

TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO DE MINAS

Título: Evaluación del modelo de bloques en función del equipamiento de excavación - carga en el yacimiento Camarioca Este

Autora: Dadiana Guilarte Matos

Tutores: Dra. C. María Isabel García De la Cruz
Ing. Eliacio Guilarte Lores

Moa, 2018

“Año 60 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: Dadiana Guilarte Matos autora del trabajo de diploma titulado: “Evaluación del modelo de bloques en función del equipamiento de excavación - carga en el yacimiento Camarioca Este”; declaro mi conformidad de ceder los derechos de propiedad intelectual al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso cuando lo estime conveniente.

Para que así conste se firma la presente a los ____ días del mes de _____ del 2018.

Dadiana Guilarte Matos
Diplomante

Dra. C. María Isabel García De la Cruz
Tutora

Ing. Eliacio Guilarte Lores
Tutor

Pensamientos

“Ciertamente la plata tiene sus veneros, Y el oro lugar donde se refina. El hierro se saca del polvo, Y de la piedra se funde el cobre...Abren minas lejos de lo habitado, En lugares olvidados, donde el pie no pasa...Lugar hay cuyas piedras son zafiro, Y sus polvos de oro”.

Job 28:1-4

“Y dijo al hombre: He aquí que el temor del Señor es la sabiduría, y el apartarse del mal, la inteligencia”.

Job 28:28

“Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia”.

Prov. 2:6

Dedicatoria

A mi hijo, Christian, que desde que estaba en mi vientre ha sido el motor impulsor para llegar hasta este momento y me dio el regalo de nacer el 24 de octubre.

A mi madre, Odalis, que me ha ayudado y apoyado durante estos cinco años de manera incondicional.

A mi esposo, por su apoyo, confianza e infinito amor.

A mi papá, Eliacio, por estar conmigo en todo momento dándome consejos y brindándome sus conocimientos.

A mi hermana, Danieska, que ha sido la mejor amiga que he tenido y siempre ha extendido sus manos para ayudarme.

A la revolución cubana y a nuestro Sistema Social Socialista, que me ha dado la oportunidad de estudiar, superarme profesionalmente y sentirme útil en esta sociedad.

Agradecimientos

A Dios por permitir mi existencia en este mundo, por ser mi confianza y mi ayuda.

A mis tutores: Dra. C. María Isabel García De la Cruz e Ing. Eliacio Guilarte Lores, por su entrega, ayuda, apoyo y el tiempo que dedicaron para que hubiese sido posible la realización de esta investigación.

Al colectivo de profesores que de una forma u otra participaron en mi formación como profesional.

A mis compañeros de estudio, porque estuvieron presente en la etapa más importante de mi vida.

A los compañeros de la Unidad Básica Minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara y de CEPRONÍQUEL, que contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Resumen

El yacimiento Camarioca Este está concesionado a la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, y fue recientemente aperturado y se encuentra actualmente en explotación. Este cuenta con la mayor cantidad de recursos de la concesión, por lo que garantizará la alimentación a la planta durante varios años.

La modelación y reestimación de recursos en este yacimiento fue realizada por la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel (CEPRONIQUEL), en la que se empleó, para su caracterización, el modelo de bloques, mediante un arreglo tridimensional que abarcó el área explorada en la red 33,33 x 33,33 x 1 m. El tamaño del bloque usado fue de 8,33 x 8,33 x 3 m, sin rotación, tanto para el escombros como para el mineral. Según los resultados obtenidos en la Mina, se considera que este tamaño no es el apropiado para la extracción del escombros, ni para el mineral en determinadas áreas, sobre todo en zonas de baja potencia.

En este trabajo se realiza la caracterización del modelo de bloques y del equipamiento de excavación – carga, y se determinan los principales parámetros que influyen en su relación, los cuales son: la potencia de escombros superior y de mineral, la profundidad de excavación, la capacidad del cubo, las pérdidas y la dilución.

A partir de los análisis realizados se puede afirmar que el tamaño del modelo de bloques y la capacidad del cubo de la retroexcavadora para la extracción del escombros y el mineral es inapropiado para las potencias bajas.

Se incluyen las medidas de seguridad minera y para la protección del medio ambiente, durante y después de concluida la minería, según la legislación vigente.

Abstract

The Camarioca Este ore body was granted as a concession to Empresa Comandante Ernesto Che Guevara and it was recently opened and it is in exploitation. This counts with the bigger quantity of resources of the concession, which will guarantee the production to the plant during several years.

The modeling and resources re-estimation in this ore body was accomplished by CEPRONIQUEL, in which the block model, through a three-dimensional arranged was used, for his characterization; that it extended throughout the explored area in the net of 33,33 x 33,33 x 1 m. The size of the used block went from 8,33 x 8,33 x 3 m, without rotation, so much for the scrap same as for the mineral. According to the results obtained in the mine it is considered that this size is not the appropriate for characterization and extraction of the scrap, neither for the mineral in determined areas, most of all at zones of low potency.

Load accomplishes the characterization of the model of blocks and of the **equipamiento** of excavation itself in this work, they evaluate the principal parameters that influence these. The more evaluated influencers went: You increase the power of her of superior and mineral scrap, losses, the dilution and the reach and the capability of the cube of the team of excavation loads .

It can be said that as from the realized analyses the size of the model of blocks and the capability of the cube of the backhoe for the extraction of the scrap and the mineral is unbecoming to the potencies of 1,0 and 2,0 m.

They include measures of mining certainty and they foresee the measures for the protection of the ambient midway, during and after of once the mining was concluded, according to the legislation in use, to preserve human resources, teams and the ambient midway to the possible peak.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
1.1. Análisis actual de la temática de estudio en el país y en el exterior	6
1.1.1. Análisis bibliográfico	6
1.1.2. Estado de la temática a nivel internacional	6
1.1.3. Estado de la temática en Cuba	8
1.2. Caracterización del yacimiento “Camarioca Este”	11
1.2.1. Breve descripción del yacimiento.....	11
1.2.2. Características geográficas	12
1.2.3. Geología del yacimiento.....	14
1.2.4. Tectónica.....	14
1.2.5. Hidrogeología	15
1.2.6. Sistema de explotación	16
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES Y DEL EQUIPAMIENTO DE EXCAVACIÓN - CARGA.....	17
2.1. Caracterización de los equipos de excavación - carga.....	17
2.1.1. Generalidades.....	17
2.1.2. Selección de los equipos de excavación - carga	18
2.1.3. Especificaciones técnicas de los equipos de excavación - carga	19
2.1.4. Comportamiento de las retroexcavadoras durante las operaciones mineras.	23
2.2. Caracterización del modelo de bloques	29
2.2.1. Generalidades.....	29
2.2.2. Modelo empleado en el yacimiento	30
2.2.3. Comportamiento del modelo de bloques en el yacimiento	30

CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE EL MODELO DE BLOQUES Y EL EQUIPAMIENTO DE EXCAVACIÓN – CARGA.....	34
3.1. Parámetros que influyen en la relación modelo de bloques y equipamiento de excavación - carga	34
3.1.1. Descripción de los parámetros.....	34
3.2. Comportamiento del escombro superior	35
3.2.1. Consideraciones sobre la potencia de escombro superior	39
3.3. Comportamiento de la potencia de mineral	40
3.3.1. Consideraciones sobre la potencia de mineral.....	43
3.4. Evaluación de las posibles pérdidas y dilución sobre la base del modelo de bloques 8,33 x 8,33 x 3 m y los compósitos cada 3 m	44
3.5. Evaluación de los pozos con potencia 1 m, sea mineral o escombro, con respecto al compósito cada 3 m.....	53
3.6. Comparación de los compósitos de 3 m con respecto a los compósitos de 2 m (mediante compósitos por bancos).....	56
3.7. Medidas organizativas para reducir las pérdidas y dilución	57
CAPÍTULO IV. SEGURIDAD MINERA Y MEDIO AMBIENTE	58
4.1. Seguridad minera.....	58
4.2. Medidas de seguridad más importantes	60
4.2.1. Medidas de seguridad generales.....	60
4.2.2. Medidas de seguridad en la mina.....	62
4.2.3. Medidas de seguridad y protección del personal de la mina en lo que respecta al medio ambiente.....	66
4.3. Medio Ambiente	72
4.4. Principales afectaciones producto de la actividad minera a cielo abierto ...	76
4.5. Plan de medidas para la protección medioambiental.....	78
4.6. Medidas específicas para la protección del medio ambiente.....	80
Conclusiones.....	83
Recomendaciones.....	84
Bibliografías.....	85
Anexos	



INTRODUCCIÓN

La minería es uno de los procesos más importantes para el progreso científico técnico, ya que facilita la explotación del potencial que brinda una determinada región; esta se caracteriza por una serie de operaciones encaminadas a una explotación racional y sostenible, con el objetivo de satisfacer la demanda de los materiales utilizados para el desarrollo de la sociedad, facilitando el desenvolvimiento económico de un país de manera que pueda satisfacer sus necesidades cada vez más crecientes.

Una de las principales fuentes de materia prima mineral con que cuenta Cuba son los yacimientos de la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas que se distribuyen ampliamente en la porción nororiental del mismo, ubicados específicamente en la región de Moa, y yacen en las formaciones de enriquecimientos hipergénicos de esa corteza de intemperismo laterítico desarrollada sobre el complejo ofiolítico. En esta región existen importantes reservas minerales exploradas y usadas inicialmente como menas de hierro, y desde hace medio siglo de forma extensiva como menas de níquel y cobalto, de los que hoy el país es un importante productor.

La cantidad de reservas de los yacimientos, como uno de los factores principales que determinan su viabilidad económica, posee una gran influencia en la vida útil de los mismos, en su producción anual y en la decisión de construir la Empresa minera.

Para garantizar la explotación racional de estos yacimientos lateríticos se han empleado técnicas y tecnologías acorde al desarrollo alcanzado en la región. Para la estimación de los recursos se han usado software de minería de amplia utilización en el mundo, los cuales aplican el modelo de bloques tridimensional para la caracterización de las variables discretas y aleatorias. Durante las operaciones de la mina, los estimados previamente realizados, son influenciados por el método de extracción del escombro y del mineral, así como por el equipamiento empleado. Los resultados son comprobados mediante el control de la ley y los reportes de reconciliación.

En la minería a cielo abierto, esencialmente en la explotación de yacimientos lateríticos, el equipamiento juega un papel muy importante en los procesos de

producción continua. En las empresas niquelíferas del país, debido al bloqueo económico, comercial y financiero, se introducen equipos de diferentes modelos para un mismo proceso tecnológico, los que sin lugar a dudas, garantizan niveles productivos adecuados y características técnicas que permiten alcanzar resultados satisfactorios en el ciclo de producción (García-de la Cruz, Belete-Fuentes, & Ulloa-Carcassés, 2013).

La correspondencia entre el tamaño del modelo de bloques empleado y el equipamiento de excavación - carga es esencial y determinante en la explotación racional y en el aprovechamiento de los recursos minerales no renovables y en la obtención de la máxima productividad y la potencialidad en la vida útil del equipamiento.

Situación problemática:

En la Unidad Básica Minera (UBMinera) de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara (ECG), la planificación minera se realiza utilizando el modelo de bloques 8,33 x 8,33 x 3 m, el cual se utiliza, tanto para el escombreo como la minería, por el sistema de explotación por bancos múltiples. Los recursos minerales medidos tienen una calidad promedio de Ni=1,22%, Fe=40,89%, Co=0,11%, SiO₂=8,43% y MgO=4,18% y las reservas calculadas según el comportamiento histórico de la dilución, tienen un contenido de Ni=1,17%, Fe=40,71%, Co=0,11%, SiO₂=8,54 % y MgO=4,19%, con una disminución en el contenido de Ni de -0,05%.

La disminución de la calidad de las reservas extraídas con respecto a los recursos se debe a una serie de factores, entre los más importantes se citan:

- La incorporación de la capa superficial de escombros en el mineral en los terrenos inclinados durante la perforación, debido a que en estas condiciones la misma se inicia unos centímetros por debajo del nivel real del terreno.
- La extracción de mineral como escombros y la minería de escombros como mineral, debido a que la extracción de escombros y mineral se realiza por bancos horizontales y los contactos del mineral por el techo y por el fondo son superficies sinuosas e inclinadas.



- La extracción de mineral sin antes realizar muestreo en la superficie y sin sanear el escombro remanente.
- La no adecuación de los esquemas de destape y de extracción a las condiciones específicas de los frentes de trabajo.

En el desarrollo histórico de la minería en la ECG no se ha logrado llevar la dilución a cero, aunque en determinados períodos, se ha logrado disminuir a valores representativos. La Empresa se ve en la necesidad de evaluar los factores que inciden en la disminución de la calidad de las reservas extraídas en el yacimiento Camarioca Este, sobre la base del modelo de bloques aplicado y el equipamiento de arranque - carga que ha adquirido y utiliza en la extracción de la masa minera.

Preliminarmente todos los factores que propician las pérdidas y la dilución están relacionados con el control de los trabajos, el conocimiento de los tipos litológicos que conforman el perfil del yacimiento y la tecnología del minado, que depende en gran medida de la planificación minera fundamentada en el modelo de bloques y el equipamiento empleado. Esto conlleva a plantear como **problema científico** la necesidad de evaluar el modelo de bloques utilizado en el yacimiento Camarioca Este de la concesión minera de la ECG en función del equipamiento de excavación y carga, debido a que este yacimiento es el que posee mayor cantidad de recursos disponibles para la vida útil de la Empresa.

Objeto de estudio

Evaluación del modelo de bloques

Objetivo General

Evaluar el modelo de bloques en función del equipamiento de excavación-carga con el fin de determinar si es el apropiado para el yacimiento Camarioca Este de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Campo de Acción

Yacimiento Camarioca Este

Hipótesis

Si se realiza la caracterización del equipamiento de excavación-carga y el modelo de bloques, se definen los parámetros que repercuten en su influencia recíproca y se determina su compatibilidad; entonces se puede evaluar el modelo de bloques para determinar si es el apropiado para el equipamiento de excavación - carga empleado en el yacimiento Camarioca Este.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el equipamiento de excavación - carga utilizado en el yacimiento Camarioca Este.
2. Caracterizar el modelo de bloques definido en el yacimiento.
3. Definir los parámetros que influyen en la relación modelo de bloques y equipamiento de excavación - carga.
4. Determinar la compatibilidad entre el modelo de bloques y el equipamiento de excavación - carga.

Los métodos de investigación científicos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

Métodos Teóricos:

Histórico - lógico: se aplicó en la obtención del comportamiento del equipamiento de excavación - carga durante las operaciones mineras y los resultados históricos de la dilución, de manera que se pudo definir los parámetros que influyeron o determinaron dicho comportamiento.

Análisis - síntesis: se utilizó para analizar el comportamiento de los parámetros principales que influyeron en la compatibilidad del equipamiento de excavación - carga y el tamaño del modelo de bloques, de manera que posibilitó descubrir las relaciones esenciales y características generales de estos.



Hipotético - deductivo: mediante este método se pudo formular la hipótesis y pronosticar resultados.

Métodos Empíricos:

Observación directa: se usó para realizar la caracterización del equipamiento de excavación - carga durante las operaciones mineras, y darle seguimiento visual al comportamiento del frente de minería ante la presencia del escombros y el mineral; además, para observar el completamiento del ciclo de extracción - carga y su influencia en la productividad.

Revisión de documentos: se empleó para el análisis de documentos sobre el tema objeto de estudio.

Matemático - estadístico: éste se utilizó para organizar la información obtenida sobre el comportamiento de la potencia del escombros superior y la potencia del mineral mediante tablas de distribución de frecuencias, gráficos y las medidas de tendencia central, de dispersión y de forma; además, para evaluar el comportamiento de las pérdidas y la dilución, sobre la base de las dimensiones de la Unidad de Selectividad Minera (USM).

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1. Análisis actual de la temática de estudio en el país y en el exterior

1.1.1. Análisis bibliográfico

Durante el desarrollo de la investigación se consultaron diversos materiales bibliográficos, de los cuales, en el presente trabajo sólo se refieren los que en mayor medida contribuyeron a la realización del mismo. La revisión bibliográfica se orientó en dos direcciones fundamentales: la información relacionada con el enfoque teórico y metodológico del estudio a realizar, y los trabajos que sobre el tema, desde el punto de vista técnico - práctico, se han llevado a cabo y constituyen una valiosa información.

1.1.2. Estado de la temática a nivel internacional

Houlding (1994), en su trabajo: “*3D Geoscience Modeling-computer Techniques for Geological Characterization*”, asume la regla que el tamaño del bloque puede ser tan grande como el espaciamiento medio de la red de perforación y no debe ser menor de $1/4$ o $1/3$ del espaciamiento de esta.

Realizando un análisis sobre la base de esta regla, se conoció que ésta se cumple en el yacimiento base de estudio, en el que se tomó como dimensiones de los bloques 8,33 x 8,33 x 3 m, que representa $1/4$ de la red de perforación utilizada en la exploración geológica (33,33 x 33,33 m).

Vega (2008), en su tesis en opción al título de Ingeniero Industrial: “Simplificación de un modelo de planificación minera con agregación a priori y a posteriori para Codelco”, refleja que la herramienta básica para la planificación minera es el modelo de bloques, el cual consiste en una representación discreta de un yacimiento determinado a través de un muestreo ordenado de las características del terreno.

Este criterio corrobora la aplicación del modelo de bloques en la caracterización del yacimiento objeto de estudio.

Lagos (2011), en su tesis: “Estudio de métodos de optimización robusta para el problema de planificación de producción en Minería a Cielo Abierto”, expresa que el modelo más usual del que se sirven las planificaciones de producción en

minería a cielo abierto es el modelo de bloques, el que consiste en discretizar el yacimiento minero en paralelepípedos, o bloques, del mismo tamaño. A cada bloque se le asignan varios valores representando las propiedades del macizo rocoso que contiene, por ejemplo: tipo litológico, densidad, estimaciones de la cantidad de mineral que contiene o ley. Además plantea que, debe haber un secuenciamiento para la extracción de los bloques.

En este trabajo se tienen en cuenta aspectos importantes que se deben conocer para el estudio del modelo de bloques, que son de gran importancia para la realización de esta tesis, aunque el autor no recomienda un tamaño de bloques determinado.

Gifford (2013), en su tesis: “Reporte independiente de los recursos lateríticos de níquel en el norte de Agata, Filipinas”, usó la modelación geológica mediante superficies que definieran las bases de la limonita y la saprolita, a partir de las cuales seleccionaron las muestras a usar en la estimación de las leyes. Estas mismas superficies, además de la topografía, se usaron para la construcción del modelo de bloques 3D. Las potencias de la laterita en el yacimiento varían entre 2,48 y 9,40 m. El tamaño del intervalo de muestreo fue de $1 \pm 0,3$ m, con algunos intervalos máximos de 3,0 m. El tamaño de la red de exploración usada fue entre 50 y 100 m. La profundidad promedio alcanzada fue de 17,89 m, con un máximo de 46,6 m y mínima de 4,35 m. El tamaño del modelo de bloques usado por Gifford (2010) fue de 20 x 20 x 1 m, con sub-bloques de 10 x 10 x 1 m. El origen del modelo fue escogido de manera que el pozo estuviese mayormente localizado en el centro del bloque principal. Los equipos de excavación - carga empleados en el proyecto son retroexcavadoras hidráulicas y cargadores frontales.

Lo expuesto anteriormente se puede tomar como referencia para este trabajo porque relaciona la potencia, la elección del tamaño de los bloques y los equipos de excavación - carga que realizará la extracción; coincidente con lo que se quiere lograr en la ECG, solo que los equipos son de mayor porte.

Tituana (2014), en su tesis en opción al título de Ingeniero en Minas: “Modelo de bloques del Depósito de Cobre ESPOL-X para la selección del método de explotación minera utilizando herramientas informáticas”, plantea que las estimaciones y el modelamiento se realizan mediante herramientas

informáticas que a su vez permite integrar en un mismo entorno, variables tales como: la topografía de la zona, el tamaño, forma, orientación y distribución de la mineralización del depósito; lo que servirá para la toma de decisiones en el proceso de diseño y planificación de las labores mineras. En su trabajo considera la división del depósito en bloques de 30 x 30 x 30 m y sub - bloques de 6 x 6 x 6 m. La mayor parte de los bloques usados con leyes superiores a la ley de corte se encuentran a profundidades entre los 90 y 150 m. La autora se basó para la elección del tamaño de los bloques en algunos parámetros tales como: el número de sondeos y su distribución, el número de muestras, la estructura geológica, la variabilidad del yacimiento y la geometría de la explotación.

En este trabajo se brindan elementos esenciales relativos al tamaño del modelo de bloques y los parámetros que se deben considerar en su elección, así como enfatiza en las posibilidades de emplear herramientas automatizadas en la modelación y estimación; las cuales se han utilizado con resultados satisfactorios en la empresa ECG.

1.1.3. Estado de la temática en Cuba

Estévez (2001), en su trabajo: “Apuntes sobre estimación de recursos y reservas”, refiere que un aspecto de primordial importancia en el modelo de bloques lo constituye la selección de las dimensiones del bloque. Además considera que lo ideal es que el tamaño del mismo coincida con la unidad de selección minera que será empleada durante la explotación del yacimiento, sin embargo, en muchas ocasiones esto no es posible; pues no se cuenta con la densidad suficiente de información. También expresa que la determinación de las dimensiones óptimas del bloque depende principalmente de la variabilidad de las leyes, de la continuidad geológica de la mineralización, del tamaño de las muestras y espaciamientos entre ellas, las capacidades de los equipos mineros y los taludes de diseño de la explotación.

El autor hace alusión a los parámetros que se deben tener en cuenta para elegir el tamaño de los bloques, dentro de estos, hace referencia a las características técnicas de los equipos mineros, lo que corrobora la esencia de este trabajo.

Urrea y Cirión (2008), en el “Reporte sobre la estimación de recursos y reservas de material limonítico de los yacimientos Camarioca Norte y Camarioca Sur”, utilizaron el modelo de bloques realizado en 3D, con tamaño de bloques de 8,33 x 8,33 x 3 m de altura de banco; teniendo el yacimiento Camarioca Norte una potencia promedio de escombros de 2,6 m y de mineral de 3,7 m y en Camarioca Sur 1,4 m y 4,0 m respectivamente. Este modelo se basó su creación además, en la geometría del yacimiento y en la distribución de los datos.

En este trabajo no se brindan con claridad los elementos considerados en la elección del tamaño del modelo de bloques. Este es el tamaño que generalmente se ha usado en los yacimientos lateríticos de Moa. El tamaño del modelo se considera apropiado para las potencias de escombros y mineral de estos yacimientos.

CEPRONÍQUEL (2009), en el informe de “Actualización del modelo del yacimiento Yagrumaje Oeste”, se caracteriza el yacimiento por presentar poco volumen de escombros; los valores mayores de potencia son de 3 m y se encuentran poco difundido, y la potencia de mineral es generalmente de 6 m, por lo cual utilizaron un modelo de bloques de 8,33 x 8,33 x 3 m de altura en una red de 33,33 x 33,33 m.

Teniendo en cuenta la potencia del escombros y la potencia del mineral, la altura de los bloques se considera apropiada; además, la extracción se realizó con retroexcavadoras hidráulicas iguales a las empleadas en Camarioca Este.

CEPRONÍQUEL (2009), en el informe: “Actualización del modelo geológico del yacimiento Punta Gorda”, se define que los valores de potencia mineral que predominan son menores de 5,0 m y posee alta potencia de escombros producto al proceso de redeposición, encontrando valores mayores de 6,0 m. Las dimensiones de los bloques que se utilizó para la estimación y la explotación es 8,33 x 8,33 x 3 m en una red de perforación de 33,33 x 33,33 m.

En este yacimiento el modelo empleado se corresponde con los valores de potencia y la red de exploración, aunque la extracción se realizó en su mayoría con dragalinas, también se usaron retroexcavadoras hidráulicas.

Gómez, Cuador y Estévez (2011), en la publicación del artículo: “Determinación del tamaño racional del bloque para la estimación de recursos minerales en el yacimiento Mariel”, plantean que es necesario estimar con bloques de 25 x 25 x 10 m, con el objetivo de maximizar la precisión y la exactitud de la estimación. También destacan que el tamaño del bloque de estimación lo determina el especialista que realiza los cálculos, quien, de manera subjetiva, se apoya en la variabilidad de las leyes, la continuidad geológica de las mineralizaciones, el tamaño y espaciamiento entre las muestras, la capacidad de los equipos mineros y la altura de diseño de los taludes de explotación.

En este trabajo los autores recomiendan un tamaño de bloque determinado, pero aclara que el especialista que realiza el proyecto es el que debe definirlo considerando los parámetros para ello, siendo esto correcto porque tiene mayor conocimiento del yacimiento. Los elementos mencionados influyen en la elección del tamaño del modelo.

CEPRONÍQUEL (2011), en el “Informe de Proyecto Minero de la ECG” para el yacimiento Yagrumaje Norte, se plantea que la potencia del mineral es mayor de 10 m (generalmente entre 10 y 20 m), ubicados al Noreste y Suroeste del área; y un cuerpo mineral menos potente (generalmente entre 5 y 10 m) con altas potencias de escombros, que se extiende hacia el Noroeste. Además, se observa una proporción inversa entre la cantidad de escombros y menas LB (Laterita de Balance) + SB (Serpentinita de Balance) espacialmente en dirección Norte - Noreste a Sureste. La potencia de escombros alcanza valores desde 0,5 m hasta alrededor de 20 m. La potencia de mineral es bastante alta alcanzando valores hasta aproximadamente 20 m. Para la modelación y explotación se utilizó un modelo de bloques de 8,33 x 8,33 x 3 m. Actualmente se usa como equipo de excavación - carga: retroexcavadoras hidráulicas.

Teniendo en cuenta la variabilidad de las potencias (escombros y mineral), que por lo general son altas, y la red de exploración de 33,33 x 33,33 m, el modelo es adecuado para el tamaño del modelo de bloques; sin embargo, en las potencias muy bajas (1 o 2 m), la extracción con la retroexcavadora se debe realizar con extrema precaución, para no afectar de manera negativa en la calidad del mineral.

Figueras, Urra, Vargas, Martínez y Romero (2015), en el “Informe de los trabajos de exploración detallada para la elevación de categoría de los recursos del yacimiento Cantarrana”, utilizaron en la estimación un modelo de bloques de dimensiones de 12,5 x 12,5 x 2 m, utilizando el software Gemcom. La red de exploración utilizada es de 35 x 35 m. En este yacimiento se definieron 4 dominios: Norte, Sur, Este y Oeste. En el dominio Norte, la potencia media de LB es de 2,64 m, con una relación escombros/LB con valores entre 12,5 y 17,5 m. En el dominio Este la potencia de la corteza oscila entre 0,5 a 22 m, cuyo promedio es de 7,1 m. La mena LB alcanza sus mayores valores de potencia hacia el sector centro - sur con valores de hasta 13 m. En el dominio Oeste los mayores espesores de la corteza se desarrollaron hacia el sector centro-sur, con valores entre 13 y 17 m, y en casos muy puntuales, hasta 32 m. A este sector le corresponden también las mayores potencias de LB. En el dominio Sur la potencia de la corteza laterítica es variable, con valores que oscilan entre 1 y 32 m, con una potencia media de 9,7 m. El espesor promedio de la LB es de 5,25 m.

No se argumenta en el informe los criterios empleados para elegir el tamaño del modelo de bloques, pero considerando el tamaño de la red de exploración y las potencias es correcto la evaluación de los recursos.

1.2. Caracterización del yacimiento “Camarioca Este”

1.2.1. Breve descripción del yacimiento

El yacimiento Camarioca Este está compuesto por cuerpos minerales diseminados dentro de un polígono con una superficie de 19,53 Km², separados por áreas sin mineralizar o accidentes geográficos, tales como cañadas, arroyos y laderas pronunciadas.

La parte del yacimiento que entró en la primera etapa está comprendida en un polígono de 8,43 Km² y los cuerpos mineralizados dentro del mismo, donde se planifica la minería, tienen una superficie 3,09 Km² (primera etapa).

La parte del yacimiento que quedó para la segunda etapa está constituida por 8 cuerpos, los que en su conjunto abarcan una superficie de 3,69 Km²; en los mismos se ha realizado el grueso de los trabajos de exploración para llevar sus recursos a medidos.

La potencia del mineral en las áreas con los recursos medidos es de 6,14 m, y la de escombros tiene 1,09 m, mientras que en las áreas con los recursos indicados son de 2,9 y 1,32 m respectivamente.

La relación escombros/mineral en el área es de solamente 0,14 m³/Tm, de acuerdo con el modelo geológico.

Desde el punto de vista minero este yacimiento no ofrece dificultades para la minería debido a su baja potencia de escombros, hidrogeología poco compleja y relieve moderado en los cuerpos mineralizados; sin embargo, desde el punto de vista ambiental se requiere del máximo de atención ya que el mismo colinda con la zona de amortiguamiento del parque Humboldt, y otra parte cubre las cuencas de los ríos Cayo Guam y Punta Gorda, a lo que se agrega el poco escombros disponible para hacer el sustrato adecuado para la reforestación.

1.2.2. Características geográficas

El yacimiento objeto de estudio se encuentra localizado en el macizo Moa – Baracoa, en el extremo oriental de la faja Mayarí - Baracoa ocupando un área de 19,53 Km² (ver figura 1.1). Este está limitado por las siguientes coordenadas nacionales del sistema de Lambert:

Tabla 1.1. Coordenadas nacionales de Camarioca Este.

Vértices	X	Y
1	706600	212000
2	704000	212000
3	703000	211000
4	700800	211000
5	700800	215900
6	701100	215900
7	701100	217100
8	704400	217100
9	704400	217400
10	706600	217400
11	706600	212000

Los límites naturales son los siguientes: al Norte por la línea convencional que lo separa de los yacimientos Yagrumaje Sur y Yagrumaje Oeste, al Este por el río Cayo Guam, por el Oeste la línea convencional que lo separa de los yacimientos Camarioca Norte y Moa Oriental y al Sur el río Cayo Guam.

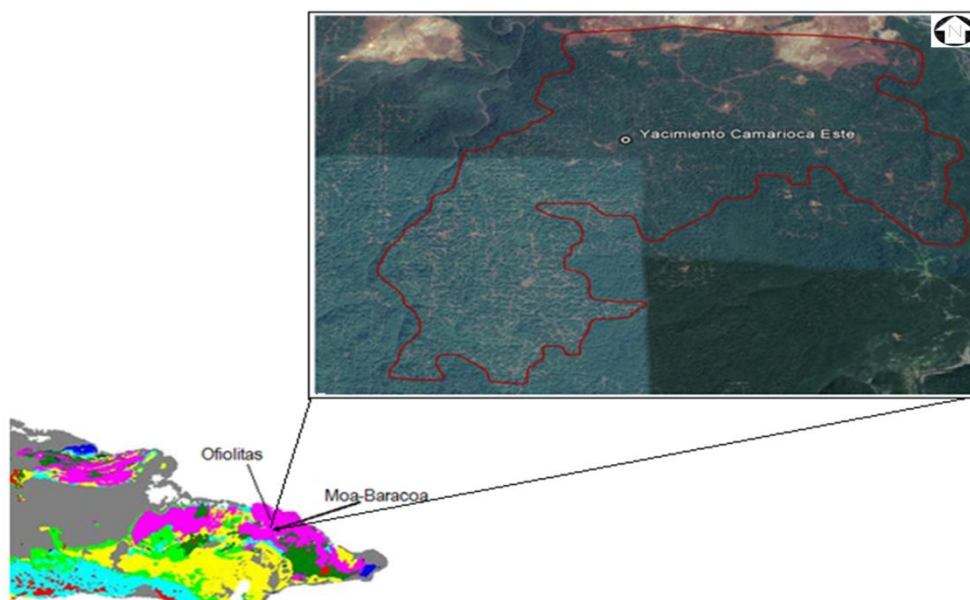


Figura 1.1. Ubicación geográfica del yacimiento Camarioca Este.

Este yacimiento posee un clima subtropical como el del resto del país, existiendo dos períodos de lluvias (mayo - junio y agosto-octubre). Las precipitaciones anuales constituyen de 2300 hasta 2700 mm. La humedad relativa del aire es de un 79%, la temperatura promedio anual del aire es de 24°C, con oscilaciones de 15 - 30°C.

El área del yacimiento se caracteriza por tener un relieve montañoso típico, con cotas absolutas desde 102,4 m hasta 788,5 m y valles profundos en los ríos Cayo Guam, Yagrumaje y Punta Gorda y otros arroyos. El relieve se presenta bien diseccionado por las cañadas y pendientes de los arroyos y ríos relacionados con la cabecera de los ríos Cayo Guam, Punta Gorda y Yagrumaje, que se han desarrollado siguiendo principalmente líneas tectónicas, que afectan relevantemente al área de Camarioca Este.

La vegetación es tropical. Las montañas están cubiertas de manera espesa por arbustos espinosos entrelazados por lianas. En las zonas peniplanizadas donde se desarrollan las lateritas, crecen de manera abundante los pinos.

En la región, las vías de comunicación son buenas; el yacimiento es atravesado por algunos caminos creados durante el desarrollo del yacimiento.

La economía de la región está determinada principalmente por la Industria Minero Metalúrgica, la que presenta un extraordinario desarrollo, siendo su fuente principal las menas ferroniquelíferas-cobálticas friables, las cuales están muy extendidas en numerosos yacimientos y sectores conocidos, existen además yacimientos y manifestaciones de cromitas.

1.2.3. Geología del yacimiento

El yacimiento Camarioca Este forma parte del grupo de yacimientos de la corteza de intemperismo ferroniquelífero cobáltico del norte de la región Oriental de Cuba, los cuales se han desarrollado a partir de las ultrabasitas serpentinizadas, formando parte a su vez de la asociación Ofiolítica de Cuba, la cual se extiende unos 3 a 30 Km de ancho por el norte desde Cajálbana provincia Pinar del Río hasta Baracoa, por más de 1000 Km de longitud, con afloramientos discontinuos y con un mayor desarrollo hacia el extremo nororiental.

Geomorfológicamente este yacimiento representa una zona de sedimentación premontañosa con inclinación hacia el norte de unos 6 - 7⁰, constituyendo una superficie ondulante con dirección sureste-noroeste causada por la existencia de una sucesión de parteaguas aplanados y cañadas con pendientes que terminan en arroyos con aguas intermitentes y corrientes que siguen las direcciones noreste y noroeste coincidiendo con los dos sistemas de fallas tectónicas principales que cortan el yacimiento.

1.2.4. Tectónica

La historia tectónica del desarrollo del macizo fue muy compleja y multifacética. A fines del Cretácico Tardío, en el proceso de orogénesis, las ultrabasitas del macizo se dividieron en grandes bloques, dicha división estuvo acompañada por la formación de fallas limítrofes extremas y grandes zonas de fracturación. Como ejemplos de las fallas de constitución compleja en la región del yacimiento se pueden citar las fallas por las que se desarrollaron los ríos Moa, Punta Gorda y Cayo Guam y en la divisoria de las aguas entre las cuales yacen el depósito mineral Camarioca Este. Simultáneamente, por lo visto, entre los

bloques se originó un sistema de grietas con orientación variada, sobre todo, con dirección noreste y noroeste.

El descenso en breve tiempo del territorio en el Mioceno y posteriormente, la brusca elevación en el Plioceno- Cuaternario, condujo a la renovación del régimen tectónico, ocurre la renovación de las fallas antiguas y de las dislocaciones tectónicas de apoyo de dirección noreste noroeste. Mediante estas fallas el área del yacimiento en cuestión se divide en bloques independientes, desplazados uno respecto al otro. Los desplazamientos tienen un carácter vertical con giro alrededor de un punto. Todas estas fallas, las cuales determinan fallas irregulares, se establecen por los valles de los ríos y arroyos, escalones en relieve, monturas en las divisorias de las aguas, así como por zonas de contorsionamiento, espejos de fricción, fracturación intensiva, fuerte potencia de la corteza de intemperismo. Por lo visto, los principales movimientos diferenciales de los bloques ocurrieron en el Cuaternario y no juegan ningún papel en la formación de la corteza de intemperismo, sino solamente contribuyen a conservar las secuencias mineralizadas en algunos bloques y la erosión en otros bloques, así como allanamiento de los escalones entre ellos.

1.2.5. Hidrogeología

Las condiciones hidrogeológicas de este yacimiento son simples, ya que la mayoría de los pozos perforados resultaron secos, durante el avance de la perforación con espiral y muy poca agua durante la perforación rotatoria, la potencia de agua en los pozos, se estableció entre 0,1 y 10,0 m; esta última cifra muy raramente, las potencias más frecuentes no alcanzan un metro. Los niveles de agua en épocas de seca descienden rápidamente y luego se mantienen estables, hasta tanto comienza la lluvia, donde ascienden rápidamente, y al terminar esta, en pocos días retornan al comportamiento de período de seca prolongado. Como resultado, no existen condiciones hidrogeológicas complejas que dificulten el proceso de explotación del yacimiento, solamente en épocas de lluvia pueden existir complicaciones en las zonas de fallas.

1.2.6. Sistema de explotación

El sistema de explotación que se emplea en el yacimiento es a cielo abierto, aplicando el método de explotación por bancos múltiples paralelos y por la horizontal con 3 m de altura, con el uso de retroexcavadoras hidráulicas como equipos de arranque-carga y camiones articulados 6 x 6 para el transporte, tanto para el escombro como para el mineral; comenzando desde el nivel más elevado del área a minar, cubriendo todo el nivel, el cual estará dividido en bloques de 8,33 x 8,33 x 3 m.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES Y DEL EQUIPAMIENTO DE EXCAVACIÓN - CARGA

La minería, en concordancia con la variabilidad real de los yacimientos, no puede ser realizada según los límites teóricos del mineral sobre la base del cálculo de los recursos, ya que se producen desviaciones que dependen del tipo de equipamiento utilizado para la extracción de mineral, de la variabilidad real del yacimiento con respecto al cálculo de sus recursos geológicos; así como, de errores subjetivos del personal que intervienen en las actividades mineras. En este capítulo se desarrolla la caracterización del modelo de bloques y del equipamiento que se utiliza para la realización de la extracción y el destape.

2.1. Caracterización de los equipos de excavación - carga

2.1.1. Generalidades

Los trabajos de excavación-carga consisten en la extracción de la masa minera del frente, su carga-traslado y descarga en los medios de transporte o en las escombreras. Normalmente la excavación y la carga se realizan por una misma máquina o un complejo de máquinas de excavación-carga, las cuales son:

- Retroexcavadora: esta está pensada para trabajar por debajo de su plano de apoyo. De esta forma se utiliza en la excavación de trincheras, zanjas y cualquier otro trabajo de este tipo. El equipo de excavación se compone de pluma, brazo y cazo, y para excavar clava los dientes del cazo en el terreno y penetra hacia abajo; de esta forma la fuerza de excavación se produce en sentido vertical por lo que la fuerza de arranque de una retroexcavadora es mayor que la de una excavadora frontal, en la que la fuerza de arranque es horizontal.
- Excavadora frontal: por su parte, son máquinas para la excavación y carga de grandes cantidades de material. En terrenos de tránsito son una alternativa al escarificado y carga con pala, ya que permiten el arranque directo del material, sin escarificado previo. Al contrario de las retroexcavadoras, son más efectivas cuando excavan por encima de su plano de apoyo.

- Dragalina: es una excavadora accionada por cables, compuesta por una pluma de grúa, con una polea de guía en su pie y un balde o cucharón de arrastre unido a la máquina solamente por cables. Esta se ha concebido especialmente para operaciones de gran radio, o bien cuando los puntos de excavación y vertido están muy alejados entre sí y no se requiere gran precisión en la descarga; no obstante cuando la distancia al vertedero es mayor de la correspondiente al alcance de la pluma, puede usarse el balde de arrastre para cargar vehículos, aunque opera mejor vertiendo directamente.

En la UBMinera de la ECG, excepto la excavadora frontal, se emplean estas máquinas de arranque - carga, utilizándose en el yacimiento de estudio la retroexcavadora.

2.1.2. Selección de los equipos de excavación - carga

La selección del equipamiento minero es uno de los factores de mayor importancia en el diseño y productividad de las minas. Es un proceso de toma de decisiones que requiere el conocimiento de sus especificaciones, funciones, rendimientos, requerimientos, costos, entre otros aspectos.

Para la selección del tipo de excavadora influyen factores tales como:

1. Tipos de rocas a excavar: las rocas blandas se pueden explotar prácticamente con cualquier tipo de excavadora, las rocas de mayor fortaleza se explotan con palas mecánicas, si la fragmentación es de alta calidad se pueden utilizar dragalinas.
2. Condiciones de yacencia del mineral útil y las rocas estériles: en yacimientos horizontales, la altura del banco se toma en correspondencia con la potencia vertical de las capas de mineral y estéril, a partir de esta altura se selecciona la excavadora.
3. Productividad de la mina: si la productividad es elevada se deben utilizar equipos potentes y de grandes dimensiones.
4. Cantidad de bancos de trabajo en explotación simultánea: este factor es de gran significación durante la explotación de yacimientos abruptos; cuando existe gran cantidad de escalones de trabajo el frente se extiende considerablemente, en este caso la utilización de modelos

potentes no es siempre racional, porque el frente de trabajo de cada excavadora exige su traslado de banco en banco; esto último trae como consecuencia la disminución brusca de la productividad del equipo y aumenta su desgaste físico. Por todo ello frecuentemente es necesario trabajar con excavadoras de menores dimensiones. Como se nota, este factor contradice al anterior, por ello la decisión final se toma sobre la base de un análisis técnico económico.

La selección del equipamiento minero en la UBMinera para la explotación del yacimiento Camarioca Este, se realizó sobre la base de la experiencia adquirida en la explotación de los yacimientos Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yamgrumaje Sur y de los yacimientos de la empresa Comandante Pedro Soto Alba, lo cual permite tener una perspectiva sobre los resultados alcanzados y cómo perfeccionarlos para la puesta en marcha de las siguientes explotaciones mineras (*Proyecto de explotación del yacimiento Camarioca Este, 2015*).

2.1.3. Especificaciones técnicas de los equipos de excavación - carga

Los equipos de excavación-carga que actualmente se encuentran laboreando en el proceso productivo de la UBMinera son las retroexcavadoras hidráulicas sobre esteras marca XCMG modelo XE700 de procedencia china (ver anexo 3) y LIEBHERR R964C modelo D9508 de procedencia francesa (ver anexo 4).

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas de la retroexcavadora marca XCMG.

Modelo		XE700	
Peso de funcionamiento		68000 Kg	
Capacidad estándar del compartimiento		3,5 m³	
Motor	Modelo del motor	CUMMINS QSX15	
	Tipo	Inyección directa	√
		Cuatro movimientos	√
		Refrigeración por agua	√
		Turbo cargó	√

	Refrigerador aire	intermedio	√
	No. de cilindros		6
	Potencia clasificada/velocidad		336 kW/1800 rev/min
	Torque/velocidad máximas		2102 N/1400 m
	Dislocación		15 L
Características principales	Velocidad de recorrido (alta-baja)		4,5 km/h / 3,1 km/h
	Clasificabilidad máxima		70 %
	Velocidad del oscilación		7 rev/min
	Presión de tierra		99 kPa
	Fuerza de excavación del máximo del compartimiento		362 kN
	Fuerza de excavación del máximo del brazo del compartimiento		300 kN
Sistema hidráulico	Bomba principal		bomba de émbolo 2
	Flujo clasificado de bomba principal		2x450 L/min
	Presión de la válvula de seguridad principal		31,5 Mpa/ 34,3 Mpa
	Presión del sistema experimental		3,9 Mpa
Capacidad de aceite	Capacidad del depósito de gasolina		880 L
	Capacidad hidráulica del tanque		550 L
	Capacidad del petróleo del motor		44 L
Dimensiones de la máquina			
Largo total			11940 mm

Ancho total	3260 mm
Altura total	4700 mm
Ancho total de la superestructura	3260 mm
Longitud de la pista	5955 mm
Ancho total del tren de aterrizaje	4000 mm
Ancho estándar del zapato de la pista	650 mm
Longitud de la pista en la tierra	4685 mm
Calibrador de pista	2800 /3350 mm
Separación bajo peso contrario	1500 mm
Separación de tierra	903 mm
Radio del oscilación de la cola	3900 mm
Rango de trabajo	
Altura de excavación del máximo	11350 mm
Máximo que vacía altura	7370 mm
Profundidad máxima de excavación	6900mm
Profundidad de excavación del máximo de 8 pies llano	6750 mm
Profundidad de excavación de la pared vertical máxima	5500mm
Alcance de excavación máximo	11580mm
Alcance de excavación máximo en el nivel del suelo	11290 mm
Radio de oscilación mínima	4750 mm

Tabla 2.2. Especificaciones técnicas de la retroexcavadora marca LIEBHERR.

Tren de rodaje	
Tamaño de zapata	500 mm
Velocidad máxima de transporte	4,1 Km/l
Fuerza de tracción del gancho	553 kN

Pala	
Volumen inicial de la pala	4 m ³
Volumen mínimo de la pala	2,5 m ³
Volumen máximo de la pala	5 m ³
Motor	
Fabricante	Liebherr
Modelo	D9508
Potencial total	320 kW
Cilindrada	16,2 l
Aspiración	Sistema de inyección con múltiple presión común con turboalimentación, con enfriador intermedio, con emisiones reducidas
Mecanismo de giro	
Velocidad de giro	5,6 RPM
Momento de fuerza de giro	233 Nm
Explotación	
Peso útil	65 680,2 Kg
Volumen de combustible	1250 l
Volumen del fluido del sistema hidráulico	1050 l
Tensión de funcionamiento	24 V
Amperaje del generador	80 A
Capacidad de la bomba hidráulica	410 l/min
Fuerza de excavación	204 kN
Dimensiones	
Ancho hasta el lado exterior de la cadena de oruga	4120 mm
Despeje sobre el suelo	605 mm
Radio de giro de la parte trasera de la	4155 mm

plataforma	
Longitud de la cadena de la oruga a nivel del suelo	4345 mm
Profundidad máxima de excavación	10550 mm
Alcance al nivel del terreno	14950 mm
Altura máxima de descarga	9950 mm
Fuer	

2.1.4. Comportamiento de las retroexcavadoras durante las operaciones mineras

El comportamiento de las retroexcavadoras está altamente influenciado por la potencia del escombro y el mineral, la topografía, la sinuosidad de los horizontes, las condiciones de operación, entre otros factores.

El destape y la extracción se realizan por bancos horizontales, mientras que la frontera entre el mineral y el estéril es como regla un plano inclinado, por tal motivo siempre que se trabaja en los contactos se deja escombro en el mineral y se extrae mineral con el escombro.

Con independencia de que las características físicas en la zona de contacto son parecidas, un geólogo, luego de un entrenamiento y de haber realizado el muestreo en el área, puede de forma visual clasificar los materiales en tres categorías: los que siempre son mineral, los que siempre son escombro y los dudosos, a los que se le hará un muestreo adicional y se dejará o sanearán según los resultados del muestreo.

Durante la extracción del mineral se han logrado productividades altas para la retroexcavadora, alcanzándose en el año 2017 un real de 166,6 t/h, de un plan de 105,9 t/h, para un 157,3% de cumplimiento; esto evidencia un buen comportamiento y que ha habido eficiencia en las operaciones. Por el contrario, para el escomboreo no se han logrado buenos resultados, obteniéndose una productividad real de 108 m³/h en el año 2017, de un plan de 372,1 m³/h, para cumplimiento de 29,0%; esto está dado por la necesidad de realizar el destape con sumo cuidado para evitar pérdidas y dilución considerables. Las bajas potencias de escombro superior han influenciado mucho en este comportamiento.

Las retroexcavadoras que operan en la mina están realizando la extracción y el destape con cubo de 4,3 m³ de capacidad, el cual no se corresponde para las potencias bajas (entre 1 y 2 m), debido a ello, si no se realizan estas operaciones con precaución, se incurre en las pérdidas y dilución que trae consigo la disminución de la calidad del mineral. Además, asociado a esto, también está el alcance de excavación que tengan estos equipos.

Debido a que las pérdidas y la dilución son las que mayormente dificultan una extracción óptima, se incluyen a continuación el esquema actual y los esquemas de trabajo para las retroexcavadoras, con la finalidad de minimizarlas.

1. Destape con retroexcavadora por bancos de 8,33 x 8,33 x 3 m, según el modelo de bloques.

El destape con retroexcavadoras por bancos horizontales de 8,33 x 8,33 x 3 m es el que actualmente se está empleando para todas las condiciones mineras, con la finalidad de adecuar el destape al modelo de bloques empleado para el estimado de los recursos y las reservas (ver figura 2.1). Este esquema logra altas productividades, pero teniendo en cuenta las características del yacimiento, se incrementan las pérdidas y el empobrecimiento.

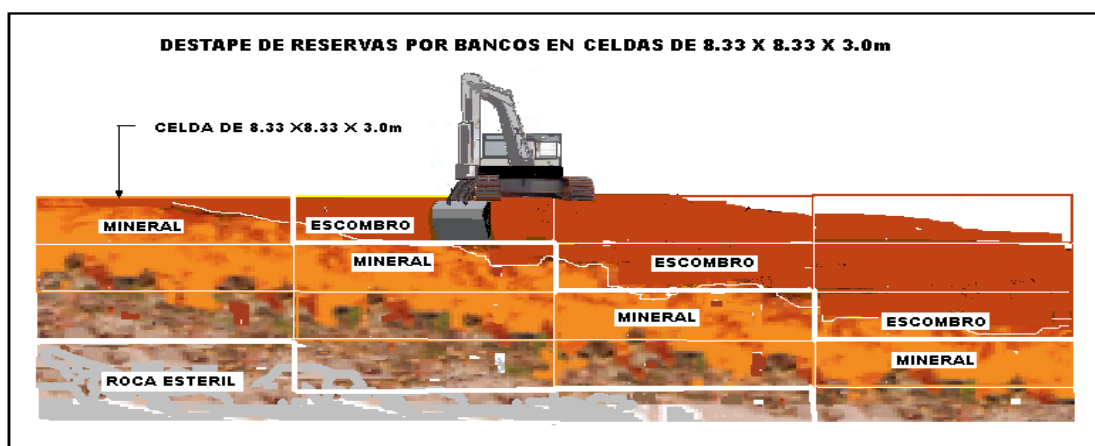


Figura 2.1. Esquema actual de destape con retroexcavadora.

2. Descortezado y almacenamiento con buldócer y carga con retroexcavadora.

Este esquema se aplica tanto para el saneo de las áreas previamente destapadas o destape de las áreas con potencias de escombros inferior a 1,0 m

o algo mayores en terrenos con pendientes pronunciadas (ver figura 2.2). Con su aplicación se logra un contorno casi perfecto del contacto escombro-mineral, pero la productividad es menor que con el arranque y carga directa con la retroexcavadora.



Figura 2.2. Esquema de destape y almacenamiento con buldócer y evacuación con retroexcavadora.

3. Destape con retroexcavadoras y almacenamiento temporal del material.

El destape de reservas con retroexcavadoras y almacenamiento temporal se puede emplear en todo tipo de terreno, preferiblemente en aquellos en que la potencia del escombro es igual o menor que la altura del cubo de la retroexcavadora. El mismo consiste en mover la retroexcavadora a través de plataformas horizontales, desde donde la misma realiza la extracción de la capa de escombro situada del lado superior de la plataforma al ancho máximo que permita el alcance de la retroexcavadora, la que depositará el escombro en el borde inferior de la plataforma hasta su evacuación (ver figura 2.3).

Su aplicación permite el llenado del cubo siguiendo el contacto entre el escombro y el mineral. También posibilita al operador el contacto visual con el punto donde se está haciendo el corte, lo que permite un control muy preciso del cuerpo mineral, lo que implica un mínimo de pérdidas y empobrecimiento; además, se puede trabajar en terrenos con pendientes hasta el 16% sin riesgo para el equipo. Asimismo se reduce la productividad de la retroexcavadora, ya que esta tiene que remover dos veces una parte del escombro.

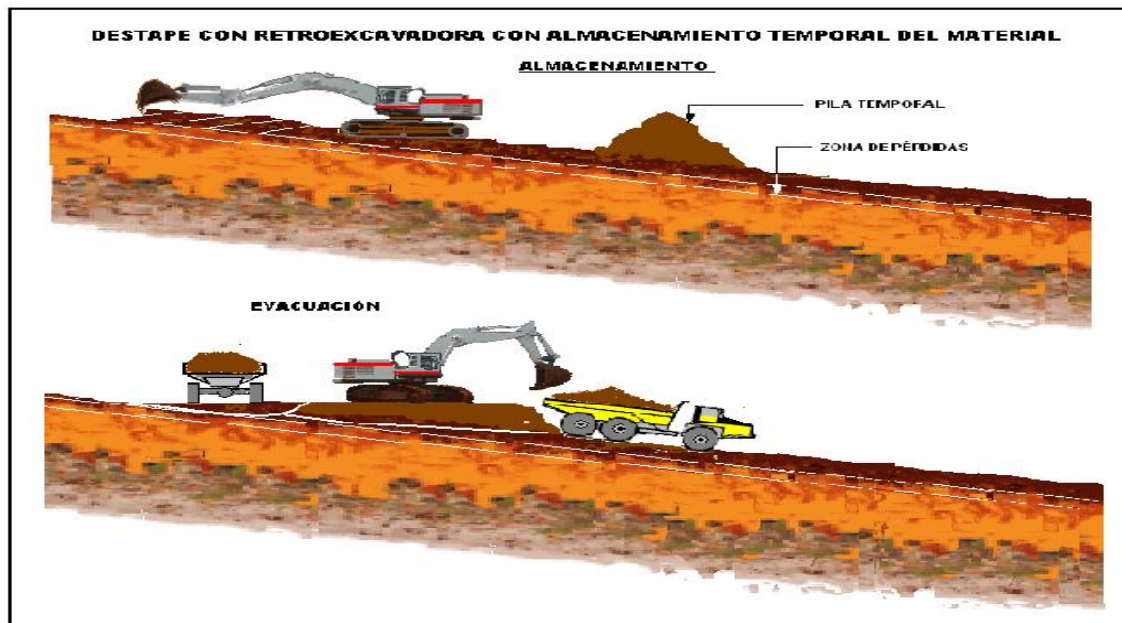


Figura 2.3. Esquema de destape con retroexcavadora con almacenamiento temporal del material.

4. Esquema de destape con retroexcavadoras y saneo del contacto con buldócer, concomitante con el avance de la extracción del mineral

Este esquema de destape se emplea con preferencia en terrenos con pendientes pronunciadas y para potencias de escombros mayores que el radio de giro del cubo de la retroexcavadora. Para ello, la retroexcavadora se ubica en una plataforma horizontal coincidente con el borde superior del área, extrae un escalón inferior hasta que aparezca el mineral, luego extrae parte de la cuña existente entre el borde del corte y el mineral, pero sin afectar el mineral (ver figura 2.4).



Figura 2.4. Esquema de destape combinado con retroexcavadora y buldócer (etapa I).

Luego de extraer el primer escalón con la retroexcavadora, se emplea un buldócer para sanear el contacto con el mineral, empujando el material hacia abajo y almacenándolo en el borde del que será el siguiente escalón si la potencia del escombros es alta, pero si es baja o muy baja se puede desplazar dos o más escalones (ver figura 2.5).

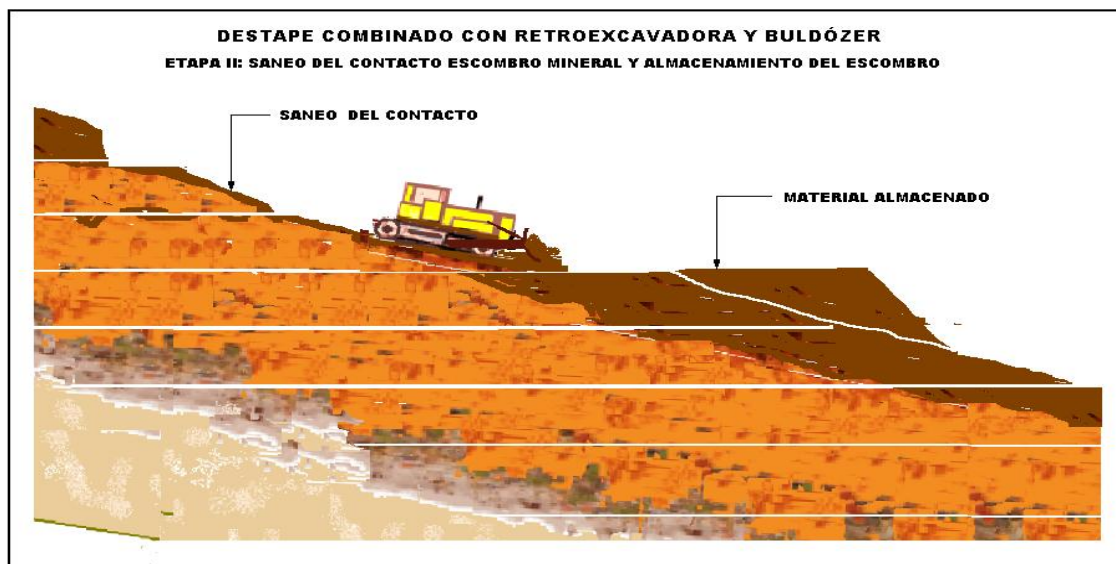


Figura 2.5. Esquema de destape combinado con retroexcavadora y buldócer (etapa II).

En la etapa siguiente se extrae la mayor parte del escombros *in-situ* conjuntamente con el escombros almacenado, bordeando el contorno del banco de extracción correspondiente a ese nivel.

5. Esquema de destape con retroexcavadoras con carga directa y almacenamiento del contacto.

Este esquema se emplea en terrenos con pendientes suaves y potencias desde la altura del radio de giro de la excavadora hasta varios metros.

Para realizar el mismo, se comienza la extracción del escombros por todo el borde superior del área, haciendo uno o más bancos hasta que aparezca mineral en el fondo (figura 2.6).



Figura 2.6. Esquema de destape con retroexcavadora con carga directa y almacenamiento (etapa I).

Una vez descubierto el mineral, se procede al saneo del mineral extrayendo todo el escombro que quedó en el piso y almacenándolo sobre el escombro *in-situ*. El saneo se realizará desde el mineral descubierto hacia el extremo opuesto, hasta que por lo menos su potencia sea igual al radio de giro del cubo de la retroexcavadora, y se puedan cargar los camiones sin duda de dejar escombro o perder mineral.

En la figura 2.7 se muestran los bancos extraídos hasta llegar al contacto y el saneo del piso del banco.



Figura 2.7. Esquema de destape con retroexcavadora con carga directa y almacenamiento (etapa II).

Luego de terminar el saneo del mineral y almacenar el escombro, se realiza la extracción del escombro insitu conjuntamente con el almacenado sobre el mismo (ver figura 2.8). Una vez extraído el escalón, se repiten las operaciones de las figuras 2.6 y 2.7.



Figura 2.8. Esquema de destape con retroexcavadora con carga directa y almacenamiento (etapa III).

Para la adecuación del esquema de destape a las condiciones locales del terreno, se requiere de un diseño previo del movimiento de la retroexcavadora, así como un control del desarrollo de los trabajos y un adiestramiento de los operadores.

2.2. Caracterización del modelo de bloques

2.2.1. Generalidades

La estimación de recursos/reservas se considera un proceso continuo que se inicia con la exploración y recopilación de la información, seguida de la interpretación geológica y la estimación de recursos. Durante las operaciones de la mina los estimados previamente calculados son modificados por los resultados del control de ley y los estudios de reconciliación.

Estos trabajos tienen como objetivo fundamental la mejor estimación de la ley y el tonelaje de los bloques de un cuerpo mineral así como determinar los errores probables de la estimación con cierto nivel de confianza. La relevancia de las estimaciones depende de la calidad, cantidad y distribución espacial de las muestras y el grado de continuidad de la mineralización.

El modelo de bloques es el método más usado en la modelación de recursos, el cual consiste en la discretización del espacio 3D en bloques o celdas tridimensionales. Cada celda contiene los atributos (litología, tipo de mineralización, etc.) y las mediciones (leyes, propiedades físico mecánicas, etc.) del dominio geológico en que se encuentra. Los atributos de los bloques se determinan sobre la base de la intersección con el modelo geológico o su posición respecto a una superficie triangulada y las leyes a través de la estimación con técnicas de interpolación espacial. El primer modelo de bloques fue utilizado a comienzos de los años 60 por la Kennecott Koper Corporation.

Cada bloque debe contener toda la información disponible en las fases de desarrollo de un proyecto: litología-mineralogía, contenidos de metales, calidades en el caso del carbón y rocas industriales, contenidos de contaminantes, parámetros geomecánicos, datos hidrogeológicos, entre otros.

2.2.2. Modelo empleado en el yacimiento

En la ECG, desde que comenzaron las labores de destape en el yacimiento Punta Gorda hasta el año 2011, la planificación y el control de la minería se realizó por pozos con área de influencia de 1111 m². A partir del año 2012 se ha comenzado la planificación y el control de la minería mediante el modelo de bloques, tomando como unidad de selección minera la celda con dimensiones de 8,33 x 8,33 x 3 m, con ayuda del software GEMCOM para el cálculo de las mismas; tanto para la extracción como para el destape (*Proyecto de explotación del yacimiento Camarioca Este, 2015*).

La modelación y reestimación de recursos en el yacimiento Camarioca Este fue realizada por CEPRONIQUEL, en la que se empleó para su caracterización, el modelo de bloques, mediante un arreglo tridimensional que abarcó el área explorada en la red 33,33 x 33,33 x 1 m. El tamaño de bloques usado fue de 8,33 x 8,33 x 3 m, sin rotación, tanto para el escombro como para el mineral (LB+SB). En el anexo 2 se muestra una vista 2D del modelo de bloques (sección 215984N).

2.2.3. Comportamiento del modelo de bloques en el yacimiento

La celda de selección minera se adoptó en función del equipo empleado para la extracción, el destape y el equipo de transporte para lograr una alta

productividad, sin importar mucho su influencia en la calidad del mineral extraído, lo cual es válido para muchos tipos de yacimientos; por ejemplo: en el que los cuerpos tengan grandes masas con relación a la superficie de contacto con las rocas encajantes y en la que el mineral presenta contraste con estas.

Teniendo en cuenta que la mayor variabilidad de la calidad se produce en la vertical y que el valor del contenido de la celda de selección minera contempla en la vertical el valor promedio de los tres metros, durante el destape se presentan las siguientes situaciones:

- Cuando la potencia del escombros en el banco es de tres metros o un múltiplo de tres, y además, la cota del banco coincide con el contacto, lo cual es poco probable que ocurra; no se produce en este caso, ni pérdidas ni dilución.
- Cuando en el compósito existe parte de escombros y parte de mineral, pero en su conjunto proporcione un contenido igual o superior al límite de corte, se extrae como mineral y esto contribuye a que haya dilución.
- Cuando en el compósito existe parte de escombros y de mineral, pero en su conjunto se obtiene un contenido inferior al límite de corte, se extrae como escombros y entonces se incurre en pérdidas.

Para mostrar la afectación en la calidad, que provoca tomar el valor del compósito de tres metros en la zona de contacto, en que se corten, un metro de escombros con dos de mineral con contenidos variables de ambos, se muestra la figura 2.9, que con su ayuda, se puede determinar el contenido del compósito de la celda, para cualquier contenido del escombros de 0,3 a 0,89% de Ni, con dos metros de mineral con contenidos de 0,9 a 1,4% de Ni.

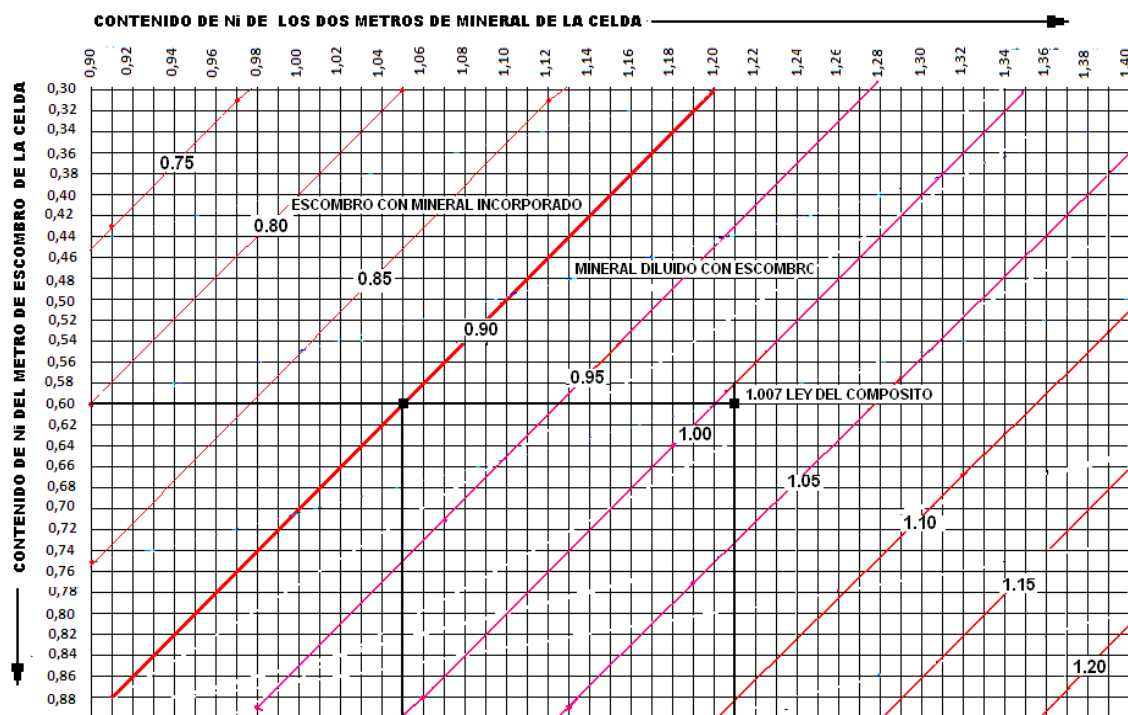


Figura 2.9. Relación entre el contenido de Ni en un metro de escombros con dos metros de mineral.

Tomemos como ejemplo los efectos de un compuesto formado por un metro de escombros con 0,6% de Ni, con dos de mineral; obsérvese que si el contenido de Ni en los 2 m de mineral es inferior a 1,05%, el compuesto da como resultado escombros, y mineral para todos los contenidos mayores de este valor; pero con una disminución significativa de la calidad, con respecto a la que se obtendría si no se incorpora el metro de escombros. En el caso puntual en que el contenido de Ni del mineral sea de 1,20%, el compuesto da una ley de 1,00%, por lo que la ley disminuye en 0,2% para el banco.

En la tabla 2.3 se puede apreciar cómo la incorporación de un metro de escombros en el primer banco de 3 m, causa una disminución significativa de la calidad, incluso, en los casos en que la potencia del perfil permita hacer hasta 6 bancos.

Tabla 2.3. Dilución introducida por 1m de escombros en el compuesto de 3 m.

Dilución introducida por 1m de escombros en el compuesto de 3m													
Descripción	Disminución del contenido de Ni						% a que disminuye la calidad del Ni						
	% de Ni del	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95

mineral												
% de Ni del escombros	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Compósito del banco 1	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	75,00	78,26	81,82	85,71	90,00	94,74
Compósito del banco 2	1,05	1,02	1,00	0,97	0,95	0,92	85,42	89,13	90,91	92,86	95,00	97,37
Compósito del banco 3	1,10	1,06	1,03	1,00	0,96	0,93	88,89	92,75	93,94	95,24	96,67	98,25
Compósito del banco 4	1,12	1,08	1,05	1,01	0,97	0,93	90,63	94,57	95,45	96,43	97,50	98,68
Compósito del banco 5	1,14	1,10	1,06	1,02	0,98	0,94	91,67	95,65	96,36	97,14	98,00	98,95
Compósito del banco 6	1,15	1,10	1,06	1,02	0,98	0,94	92,36	96,38	96,97	97,62	98,33	99,12

Partiendo de los valores extremos de las calidades del Ni en el escombros y el mineral, que su compósito da como resultados 0,9% de Ni (metro límite de corte), observamos que el compósito provoca una disminución de la calidad entre un 75,00 y 94,74% para el primer banco, entre 85,42 y 97,37% para el segundo y entre 88,89 y 98,25% para el tercero. Tomando en cuenta que la potencia predominante del perfil mineralizado está por debajo de los 9,0 m, llegamos a la conclusión de que en los recursos, la calidad es posible de mejorar como mínimo en un 1,75%.

La aplicación del modelo de bloques de 8,33 x 8,33 x 3 m ha tenido dificultades durante la labores de destape en las áreas con baja potencia, en las que se ha incurrido en incorporación de mineral en el escombros; independientemente de que se ha realizado una extracción selectiva para evitar las pérdidas. El destape en zonas de bajas potencias con cubos de mediana capacidad ha influido en las productividades alcanzadas por la retroexcavadora, que han sido bajas, debido al aumento del ciclo de llenado y carga. En el caso de las zonas con baja potencia de mineral, se ha incurrido en incorporación de escombros en el mineral, trayendo consigo dilución; en áreas de altas potencias este hecho se ha minimizado. En la extracción del mineral se han logrado altas productividades aplicando este tamaño del modelo.

CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE EL MODELO DE BLOQUES Y EL EQUIPAMIENTO DE EXCAVACIÓN – CARGA

3.1. Parámetros que influyen en la relación modelo de bloques y equipamiento de excavación - carga

Los principales parámetros que se tuvieron en cuenta para determinar la relación modelo de bloques y equipamiento de excavación - carga, son los siguientes:

1. Potencia del escombro superior
2. Potencia del mineral
3. Capacidad del cubo de la retroexcavadora
4. Profundidad máxima de excavación
5. Pérdidas
6. Dilución

3.1.1. Descripción de los parámetros

La potencia del escombro superior es el espesor o grosor del material que posee baja ley con respecto a la ley de corte (en este caso menor de 0,9%), que no se lleva al proceso metalúrgico, y se deposita de forma diferenciada en depósitos de baja ley (escombreras), hasta su posible utilización.

La potencia del mineral es el espesor del material que posee una ley igual o mayor que el *cutt-off* ($\geq 0,9\%$), el cual se procesa para obtener como resultado final concentrado de Ni+Co para su posterior exportación.

La capacidad del cubo de la retroexcavadora es el volumen disponible en el mismo según el diseño del fabricante, que dicho de otra manera, es la cantidad de material en m^3 que puede extraer y cargar.

La profundidad máxima de excavación es la distancia vertical que puede alcanzar la retroexcavadora según el diseño del fabricante.

La pérdida ocurre cuando el mineral ha sido descombrado deficientemente. El escombro no removido es extraído conjuntamente con el mineral de balance por el equipamiento de extracción. En las operaciones mineras se distinguen dos tipos de pérdidas: por el techo y por el fondo. La pérdida por el techo

ocurre cuando al realizar el destape, se extrae mineral conjuntamente con el escombros y se envía a la escombrera; y por el fondo cuando se deja mineral en el piso de la excavación.

La dilución ocurre durante la operación de la extracción, cuando las reservas son mezcladas con mineral de baja ley y/o con estéril afectando su calidad. Según las operaciones mineras, también se diferencian dos tipos de dilución: por el techo, que ocurre cuando se realiza un destape insuficiente y se deja escombros en la parte superior del banco de mineral a extraer; y por el fondo, que ocurre cuando se extraen las rocas del piso del banco conjuntamente con el mineral. Como consecuencia de la dilución se produce el empobrecimiento de la calidad del mineral.

Para la descripción del comportamiento de la potencia se aplicaron las herramientas del software Surfer y el Excel de Microsoft Office.

Para la evaluación del modelo de bloques y las comparaciones, se aplicaron las herramientas del software Gemcom y el Excel de Microsoft Office.

3.2. Comportamiento del escombros superior

En la figura 3.1 se muestra la distribución de los pozos de las zonas en afloramiento mineral y no mineralizadas, observándose que los pozos de las zonas en afloramiento mineral se encuentran distribuidos en toda el área, representando un 28,93% del total de pozos perforados en el yacimiento (4815) que equivale a 1393 pozos (ver tabla 3.1), encontrándose la mayor y menor concentración en la parte suroeste y noreste respectivamente. Estas áreas no requieren destape o separación de escombros, sino que sólo necesitan la tala y el desbroce, y están preparadas para la minería; además, son zonas con perspectivas rápidas para frentes de apertura ya que requieren menores labores de preparación. En el caso de las zonas no mineralizadas, también se encuentran distribuidas en toda el área del yacimiento con 964 pozos, que representa un 20,02% del total de pozos (ver tabla 3.1), encontrándose la mayor cantidad en la parte noreste y la menor al suroeste. Estas áreas al no tener presencia de mineral no requieren labores de destape por lo que al realizar el escombros a su alrededor debe hacerse con precaución para evitar las afectaciones al medio ambiente.

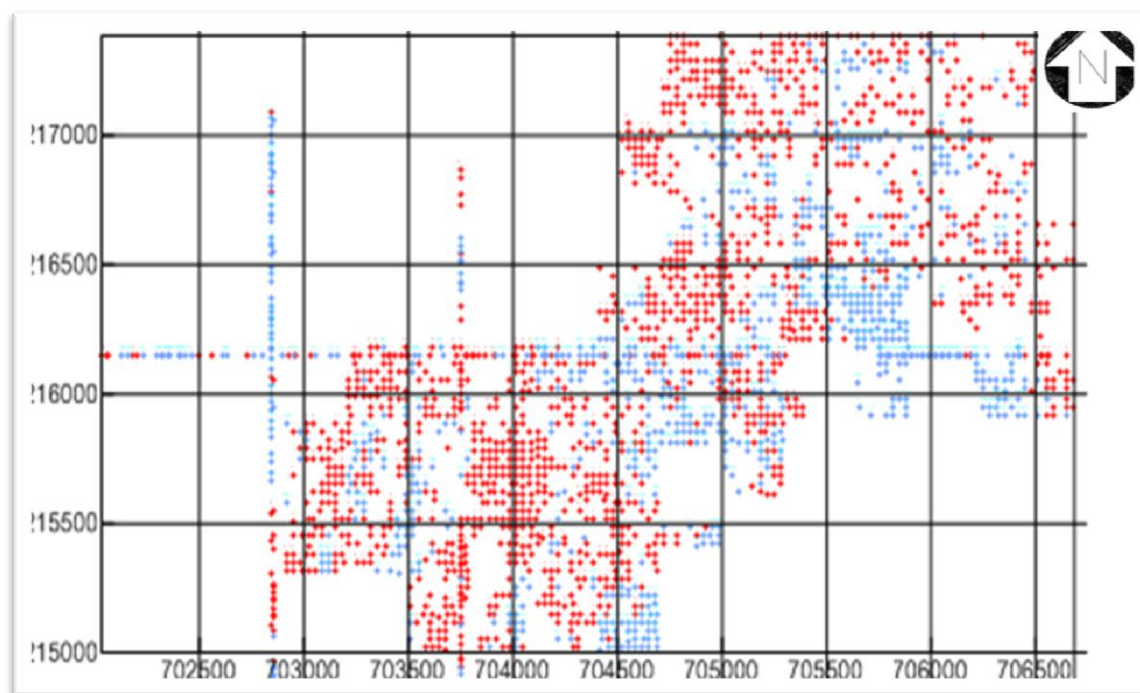


Figura 3.1. Distribución de los pozos de las zonas en afloramiento mineral [LB+SB (rojo)] y no mineralizada (azul).

En la figura 3.2 se observa la distribución de los pozos correspondiente al comportamiento de la potencia del escombro superior. Como se observa, la potencia hasta 1 m se encuentra dispersa de manera significativa por todo el yacimiento siendo esta la más frecuente con 768 pozos representando el 41,2%, teniendo la mayor concentración en la parte noreste, por lo que requiere mayor control a la hora de realizar la excavación - carga para evitar las pérdidas y dilución. Por ejemplo, para un bloque de 3 m en zona de baja potencia de escombro, ese escombro es altamente probable que incurra en dilución, a menos que se haga su extracción con el equipamiento adecuando y con extrema precaución.

Las zonas con presencia de baja potencia del escombro superior facilitan las labores de destape al requerir menor movimiento de tierra para realizar la extracción de mineral.

Las áreas con potencias mayores de 1 m hasta 3 m, representan un 38,4%, distribuido en todo el yacimiento de forma dispersa, no observándose concentraciones significativas. Las zonas con potencias de 3 a 4 m solo representan un 9,5% por lo que hay poca presencia de estas. En el caso de

potencias mayor de 4 m también hay poco predominio, representando el 10,9%.

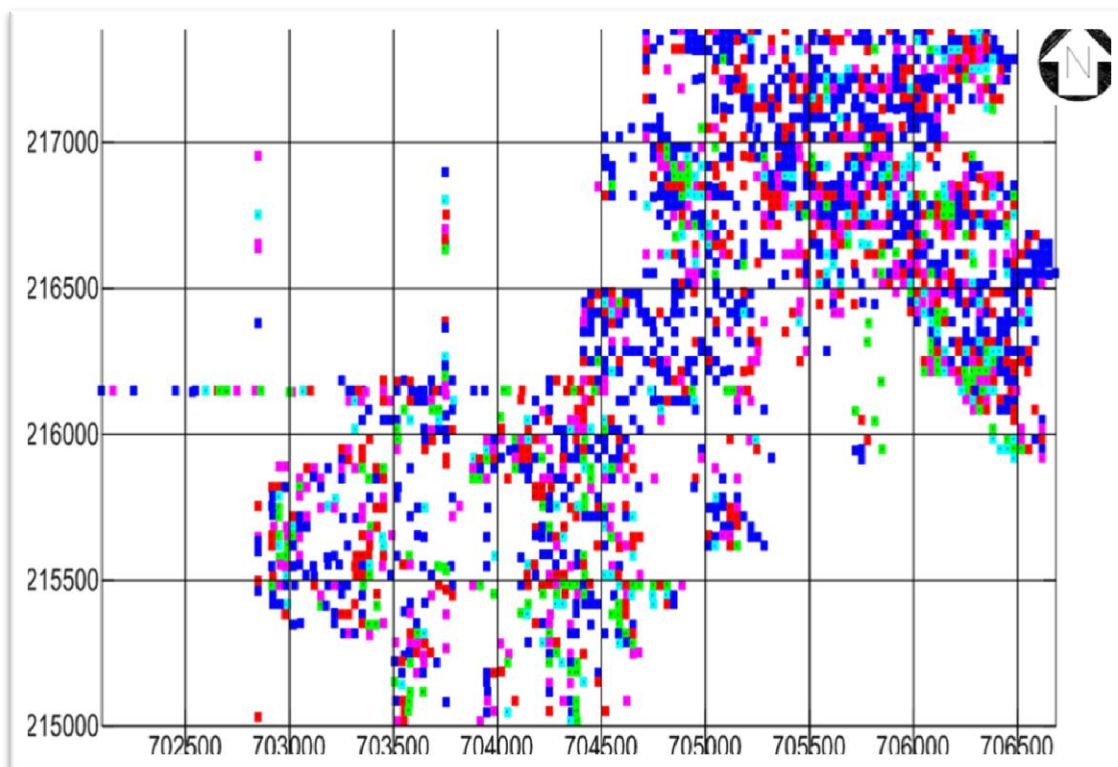


Figura 3.2. Comportamiento de la potencia del escombros superior.

Leyenda

>=Minimum	<Maximum	%	#	Symbol
0.4	1.1	41.2	768	Blue
1.1	2.1	21.3	397	Red
2.1	3.1	17.1	318	Magenta
3.1	4.1	9.5	178	Cyan
4.1	18.1	10.9	203	Green

Tabla 3.1. Descripción de los pozos perforados.

Descripción	Total	% del Total
Pozos total perforados en el área	4815	100,00
Pozos en afloramiento mineral	1393	28,93

Pozos no mineral	964	20,02
Pozos con escombros superior y mineral	2458	51,05

Como se muestra en la tabla 3.2 la potencia promedio del escombros superior es de 2,41 m, la mediana es 2,00 m y la potencia que más predomina es de 1,00 m. El coeficiente de variación es de 1,37 que se considera según la clasificación de Finney (1941) una distribución del escombros superior lognormal ya que este valor es mayor que 1,2, pero por una diferencia de 0,17 por lo cual no es tan significativa. Según la regla de Noble (1992) se considera una distribución marcadamente asimétrica.

Tabla 3.2. Estadística descriptiva de la potencia del escombros superior.

Potencia Escombros Superior	
Estadístico	Valor
Media	2,41
Error típico	0,04
Mediana	2,00
Moda	1,00
Desviación estándar	1,82
Varianza de la muestra	3,32
Coeficiente de variación	1,37
Curtosis	7,21
Coeficiente de asimetría	2,12
Rango	17,60
Mínimo	0,40
Máximo	18,00
Suma	4488,80
Cuenta	1864,00
Nivel de confianza (95,0%)	0,08

El gráfico 3.1 muestra el histograma en la que se representa de manera gráfica las diferentes clases en la que se agruparon las potencias del escombros superior, la cantidad de pozos que representa (frecuencia) y el acumulado en porcentaje. En esta se observa claramente que la potencia más predominante es

hasta 1 m y la menos predominante es la de 5 m. En la tabla de frecuencia 3.3 se observa también el comportamiento de la potencia del escombros superior.

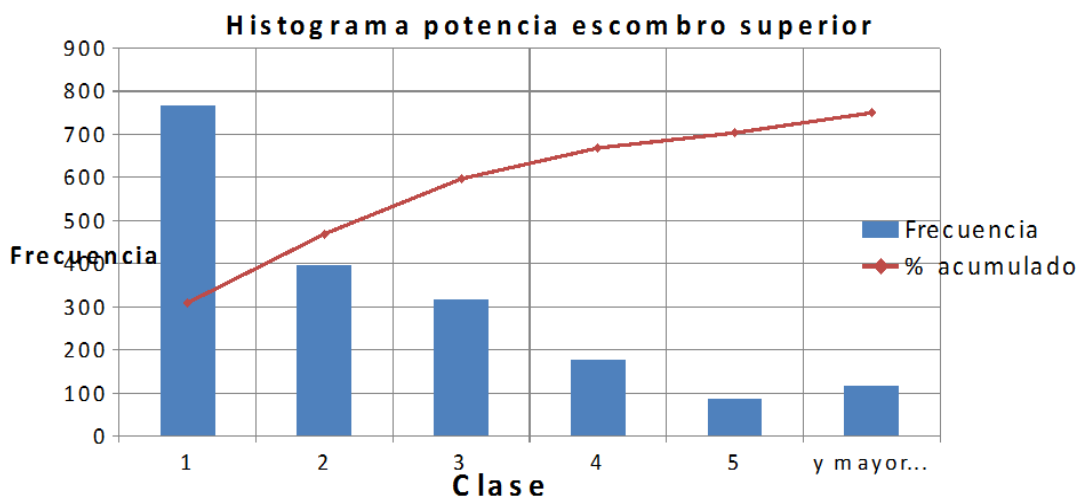


Gráfico 3.1. Histograma de la potencia del escombros superior.

Tabla 3.3. Tabla de frecuencias.

Clase	Frecuencia	Acumulado (%)
1	768	41,20%
2	397	62,50%
3	318	79,56%
4	178	89,11%
5	87	93,78%
y mayor...	116	100,00%

3.2.1. Consideraciones sobre la potencia de escombros superior

- La potencia más frecuente en el yacimiento es de 1,0 m (representando el 41,2 %), lo que indica que existe alta probabilidad de ser incluido como mineral en el bloque de 3,0 m de altura. En pozos con 2,0 m de potencia y baja ley de Ni en el metro mineral, ocurre la pérdida de este último.
- Alrededor del 38% corresponden a potencias mayores de 3,0 m, para las cuales la altura del bloque de 3,0 m puede ser apropiado pero se distribuye con bastante dispersión en el área.

- Las zonas con potencia de 1,0 y 2,0 m no deben extraerse con bancos de 3,0 m, porque la potencia de 1,0 m diluirá el mineral y la de 2,0 m producirá pérdidas.

3.3. Comportamiento de la potencia de mineral

En la figura 3.4 se muestra la distribución de la potencia mineral (LB: $Ni \geq 0,9\%$ y $Fe \geq 35\%$ + SB: $Ni \geq 0,9\%$ y $12\% \leq Fe < 35\%$) con un total de 4815 pozos perforados, de ellos 3851 pozos contienen LB+SB que representa un 79,98% del total (ver tabla 3.4). Según se observa, las zonas con potencia hasta 2,1 m se distribuyen de manera dispersa con 25,1% representadas por 818 pozos. Para estas potencias se requieren labores especiales para la minería con respecto al tamaño de los bloques ya que en un banco de 3 m tiene alto riesgo de pérdidas o dilución. La zona con potencias entre 2,1 y 3,1 m está distribuida en todo el yacimiento con poca presencia, representando el 19,5% equivalente a 634 pozos. Las potencias de 4,1 a 8,1 m es la que más predomina en el yacimiento (ver gráfico 3.2), con 30,6% que corresponde a 996 pozos habiendo ligeras concentraciones en toda el área. Las potencias de 8,1 a 12,1 m es la segunda que más predomina con leves concentraciones, estas representan el 16,8% con 546 pozos. Las potencias mayores de 8,1 m es la más escasa en toda el área ya que solo representa el 8,0% con un total de 261 pozos. Estas se distribuyen en todo el yacimiento, encontrándose ligeras concentraciones en la parte suroeste.

Al existir en este yacimiento una alta variabilidad de la potencia mineral se pueden producir efectos negativos con respecto a las labores mineras ya que estas dificultan el desarrollo eficiente de las mismas.

En el anexo 1 se muestra una vista 3D del área mineralizada en el yacimiento.

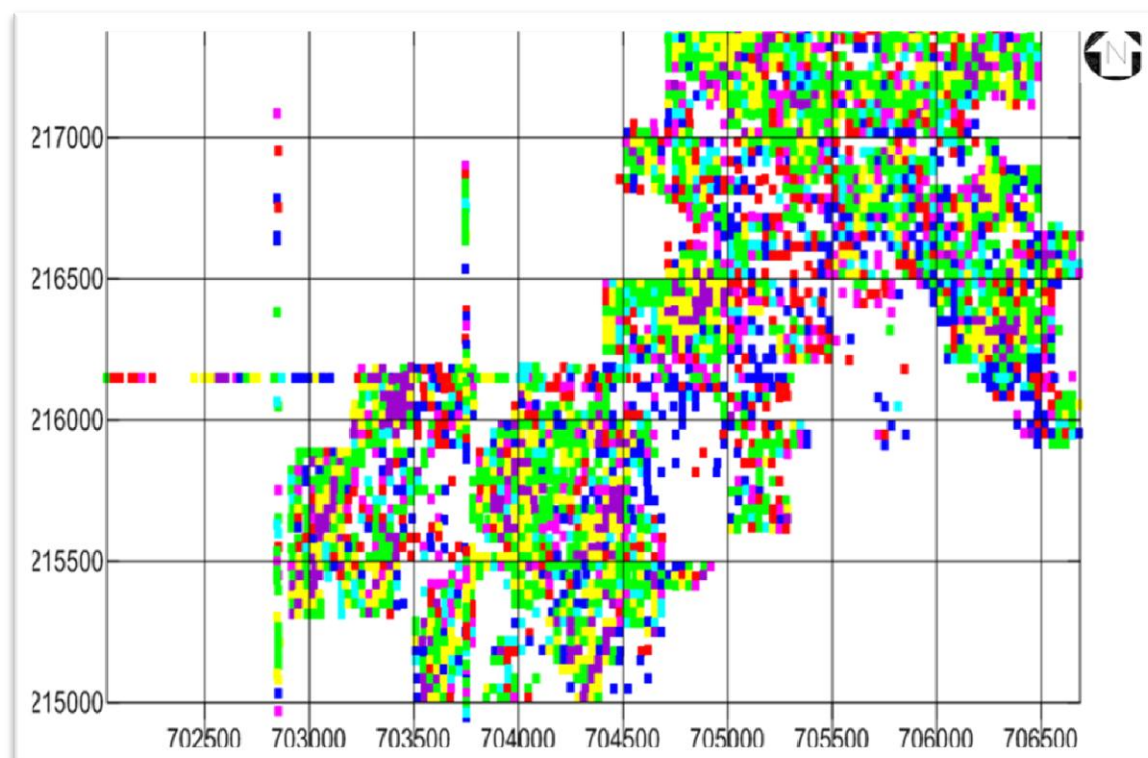


Figura 3.4. Comportamiento de la potencia del mineral.

Leyenda

>=Minimum	<Maximum	%	#	Symbol
0.3	1.1	13.1	426	Blue
1.1	2.1	12.0	392	Red
2.1	3.1	10.4	339	Magenta
3.1	4.1	9.1	295	Cyan
4.1	8.1	30.6	996	Green
8.1	12.1	16.8	546	Yellow
12.1	24.1	8.0	261	Purple

Tabla 3.4. Descripción de los pozos perforados.

Descripción	Total	% del Total
Pozos total perforados en el área	4815	100,00
Pozos mineral (LB+SB)	3851	79,98
Pozos con mineral a descombrar	2458	51,05

En la tabla 3.5 se muestran las tres medidas de la estadística: la medida de tendencia central, la dispersión y la medida de la forma, que caracterizan la distribución de la potencia del yacimiento. Según se aprecia, la potencia promedio es de 5,9 m, la potencia que más predomina es 1 m y la mediana es 5,0 m por lo que se puede decir que el yacimiento no tiene una distribución normal.

El coeficiente de variación tiene un valor de 3,0. Según Finney (1941), el yacimiento se considera con una distribución lognormal ya que ese valor es mayor que 1,2. Según Noble (1992), se considera una distribución asimétrica y muy errática, porque el coeficiente de variación es mayor del 200%.

Tabla 3.5. Estadística descriptiva de la potencia mineral.

Potencia Mineral LB+SB	
Estadígrafo	Valor
Media	5,9
Error típico	0,1
Mediana	5,0
Moda	1,0
Desviación estándar	4,2
Varianza de la muestra	17,9
Coeficiente de variación	3,0
Curtosis	0,8
Coeficiente de asimetría	1,0
Rango	23,7
Mínimo	0,3
Máximo	24,0
Suma	19050,6
Cuenta	3255,0
Nivel de confianza (95,0%)	0,1

En el gráfico 3.2 se muestra el histograma que representa las diferentes clases en la que se agruparon las potencias de mineral, la cantidad de pozos que representa cada una (frecuencia) y el acumulado en porciento. En esta se pudo observar que la potencia más abundante es la de 8 m y la menos abundante

son las potencias mayores de 18 m. En la tabla 3.6 se puede observar con mayor claridad estos datos.

Histograma potencia de Mineral LB+SE

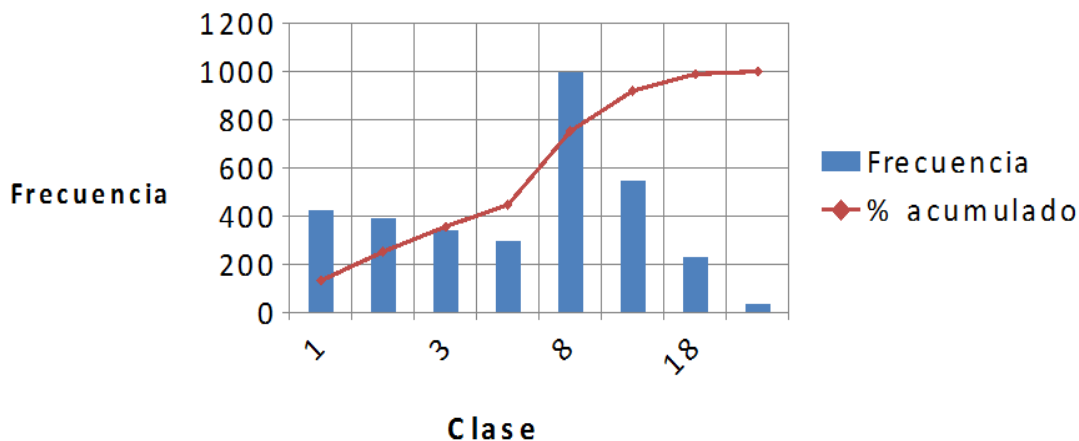


Gráfico 3.2. Histograma de potencia de mineral.

Tabla 3.6. Tabla de frecuencia de la potencia mineral.

Clase	Frecuencia	Acumulado (%)
1	426	13,09%
2	392	25,13%
3	339	35,55%
4	295	44,61%
8	996	75,21%
12	546	91,98%
18	227	98,96%
y mayor...	34	100,00%

3.3.1. Consideraciones sobre la potencia de mineral

- En el yacimiento hay 426 pozos con 1,0 m de mineral, siendo el más frecuente, lo que indica que existe alta probabilidad de ser incluido como escombro en el bloque de 3,0 m de altura; en pozos con 2,0 m de potencia se diluiría con 1 m de escombro.
- Alrededor del 55,39% corresponden a potencia mayor de 8,0 m, para las cuales la altura del bloque de 3,0 m es apropiada.

- Las zonas con potencias de 1,0 y 2,0 m no deben extraerse con bancos de 3,0 m, porque la potencia de 1,0 m pudiera incluirse en el escombros y la de 2,0 m sería diluida con un metro de escombros.
- Las potencias mayores de 3,0 m se pueden extraer por bancos con altura de 3,0 m.

3.4. Evaluación de las posibles pérdidas y dilución sobre la base del modelo de bloques 8,33 x 8,33 x 3 m y los compósitos cada 3 m

Esta evaluación se realizó sobre la base de las siguientes condiciones:

- Se considera que la planificación se hace usando los estimados en el modelo de bloques y la extracción aplicando las definiciones geométricas del modelo de bloques.
- No se incluyen aspectos relacionados con la tecnología usada, la minería y el control minero.
- Se usa como muestra representativa los bloques que coinciden en la ubicación espacial del pozo, que son los datos conocidos según muestreo.

A partir de las comparaciones entre los estimados de leyes en el modelo de bloques y los compósitos realizados por bancos de 3 m, se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 3.7):

Tabla 3.7. Resultados sobre los estimados en el modelo de bloques y los compósitos.

Parámetros	Tm	% Ni	% Fe
Recursos según compósito por banco	942532,64	1,20	41,40
Recursos según estimado en el modelo de bloques	942532,64	1,25	42,85
Diferencias entre los compósitos y el modelo de bloques	0,00	-0,05	-1,45
Recursos posibles a pérdidas según compósitos	70138,41	1,05	40,80
Recursos contabilizados en el estimado	70138,41	0,67	33,92

(modelo de bloques)			
Diferencias entre los compósitos y el modelo de bloques	0,00	0,38	6,88
Recursos posibles a dilución según compósitos	106810,94	0,79	37,32
Recursos contabilizados en el estimado (modelo de bloques)	106810,94	1,05	44,34
Diferencias entre los compósitos y el modelo de bloques	0,00	-0,26	-7,02

Consideraciones sobre estos resultados:

- Los contenidos según el modelo de bloques están sobrestimados con respecto a los compósitos en 0,05% en el Ni y 1,45% en el Fe.
- Se observan bloques con posibles pérdidas sobre la base de los compósitos, al tener bloques por debajo de la ley de corte en los estimados del modelo de bloques. La ley de Ni en el material que pudiera producir pérdidas es de 1,05%, representando 0,38% por arriba de la ley en el modelo de bloques.
- Se observan bloques con posible dilución sobre la base de los compósitos, al tener bloques por encima de la ley de corte en los estimados. Se diluye con una ley de 0,79% de Ni, representando -0,26% con respecto al estimado en el modelo de bloques.

Se realizó además la estadística descriptiva para el Ni y el ploteo de frecuencias para los bloques posible a pérdidas (ver tablas 3.8 - 3.11 y gráficos 3.3 y 3.4) y posible a dilución (ver tablas 3.12 - 3.15 y gráficos 3.6 y 3.7) a partir de los resultados de los compósitos.

Tabla 3.8. Estadística para los bloques que pudieran producir pérdidas según compósitos.

Estadígrafo	Valor
Media	1,07
Error típico	0,01

Mediana	1,02
Moda	0,91
Desviación estándar	0,18
Varianza de la muestra	2,03
Coeficiente de variación	1,89
Curtosis	5,14
Coeficiente de asimetría	2,00
Rango	1,17
Mínimo	0,90
Máximo	2,07
Suma	743,45
Cuenta	694,00
Nivel de confianza (95,0%)	0,01

Tabla 3.9. Tabla de frecuencias.

Clase	Frecuencia	Acumulado (%)
0,85	0	0,00
0,95	185	26,66
1,05	225	59,08
1,15	129	77,67
1,25	73	88,18
1,35	31	92,65
1,45	20	95,53
1,55	6	96,40
1,65	12	98,13
1,75	9	99,42
1,85	0	99,42
1,95	2	99,71
2,05	1	99,86
2,15	1	100,00
y mayor	0	100,00

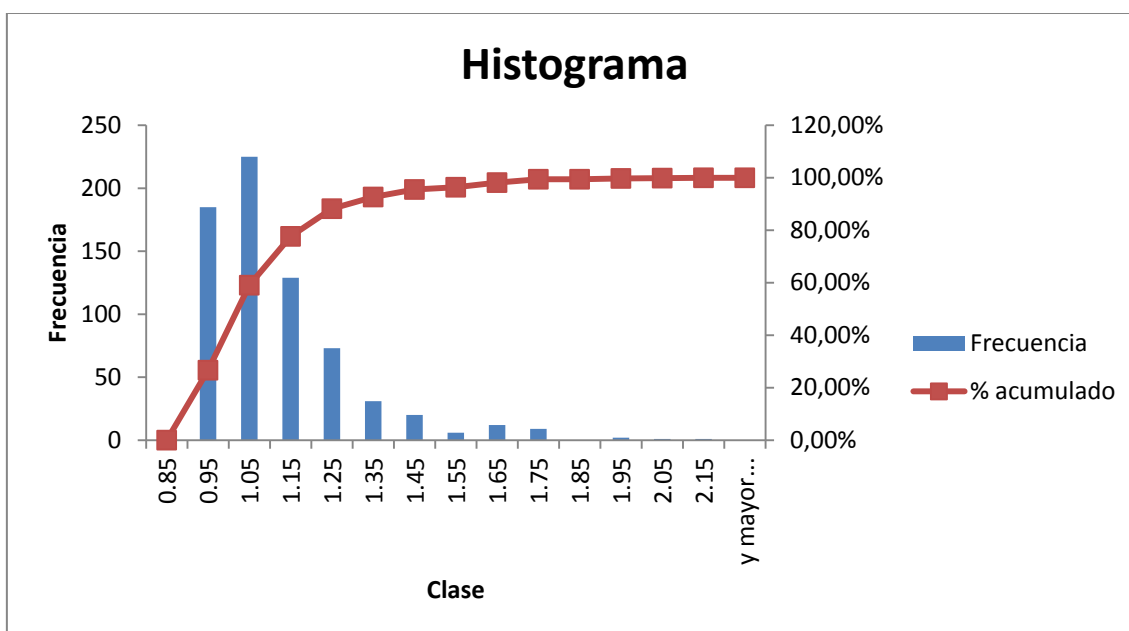


Gráfico 3.3. Histograma de frecuencias.

Tabla 3.10. Estadística de los estimados en el modelo de bloques que según los compósitos resultan en pérdidas.

Estadígrafo	Valor
Media	0,67
Error típico	0,01
Mediana	0,72
Moda	0,77
Desviación estándar	0,18
Varianza	0,03
Coeficiente de variación	0,04
Curtosis	0,14
Coeficiente de asimetría	0,94
Rango	0,71
Mínimo	0,19
Máximo	0,90
Suma	463,30
Cuenta	694,00
Nivel de confianza (95,0%)	0,01

Tabla 3.11. Tabla de frecuencias.

Clase	Frecuencia	Acumulado (%)
0,15	0	0,00
0,25	11	1,59
0,35	58	9,94
0,45	42	15,99
0,55	42	22,05
0,65	92	35,30
0,75	151	57,06
0,85	222	89,05
0,95	76	100,00
y mayor...	0	100,00

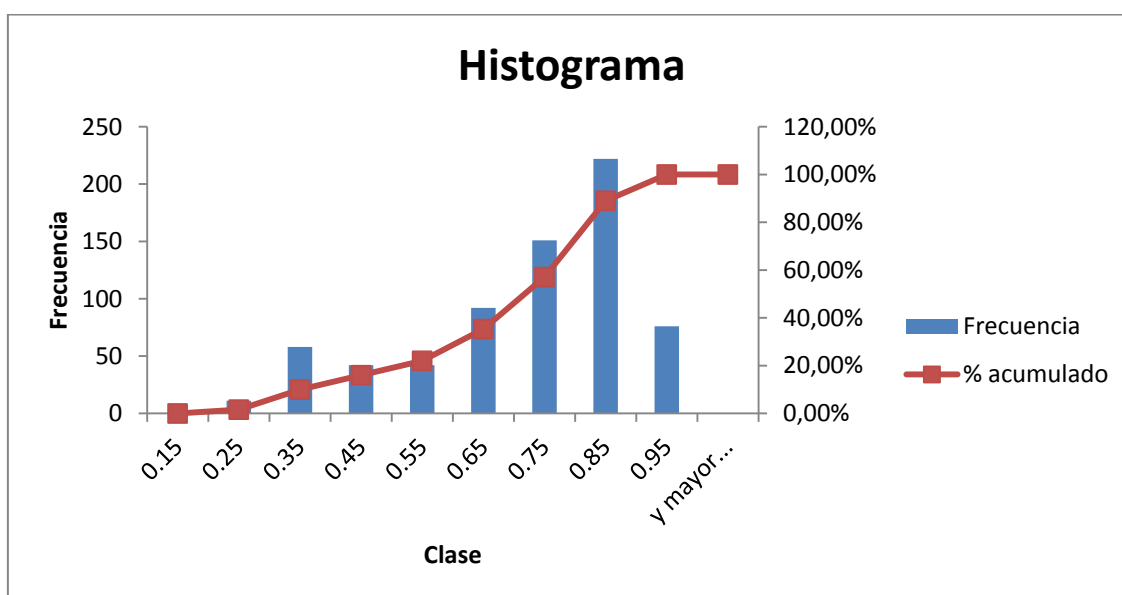


Gráfico 3.4. Histograma de frecuencias.

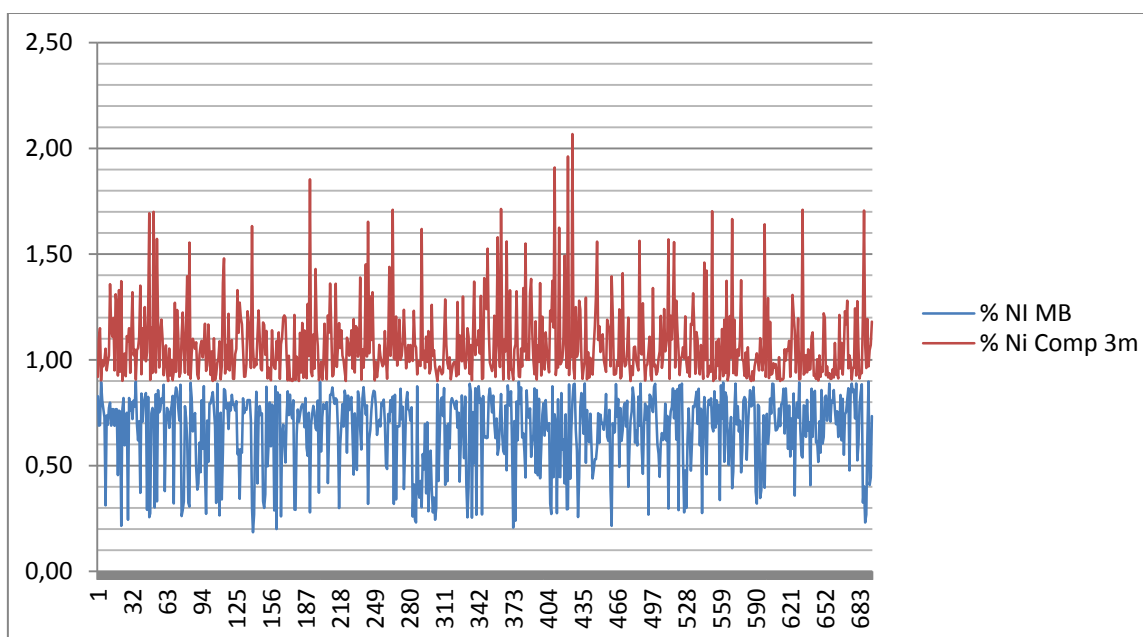


Gráfico 3.5. Comportamiento de los compósitos con respecto al estimado en el modelo de bloques.

En el gráfico 3.5 se observa claramente como bloques que en el estimado del modelo son escombros, en el compuesto son mineral, los cuales pueden ser posibles pérdidas.

Tabla 3.12. Estadística para los bloques que según compósitos pudieran producir dilución.

Estadígrafo	Valor
Media	0,78
Error típico	0,00
Mediana	0,81
Moda	0,86
Desviación estándar	0,11
Varianza de la muestra	0,01
Coeficiente de variación	0,01
Curtosis	3,09
Coeficiente de asimetría	-1,57
Rango	0,64
Mínimo	0,26
Máximo	0,90

Suma	499,74
Cuenta	642,00
Nivel de confianza (95.0%)	0,01

Tabla 3.13. Tabla de frecuencias.

Clase	Frecuencia	Acumulado (%)
0,25	0	0,00
0,35	6	0,93
0,45	9	2,34
0,55	17	4,98
0,65	42	1,53
0,75	140	33,33
0,85	203	64,95
0,95	225	100,00
y mayor...	0	100,00

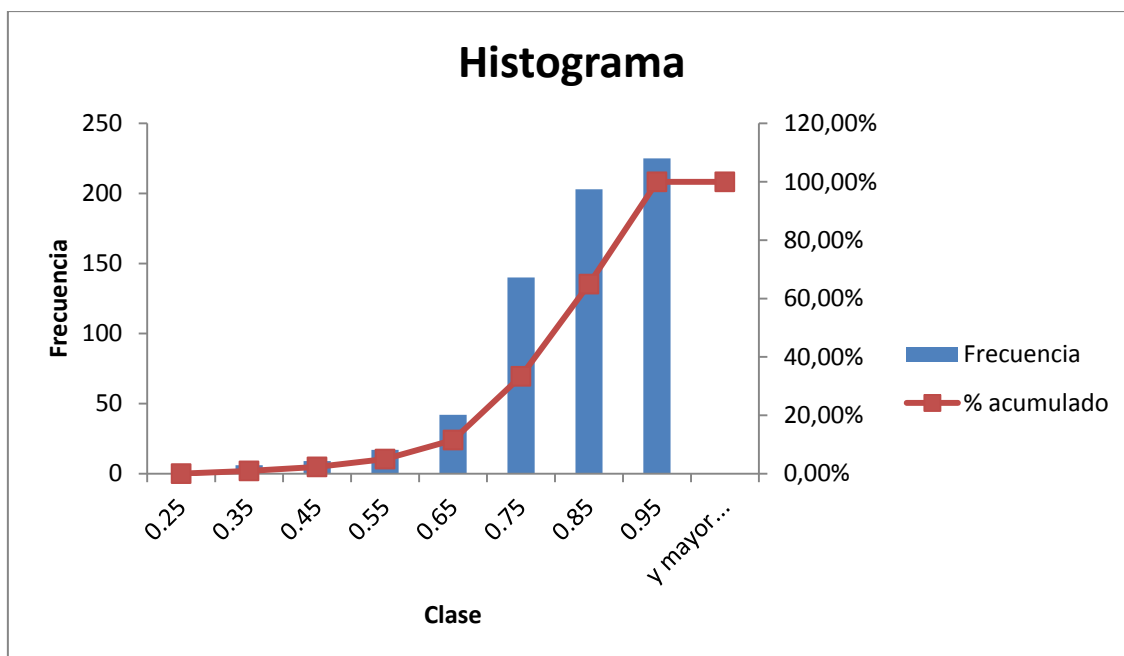


Gráfico 3.6. Histograma de frecuencias.

Tabla 3.14. Estadística para el estimado en el modelo de bloques que según compósitos pudieran producir dilución.

Estadígrafo	Valor
Media	1,07
Error típico	0,01
Mediana	1,02
Moda	0,92
Desviación estándar	0,16
Varianza de la muestra	0,02
Coeficiente de variación	0,01
Curtosis	4,20
Coeficiente de asimetría	1,78
Rango	0,99
Mínimo	0,90
Máximo	1,89
Suma	685,52
Cuenta	642,00
Nivel de confianza (95.0%)	0,01

Tabla 3.15. Tabla de frecuencias.

Clase	Frecuencia	Acumulado (%)
0,85	0	0,00%
0,95	140	21,81%
1,05	234	58,26%
1,15	127	78,04%
1,25	65	88,16%
1,35	40	94,39%
1,45	18	97,20%
1,55	7	98,29%
1,65	6	99,22%
1,75	2	99,53%

1,85	2	99,84%
y mayor...	1	100,00%

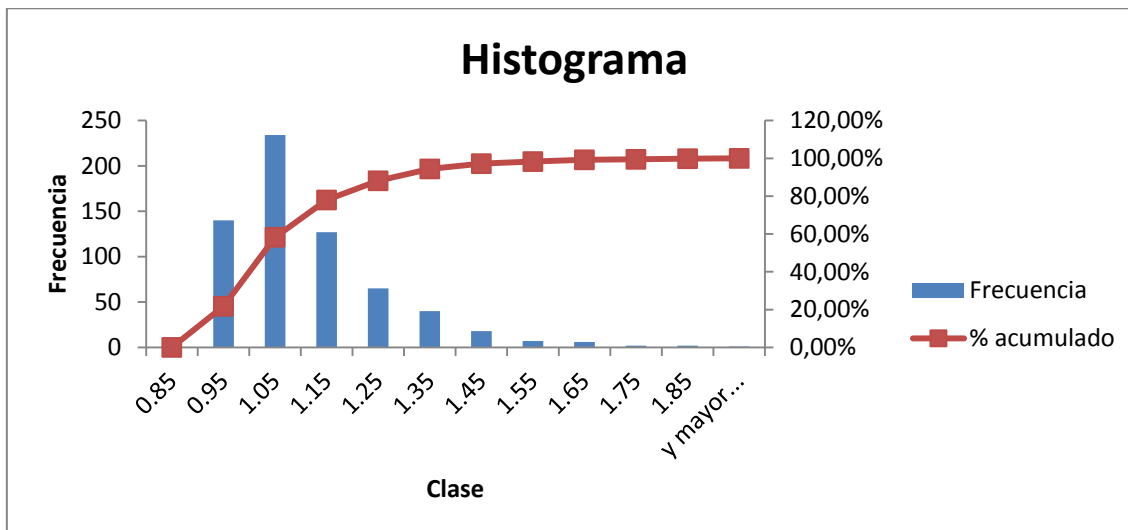


Gráfico 3.7. Histograma de frecuencias.

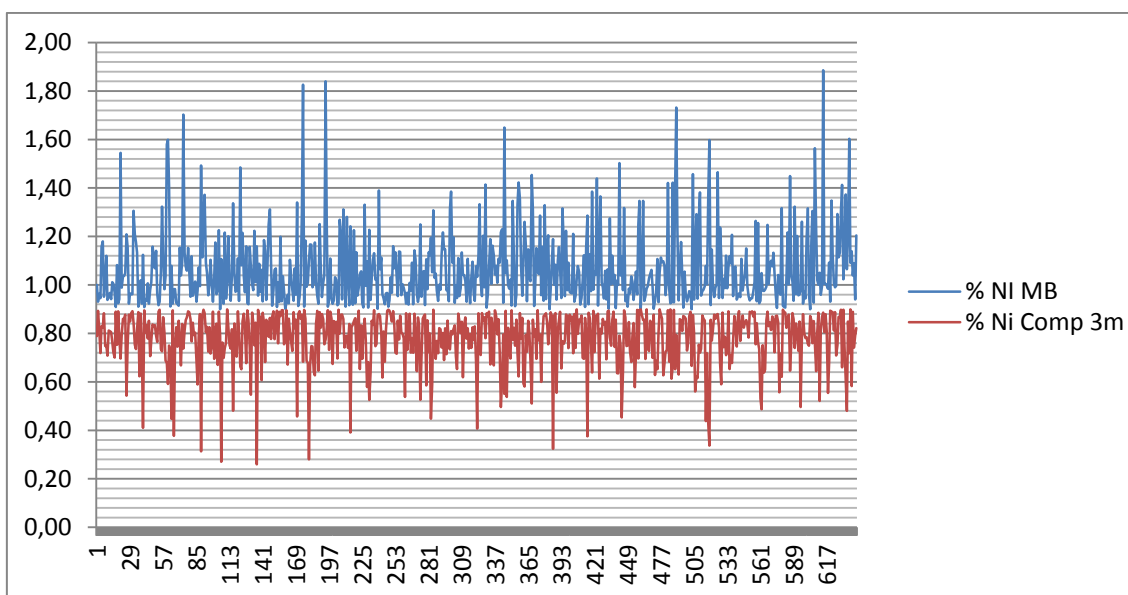


Gráfico 3.8. Comportamiento de los compósitos con respecto al estimado en el modelo de bloques.

En el gráfico 3.8 se observa claramente como bloques que en el modelo son minerales, en el compósito resultan escombros, los cuales pueden producir dilución durante la extracción.

3.5. Evaluación de los pozos con potencia 1 m, sea mineral o escombros, con respecto al compuesto cada 3 m

Se realizó una comparación de los pozos con 1 m de potencia de mineral o de escombros, con respecto al compuesto de 3 m. Si el compuesto de 3 m es mineral (ley de Ni mayor de 0,9) y ese metro es escombros, entonces este pasaría a mineral produciendo dilución. Si el compuesto de 3 m es escombros (ley de Ni menor de 0,9) y ese metro es mineral, entonces este pasaría a escombros, produciendo pérdidas. Para visualizar mejor estas consideraciones se realizó un análisis estadístico y gráficos comparativos para cada caso.

En la tabla 3.16 se muestra la estadística para la potencia de 1 m de escombros que diluye.

Tabla 3.16. Estadística para la potencia de un metro de escombros que diluye.

Estadístico	Valor para 1 m que diluye	Valor del compuesto de 3 m
Media	0,66	1,03
Error típico	0,01	0,01
Mediana	0,74	0,99
Moda	0,89	0,99
Desviación estándar	0,20	0,14
Varianza de la muestra	0,04	0,02
Curtosis	-0,84	6,82
Coefficiente de asimetría	-0,74	2,31
Rango	0,65	0,95
Mínimo	0,24	0,90
Máximo	0,89	1,85
Suma	273,77	427,06
Cuenta	413,00	413,00
Nivel de confianza (95.0%)	0,02	0,01

Tabla 3.17. Comparación de los resultados para el metro que diluye.

Parámetros	Valores
Ley promedio de Ni en el escombros	0,66%
Dilución de Ni contra compuesto	-0,37%
Toneladas que diluye	34389 Tm

En la tabla 3.17 se evidencia la disminución de la ley al incorporar la potencia de 1 m de escombros en el compuesto de 3 m. En el gráfico 3.9 se observa con más detalle este comportamiento.

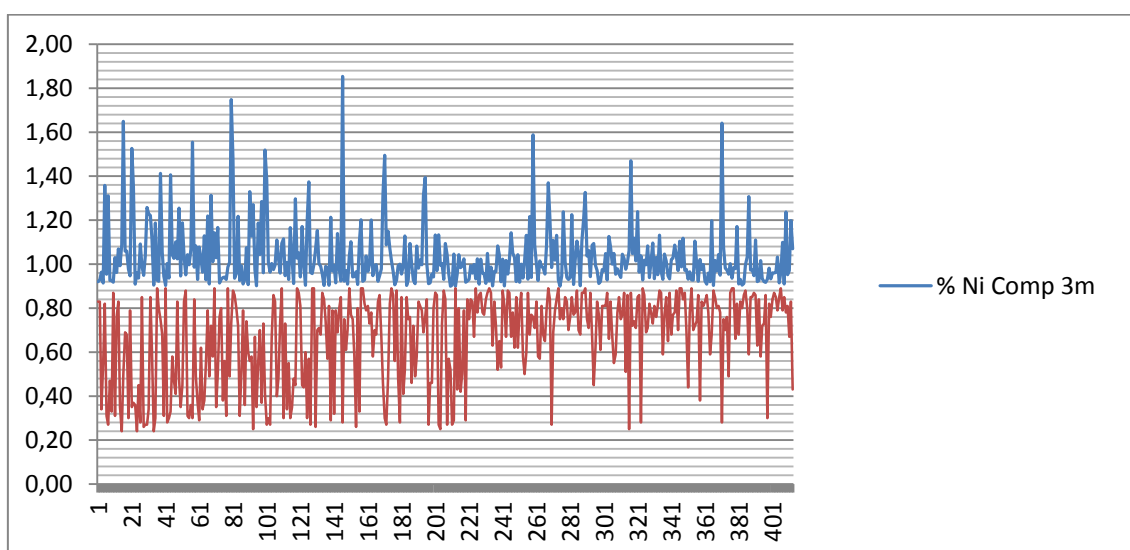


Gráfico 3.9. Comportamiento de la potencia de 1 m que diluye el compuesto de 3 m.

Tabla 3.18. Estadística para los pozos con potencia de 1 m que se pierde.

Estadígrafo	Valor para el metro que se pierde, 1 m potencia	Valor compuesto de 3 m
Media	0,94	0,74
Error típico	0,00	0,01
Mediana	0,93	0,77
Moda	0,90	0,80
Desviación estándar	0,04	0,12
Varianza de la muestra	0,00	0,02
Curtosis	-0,94	0,02

Coeficiente de asimetría	0,60	-0,83
Rango	0,11	0,56
Mínimo	0,90	0,34
Máximo	1,01	0,90
Suma	158,79	124,93
Cuenta	169,00	169,00
Nivel de confianza (95.0%)	0,01	0,02

Tabla 3.19. Comparación de los resultados metro que se pierde.

Parámetros	Valores
Ley de Ni mineral	0,94%
Disminución de la ley que produce las pérdidas	-0,20%
Toneladas que se pierden	14072 Tm

En la tabla 3.19 se evidencia la disminución de la ley al incorporar la potencia de 1 m de mineral en el compósito de 3 m. En el gráfico 3.10 se observa con más detalle este comportamiento.

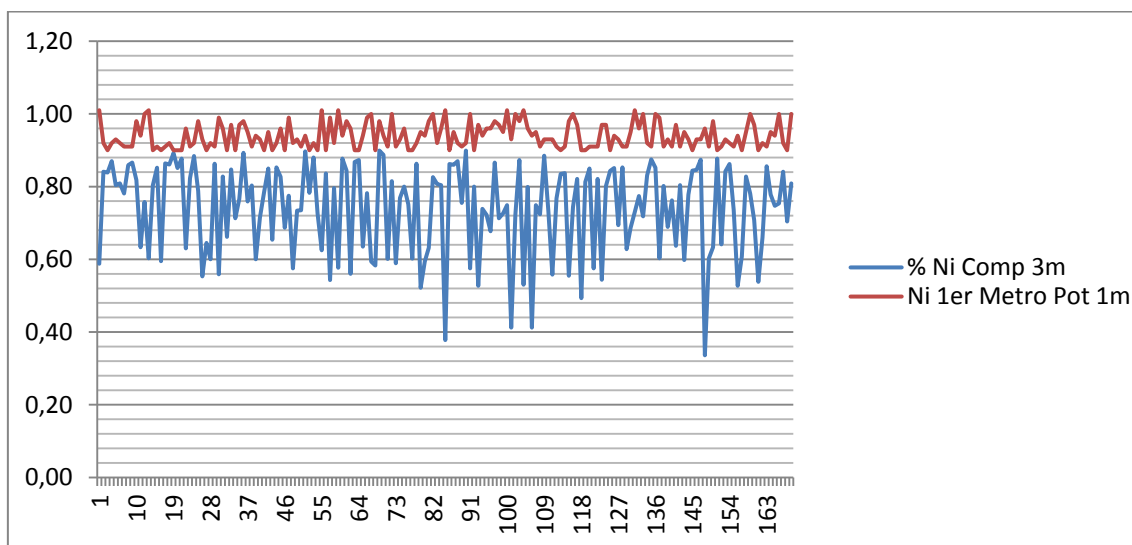


Gráfico 3.10. Comportamiento de la potencia de 1 m que se pierde según el compósito de 3 m.

3.6. Comparación de los compósitos de 3 m con respecto a los compósitos de 2 m (mediante compósitos por bancos)

Para la realización de esta comparación se tomó como base las siguientes condiciones:

- Compósito por bancos de 3 m en la ubicación de los pozos en el modelo de bloques por bancos de 3 m.
- Compósito por bancos de 2 m partiendo de la misma cota máxima en el modelo de bloques por bancos de 3 m.
- Las leyes promedios están ponderadas por el tonelaje.

Tabla 3.20. Resumen de los resultados obtenidos.

Parámetros	Compósitos Bancos de 3 m		
	Tm	% Ni	% Fe
Bloques mineral	830822,92	1,2460	42,138
Bloques escombros	451672,98	0,7120	38,520
	Compósitos Bancos de 2 m		
	Tm	% Ni	% Fe
Bloques mineral	991518,37	1,2521	41,979
Bloques escombros	392098,59	0,7115	40,126
	Diferencias entre compósitos 2 m con respecto al de 3 m		
	Tm	% Ni	% Fe
Bloques mineral	160695,45	0,0061	-0,159
Bloques escombros	-59574,39	-0,0004	1,605

Consideraciones teniendo en cuenta los resultados obtenidos:

- En los compósitos de 2 m para el modelo de bloques 8,33 x 8,33 x 2 m se contabilizan, para la muestra base (compósitos en los pozos), mayor cantidad y calidad de recursos minerales.
- En los compósitos de 2 m para el modelo de bloques 8,33 x 8,33 x 2 m se contabilizan, para la muestra base (compósitos en los pozos), menor cantidad de escombros.
- Existe mayor aprovechamiento de los recursos en el modelo de bloques 8,33 x 8,33 x 2 m.

- Sobre esta base, para el modelo 8,33 x 8,33 x 2 m se esperan menores pérdidas y dilución.

3.7. Medidas organizativas para reducir las pérdidas y dilución

- Tener un adelanto relativo del destape con respecto a la minería, para muestrear el techo y hacer el saneo del mismo antes de entrar en minería.
- No comenzar la minería hasta no tener una certificación de que no queda escombros remanente en el frente.
- La correcta delimitación del contorno entre el escombros y el mineral, durante el destape y la extracción.
- Evitar el destape y la extracción de los contactos por el techo, fondo, laterales e intercalaciones en horario nocturno.
- Adecuar el esquema de destape y extracción a las condiciones locales de cada frente.
- Mantener un geólogo o minero a tiempo completo cuando se esté trabajado en el primero y último banco, así como en el borde de los mismos y en los bancos con intercalaciones.
- Adiestrar a los operadores de las excavadoras para que identifiquen macroscópicamente el escombros y los gabroides.
- La aplicación de este conjunto de medidas solamente requiere incrementar la plantilla de geólogos de campo en 6 plazas.

CAPÍTULO IV. SEGURIDAD MINERA Y MEDIO AMBIENTE

4.1. Seguridad minera

La Empresa Comandante Ernesto Che Guevara tiene como misión principal asegurar la salud y seguridad del recurso humano, implementando las medidas dirigidas a la satisfacción y mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo de los trabajadores, cumplimentando los requerimientos legales establecidos.

La Seguridad Minera está basada en las disposiciones legales vigentes en el país: Ley 116 del 20 de diciembre de 2013 (Código del Trabajo), Decreto 326 del 12 de junio del 2014 (Reglamento del Código del Trabajo) y la Resolución 158 del 16 de junio de 2014 (Reglamento de Seguridad Minera).

Para la implementación de las legislaciones sobre la seguridad minera aprobadas en el país, se debe contar con la siguiente documentación basada en la Resolución 158/2014 del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) (Reglamento de Seguridad Minera), que deberá ser garantizada y actualizada por la Empresa de Minas:

Documentación básica para la realización de trabajos mineros, la cual debe incluir lo siguiente, según el Artículo 8:

- Plano de la concesión minera.
- Proyecto de explotación minera.
- Planos y documentación geológica del yacimiento con el cálculo de reservas.
- Plano general de las instalaciones de superficie y de la mina.
- Plano de desarrollo de la mina.
- Esquemas de los flujos tecnológicos.
- Normas de proceso.
- Plano con las redes de evacuación.
- Licencia ambiental.

Documentación técnica-operativa, la cual debe incluir lo siguiente, según el Artículo 9:

- Proyectos o prescripciones tecnológicas para el avance de los frentes de extracción.
- Órdenes de trabajo de mantenimiento.
- Carpetas técnicas de los equipos mineros.

Documentación de seguridad minera, la cual debe incluir, según el Artículo 10, lo siguiente:

- Reglamento de seguridad minera.
- Plan de Reducción de Desastres aprobado por el mando correspondiente de la Defensa Civil.
- Identificación de las competencias requeridas para los puestos de trabajo en la actividad minera.
- Instrucciones de seguridad y procedimientos de trabajo seguro y operacionales para la instrucción: inicial general, inicial específica por puesto de trabajo, la operacional, la de emergencia y de seguridad para los trabajos peligrosos, necesarios para la capacitación de los trabajadores y la ejecución segura de los trabajos; y los registros que evidencian esta formación.
- Plan de emergencias y de evacuación, así como para la liquidación de las posibles averías.
- Libro de control de la técnica de seguridad.
- Libros de revisión y control de las instalaciones y equipos fundamentales.
- Libro de incidencias y defectos.
- Programa de prevención para el mejoramiento de la seguridad minera.
- Programa Ambiental.
- Informes de los simulacros de averías y accidentes medioambientales.

Procedimientos documentados de seguridad y salud y de medio ambiente (según el Artículo 11), los cuales deben ser elaborados por el Concesionario, según los establecidos en los capítulos 5 y 9 del Manual para la Organización y la Dirección Técnica de la Producción del Ministerio de Energía y Minas. Además, el Concesionario debe confeccionar e implementar los procedimientos de trabajos seguros y operacionales siguientes:

- Procedimiento de transporte en la mina.
- Procedimiento para la rehabilitación minera.
- Procedimiento para la operación con sistemas, equipos.
- Procedimiento para el tratamiento de residuales.
- Procedimiento para la preparación de muestras.
- Procedimiento para la operación con la estación total para mediciones topográficas.
- Otros procedimientos o instrucciones internas que sean necesarios según el tipo de concesión.

La documentación técnico-operativa y de seguridad, según el Artículo 12, se debe mantener mientras exista la actividad, área o frente para el cual fue elaborada y una vez terminado, se archivan por un (1) año como mínimo, pero si en dicha actividad se produce un accidente grave o mortal, esta documentación se archiva durante los cinco años posteriores a su ocurrencia.

4.2. Medidas de seguridad más importantes

Todas las medidas de seguridad a tener en cuenta en la mina están basadas en la Resolución 158 del 2014 del MINEM, por lo que todos los artículos que se mencionarán serán de la misma.

4.2.1. Medidas de seguridad generales

El concesionario, según el Artículo 13, debe establecer una adecuada protección contra el acceso y caída de personas ajenas, animales y objetos a las siguientes áreas:

- Mina.

- Instalaciones mineras en la superficie como: naves, talleres, almacenes, plantas de beneficio, depósitos, escombreras, presas de colas, y otras necesarias para ejecutar la actividad minera.
- Zonas de derrumbes.
- Deslizamientos superficiales.

El concesionario debe garantizar que el personal dirigente y de seguridad bajo su mando cumpla con:

- La prohibición de entrada de personas a las instalaciones, áreas y puestos de trabajo de las concesiones que hayan ingerido bebidas alcohólicas, estén en estado de embriaguez, o no, o bajo los efectos de algún estupefaciente.
- La autorización de entrada y permanencia en las instalaciones, áreas y puestos de trabajo solo para los trabajadores que laboran en ellas y las personas que realizan supervisión o inspección, o trabajadores de otras áreas que estén autorizados por su jefe inmediato.

El concesionario debe asegurar que en el trabajo con los contratistas:

- Queden bien definidas en la etapa contractual las responsabilidades de cada parte referentes al cumplimiento de los requisitos de seguridad minera y medioambiental, con especial atención a la instrucción y capacitación de la fuerza laboral.
- Sean creadas las condiciones de seguridad en el área o puestos donde se desarrolla el trabajo, según lo establece el Procedimiento para la Organización del Trabajo con los Contratistas y las normas vigentes.
- Entregar a la entidad que ejecuta el trabajo el Plan de emergencia y de liquidación de averías referente al lugar donde ejecutan su actividad, para que sea estudiado, conocido y cumplido.
- Las personas bajo su mando comprueben que el personal contratado sea entrenado y capacitado respecto a las reglas, normas y disposiciones de seguridad, y que esto sea avalado por la firma en el Registro correspondiente, de cada uno de los trabajadores instruidos.

4.2.2. Medidas de seguridad en la mina

Las medidas de seguridad y parámetros técnicos que deben cumplirse en la mina, sobre la base de los artículos del 607 - 627, son las siguientes:

- La berma de seguridad debe tener no menos de tres cuartas ($\frac{3}{4}$) partes de la altura de la llanta más grande de los vehículos que circulan por los caminos mineros.
- No se permite realizar trabajos de arranque en un escalón o banco que no disponga de la plataforma de trabajo o las condiciones necesarias para ejecutar la evacuación segura del material arrancado.

En las plataformas, bermas y frentes donde trabajen personas o se estacionen los equipos se cumplen los requisitos siguientes:

- Se inspeccionan en cada turno de trabajo.
- No se permite la acumulación de rocas u otros materiales a menos de 2 m del borde de los bancos o escalones.
- Se ponen barandas si los trabajadores están expuestos a posibles caídas.
- No se permite el tránsito de equipos pesados a menos de 4 m del borde.
- Para realizar trabajos en el borde y en el talud de los bancos se utilizarán cinturones de seguridad para trabajo en altura, y se emite el correspondiente permiso de seguridad.
- Cuando se detecten materiales con peligro de desprendimiento, que amenacen la seguridad de los equipos y personas en la plataforma inferior, se adoptan las medidas de seguridad necesarias para eliminarlo, paralizando el trabajo.
- Los taludes y plataformas inactivos se revisan y acondicionan periódicamente, según se determine por la entidad en su reglamento interno.

Durante la operación de carga a camiones con excavadoras o cargadores, se establecen las medidas para que:

- Los trabajadores no se estacionen dentro del área de movimiento o radio de acción del cubo.
- Los operadores de los equipos de transporte no estén expuestos a posibles accidentes por golpe o caída del material que se carga o transporta.
- El cubo no pase por encima de la cabina del equipo de transporte.
- La excavadora esté provista de señalización sonora para indicar el inicio y fin de la carga mediante un código de señales establecido.
- Los operadores no entren los equipos a la zona de carga sin recibir la orden pertinente.
- Los operadores no pongan en movimiento los equipos llenos, antes de recibir la señal establecida.
- La excavadora trabaje sobre plataforma aplanada y compactada, cuya pendiente no exceda de un grado (1) sexagesimal.
- Al mover la excavadora de lugar no haya colisión con otros equipos.
- Cuando la dimensión de la excavadora no permita la visibilidad total del operador, el desplazamiento se realice bajo la dirección de la persona autorizada y que tenga comunicación con el operador. Si el desplazamiento se realiza por pendiente, que no haya corrimiento.

Medidas de seguridad durante los trabajos con buldócer, según los artículos 628, 631 y 632:

- Puede trabajar en el radio de acción del equipo de carga cuando esté parado y el cubo apoyado en el piso, previa coordinación del trabajo entre ambos operadores.
- Cuando se realice una reparación debajo de la cuchilla, debe estar convenientemente calzada.
- Al empujar el material en los derrames, la cuchilla no puede sobresalir del borde.

- Al moverse paralelo al borde del depósito que conforma, la oruga se mantendrá a una distancia superior de 2 m.
- Los bancos y terrazas formados con buldócer en las laderas deben tener una contrapendiente de entre 3 y 7%.
- Cuando se realicen trabajos con topadores frontales sobre esteras y durante su movimiento, queda prohibido salir o entrar a la cabina, caminar sobre las orugas, etc.
- Para revisar la cuchilla del topador frontal de esteras, por su parte inferior, la misma debe descansar en un apoyo seguro, y el motor permanecer desconectado.
- La distancia entre equipos en movimiento no debe ser menor de 25 m.

Requisitos generales que deben cumplir los equipos mecanizados que se empleen en la Mina, según el Artículo 629:

- Deben estar provistos de resguardos adecuados en todas las partes móviles que puedan tener contacto con el hombre (transmisiones, poleas, engranajes, etc.).
- No se permite trabajar con los equipos cuyos mecanismos no cumplan con los requisitos establecidos en la legislación.
- Los equipos disponen de la tarjeta con las condiciones de trabajo: dimensiones permisibles de las plataformas de trabajo, ángulo máximo de trabajo, altura de la terraza y distancia del equipo hasta el borde de la terraza o de la escombrera, y otras que se entiendan necesarias.
- No se permite la permanencia de personas ajenas al trabajo en las cabinas de las máquinas y en las plataformas de trabajo.
- No se permite el remolque mediante cables, sogas u otras uniones flexibles.
- No se realizan reparaciones que requieran el desmontaje de partes del equipo fuera de los talleres destinados a ese fin, excepto cuando se posean los medios requeridos.

- Las reparaciones a que se hace referencia en el artículo precedente, solo se realizan en presencia de un funcionario responsabilizado con esta actividad.
- Se permite la lubricación de las máquinas y mecanismos en funcionamiento, si existen los dispositivos especiales que garanticen la seguridad de los trabajadores encargados de estas labores.

Requisitos que se deben observar al cargar los equipos, tanto por el chofer como por el operador del equipo de carga, según los artículos 633 y 634:

- La carga de los vehículos de transporte se realiza únicamente por los costados o por la parte posterior.
- Si los vehículos no poseen visera de seguridad, el chofer permanece fuera de la cabina durante la operación de carga, y a una distancia mayor que el radio de acción de la cuchara del cargador.
- El vehículo en espera para cargar permanece fuera del radio de acción de la cuchara del cargador hasta que el operador de esta última emita la señal correspondiente.
- El vehículo después de cargado no puede abandonar el lugar hasta que el operador del cargador emita la señal de partida.

Prohibiciones durante el trabajo con los camiones, según los artículos 635, 636 y 637:

- Ponerlos en movimiento con la caja de volteo levantada.
- Moverlos en marcha atrás, hacia el punto de carga a una distancia mayor de 30 m (con excepción de los movimientos en las trincheras).
- Transportar personas en el volteo y en la cabina.
- Dejar los camiones en las cuestas y pendientes.
- Realizar transporte de material que pueda caerse sin tomar las medidas para su debido aseguramiento.
- Sobrepasar su capacidad de carga.

- Cuando en un terreno inclinado resulte obligada la parada de un camión por deficiencias técnicas, se adoptan las siguientes medidas:
 - Desconectar el motor.
 - Frenar el equipo.
 - Colocar topes o calzos bajo las ruedas. Todos los equipos estarán provistos de dos topes adecuados.
- Cuando la parada por deficiencias técnicas tenga lugar dentro del radio de acción de la cuchara de la retroexcavadora, se adoptan las siguientes medidas:
 - Avisar de inmediato al operador para que detenga el funcionamiento de la misma.
 - Proceder a la retirada del equipo de la zona a la mayor brevedad posible.

4.2.3. Medidas de seguridad y protección del personal de la mina en lo que respecta al medio ambiente

La política en materia de prevención tendrá por objeto la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo dirigida a elevar el nivel de protección de la seguridad, la salud de los trabajadores y el medio ambiente en el trabajo.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. En cumplimiento del deber de protección, el especialista en seguridad minera deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el Concesionario realizará la prevención de los riesgos laborales y medio-ambientales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad, la salud de los trabajadores y el medio ambiente, con las especialidades que se recogen en la legislación en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud y el medio ambiente, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos por la legislación.

El especialista debe adoptar y poner en práctica las siguientes medidas de prevención y control para la protección del medio ambiente, salvaguardar la salud de los trabajadores y la población circundante:

- La construcción, adaptación, y equipamiento de los locales en las áreas de trabajo.
- El buen estado de conservación, uso y funcionamiento de todas las instalaciones destinadas a prevenir y corregir los riesgos del ambiente laboral.
- Evitar la acumulación de desechos o residuos que constituyan un riesgo para la salud, efectuando la limpieza y desinfección periódica pertinentes.
- Instruir a los trabajadores y mantener en lugares visibles, avisos que indiquen las medidas de prevención que deben adoptarse respecto a los riesgos ambientales del establecimiento.

La entidad revisará y corregirá cuando sea necesario, sus planes de emergencia y procedimientos de respuesta, en particular después de que ocurran averías o situaciones de emergencia, así como comprobará periódicamente tales procedimientos y efectuará ejercicios prácticos mediante simulacros.

La acción preventiva en la instalación, se planificará por el especialista de seguridad a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores (HAZOP), que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo. La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. En la tabla 4.1, se muestran los medios fundamentales de protección del trabajador.

Tabla 4.1. Relación entre el trabajador y los medios que debe usar para su protección.

Lugar del cuerpo	Medios de protección	Requisitos que deben cumplir los medios de protección
Cabeza	Cascos protectores para reducir el impacto de los objetos que caigan de alturas más o menos elevados.	Resistentes a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero.
Oídos	Tapones de oídos, orejeras o cascos protectores contra ruidos.	Que atenúen el sonido, que tengan confort y durabilidad, que no tengan impactos nocivos sobre la piel, que conserven la palabra clara y que sean de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, caretas protectoras y espejuelos.	Protección adecuada para el riesgo específico que fue diseñado, comodidad en el uso, ajuste perfecto y sin interferencia en los movimientos, durabilidad y facilidad de higienización.
Pies y piernas	Botas de corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
Vías respiratorias	Respiradores con filtro para polvo, mascara con filtro para gases.	Deben de estar acordes con el elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.

Plan de liquidación de averías

Según el Artículo 27 de la Resolución 158 de 2014 del MINEM, los tipos de accidentes, incidentes, incendios o averías que deben reportarse e investigarse son los siguientes:

- Accidente mayor.
- Accidente mortal.
- Accidente múltiple.
- Accidentes graves que impliquen fractura de la cabeza, columna vertebral o cualquier extremidad, así como la amputación de extremidades y otras similares que puedan producir incapacidad permanente.
- Incendios en cualquier lugar de la entidad.
- Impactos negativos al medio ambiente.
- Averías de primera categoría.
- Averías de segunda categoría que se determinen en el Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo del Concesionario.
- Derrumbes cuya liquidación exceda de 24 horas.
- Incidentes relevantes que puedan dar lugar a un accidente grave, mortal o múltiple.
- Pérdida o extravío de personas.

Para la liquidación de cualquiera de estos accidentes, incidentes, incendios o averías; según los Artículos del 28 al 51, la empresa debe cumplir con las siguientes indicaciones:

- El Concesionario debe tener capacitadas y entrenadas las brigadas de salvamento y rescate de primeros auxilios y de liquidación de averías; equipadas con los medios y recursos necesarios para afrontar todo tipo de accidente o avería con alto grado de seguridad para ellos y para las personas afectadas. Las brigadas contra incendios son parte de la liquidación de averías. La capacitación, incluyendo los simulacros de

liquidación de averías y la comprobación de conocimientos, se planifican en el Programa de Prevención para la seguridad minera.

- En la mina se debe contar con una enfermería, posta sanitaria, consultorio médico u otra instalación similar con recursos adecuados, materiales y personal capacitado para prestar los primeros auxilios y remitir o acompañar al lesionado al centro médico. Entre esos recursos, están los siguientes: camillas, frazadas, botiquín de primeros auxilios, tablillas y gasas para inmovilizar miembros y otros que se determinen.
- En cada instalación minera, según su tamaño y complejidad, se debe disponer de una ambulancia técnicamente certificada y equipada con los medios técnicos y el personal médico y paramédico que permiten brindar los primeros auxilios, un vehículo adaptable o cualquier otro medio de transporte adecuado para trasladar a un accidentado al centro médico más cercano.
- Cuando un trabajador sufra una lesión o enfermedad repentina, debe ser atendido rápidamente y trasladado hasta el lugar en que pueda recibir los primeros auxilios o hasta la unidad de asistencia médica más cercana.
- La transportación de trabajadores lesionados o enfermos se debe realizar con prioridad sobre cualquier transportación y siempre es acompañado por otra persona.
- En los sectores o niveles con concentración de frentes de trabajo, debe existir, en lugar accesible, una camilla en buen estado para transportar a personas lesionadas.
- El Concesionario garantizará las medidas técnicas y organizativas relacionadas con la protección contra incendios, según lo establece el sistema de normas cubanas, el procedimiento organizativo para la protección contra incendios de la entidad y además cumple las exigencias de este Reglamento.
- El Concesionario debe:

- Inspeccionar periódicamente las instalaciones a fin de controlar, o al menos minimizar, las posibilidades de incendio.
- Contar con los elementos e instalaciones de extinción de incendio, necesarios y aprobados para cada actividad, e inspeccionarlos mensualmente, y probar periódicamente su funcionamiento, por lo menos una vez al año, dejando constancia escrita de cada inspección.
- Desarrollar e implementar un programa de entrenamiento para su personal en técnicas de prevención y control de incendios.
- Organizar y entrenar brigadas contra incendios con trabajadores de la Concesión.
- Dictar normas de almacenamiento, uso, manejo y transporte de líquidos inflamables y combustibles.
- Velar que los equipos e instalaciones contra incendio no se utilicen para ningún otro fin diferente al expresamente destinado.
- Reponer los medios técnicos usados, gastados o vencidos.
- Cada área con alto riesgo de incendio en superficie tales como almacenes, estaciones de combustibles y lubricantes, naves de equipos, excavadoras, estaciones de bombeo y similares, debe disponer de todos los medios técnicos necesarios para la prevención y extinción de incendios.
- La ubicación de los medios técnicos contra incendios en las áreas cerradas debe estar en la parte de entrada del aire fresco del flujo de ventilación y en el acceso al local.
- En las áreas con alto riesgo de incendio, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:
 - No se permite fumar ni hacer fuego con llama abierta.
 - Tener las señales y avisos anunciando el riesgo y prohibiendo las actividades peligrosas.
 - Realizar periódicamente la organización, limpieza y liquidación de los materiales inflamables, combustibles innecesarios, y otros propensos al incendio o que obstruyan cualquier acción contra incendio.

- Tener disponibles los medios redundantes necesarios de detección y extinción de incendios.

Plan de simulacros

Como medida para garantizar una preparación del personal en caso de accidentes se harán simulacros dos veces al año, lo que será de tipo:

- Para casos de incendios.
- Accidente del transporte en la mina.
- Movimientos telúricos.

La UBMinera debido a su ubicación geográfica, así como a sus características constructivas, puede ser afectada por los siguientes peligros de desastres:

- Huracanes
- Intensas Lluvias
- Intensas Sequías
- Incendios
- Desastres sanitarios
- Sismos
- Accidentes
- Focos Aedes Aegypti

Todos estos fenómenos pueden provocar averías en la Mina, por lo que se cuenta con un Plan de Liquidación de Averías, Plan de reducción de Desastres y el procedimiento preparado para cada caso.

4.3. Medio Ambiente

La dirección de la ECG, preocupada por la afectación que le ocasionará al medio ambiente la explotación de los yacimientos Punta Gorda (PG), Yagrumaje Norte (YN), Yagrumaje Sur (YS) y Camarioca Este (CE), solicitó a CEPRONIQUEL el Proyecto Minero para la descripción y evaluación de los indicadores que caracterizan el medio físico, biótico y socioeconómico, como elementos susceptibles de sufrir transformaciones ambientales; y a partir de

esta línea base y la descripción del Proyecto, la identificación y análisis de los impactos potenciales a generarse por las acciones de este, y determinar las medidas de prevención, mitigación y control de dichos impactos, durante las fases de apertura y operación del Proyecto, así como trazar el pronóstico de la estrategia de recuperación total del territorio.

La referida caracterización, tuvo como objeto disponer de una visión de los componentes del medio físico, biológico y socioeconómico en el área donde se llevará a cabo el Proyecto, lo cual permite disponer de una base comparativa para identificar, describir y evaluar los impactos potenciales, susceptibles de generarse por la implementación del mismo, y sus repercusiones ambientales (biofísicas, socioeconómicas y culturales), en las áreas de influencia tanto directa como indirecta; así como diseñar las acciones más adecuadas para su mitigación y control, logrando un estimado que el inversionista pueda ejecutar una proyección para su ejecución. La parte Medio Ambiente del Proyecto Minero realizado en Marzo de 2011 cumplió con estas expectativas. En lo relativo al yacimiento Camarioca Este se tomaron como base las siguientes informaciones:

1. Informe geológico del yacimiento Camarioca Este realizados por los especialistas de Geominera Oriente.
2. Tarea de solicitud de Licencia Ambiental del yacimiento Camarioca Este. Ejecutado por la Empresa de Ingeniería y Proyecto de la Unión del Níquel (CEPRONIQUEL).

Marco legal

Con el objetivo de brindar criterios ambientales adecuados y actuales que contribuyan a identificar las regulaciones existentes en cuanto a los impactos ambientales que potencialmente pueden producirse como resultado de las actividades de extracción de minerales, se revisaron normas ambientales y la legislación vigente en Cuba.

Principales regulaciones legales vigentes

- Ley 81 de Medio Ambiente

La Ley 81 de Medio Ambiente, aprobada el 11 de julio de 1997 por el Parlamento Cubano, establece en su artículo 13 que los organismos que tienen a su cargo el uso y administración de recursos naturales, en cumplimiento de sus deberes, atribuciones y funciones específicas relativas a la protección del medio ambiente, deben incorporar y evaluar los requerimientos de la protección del medio ambiente en sus políticas, planes y programas de desarrollo y ejecutar proyectos con vista a garantizar la sostenibilidad de su gestión y contribuir al desarrollo de la vida en un medio ambiente adecuado, valorando científicamente los factores ambientales.

- Ley 76 de Minas

La Ley 76 de Minas de enero de 1995 establece en su artículo 40 y 42 que todos los concesionarios están obligados a preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área, elaborando estudios de impactos y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar el impacto derivado de la actividad minera en los términos que establece la legislación.

En el artículo 57 señala que los concesionarios pueden perder esta condición si no cumplen con el programa de ejecución de las medidas de mitigación y en el 64 y 65 señala la obligación de restaurar con el cierre de la mina.

- Ley 85 de Forestal

Esta ley de agosto de 1998, tiene entre sus objetivos establecer los principios y regulaciones generales para la protección, el incremento y desarrollo sostenible del patrimonio forestal de la nación.

En su artículo 19 establece como Bosques Protectores de las Aguas y los Suelos a los situados en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, las fajas forestales de las zonas de protección de embalses, ríos y arroyos, así como todos los situados en pendientes mayores de 45% o en zonas susceptibles al desarrollo de la erosión hídrica y eólica. El ancho de las fajas forestales de las zonas de protección de embalses y cauces fluviales será establecido conjuntamente por el Ministerio de la Agricultura y las entidades que correspondan.

El artículo 21 prohíbe las actividades que ocasionen la eliminación permanente de la vegetación en las zonas declaradas como bosques protectores.

- Decreto - Ley 136 Del Patrimonio Forestal y Fauna Silvestre y sus Contravenciones

La concepción del Decreto - Ley para la protección del patrimonio forestal y la fauna silvestre, aprobado el 3 de marzo de 1993 por el Consejo de Estado de la República de Cuba, plantea “que los bosques y la fauna silvestre constituyen recursos naturales renovables, patrimonio de todo el pueblo, susceptibles de ser aprovechados racionalmente sin detrimento de su integridad ni de sus cualidades reguladoras y protectoras del medio ambiente”.

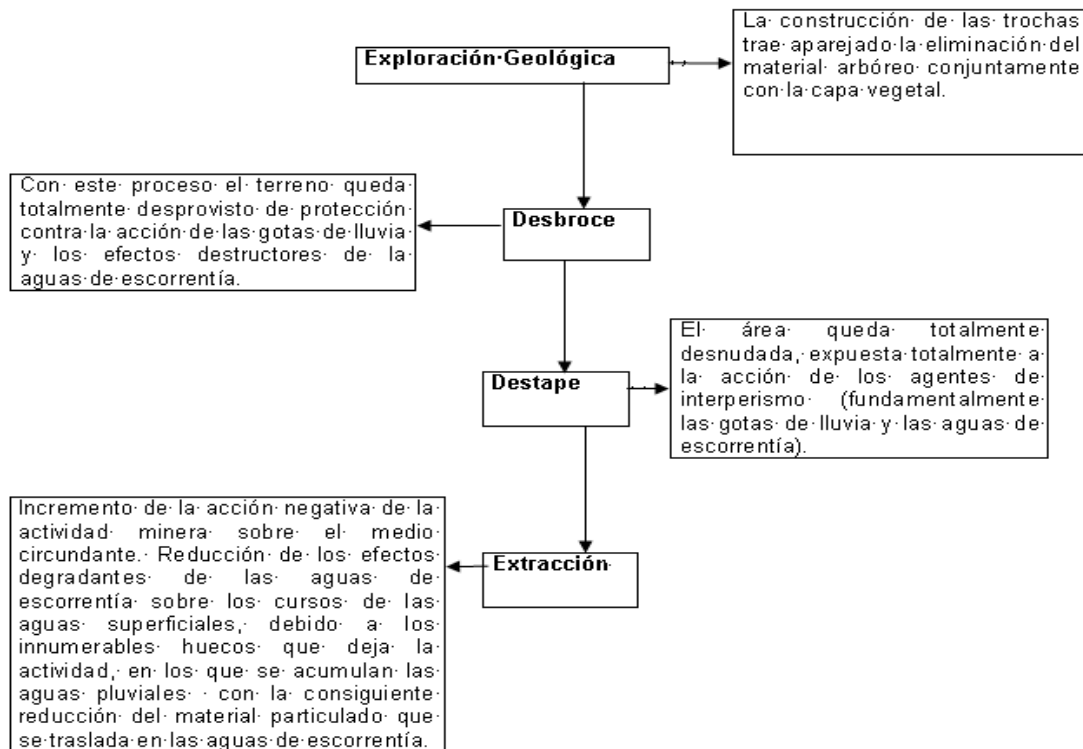
Para el caso particular de las explotaciones mineras, el artículo 16 de su Capítulo III, Sección Primera, establece que “cualquier inversión que pueda perjudicar el patrimonio forestal o alterar el hábitat o las condiciones de vida y reproducción de las especies de la fauna silvestre, antes de su ejecución, se deberá consultar con el Ministerio de la Agricultura, el cual explicará, cuando proceda, la correspondiente autorización.

- Normas Cubanas: Sistema Nacional de Normas para la Protección del Medio Ambiente e Higiene Comunal

A partir de la década de los años 80, el Estado Cubano dictaminó la realización del Sistema de Normas Cubanas, dirigidas en el orden geográfico, al óptimo ordenamiento territorial del país en consonancia con el necesario equilibrio entre el uso racional de los recursos naturales, la protección y conservación de la naturaleza y la calidad del hábitat humano. Para las definiciones espacio - estructurales funcionales, estéticas, sanitarias, etc., se debe consultar estas normas.

4.4. Principales afectaciones producto de la actividad minera a cielo abierto

Las principales afectaciones que se originan producto de la actividad minera a cielo abierto, se muestran en el siguiente esquema:



Esquema 4.1. Principales afectaciones originadas por la actividad minera.

Identificación y evaluación de impactos

Se identifican como principales acciones y operaciones productoras de impactos ambientales en las áreas de explotación minera las siguientes:

Tabla 4.2. Principales acciones y operaciones productoras de impactos ambientales.

Acciones productoras de impactos o alteraciones	Principales operaciones de la actividad minera
1. Preparación Minera	1.1. Tala de especies arbóreas 1.2. Limpieza de terreno
2. Arranque del material laterítico	2.1. Perforación de roca

3. Carga y transporte de material	3.1. Depósito de minerales 3.2. Carga a los medios de transporte 3.3. Transporte de mineral
4. Tratamiento de material en planta	4.1. Almacenamiento temporal en planta 4.2. Reducción de tamaño 4.3. Clasificación de material 4.4. Carga a los medios de transporte

Los efectos directos e indirectos causados por las operaciones mineras sobre los componentes ambientales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.3. Efectos directos e indirectos causados por las operaciones mineras.

Operación minera	Componente ambiental afectado	Efectos directos	Efectos indirectos
1. Preparación minera	Biótico	Destrucción de especies arbóreas	Alteración del paisaje, pérdida del suelo por erosión
	Geoesférico	Cambio en la morfología del suelo	Pérdida de comunidades vegetales, alteración de poblaciones animales
2. Arranque del material laterítico	Geoesférico	Pérdida de la estructura del suelo. Cambio temporal en la calidad del aire.	Alteración del paisaje, cambio de usos en los suelos, emisión de partículas en suspensión y emisión temporal de ruidos

3. Carga y transporte de material	Geoesférico	Cambio en la morfología del suelo por construcción de vías.	Alteración del paisaje, cambio en los usos del suelo, emisión de partículas en suspensión y emisión temporal de ruidos
4. Tratamiento de material en planta de beneficio de minerales	Geoesférico Atmosférico	Ocupación del suelo Cambio temporal calidad del aire	Cambio en el uso del suelo, emisión de partículas en suspensión y emisión temporal de ruidos

4.5. Plan de medidas para la protección medioambiental

Los trabajos mineros son altamente agresivos al medio ambiente, ya que para realizarlos es necesario destruir la capa superficial del suelo, que es la base de la sustentación de la flora y la fauna existente en el lugar. Estos efectos no sólo son perceptibles en las áreas donde se está trabajando, sino que también se manifiestan aguas abajo a lo largo de los cursos de ésta, llegando a la costa, donde los sedimentos sepultan la flora y la fauna a la vez que contaminan las aguas del mar. Para reducir los efectos de la minería sobre el medio ambiente se aplican tres tipos de medidas:

1. Medidas preventivas

Son todas aquellas medidas que se toman desde la etapa de proyecto para afectar lo menos posible al medio ambiente, por ejemplo:

- La planificación de los trabajos mineros de tal forma que los sedimentos queden dentro de la mina.
- Las escombreras se construirán dentro del área minada y de tal forma que las mismas creen trampas para los sedimentos, restablezcan el manto freático, devuelvan el paisaje y abarquen la mayor área posible.
- La reducción del ciclo de exploración - preparación - extracción y restauración al mínimo.

- El diseño de los taludes tanto en los bordes activos como inactivos, para que sean estables.

2. Medidas atenuantes

Son un conjunto de medidas que se toman para reducir los efectos negativos causados por el impacto ambiental que produce la minería, dentro de estos se encuentran:

- La siembra de hierbas y árboles pioneros.
- La construcción micro diques y canales colectores para las aguas de la mina.
- El regadío de los caminos mineros.
- La construcción de trincheras antierosivas en las áreas preparadas para la rehabilitación.
- La construcción de colectores en las partes bajas de la cantera, entre los taludes de los bordes inferiores inactivos y el relleno para la reforestación, donde se dejará un espacio libre como trampa para los sedimentos.

3. Medidas correctoras

Las medidas correctoras para restituir la vida y el paisaje a las áreas; las mismas tienen un carácter definitivo.

- La modelación del relieve del terreno.
- La eliminación de las cárcavas.
- La restitución del manto freático.
- La restauración de la vegetación de forma definitiva.
- La construcción de lagunas de sedimentación.
- La construcción de diques filtrantes para purificar las aguas antes de ser incorporadas a las corrientes fluviales.
- El monitoreo y mantenimiento de las áreas rehabilitadas hasta que se garantice la estabilidad de las mismas.

4.6. Medidas específicas para la protección del medio ambiente

1. Preparación minera

- Esta actividad se debe realizar solo en las zonas que se van a minar.
- No romper el drenaje de los ríos o arroyos con caudal considerable.
- Realizar un muestreo sistemático en las aguas de los ríos y arroyos.
- A fin de reducir al mínimo la superficie de explotación, el material estéril debe depositarse en vertederos internos; es decir, en los espacios abiertos por la explotación.
- Siempre que sea posible, lograr el acceso a los puntos deseados sin la creación de nuevos caminos o trochas, pues la conducción de vehículos sobre la vegetación (yerbas y arbustos), disminuye las posibilidades de erosión del suelo.
- Usar preferiblemente los caminos, trochas y contrafuegos existentes.
- Ubicar preferentemente los accesos sobre el lomo de las elevaciones, o bien en el fondo de los valles, a una distancia prudencial de los cursos de agua permanentes o intermitentes. No menor de 10 m de las orillas de los cursos de agua permanentes considerados como “Río Principal” o de “Primer Orden”, y no menor de 5 m de las orillas para los de “Segundo o menor orden”. Para los cursos de agua intermitentes, considerar el papel de estos en el de desagüe de la zona y ubicar los accesos preferiblemente a 5 m del mismo.
- Si es necesario nuevos caminos o trochas, estos deben tener como máximo 6 m y 3 m de ancho respectivamente.
- Minimizar el corte y desmonte de la vegetación, evitando la afectación de los árboles más grandes o viejos u otras plantas de interés conservacionista.
- Siempre que sea posible, procurar que los caminos sean sinuosos, con curvas, pues estos son menos visibles y obligan a desplazamientos más lentos, lo que desestimula el acceso y disminuye el polvo.
- No se crearán cordones de tierra en los bordes de los caminos, lo que permitirá el flujo normal del agua, evitando que la misma corra a lo largo del camino y provoque la erosión y deterioro del mismo.

- Toda vegetación desmontada será apilada, para volver a distribuirla posteriormente sobre el suelo, a modo de una ayuda adicional al crecimiento de la vegetación (servirá como abono orgánico y material antierosivo).
- La caída de los árboles cortados será sobre el camino desmontado, ordenándose los troncos en el borde del camino, los cuales podrán ser utilizados por las entidades autorizadas.
- Los cruces de ríos y arroyos serán en ángulo recto con respecto a la dirección de la corriente y por lugares que afecten poco el lecho y orillas de los cursos de agua. Los cruces deben realizarse por lechos anchos y resistentes, lo que dispersará los flujos máximos de agua y disminuirá la erosión respectivamente. Si el lecho no es resistente a la erosión, depositar piedras o troncos pesados en el lecho, estos últimos dispuestos en la dirección de la corriente.
- Cuando sea necesario usar alcantarillas, priorizar el uso de aquellas con fondo abierto y se les dimensionarán acorde con el flujo máximo de crecida, para lo cual se observará, si es posible, la línea natural de crecida. Estas medidas permitirán el paso libre de la fauna acuática y disminuirá la posibilidad de bloqueo del agua durante las crecidas y la destrucción de la obra.
- Mantener los patrones de drenaje natural, evitando los bloqueos de agua en los valles o quebradas, así como la restricción del flujo de agua en terrenos planos. Cuando los caminos interrumpen el drenaje natural, proporcionar pasos de drenaje o poner alcantarillas. En zonas de posibles grandes flujos, hacer una planificación cautelosa.
- Los accesos (caminos y trochas) en pendientes de más de 5° , priorizar seguir la curva de nivel, procurando que el drenaje sea hacia el interior de la pista, lo que se logra con una pequeña inclinación no mayor de 3° .
- Cuando sea imprescindible el movimiento de tierra para la construcción de los accesos, retirar y separar el horizonte “A” del suelo para su reutilización en la rehabilitación posterior de los mismos.
- El drenaje de los caminos y trochas, deberá descargar sobre la vegetación no perturbada y lo más espesa posible, de no existir la

misma, se construirán filtros de rocas. Se evitará el descargue de las aguas en pendientes o cañadas despejadas y nunca directamente a los cursos de agua. Estas medidas disminuyen los efectos de la erosión.

- Disminuir al máximo los movimientos de equipos cuando existan condiciones de excesiva humedad en el terreno, minimizando así el deterioro del suelo y los costos de operación.

2. Extracción minera

- Garantizar dentro de la minería el drenaje de las aguas.
- Se microlocalizará un punto para la disposición de los desechos sólidos.
- Se adoptarán todas las medidas que garanticen el no derrame puntual de combustibles.
- Realizar monitoreo del agua y polvo.
- Riegos periódicos en viales de servicio, o utilización de estabilizantes químicos (sales higroscópicas).

CONCLUSIONES

1. Se realizó la caracterización del equipamiento de excavación - carga utilizada en el yacimiento, empleándose actualmente las retroexcavadoras hidráulicas marca XCMG y LIEBHERR, las cuales realizan el arranque y la carga con cubo de capacidad de $4,3 \text{ m}^3$ y tienen una profundidad máxima de excavación de 6,9 m y 10,5 m, respectivamente.
2. Se caracterizó el modelo de bloques definido en Camarioca Este, el cual tiene dimensiones de $8,33 \times 8,33 \times 3 \text{ m}$, y fue utilizado para la estimación de recursos y reservas; el mismo se emplea para realizar, tanto las labores de destape, como para la extracción del mineral.
3. Se definieron los parámetros que más influyen en la relación modelo de bloques y equipamiento de excavación - carga, los cuales son: potencia de escombros superior, potencia de mineral, capacidad del cubo de la retroexcavadora, profundidad máxima de excavación, pérdidas y dilución.
4. Se comprobó que el tamaño del modelo de bloques para bajas potencias, tanto de escombros como mineral, es inapropiado.
5. Se determinó que el tamaño del modelo de bloques y el equipamiento de excavación-carga empleado, es compatible para potencias medias y altas; no siendo así, para potencias bajas, tanto para el escombros como para el mineral.

RECOMENDACIONES

1. Usar, para bajas potencias de escombros y de mineral, la retroexcavadora con cubos de pequeña capacidad y el esquema combinado buldócer- retroexcavadora.
2. Realizar la minería por bancos de 2 m en las zonas de baja potencia, tanto para el escombros como para el mineral, para lo cual se debe generar un modelo de bloques con tamaño 8,33 x 8,33 x 2 m.
3. Realizar la minería empleando las dragalinas en las zonas concentradas de alta potencia, con la finalidad de lograr mayores productividades.

BIBLIOGRAFÍAS

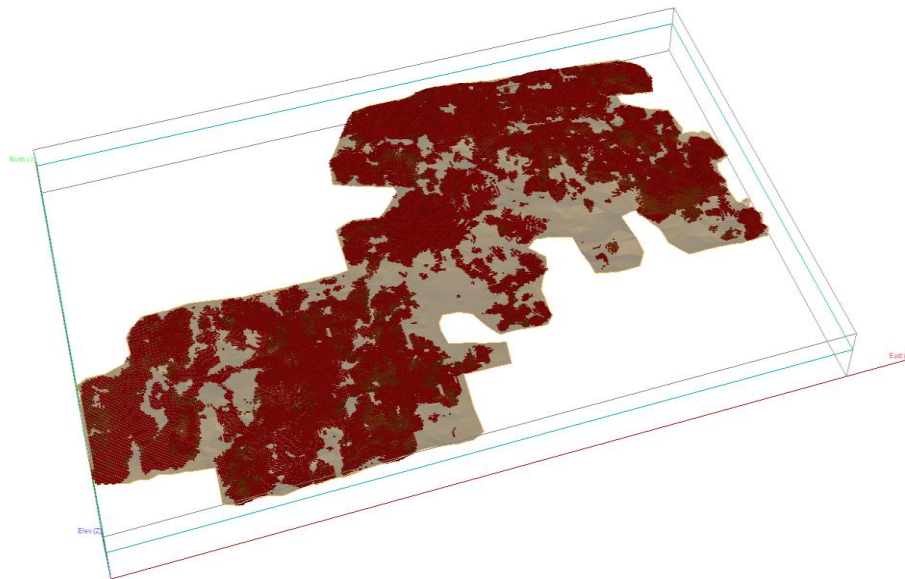
1. Alfaro Sironvalle, Marco. A. (2003). Introducción al Muestreo Minero. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile.
2. Alfaro Sironvalle, Marco. A. (2007). Estimación de Recursos Mineros. Tesis.
3. Alfaro Sironvalle, Marco. A. (2013). Tendencias en la estimación de recursos mineros. Carrera Ingeniería Civil de Minas UCV.
4. Castillo Delgado, Linda Marcela. (2009). Modelos de optimización para la planificación minera a cielo abierto. Tesis. Santiago de Chile.
5. Ceproníquel. (2009). Actualización del modelo del yacimiento Yagrumaje Oeste.
6. Ceproníquel. (2009). Actualización del modelo geológico yacimiento Punta Gorda.
7. Ceproníquel. (2011). Informe de Proyecto Minero de la ECG para Yagrumaje Norte.
8. Ceproníquel. (2011). Proyecto Minero Plan 25 años. Parte: Medio Ambiente.
9. Cornejo González, Javier Andrés. (2009). Modelamiento geoestadístico de abundancias de minerales en el yacimiento Radomiro Tomic. Tesis. Santiago de Chile.
10. Cuador Gil, José. Q. (2002). Estudios de estimación y simulación geoestadística para la caracterización de parámetros geólogo - industriales en el yacimiento laterítico Punta Gorda. Tesis doctoral. Pinar del Río.
11. Decreto - Ley 136 Del Patrimonio Forestal y Fauna Silvestre y sus contravenciones, aprobado el 3 de marzo de 1993.
12. Decreto 326 del 12 de junio del 2014 (Reglamento del Código del Trabajo).
13. Equipos de excavación y carga de tierras. Tomado de: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/category/excavaciones-y-voladuras/equipos-de-excavacion-y-carga-de-tierras/>
14. Equipos de excavación. Tomado de: http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Equipos_de_excavaci%C3%B3n

15. Estévez Cruz, Elmidio. Apuntes sobre estimación de recursos y reservas. Tomado de: <http://www.monografias.com/trabajos65/estimacion-recursos-reservas/estimacion-recursos-reservas3.shtml>
16. Finney, D. J. (1941). On the distribution of a variable whose logarithm is normally distributed, p.155-161.
17. Flores Muñoz, Sergio. (2000) Sistema informatizado geoestadístico para yacimientos minerales. Tesis en opción al grado de maestro en ciencias computacionales. Coquimatlan, Colima.
18. Franco Sepúlveda, Giovanni; Gallo Sierra, Adrián. F. (2011). Modelo de bloques para un yacimiento de sulfuros masivos utilizando en software Minesight®.
19. García De la Cruz, María. I; Belete Fuentes, Orlando; Ulloa Carcassés, Maida. (2013). Efectos de los servicios técnicos en la vida útil de los equipos mineros de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
20. Gifford. G. Mark. (2013). Independent report on the nickel laterite resource - Agata north, Philippines. Agata North Project.
21. Gómez González, Orestes; Cuador Gil, José Quintín; Estévez Cruz, Elmidio. Determinación del tamaño racional del bloque para la estimación de recursos minerales en el yacimiento Mariel. Revista Minería y Geología / v.27 n.4 / octubre - diciembre / 2011 / p. 20 - 39, ISSN 1993 8012.
22. Hernández Meléndrez, Edelsys. (2006). Metodología de la investigación. Cómo escribir una tesis..
23. Lagos Barrios, Guido Renato. (2011). Estudio de métodos de optimización robusta para el problema de planificación de producción en minería a Cielo Abierto. Santiago de Chile.
24. León Mariño, Miguel. (2016). Evaluación de alternativas en la mina para reducir el índice de consumo portadores energéticos en la empresa.
25. Ley 116 del 20 de diciembre de 2013 (Código del Trabajo).
26. Ley 76 de Minas de enero de 1995.
27. Ley 81 de Medio Ambiente, aprobada el 11 de julio de 1997.
28. Ley 85 Forestal, agosto de 1998.

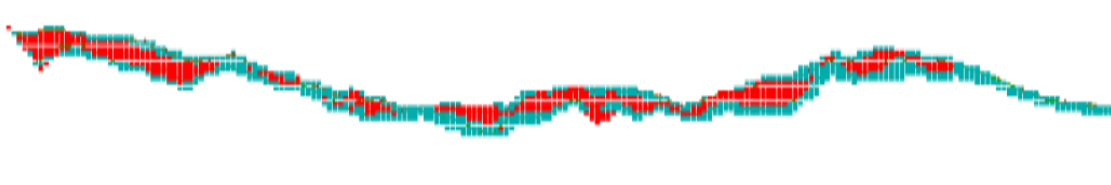
29. Modelización de yacimientos minerales y estimación de recursos. SGS Société Générale de Surveillance SA – All rights reserved. SGS MINERALS SERVICES – T3 SGS 923. 08-2009.
30. Noble, Alan C. (1992). Ore reserve/resource estimation. Chapter 5.6. SME Mining Engineering Handbook, p. 347
31. Proyecto de explotación del yacimiento Camarioca Este. (2015). Unidad Básica Minera. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
32. Resolución 158 del 16 de junio de 2014 (Reglamento de Seguridad Minera).
33. Tituana Barén, Karla. S. (2014). Modelo de Bloques del Depósito de Cobre ESPOL-X para la Selección del Método de Explotación Minera Utilizando Herramientas Informáticas. Tesis de grado. Guayaquil - Ecuador.
34. Vega Carrizo, Ricardo. (2008). Simplificación de un modelo de planificación minera con agregación a priori y a posteriori para Codelco. Santiago de Chile.
35. XCMG XE 700. (2015). Catálogos de equipos de excavación - carga y de transporte. Unidad Básica Minera. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
36. XCMG XE700. (2015). Manual de explotación, equipos de arranque y carga. Retroexcavadora XE700. Unidad Básica Mina. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

ANEXOS

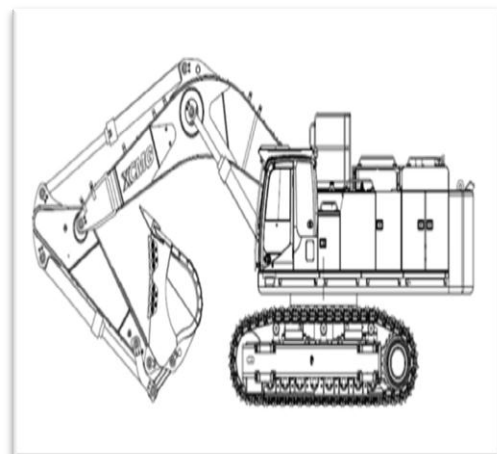
Anexo 1. Vista en 3D de la zona mineralizada del yacimiento Camarioca Este



Anexo 2. Modelo de bloques del yacimiento Camarioca Este, sección 215984N.



Anexo 3. Retroexcavadora hidráulica marca XCMG



Anexo 4. Retroexcavadora hidráulica marca LIEBHERR

Crawler Excavator

R 964 C

Litronic

Operating Weight with Backhoe Attachment: 66,400 – 79,600 kg

Operating Weight with Shovel Attachment: 68,400 – 78,300 kg

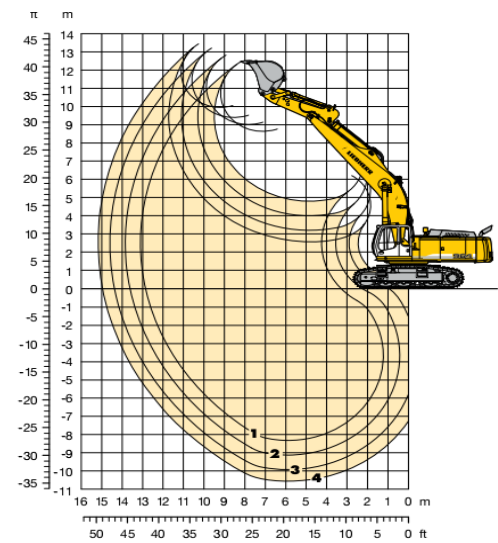
Engine Output: 320 kW/434 HP

Bucket Capacity: 1.50 – 5.00 m³

Shovel Capacity: 3.50 – 5.00 m³



LIEBHERR



Digging Envelope		1	2	3	4
Stick lengths	m	2,60	3,40	4,20	5,00
Max. digging depth	m	8,30	9,10	9,90	10,55
Max. reach at ground level	m	12,80	13,55	14,35	14,95
Max. dump height	m	8,65	9,00	9,40	9,95
Max. teeth height	m	12,45	12,80	13,20	13,40
Digging force ISO	kN	308	260	225	204
	t	31,4	26,5	22,9	20,8
Breakout force ISO	kN	335	335	335	313
	t	34,2	34,2	34,2	31,9

Breakout force ISO max. 356 kN/36,3 t