización geomecánica de los macizos rocosos de la mina Merceditas, Tesis de maestría, Facultad de Geología y Minería, ISMM., Moa, 56 Págs. 1996.
5. Guerrero, A. D.; y otros.; Perfeccionamiento de la Variante de Explotación para el Yacimiento Merceditas, IV Congreso de Geología y Minería, La Habana, Cuba, 19-23/ marzo, 1 2001.
6. Noa, M. R.; Elección del método de arranque más eficiente para el laboreo de excavaciones subterráneas horizontales en la región oriental, Tesis de maestría, Facultad de Geología y Minería, ISMM, Moa, 62 Págs, 1996.
7. Núñez, O. B.; Empleo de las dunitas del yacimiento Merceditas en la empresa Mecánica del Níquel.
8. Trabajo de diploma, Facultad de Metalurgia Electromecánica, ISMM, Moa, 45 Págs. 1995.
9. Rodríguez, O. D.; Estudio ingeniero ecológico del área de influencia exterior de la mina Merceditas, Trabajo de diploma, Facultad de Geología y Minería, ISMM, Moa, 42 Págs. 1997.