



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Geología –Minería
Departamento de Minas

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas

Título: Diseño del Sistema de explotación del Yacimiento Los Guaos: Sector III

Autora: Annelis Leyva Quiala

2017-2018



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Geología –Minería
Departamento de Minas

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero de Minas

Título: Diseño del Sistema de explotación del Yacimiento Los Guaos: Sector III

Autora: Annelis Leyva Quiala

Tutor: Dra.C. Naisma Hernández Jatib

Ing. Víctor Francisco Amaro Díaz

2017-2018

Declaración de Autoridad

Yo: Annelis Leyva Quiala autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Dra.C. Naisma Hernández Jatib

Ing. Víctor Francisco Amaro Díaz

Annelis Leyva Quiala

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, especialmente a mis padres Bárbara Quiala González, Rolando Aguilera Álvarez y Wenceslao Leyva Leyva, mis abuelos Pedro Quiala Ramírez, Belkís Gonzáles Ávila y a mi novio Osíel Almarales Arzuaga.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me ha dejado llegar a este momento en compañía de los seres que más amo.

A mi madre Bárbara Quíala González por enseñarme que no hay límites, y que uno puede lograr lo que se propone, por darme la vida, por confiar siempre en mí, me diste todo lo que estuvo a tu alcance y aún más, gracias, espero no defraudarte nunca.

A mis padres Rolando Aguilera Álvarez y Wenceslao Leyva Leyva gracias por sus consejos y enseñanzas de la niñez.

A mis abuelos, gracias a ellos muchas metas se pudieron cumplir, gracias por su apoyo.

A mi novio Osíel Almarales Arzuaga por haber sido mi soporte para seguir adelante y por enseñarme a no darme por vencida por ningún motivo, gracias Tata.

A todos los profesores del departamento de Minería en especial a mis tutores Dra.C. Naïsma Hernández Jatib y al Ing. Víctor Francisco Amaro Díaz por haberme ayudado y guiado para la realización de este trabajo.

A mis compañeros, especialmente a Arletty Llevat, Ignacio Lara, Yoni Pérez, Mairélys Ramírez y Rosa M. Landrove por compartir conmigo estos inolvidables años.

A todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron en mi formación, les hago llegar mi sincera gratitud.

PENSAMIENTO

"Los hombres son como los astros, que unos dan luz de sí y otros brillan con la que reciben."

José Martí

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar el sistema de explotación del Yacimiento Los Guaos: Sector III, que constituye la fuente principal para la producción de áridos de la Empresa de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba. La metodología utilizada parte de un estudio detallado del yacimiento, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas, la tectónica y propiedades físico – mecánicas del mineral, así como las reservas con las que cuenta el yacimiento. Seguidamente la selección y fundamentación del método de explotación utilizado, el cálculo de la productividad del equipamiento existente en la empresa, así como de los parámetros de explotación. Se realizó el cálculo de los trabajos de perforación y voladura, la organización del plan calendario para su explotación y la valoración económica de las actividades fundamentales; el análisis del impacto medioambiental, el cumplimiento de las medidas de seguridad y salud en el trabajo para la protección del personal de la cantera. El resultado del costo por m³ de mineral extraído es de 6,5 \$/m³.

Palabras claves:

Porfirita, andecítica-dacítica, explotación

ABSTRACT

The objective of this work is to design the exploitation system of Los Guaos Field: Sector III, which is the main source for aggregate production of the Construction Materials Company of Santiago de Cuba. The methodology used is based on a detailed study of the deposit, taking into account the hydrogeological characteristics, the tectonics and physical-mechanical properties of the ore, as well as the reservoir reserves. Then the selection and basis of the exploitation method used the calculation of the productivity of the existing equipment in the company, as well as the operating parameters. The calculation of the drilling and blasting work, the organization of the calendar plan for its exploitation and the economic valuation of the fundamental activities were carried out; the analysis of the environmental impact, the compliance with safety and health measures at work for the protection of the staff of the quarry. The result of the cost per m³ of extracted ore is 6.5 \$ / m³.

Key words:

Porphyrites, andesitic-dacitic, exploitation

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL YACIMIENTO LOS GUAOS	4
1.1 Introducción	4
1.2 Características geográficas de la región	4
1.2.1 Relieve	5
1.2.2 Clima.....	5
1.2.3 Red fluvial	5
1.2.4 Vegetación	6
1.2.5 Fauna.....	6
1.3 Características económicas de la región	6
1.3.1 Vías de comunicación.....	7
1.4 Características geológicas del yacimiento	7
1.4.1 Situación geólogo – estructural de la región de los trabajos.....	7
1.4.2 Estratigrafía de la región.....	7
1.4.3 Tectónica	8
1.4.4 Grado de complejidad del yacimiento	9
1.5 Características físico – mecánicas del yacimiento	9
CAPÍTULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO LOS GUAOS: SECTOR III	10
2.1 Introducción	10
2.2 Desarrollo geológico	10
2.2.1 Características minero-técnicas.....	10
2.3 Método de explotación del yacimiento y límite de los trabajos a cielo abierto	10

2.3.1 Criterios para la selección del sistema de explotación.....	11
2.3.2 Parámetros fundamentales del sistema de Explotación	11
2.3.3 Fundamentación del sistema de laboreo y sus características generales .	13
2.4 Esquema tecnológico.....	14
2.5 Régimen de trabajo.....	14
2.5.1 Fuerza de trabajo.....	15
2.6 Capacidad de la vida útil de la cantera	15
2.6.1 Volúmen de material útil in situ a extraer en un año (V_m)	15
2.7 Equipamiento técnico existente.....	16
2.8 Apertura	18
2.9 Transportación del mineral y del estéril.....	21
2.9.1 Labores de desbroce	21
2.9.2 Cálculo de la productividad de los equipos de transporte en los trabajos de desbroce	22
2.10 Destape y escombreo	25
2.11 Trabajos de arranque, carga y transporte	26
2.11.1 Cálculo de la productividad de los equipos de carga	27
2.11.2 Cálculo de la productividad de los equipos de transporte	29
2.12 Escombreras	33
2.13 Pasaporte de perforación y voladura para la explotación	33
2.13.1 Cálculo de los parámetros de los equipos de perforación	38
2.13.2 Cantidad de compresores necesarios para el suministro de aire comprimido para los equipos de perforación	39
2.13.3 Esquemas de iniciación de las voladuras	39
2.14 Trabajos auxiliares	40
2.15 Diseño y construcción de caminos.....	40

2.16 Plan calendario de minería	41
CAPÍTULO III. CÁLCULO ECONÓMICO DE LA EXPLOTACIÓN	42
3.1 Introducción	42
3.2 Determinación de los costos	42
3.3 Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción.....	43
3.4 Costo de producción en las labores de Extracción	44
CAPITULO IV. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN EL YACIMIENTO LOS GUAOS: SECTOR III	46
4.1 Generalidades.....	46
4.2 Principales regulaciones legales vigentes.....	46
4.2.1. Normas Cubanas	48
4.3 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la fase de explotación.....	48
4.4 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera	49
4.5 Propuesta del plan de monitoreo ambiental.....	49
4.6 Medidas de seguridad en la cantera	50
4.7 Medidas de seguridad en los camiones	52
4.8 Medidas de seguridad para el trabajo con cargadores	52
4.9 Medidas de seguridad con la carretilla de perforación	53
4.10 Medidas de seguridad para el trabajo con explosivos.....	53
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57

INTRODUCCIÓN

Por Sistema de Explotación se entiende el orden de formación de la zona de trabajo de la cantera en tiempo y espacio, que se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos mineros en los escalones, formas de los frentes y dirección del desplazamiento.

El yacimiento de porfirita Los Guaos es una explotación minera a cielo abierto, se encuentra ubicado 5 km al oeste de la ciudad de Santiago de Cuba. La roca porfirita que se extrae del yacimiento Los Guaos, constituye la fuente principal para la producción de áridos de la Empresa de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba, donde se produce: macadam, piedra de hormigón, gravilla, granito, polvo y arena; éstos áridos representan el 80 % de la producción de la provincia (García, 1981).

El yacimiento comienza a ser estudiado a partir del año 1976, con el objetivo de comenzar la explotación del área que se realizó en 1978 por la empresa de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba.

Debido a las características de éste yacimiento es necesario utilizar la perforación y voladura para el arranque del material estéril y la masa mineral. Éste está dividido en tres sectores; Guaos I, Guaos II y Guaos III. Debido a la explotación continua y la falta de preparación minera, las reservas listas de los sectores Guaos I y Guaos II, están en total agotamiento, lo que trae consigo la disminución de los niveles de producción de áridos en la provincia, así como la entrega de rajón para la obra de ampliación del puerto de Santiago de Cuba.

Por lo que se hace necesario el diseño de la explotación minera del yacimiento Los Guaos: Sector III, para lograr la producción de áridos para materiales de la construcción en el quinquenio 2018 – 2023.

Problema: Necesidad de diseñar el sistema de explotación del Sector Guaos III.

Objeto de estudio: Sistema de explotación minera.

Campo de acción: Yacimiento Los Guaos: Sector Guaos III.

Objetivo general: Diseñar un sistema de explotación minera eficiente para el yacimiento Los Guaos: Sector III, que garantice la producción de áridos para el quinquenio 2018 - 2023.

Hipótesis: Si se tiene en cuenta las características ingeniero-geológicas del yacimiento, las propiedades físico-mecánicas de las rocas porfiríticas que predominan en el sector y se calculan los parámetros del sistema de explotación entonces se logrará un sistema de explotación minero eficiente para la producción de áridos para materiales de la construcción en el quinquenio 2018 - 2023.

Objetivos específicos:

1. Realizar la caracterización ingeniero-geológica del yacimiento.
2. Realizar la caracterización de las propiedades físico- mecánicas de las rocas.
3. Calcular los parámetros del sistema de explotación.
4. Realizar la valoración técnico-económica.
5. Especificar las medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación del Sector III.

Los métodos de la investigación científica empleados son los siguientes:

Métodos empíricos:

Un punto muy importante para desarrollar una investigación es la observación: Hay que observar las características tecnológicas y el estado actual del medio ambiente para conocer la realidad de la cantera.

También, la compilación es un método empírico esencial: La compilación permite reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

Métodos teóricos

Entre los métodos teóricos se encuentran los métodos siguientes:

- Histórico - lógico: para analizar la trayectoria tecnológica de la cantera.
- Hipotético - deductivo: para la formulación de una hipótesis y luego, a partir de inferencias lógicas-deductivas, se arriba a conclusiones particulares que posteriormente se pueden comprobar.

El trabajo se desarrolló a través en las siguientes etapas metodológicas:

1. Etapa preliminar: recopilación de materiales y trabajos de campo.
2. Etapa de gabinete: procesamiento de la información y elaboración del informe final.

CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL YACIMIENTO LOS GUAOS

1.1 Introducción

En este capítulo se describen las características ingeniero-geológicas y minero-técnicas del yacimiento objeto de estudio.

1.2 Características geográficas de la región

El yacimiento Los Guaos se encuentra ubicado a 5 Km al oeste de la ciudad de Santiago de Cuba (figura 1.1 y 1.2). El área se encuentra en explotación desde enero de 1978 hasta la actualidad, cuyas plantas constituyen las principales abastecedoras de áridos en la provincia Santiago de Cuba (Parra, 2003).

Las coordenadas Lambert son las siguientes:

X=600 340–600 800

Y=155 400–156 800

El centro del yacimiento se encuentra situado en las coordenadas Lambert:

X= 559 500-602 500

Y=155 000-157 250

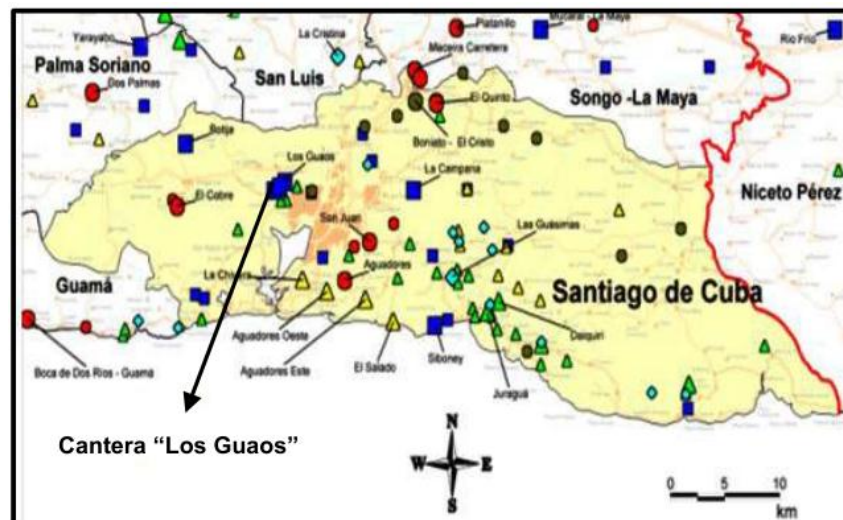


Figura 1.1. Ubicación de la Cantera "Los Guaos"

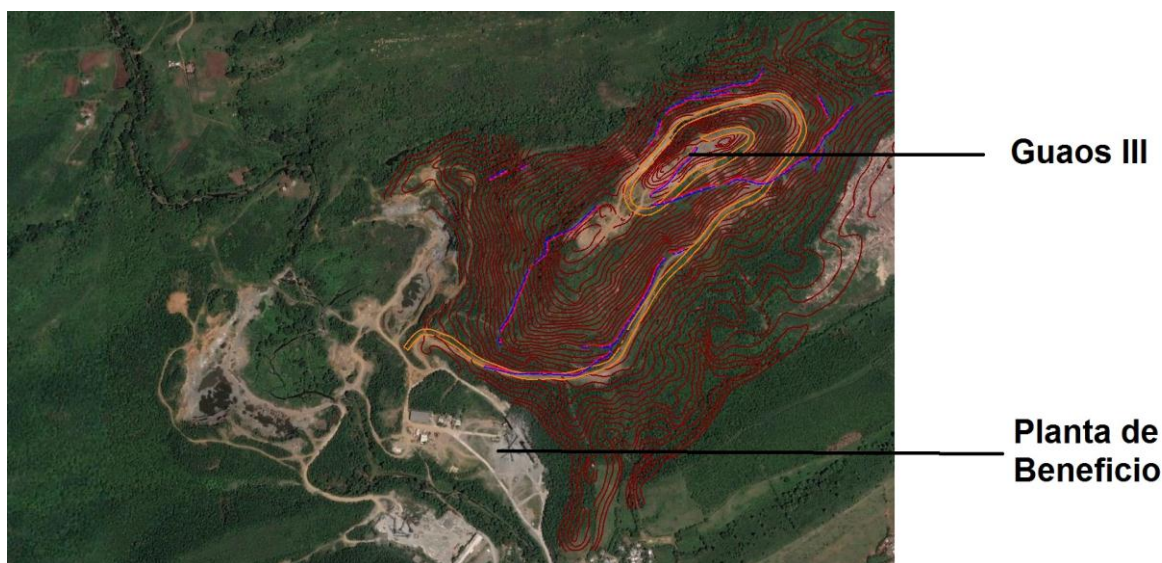


Figura 1.2. Ubicación de la cantera “Guaos III”

1.2.1 Relieve

El relieve en la región se puede clasificar como semi – montañoso cuyo origen se relaciona con procesos tectónicos y erosivos. Al este del yacimiento se presentan las cotas más altas con valores de 231 m sobre el nivel del mar. Las cotas mínimas son de 50 m, esto es apreciable al oeste donde el relieve es más ondulado. Hacia el Este las elevaciones presentan pendientes suaves hacia el norte y abrupta Hacia el Sur (Rojas, 1981).

1.2.2 Clima

El clima es tropical y seco, la temperatura media más alta en el periodo es de 31 °C, en agosto, enero y febrero la media más baja es de 26 °C. La humedad relativa entre un 70 y un 75 %. Los vientos predominantes durante el día son las brisas marinas de hasta 12 km/h. La precipitación media anual es de entre los 800 a 1000 mm de lluvia (Rojas, 1981).

1.2.3 Red fluvial

La red hidrográfica la forman los ríos Guaos y Gascón y algunos arroyos. Estos ríos corren con una dirección norte – sur, siendo de carácter intermitente en época

de estiaje. El río Gascón pasa al este del yacimiento, nace al norte del área en las inmediaciones de la Sierra Puerto Pelado y desemboca en la bahía de Santiago atravesando en su recorrido rocas de la formación "El Cobre". El río Guaos nace al norte atraviesa el yacimiento y desemboca en la bahía de Santiago (Rojas, 1981).

1.2.4 Vegetación

En la zona en que se encuentra enmarcada la cantera se puede encontrar una gran variedad de plantas y animales que conforman la diversidad biológica del yacimiento. Entre la variedad de especies de la flora se puede mencionar el mango (*Mangifera indica* L), el marabú (*Dichrostachys cinerea*), el almendro (*Terminalia catappa* L.), el guao (*Comocladia dentata* Jacq.), el palo bobo (*Cochlospermum vitifolium*), el almendrillo (*Reynosaia revoluta*) y la malagueta (*Anonáceas*) (Parra, 2003).

1.2.5 Fauna

Entre los ejemplares de la fauna se puede encontrar la rana toro (*Lithobates catesbeianus*), el sapo común (*Bufo bufo*), la lagartija verde (*Teius teyou*), el majá de Santamaría (*Epicrates angulifer*), el jubito (*Arrhyton vittatum vittatum*), la jutía conga (*Capromys pilorides pilorides*), la bayoya (*Leiocephalus stictigaster*), el zunzún (*Chlorostilbon ricordii*), el bobito (*Contopus caribaeus*), el negrito (*Melopyrrha nigra*), el totí (*Dives atrovioleaceus*), la tojosa (*Columbina passerina*), el aura tiñosa (*Cathartes aura*), el sinsonte (*Toxostoma rufum*), el murciélago (*Chiroptera*) (Parra, 2003).

1.3 Características económicas de la región

La zona no está densamente poblada, existe un asentamiento poblacional donde las viviendas en línea general tienen un estado regular, cerca del yacimiento encontramos como objetos socioeconómicos la Textilera "Celia Sánchez", y la fábrica de baldosas, las que constituyen fuente de empleo para los habitantes de esa zona, el nivel cultural de la población en sentido general es medio (Parra, 2003).

1.3.1 Vías de comunicación

Las principales vías de comunicación y acceso al yacimiento no presentan problemas, pues existen caminos principales y secundarios que garantizan las labores mineras.

1.4 Características geológicas del yacimiento

1.4.1 Situación geológico – estructural de la región de los trabajos

El área del yacimiento forma parte del flanco del anticlinorium Sierra Maestra el cual se extiende a lo largo de 200 km con dirección sub-latitudinal con cierta desviación hacia el suroeste. En la región afloran las rocas de la formación “El Cobre”, la que se encuentra dividida en tres miembros: Miembro Caney, Miembro Hongolosongo y Miembro Yarayabo, representado por diferentes tipos de rocas vulcanógenas y vulcanógeno-sedimentarias. Predominan: tobas, lavas de composición andesítica, andesítica-dacítica y dacítica, con estas rocas se intercalan tufitas y calizas, además, se asocian con este complejo vulcanógeno - sedimentario cuerpos hipabisales y diques de diversa composición. El yacimiento está formado por un cuerpo sub-volcánico de composición media a ácida, representado por porfirita andesítica-dacítica y dacítica, con forma alargada con dirección NE-SW. Las edades de estas rocas se ubican entre Paleoceno- Eoceno Medio parte baja (Rojas, 1981).

1.4.2 Estratigrafía de la región

En el área afloran las rocas de la serie inferior del miembro Hongolosongo de edad Paleoceno-Eoceno medio.

El yacimiento está formado por un cuerpo sub – volcánico de composición media a ácida representado por porfirita andecítica – dacítica y dacítica. El cuerpo de porfiritas se extiende en su máxima longitud de este a oeste con ángulo de buzamiento hacia el suroeste de 70° aunque en muchas partes difieren del buzamiento general.

Son notables también variaciones dentro del macizo, tanto en la composición mineralógica como en la granulometría.

Hacia el centro del yacimiento las rocas son de composición ácida, representada por porfiritas dacíticas mientras que hacia la periferia las rocas tienen composición media representada por porfiritas andecíticas–dacíticas, también se observan variaciones en la granulometría a medida que aumenta la profundidad, las rocas generalmente presentan granulometría más fina.

Desde el punto de vista petrográfico en las rocas cerca de la superficie, es más notable la presencia de fenocristales de plagioclasas mientras en la profundidad predomina una estructura de granos más finos y homogéneos. También es notable la diseminación en algunas partes del yacimiento de sulfuros de cobre y hierro (pirita y calcopirita) en bajo por ciento.

Las rocas encajantes del cuerpo de porfiritas están representadas por rocas vulcanógenas-sedimentarias con composición media y ácida, entre las cuales predominan tobas de diferentes granulometrías, areniscas bobaceas, tufitas, etc. En el área de estudio predominan las tobas cineríticas sobre todo al sureste del área, observándose bien estratificadas con espesor entre 10-20 centímetros con coloración variada.

1.4.3 Tectónica

Las rocas de esta formación se encuentran afectadas por tectónica disyuntiva, presentándose la yacencia de la roca muy alterada, siendo los buzamientos abruptos o invertidos en algunas partes.

El área de estudio presenta gran desarrollo de las estructuras disyuntivas. Sobre todo, el agrietamiento en parte superior del macizo con buzamiento de 70° al suroeste, cuyo agrietamiento se ve afectado grandemente en las partes de explotación, debido a la acción de los explosivos.

Las estructuras aplicativas no están muy desarrolladas en el área, existiendo pequeños pliegues de carácter local sobre todo en la parte encajante. Según el

informe geológico de la Empresa de Geología de 1976, fueron denominadas algunas fallas por medio geofísico y fotografía aérea, las cuales no fueron comprobadas en el área. El macizo de porfiritas es atravesado por falla transversal la cual presenta una dirección aproximadamente NE-SW, esta falla puede observarse al oeste del río Los Guaos, donde aparecen los buzamientos invertidos. En la perforación se observa el agrietamiento, cuyo ángulo promedio con respecto al eje del testigo es entre 60-70°, en muchos casos aparecen llenos de zeolita y con oxidación en los planos de fractura.

1.4.4 Grado de complejidad del yacimiento

El Sector III de la cantera Los Guaos abarca un área de 176,797 ha y la explotación se realizará mediante voladuras a diferentes niveles de profundidad. El macizo objeto de estudio no se cataloga como un yacimiento complejo.

1.5 Características físico – mecánicas del yacimiento

De la revisión y análisis de trabajos previos en el yacimiento Los Guaos (García, 1981) se extrajeron propiedades físico-mecánicas. Los valores de las propiedades físico-mecánicas, particularmente la Rc (tabla 1.1) se encuentran dentro de los rangos permisibles para el tipo de roca que conforma el yacimiento.

Tabla 1.1 Valores de propiedades físico-mecánicas de las rocas del yacimiento Los Guaos

Propiedades	Unidad de medida	Valores
Peso volumétrico	g/cm ³	2.55 - 2.61
Absorción	%	2. 8
Porosidad	%	17,5
Coeficiente de esponjamiento	-	1.5 - 1.8
Peso específico	g/cm ³	2.66
Resistencia a la compresión	MPa	1151

CAPÍTULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO LOS GUAOS: SECTOR III

2.1 Introducción

En este capítulo se abordarán las principales tareas correspondientes al diseño del sistema de explotación para el Sector III del yacimiento objeto de estudio. En él se abordará la caracterización del método de explotación, cálculo del equipamiento, planificación y organización de la minería.

2.2 Desarrollo geológico

El Sector Guaos III, se encuentra explorado por redes de perforación 3x3 m, las cuales se han empleado para el estudio de sus reservas y características geológicas.

2.2.1 Características minero-técnicas

El Sector Guaos III presenta un relieve montañoso, se presentan las cotas más altas con valores de 231 m sobre el nivel del mar y las cotas mínimas son de 50 m, con poca complejidad para su explotación desde el punto de vista estructural, la potencia promedio del mineral es de 10 m. Las condiciones minero-técnicas del yacimiento son favorables para el laboreo de esta zona, el drenaje debe realizarse de forma natural.

2.3 Método de explotación del yacimiento y límite de los trabajos a cielo abierto

Dadas las características y condiciones que se presentan en el yacimiento objeto de estudio se determina que el método utilizado es a cielo abierto.

El sistema de explotación que se empleará, según el orden de los trabajos en profundidad es el sistema con frente de arranque. Los principales elementos del sistema de explotación son: escalones de trabajo, trincheras de apertura, plazoletas de trabajo, zanjas de preparación, escombrera, etc. Los parámetros de cada uno de estos elementos son tratados en acápite incluidos en el proyecto y

dependen del tipo de equipamiento utilizado y a su vez influyen en la efectividad del trabajo de estos.

2.3.1 Criterios para la selección del sistema de explotación

El método de explotación debe satisfacer las características del yacimiento y orientarse bajo los criterios geomecánicos del macizo, seleccionando el método que garantice la explotación segura, racional y económicamente rentable para el proyecto.

En el yacimiento se aplica el método a cielo abierto por lo que no difiere al que se debe utilizar en el sector que se evalúa, siendo utilizado el sistema por frente de arranque. Se considera además la potencia del mineral y las características del equipamiento disponible, así como la pendiente del terreno y el desplazamiento de los frentes de trabajo.

El traslado de la roca se realizará a escombreras interiores, que se construyeron en espacios minados con anterioridad. Para cargar el material, se realizará una previa fragmentación con explosivos, tanto el material de destape como el que se procesará y se trasladará con la ayuda del transporte automotor, la carga de las rocas se realizará a nivel.

La geología del yacimiento expone las condiciones de yacencia del cuerpo mineral y describe las características que condicionan la explotación por el método a cielo abierto.

2.3.2 Parámetros fundamentales del sistema de Explotación

Los elementos principales de la explotación se determinaron de acuerdo a las Normas de Proyección Tecnológicas y las Reglas de Seguridad durante la explotación de los yacimientos de mineral útil a cielo abierto.

Altura del escalón de extracción: la altura del escalón se elige teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánicas de las rocas, las condiciones de apertura de los horizontes de trabajo, los parámetros funcionales de los equipos de carga y

de las reglas de seguridad. La altura considerada para los escalones se tomará de 10 metros de altura.

Ángulo de talud: el ángulo del talud de los escalones de trabajo se determina a partir del carácter de la estratificación y el grado de agrietamiento. Atendiendo a las Normas de Proyección Tecnológicas, las porfiritas que conforman el yacimiento tienen un ángulo de talud de trabajo de 70°.

Ancho de la plazoleta de trabajo (B):

$$B = b + v + s + X + A \quad (1)$$

$$B = 1,5 + 6,0 + 1,5 + 8,22 + 4,70$$

$$B = 21,92 \text{ m} \approx 22 \text{ m}$$

Donde:

b : berma de seguridad entre el borde del talud y la vía

v : ancho de la vía

X : difusión de las rocas explosionadas

A : ancho de la banda explosionada

s : distancia de seguridad entre montón de rocas explosionadas y la vía de transporte

Difusión de las rocas explosionadas (X)

$$X = 2 \left[K_e \cdot \frac{H}{h} - 1 \right] A \quad (2)$$

$$X = 2 \left[1,5 \cdot \frac{10}{8} - 1 \right] 4,70$$

$$X = 8,22$$

Donde:

Ke : coeficiente de esponjamiento (1,5)

H : altura del escalón

Altura máxima del montón de rocas explosionadas (h)

$$h = (0,8 - 0,9)H \quad (3)$$

$$h = 0,8 * 10$$

$$h = 8 \text{ m}$$

Ancho de la trinchera de corte: el ancho de la trinchera de corte estará en correspondencia con el ancho normal de la plazoleta de trabajo. Para este sector la trinchera de corte tendrá un ancho de 22 m.

2.3.3 Fundamentación del sistema de laboreo y sus características generales

El sistema de laboreo es el orden establecido para realizar los trabajos preparatorios, de destape y de arranque, de manera que aseguren una extracción segura, económica, y lo más completa posible de las reservas, teniendo en cuenta las medidas de protección del medio ambiente.

El sistema de laboreo es con transporte automotor rígido, por bancos de 10 m hasta el nivel +180 m, se utilizarán retroexcavadoras de 3,5 m³ para la carga hasta los camiones de carga, realizando el arranque mediante el empleo de sustancias explosivas. Además se realiza el arrastre y almacenamiento de la masa minera utilizando un buldócer, para facilitar los trabajos de carga del material.

En dependencia del desarrollo general de los trabajos con respecto al campo de cantera, el sistema de laboreo a utilizar será longitudinal, donde el frente de arranque se desplaza paralelo al eje largo del campo de cantera (en la dirección del rumbo). Este sistema de laboreo puede ser unilateral o bilateral donde se avanza en profundidad por uno o los dos lados. Atendiendo al análisis de toda la información en el yacimiento se empleará el sistema de laboreo con profundización longitudinal con dos bordes, realizando las labores en la dirección Este-Oeste y de Norte a Sur.

2.4 Esquema tecnológico

El esquema tecnológico de los trabajos mineros, representa el orden y la secuencia de ejecución de dichos trabajos. Teniendo en cuenta las condiciones técnico-mineras del laboreo del sector Guaos III, debe emplearse el esquema tecnológico de transporte y ejecución de los trabajos mineros con procesos cíclicos de carga y del mineral útil, así como, traslado de las rocas de destape a las escombreras interiores.

Para la explotación del mineral útil se emplearan los trabajos de perforación y voladura con máquinas perforadoras. La carga se realiza con dos retroexcavadora XCMG–XE-700 con capacidad de carga en la cuchara de $3,5 \text{ m}^3$, el transporte hasta la planta se realiza por los camiones de volteo Howo volvo de 25 m^3 de capacidad, el buldócer Shantuy SD - 32 se encargará del acarreo y reapile del material cuando sea necesario, así como la separación de los pedazos de rocas sobre dimensionadas para luego ser sometida a la fragmentación secundaria con un martillo rompedor contratado a la Empresa de Servicios Minero Geológico (EXPLOMAT), las alturas del frente de trabajo será de 10 m respectivamente con un ángulo del talud de 70° .

2.5 Régimen de trabajo

El régimen de trabajo de la cantera, se toma en correspondencia con las exigencias de producción actual de la empresa (tabla 2.1).

Tabla 2.1 Régimen de trabajo de la cantera.

Indicadores	Cantidad
Cantidad de turnos al día	1
Duración de un turno (horas)	8
Días feriados al año	9
Días de trabajo al mes	24
Días perdidos por condiciones climáticas	28
Otros imprevistos (ruptura o mantenimiento)	8
Días de trabajo al año	280

2.5.1 Fuerza de trabajo

La tabla 2.2 brinda información sobre la fuerza de trabajo que interviene directamente en la producción de áridos.

Tabla 2.2 Fuerza de trabajo directa a la producción.

Ocupación	Cantidad	Salario básico (\$)
Operador del Buldózer	1	375
Operador de Retroexcavadora	2	350
Operador del equipo de barrenación de la cantera	1	380
Operador de compresor	1	345
Operador de martillo	1	380
Choferes B	8	390

2.6 Capacidad de la vida útil de la cantera

El volúmen de mineral a extraer en la cantera está determinado por el plan anual previsto por la empresa, este plan se realiza teniendo en cuenta la demanda de los productos en el mercado y las capacidades de todo el equipamiento técnico (tabla 2.3).

Tabla 2.3 Plan anual del volúmen de mineral a extraer en la cantera.

Piedra Triturada	Unidad	Cantidad
Piedra Triturada Gravilla	m ³	57 200
Piedra Triturada Granito	m ³	30 800
Base Pétreo	m ³	3 000
Arena Artificial	m ³	22 000
Total (m³)		110 000

2.6.1 Volúmen de material útil in situ a extraer en un año (V_m)

$$V_m = \frac{Q_p}{K_a \times K_l \times K_e} = \frac{164\,600 \times 0,85}{0,995 \times 1,5} = 93\,742 \text{ m}^3 / \text{año} \quad (4)$$

Donde:

Q_p : productividad anual de la planta: 164 600 m³/año

K_a : coeficiente de aprovechamiento de la planta: 0,85

K_e : coeficiente de esponjamiento de las rocas: 1,5

K_1 : coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima por concepto de
transportación y pérdidas en la planta: 0,995

Tiempo de Explotación del Sector

$$T_{exp} = \frac{V_{est}}{V_{tm}} = \frac{8\,757\,140}{93\,742} = 93 \text{ años} \quad (5)$$

Donde:

V_{est} : volúmen estimado de recursos del área

V_{tm} : volúmen total de material útil in situ a extraer en un año

$$T_{exp} = \frac{V_{est}}{V_{tm}} = \frac{475\,880}{93\,742} = 5 \text{ años}$$

2.7 Equipamiento técnico existente

La cantera objeto de estudio dispone de máquinas de extracción, de transporte y de carga y transporte. El parque de máquinas está constituido por equipos que realizan las distintas etapas de las actividades mineras (tabla 2.4)

Tabla 2.4 Equipos utilizados en la cantera

Descripción	Tipo	Marca	Modelo	Capacidad	Cantidad
Desbroce y acarreo	Bulldócer	Shantuy	SD-32	-	1
Carga	Retroexcavadora	XCMG-XE	700	3.5m ³	2
Equipo de transporte	Camion CFC	Howo	Volvo	25m ³	4

2.8 Otros servicios prestados para la realización de los trabajos

El servicio de barrenación está contratado a la empresa Explomat, perteneciente al Geicom, la misma lo realiza con un complejo Atlas Copco XATS, perforadora Rock 460 PC y compresor Xahs 416.

Tabla 2.5 Características técnicas del Bulldozer Shantuy SD-32

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Altura máxima de descarga	5	m
Distancia de descarga	0,3	m
Longitud máxima	8	m
Altura máxima	6	m
Radio de giro	10	m
Capacidad de la cuchara	3	m ³
Tiempo de ciclo	35	seg
Coeficiente de llenado del cucharón	0,8-1	

Tabla 2.6 Características técnicas de la Retroexcavadora XCMG-XE 700

Características	Unidad de medida	Valor
Volúmen del cubo V	m ³	3,5
Consumo de combustible C _c	L/h	60
Costo de mantenimiento Cm	\$/h	20
Tiempo de ciclo T _c	s	45
Longitud de la puma L _p	mm	5000

Tabla 2.7 Características técnicas del Camión modelo HOWO

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Capacidad de carga	m ³	25
Tipo de combustible	-	Diésel
Consumo de combustible	l/h	10
Pendiente máxima superable	%	(i =10)
Ancho	M	2,64
Longitud	M	8,1
Radio de giro	M	12
Disponibilidad mecánica	%	70
Velocidad del camión cargado	km/h	30
Velocidad del camión vacío	Km/h	20

2.8 Apertura

La apertura de todo yacimiento debe garantizar la continuidad del flujo tecnológico para la extracción de mineral, debe estar en relación con el sistema de explotación escogido, garantizar el fácil acceso de la técnica a cada nivel y a su vez ser rentable desde el punto de vista económico.

2.9 Trinchera de corte

Esta excavación se realiza a partir de la trinchera de apertura y tiene como finalidad crear un frente inicial de trabajo en el nivel aperturado. Esta excavación es horizontal, pero debe construirse con una pequeña inclinación para el drenaje natural.

Teniendo en cuenta su ubicación respecto al campo de cantera y al cuerpo mineral la trinchera de corte será interior y de flanco.

Características principales de la trinchera:

- Longitud (L): 100 m
- Ancho por el piso (b): 28 m
- Ángulo del talud (α): 70°

- Pendiente por el piso: 2 %
- Profundidad (H): 10 m
- Ancho por la superficie: $B_{m\acute{a}x} = b + 2H \cdot \cot \alpha$ (6)

La confección de la trinchera de acceso se realizará en dos etapas fundamentales los primeros 20 m se laborearan con la utilización de buldócer, hasta que se alcance una altura práctica para utilizar perforación y voladura, con el equipamiento con que cuenta la unidad, después de esta primera etapa se laboreará con fragmentación de rocas con explosivos.

Línea de menor resistencia

$$W = 53 \times K_t \times D_c \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}} \quad (7)$$

$$W = 53 \times 0.9 \times 0.085 \sqrt{\frac{0.80 \times 1}{2.55}}$$

$$W = 2.27 \text{ m}$$

Donde:

W : línea de menor resistencia

K_T : coeficiente de agrietamiento de macizo de rocas

D_c : diámetro del barreno [m]

Δ : densidad de carga [t/m^3]

e : coeficiente que tiene en cuenta la capacidad de trabajo de la sustancia explosiva

α : peso volumétrico de la roca [t/m^3]

Distancia entre taladros y filas

$$a = b = 0.9 * W \quad (8)$$

$$a = b = 2.04 \text{ m}$$

Número de taladros en una fila

$$N_T = \frac{B_{trinchera}}{a} + 1 \quad (9)$$

$$N_T = 14,21 \approx 14 \text{ taladros}$$

Distancia real entre taladros

$$N_T = \frac{B_{trinchera}}{N_{T-1}} + 1 \quad (10)$$

$$N_T = 2,04 \text{ m}$$

Longitud de sobreperforación

$$L_S = (10 - 15) * d_c \quad (11)$$

$$L_S = 10 * 0,085$$

$$L_S = 0,85 \text{ m}$$

Longitud de los taladros

Taladros verticales

$$L = H + L_S \quad (12)$$

$$L = 10,85 \text{ m}$$

Taladros inclinados

$$L = \frac{(H + L_S)}{\text{sen } 75^\circ} \quad (13)$$

$$L = 11,23 \text{ m}$$

Magnitud de carga

$$Q = q * a * H * W \quad (14)$$

Carga para tres metros de altura

$$Q = 0,55 * 2,04 * 3 * 2,27$$

$$Q = 7,64 \text{ kg}$$

Donde:

Q : magnitud de carga de cada taladro

q : gasto específico de sustancia explosiva

H : altura de la trinchera

2.9 Transportación del mineral y del estéril

Esta actividad es parte de los trabajos mineros en el yacimiento, consiste en el traslado del mineral hasta la planta de recepción y trituración o hasta depósitos interiores y el estéril para las escombreras. Estos trabajos se hacen con el fin de mantener reservas considerables en las proximidades de la planta y homogenizar el mineral, la actividad debe garantizar la producción del volumen de mineral, lo que comprende múltiples actividades relacionadas con el aseguramiento de los equipos: productividad, mantenimiento de los caminos y otros. Además se debe lograr que el mineral suministrado a la planta reúna de forma permanente la calidad requerida.

La transportación del mineral y el estéril se realizará usando camiones de Volteo de 25 m³ de capacidad, la que constituye un esquema cíclico. El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad, flexibilidad y en distintas condiciones climáticas capacidad de vencer grandes pendientes, etc.

Es importante la organización del trabajo para que haya fiabilidad en esta labor debido a que la efectividad de otros equipos depende de ella y son muchas las características que influyen en su fiabilidad.

2.9.1 Labores de desbroce

Las labores de desbroce se realizarán de forma manual con el uso de motosierras y machetes por la poca vegetación existente en el área y la complejidad del yacimiento para llegar a la cota + 210, todo el material extraído irá directamente a la planta de procesamiento.

2.9.2 Cálculo de la productividad de los equipos de transporte en los trabajos de desbroce

Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rc} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcc}} \quad (15)$$

$$T_{rc} = \frac{60 \times 2,8}{15}$$

$$T_{rc} = 11,2 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : distancia de recorrido del camión hasta la escombrera: 2,8 km

V_{prcc} : velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rcv} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcv}}$$

(16)

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 2,8}{25}$$

$$T_{rcv} = 6,72 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : distancia promedio de recorrido del camión hasta la escombrera: 2,8 km

V_{prcv} : velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 25 km/h

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60} \quad (17)$$

$$T_{cc} = \frac{45 \times 7}{60}$$

$$T_{cc} = 5,25 \text{ min}$$

Donde:

N_c : cantidad de cucharas para llenar el camión: 7

T_{cc} : tiempo de ciclo del cargador: 45 s

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{mc} + T_c + T_{rc} + T_{md} + T_d + T_{rv} \quad (18)$$

$$T_c = 1 + 11,2 + 8 + 1 + 0,25 + 6,72$$

$$T_c = 28,17 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : tiempo de recorrido vacío: 6,72 min

T_{rc} : tiempo de recorrido cargado: 11,2 min

T_c : tiempo de carga: 5,25 min

T_d : tiempo de descarga: 0,25 min

T_{md} : tiempo de maniobra para la descarga: 1 min

T_{mc} : tiempo de maniobra de carga: 1 min

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{60 \times C_{cc}}{K_e \times T_{cc}} \quad (19)$$

$$Q_h = \frac{60 \times 25}{1,5 \times 28,17}$$

$$Q_h = 35,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

Q_h : productividad por hora

C_{cc} : capacidad de carga del camión: 25 m³

K_e : coeficiente de esponjamiento del material (1,5)

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times K_{ll} \times T_t \quad (20)$$

$$Q_t = 35,5 \times 0,9 \times 8$$

$$Q_t = 255 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

Q_t : productividad por turno (diaria)

K_{ll} : coeficiente de llenado: 0,9

T_t : tiempo de un turno de trabajo

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t \quad (21)$$

$$Q_a = 280 \times 255$$

$$Q_a = 71\,400 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : días laborables al año (280)

Q_t : productividad por turno (diaria)

Cantidad de días para el traslado del estéril con 4 camiones

$$N_c = \frac{V_{mt}}{Q_t} \quad (22)$$

$$N_c = \frac{3456}{255 \times 4}$$

$$N_c = 4 \text{ días}$$

Donde:

V_{mat} : volumen de material

Q_a : Productividad por turno (diaria)

Tabla 2.8 Parámetros de operación del camión HOWO.

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Volúmen de material	m ³	3 456
Tiempo de ciclo	Min	11,2
Productividad horaria	m ³ /h	35,5
Productividad por turno	m ³ /turno	255
Productividad anual	m ³ /año	71 400
Cantidad de Camiones	-	4
Tiempo	días	4

2.9.3 Labores de extracción del mineral útil

Alcanzado el nivel de material útil en toda el área se comienza la extracción, que comienza en la cota +210 y finaliza en la cota +180 en este diseño.

En el yacimiento se efectuará el arranque con explosivos, donde el material se cargará por una retroexcavadora a los camiones HOWO que posteriormente lo trasladarán hacia la planta de beneficio con que cuenta la cantera, ubicada al sur oeste de la cantera.

2.10 Destape y escombreo

Consiste en el corte o arranque, carga y traslado de la corteza superior (escombros) del cuerpo mineral que por su bajo contenido de roca porfirítica, no resulta factible enviarlo al proceso en la actualidad, el mismo se deposita en las escombreras de mineral.

Teniendo en cuenta la situación actual de la cantera después del comienzo de su explotación la parte superior del yacimiento ya se encuentra destapada y se extrae mineral útil.

El destape es una de las operaciones más importantes dentro de todas las que se realizan con el objetivo de extraer el mineral, genera gastos cuantiosos y es de vital importancia, pues mediante este se conformará la plataforma de trabajo y es donde se preparará definitivamente todo el sector donde se realizarán los trabajos mineros.

Productividad de los trabajos de destape

$$Q_{\text{destape}} = 1,5 * Q_{\text{extracción}} \quad (23)$$

$$Q_{\text{destape}} = 1,5 * 325,4$$

$$Q_{\text{destape}} = 488 \text{ m}^3/\text{turnos}$$

Donde:

Q_{destape} : productividad de los trabajos de destape

$Q_{\text{extracción}}$: productividad de la extracción del material

2.11 Trabajos de arranque, carga y transporte

Estos trabajos contemplan la excavación y carga (traslado y descarga) en medios de transporte de la masa minera; la excavación de las rocas se realizará con retroexcavadora. En los trabajos a cielo abierto es conocido el término de “estructura de mecanización compleja”, la cual es un conjunto de máquinas y mecanismos desde el frente de minería hasta la escombrera incluyendo el transporte, que aseguran el cumplimiento de los índices planificados en los trabajos de extracción y destape. La máquina base en esta estructura es la de excavación-carga.

Arranque

Considerando fundamentalmente las características físico mecánicas de las rocas del yacimiento y conociendo que la parte superior del mismo está mas alterada, el arranque para la extracción de material se hará con arranque directo y con explosivos. Para hacer el arranque con el uso de explosivos, se calculan (por

método automatizado) los parámetros necesarios para los trabajos de perforación y voladuras, obteniendo como resultado el pasaporte del mismo.

Carga

La actividad de carga tanto en el mineral como en el estéril, se ejecutará con el uso de retroexcavadora.

Transporte

El transporte del mineral y el estéril se realizará usando camiones rígidos de 25 m³ de capacidad, lo cual constituye un esquema cíclico.

Las distancias promedio de transportación hacia la planta y las escombreras son las siguientes:

- Distancia máxima a la planta (Km): 3,0 km
- Distancia a las Escombreras (Km): 2,8 km

2.11.1 Cálculo de la productividad de los equipos de carga

Cálculo de la Retroexcavadora XCMG-XE 700

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3.600 \times C_c \times K_{ll} \times K_u}{K_e \times T_c}$$

(24)

$$Q_h = \frac{3.600 \times 3,5 \times 0,9 \times 0,85}{1,5 \times 45}$$

$$Q_h = 143 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

K_u: coeficiente de utilización del cargador: 0,85

C_c: capacidad de la cuchara: 3,5 m³

K_{ll}: coeficiente de llenado de la cuchara: 0,9

K_e : coeficiente de esponjamiento: 1,5

T_c : tiempo de ciclo: 45 s

Cálculo del tiempo de ciclo

$$T_c = T_1 + T_2 + T_3 + T_v + T_m$$

(25)

$$T_c = 11 + 8 + 6 + 7 + 6$$

$$T_c = 45 \text{ s}$$

Donde:

T_1 : tiempo de llenado de la cuchara: 14 s

T_2 : tiempo de movimiento cargado: 10 s

T_3 : tiempo de movimiento vacío: 6 s

T_v : tiempo de descarga de la cuchara: 7s

T_m : tiempo de maniobra: 8 s

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t \tag{26}$$

$$Q_t = 143 \times 8$$

$$Q_t = 1144 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

T_t : horas de un turno de trabajo

Q_h : productividad horaria

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t \tag{27}$$

$$Q_a = 280 \times 1144$$

$$Q_a = 320\,320 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : días laborables al año (280)

Q_t : productividad por turno

Cantidad de días necesarios para la carga del material

$$N_c = \frac{V_{min}}{Q_t} \quad (28)$$

$$N_c = \frac{475\,880}{1144}$$

$$N_c = 413 \text{ días}$$

Donde:

V_{min} : volúmen de material a arrancar

Q_t : productividad por día

Tabla 2.9 Parámetros de operación de la Retroexcavadora XCMG-XE 700.

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Volúmen de material	m ³	475 880
Tiempo de ciclo	s	45
Productividad horaria	m ³ /h	143
Productividad por turno	m ³ /turno	1 144
Productividad anual	m ³ /año	320 320
Cantidad de días	días	413

2.11.2 Cálculo de la productividad de los equipos de transporte

Cálculo del camión HOWO

Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rc} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcc}} \quad (29)$$

$$T_{rc} = \frac{60 \times 3,0}{15}$$

$$T_{rc} = 12 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : distancia de recorrido del camión hasta la planta: 3,0 km

V_{prcc} : velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rcv} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcv}}$$

(30)

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 3,0}{25}$$

$$T_{rcv} = 7,2 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : distancia promedio de recorrido del camión: 3,0 km

V_{prcv} : velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 25 km/h

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60} \quad (31)$$

$$T_{cc} = \frac{45 \times 7}{60}$$

$$T_{cc} = 5,25 \text{ min}$$

Donde:

N_c : cantidad de cucharas para llenar el camión: 7

T_{cc} : tiempo de ciclo del cargador: 45 s

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{mc} + T_c + T_{rc} + T_{md} + T_d + T_{rv} \quad (32)$$

$$T_c = 1 + 12 + 8 + 1 + 0,25 + 7,2$$

$$T_c = 29,45 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : tiempo de recorrido vacío: 7,2 min

T_{rc} : tiempo de recorrido cargado: 12 min

T_c : tiempo de carga: 5,25 min

T_d : tiempo de descarga: 0,25 min

T_{md} : tiempo de maniobra para la descarga: 1 min

T_{mc} : tiempo de maniobra de carga: 1 min

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{60 \times C_{cc}}{K_e \times T_c} \quad (33)$$

$$Q_h = \frac{60 \times 25}{1,5 \times 29,45}$$

$$Q_h = 40 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

Q_h : productividad por hora

C_{cc} : capacidad de carga del camión: 25 m³

K_e : Coeficiente de esponjamiento del material (1,5)

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times K_{II} \times T_t \quad (34)$$

$$Q_t = 40 \times 0,9 \times 8$$

$$Q_t = 288 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

Q_t : productividad por turno (diaria)

K_{II} : coeficiente de llenado: 0,9

T_t : tiempo de un turno de trabajo

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t \quad (35)$$

$$Q_a = 280 \times 388$$

$$Q_a = 108\,640 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : días laborables al año (280)

Q_t : productividad por turno (diaria)

Cantidad de días para el traslado del mineral con 4 camiones

$$N_c = \frac{V_{mt}}{Q_t} \quad (36)$$

$$N_c = \frac{475\,880}{288 \times 4}$$

$$N_c = 413 \text{ días}$$

Donde:

V_{mat} : volúmen de material

Q_a : productividad por turno (diaria)

Tabla 2.10 Parámetros de operación del camión HOWO

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Volúmen de material	m ³	475 880
Tiempo de ciclo	min	29,45
Productividad horaria	m ³ /h	40
Productividad por turno	m ³ /turno	288
Productividad anual	m ³ /año	108 640
Cantidad de Camiones	-	4
Tiempo	días	413

2.12 Escombreras

Método de selección del emplazamiento de las escombreras

La elección del área de ubicación de la escombrera persigue diversos objetivos como son:

- Minimizar los costos de transporte y vertido.
- Alcanzar la integración y la restauración de la estructura en el entorno.
- Garantizar el drenaje.
- Minimizar el área afectada.
- Minimizar la alteración sobre habitats y especies protegidas, etc.

El material estéril extraído durante las labores de apertura y explotación del yacimiento se almacenarán en la escombrera. Las escombreras serán situadas dentro de los límites del área correspondientes a la cantera, en las zonas en las que ya se extrajo todas las reservas de mineral que existían.

2.13 Pasaporte de perforación y voladura para la explotación

El frente de trabajo en el banco será en bloques de 30 x 27 x 10 metros según la dirección que se especifique para cada frente o relaciones similares. Para la

realización del pasaporte de perforación y voladura del bloque hay que tener en cuenta la productividad de los camiones con respecto al volúmen de mineral a extraer, asegurando la cantidad de días de explotación en el bloque para las labores de perforación del mismo.

Línea de menor resistencia por el piso

$$W = 53 \times K_t \times D_c \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}} \quad (37)$$

$$W = 53 \times 0,9 \times 0,115 \sqrt{\frac{0,98 \times 1}{2,55}}$$

$$W = 3,39 \text{ m}$$

Donde:

K_T : coeficiente de agrietamiento de macizo de rocas: 0,9

D_c : diámetro de los barrenos: 0,115 m

Δ : densidad de carga: 0,98 g/cm³

γ : masa volumétrica de la roca: 2,55 g/cm³

e: coeficiente de la capacidad de trabajo: 1

Distancia entre barrenos en la fila

$$a = M \times W_p \quad (38)$$

$$a = 1 \times 3,39$$

$$a = 3,39 \text{ m}$$

Donde:

M: coeficiente de aproximación de las cargas: 1

W_p : línea de menor resistencia por el piso

Distancia entre filas de barrenos

$$b = 0,85 \times a \quad (39)$$

$$b = 0,85 \times 3,39$$

$$b = 2,88 \text{ m}$$

Donde:

a: distancia entre barrenos en la fila

Número de filas

$$N_f = \frac{B}{b} + 1 \quad (40)$$

$$N_f = \frac{27}{2,88} + 1$$

$$N_f = 10,37 \approx 10 \text{ filas}$$

Donde:

b: distancia entre filas de barrenos

B: ancho del bloque por el fondo: 27 m

Reajuste de la distancia entre filas

$$b_r = \frac{B}{N_f - 1}$$

(41)

$$b_r = \frac{27}{10 - 1}$$

$$b_r = 3,0 \text{ m}$$

Donde:

N_f: número de filas

B: ancho del bloque por el fondo: 27 m

Números de barrenos en una fila

$$N_{ff} = \frac{M_a}{a} + 1 \quad (42)$$

$$N_{ff} = \frac{30}{3,39} + 1$$

$$N_{ff} = 9,84 \approx 10 \text{ Barrenos}$$

Donde:

M_a : cantidad de metros de avance para barrenos: 30 m

a : distancia entre barrenos en la fila: 3,39

Reajuste de la distancia entre barrenos en la fila

$$a_r = \frac{M_a}{N_{ff} - 1} \quad (43)$$

$$a_r = \frac{30}{10 - 1}$$

$$a_r = 3,33 \text{ m}$$

Donde:

M_a : cantidad de metros de avance para barrenos: 30 m

N_{ff} : números de barrenos en la fila

Longitud de sobreperforación

$$L = 0,2 \times W_p \quad (44)$$

$$L = 0,2 \times 3,39$$

$$L = 0,68 \text{ m}$$

Donde:

W_p : línea de menor resistencia por el piso

Longitud mínima de relleno

$$L_r = 0,75 \times W_p \quad (45)$$

$$L_r = 0,75 \times 3,39$$

$$L_r = 2,54 \text{ m}$$

Donde:

W_p : línea de menor resistencia por el piso

Magnitud de la carga de los barrenos

$$Q = q \times a_r \times W_p \times H_b = 0,37 \times 3,33 \times 3,39 \times 10 = 41,76 \text{ Kg} \quad (46)$$

Donde:

H_b : altura del banco: 10 m

q : gasto específico de S.E: 0,37 kg/m³

W_p : línea de menor resistencia por el piso

a_r : reajuste de la distancia entre barrenos en la fila

Longitud de los barrenos

$$L = H_b + L = 10 + 0,68 = 10,68 \text{ m} \quad (47)$$

Donde:

H : altura del banco: 10 m

L : longitud de sobreperforación

Tabla 2.11 Parámetros del pasaporte de perforación y voladura para los bloques.

Barrenos		
Parámetros	Unidad de medida	Bloque 30×27
Línea de menor resistencia	m	3,39
Distancia entre barrenos en la fila	m	3,39
Distancia entre filas de barrenos	m	2,88
Producción por barrenos	m ³	114
Número de filas	-	10
Reajuste de la distancia entre filas	m	3
Números de barrenos en una fila	-	10
Reajuste de la distancia entre barrenos en la fila	m	3,33
Longitud de sobreperforación	m	0,68
Longitud mínima de relleno	m	2,54
Diámetro del barreno	m	0,115
Magnitud de la carga	Kg	41,76
Cantidad de barrenos	u	100
Cantidad de detonadores	u	100

2.13.1 Cálculo de los parámetros de los equipos de perforación

Para la perforación de los barrenos se utilizará el equipo perforador Atlas Copco Rock 460PC. El cálculo de los parámetros del equipo perforador es de vital importancia para la planificación de la cantidad necesaria a utilizar durante la barrenación de los diferentes bloques, permitiendo así una eficiente organización de los trabajos en la cantera.

Rock 460 PC

Productividad anual en metros

$$Q_a = Q_p \times N_t \times T_t \times N_a \quad (48)$$

$$Q_a = 15 \times 1 \times 8 \times 280$$

$$Q_a = 33\,600 \text{ m/año}$$

Donde:

Q_p: productividad de perforación: 15 m/h

N_t : cantidad de turnos: 1

N_a : días laborables al año: (280)

T_t : horas productivas en el turno: 8h

Cantidad necesaria de equipos perforadores

$$N_p = \frac{V_{mt}}{Q_a} \quad (49)$$

$$N_p = \frac{93\,742}{33\,600}$$

$$N_p = 3 \text{ perforadoras}$$

Donde:

Q_a : productividad anual en metros

v_{tm} : volúmen total de material in situ: 93 742 m³

2.13.2 Cantidad de compresores necesarios para el suministro de aire comprimido para los equipos de perforación

Para garantizar el aire comprimido que consumen los equipos perforadores se usara el compresor Atlas Copco Xahs 416, el cual garantiza una productividad de 25 m³/h, del cual se necesitaran 2 compresores.

Tabla 2.12 Parámetros de los equipos de perforación:

Parámetros	Equipo perforador Atlas Copco Rock 460PC	Compresor Atlas Copco Xash 416
Cantidad trabajando	3	2
Cantidad de reservas	1	1
Total	4	3

2.13.3 Esquemas de iniciación de las voladuras

Los medios a utilizar serán:

- Detonadores no eléctricos Exel Handidet
- Detonadores de superficie Exel Conectadet
- Cordón detonante
- Cable Duplex
- Máquina explosora KPM-1M

La voladura se realizará por el método de iniciación no eléctrico, ya que su esquema de conexión es más simple y seguro. El esquema de explosión es trapezoidal y la conexión del detonador con el cordón detonante se realizará con conectores J. Para la voladura primaria se recomienda la utilización de la voladura micro retardada por las siguientes ventajas:

- Disminución del efecto sísmico de la explosión.
- Mejorar la calidad de fragmentación del macizo volado.
- Disminuir la salida de la piedra sobre medida.
- Disminuye el ancho, cambia la dirección de arranque o forma de dispersión.

En caso de necesitar la fragmentación secundaria del material sobre medido este será separado del frente y acumulado para posteriormente ser fragmentado por la retroexcavadora New Holland Kobelco con martillo hidráulico acoplado.

2.14 Trabajos auxiliares

Los trabajos auxiliares o de apoyo serán el resto de las actividades que garantizarán la calidad, eficiencia y desarrollo en el tiempo requerido de los procesos principales que se estén llevando a cabo.

2.15 Diseño y construcción de caminos

Los parámetros de diseño y construcción para los caminos en el yacimiento son los siguientes:

- Ancho total del camino: 10 m
- Pendiente longitudinal recomendada: 10 %
- Radio mínimo de curvatura: 25 m

- Espacio de seguridad entre vehículos: 1 m
- Espacio entre el vehículo y el borde exterior del camino: 1,5

2.16 Plan calendario de minería

Primer año de explotación

En el primer año de explotación las labores se desarrollarán en dos semestres.

En el primer semestre los trabajos mineros comenzaran en la cota +210 en la parte Oeste del yacimiento trasladando a la planta un total de 66 719 m³ de material y para el segundo semestre los trabajos se desarrollaran en la cota +200 trasladando 27023 m³. (anexo 2 y 3).

Segundo año de explotación

En el segundo año de explotación los trabajos se desarrollaran en la cota +200 (parte Oeste), moviendo 39 799 m³ de material y posteriormente se minará en la parte Este del yacimiento en la cota +210, moviendo 27 938 m³. (anexo 4).

Tercer año de explotación

Se continuan los trabajos de arranque en la cota +210 por la parte Este del yacimiento y luego se traslada a la cota +200 Este. (anexo 5)

Cuarto año de explotación

Los trabajos de arranque se desarrollan en la cota +200 Este del yacimiento y posteriormente se pasa a la cota +190. (anexo 5)

Quinto año de explotación

Se continuan los trabajos mineros en la cota +190 y posteriormente se traslada a la cota +180, extrayendo de esta 67 000 m³ y dejando listo los otros 67 000 m³ para los próximos cinco años.(anexo 5)

CAPÍTULO III. CÁLCULO ECONÓMICO DE LA EXPLOTACIÓN

3.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo realizar el análisis económico de la explotación del Sector III.

El indicador fundamental para determinar la efectividad de cualquier proyecto que se ejecuta es el costo de producción de una tonelada por m³ de mineral extraído. Para ello se tienen en cuenta los gastos que se originan durante el desbroce, destape y arranque; así como los gastos en el proceso de extracción del material útil. El costo de extracción puede disminuirse a partir de la reducción de los distintos gastos que la componen, lo cual se puede lograr con el empleo de técnicas y tecnologías desarrolladas que permitan elevar la productividad del trabajo y la organización óptima de los trabajos que permitan la máxima eficiencia en la utilización de los equipos y recursos humanos.

3.2 Determinación de los costos

Los costos de operación han sido determinados para los cinco años de explotación, período base para el proyecto y el plan de extracción. Esto se debe a las posibles variaciones de los precios de combustible, lubricantes, materiales u otros, cambios de maquinaria y de todas las operaciones establecidas en la cantera que pueden afectar el índice de costo, para ello se deben realizar los cálculos por cada año de explotación para asegurar la viabilidad del proyecto.

Para los cálculos económicos se tienen en cuenta los gastos que se originan en las fases fundamentales que más inciden en el costo de producción en el primer año de explotación:

- Labores de desbroce y destape
- Labores de carga y transporte
- Labores de perforación y voladura

3.3 Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción

Para el cálculo del gasto de combustible se multiplicó el consumo por el precio de un litro de combustible.

Tabla 3.1 Gastos por concepto de combustible Gc

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación	Precio del litro (US\$)	Costo total
Retroexcavadora	2	25	3 304	0,55	90 860
Bulldócer	1	22	3 304	0,55	39 978
Camión	4	10	3 336	0,55	73 392
Total	7				204 260

Neumáticos

El cálculo de los gastos en neumáticos se obtiene a partir de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario para los neumáticos para cada equipo por el total de horas de operación.

Tabla 3.2 Gastos totales por concepto de neumático Gn

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo de neumático al año (U)	Costo de neumático(US\$)	Costo total
Bulldócer	1	1	5.000	10.000
Camión	4	2	500	3.000
Total	5			13.000

Mantenimiento

El gasto de mantenimiento se obtiene de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario de mantenimiento para cada equipo por el total de horas de operación.

Tabla 3.3 Gastos totales por concepto de mantenimiento Gm.

Equipos	Cantidad Equipos	Mantenimiento planificado (h)	Costo por hora	Costo total
Bulldócer	1	250	10,62	2 655
Retroexcavadora	2	150	9,65	2 895
Camión	4	100	10,57	4 228
Total				9 778

Gastos de perforación y voladura

Estos trabajos son realizados por la Empresa de Servicios Mineros Geólogos (Explomat), el costo del servicio es de 5,01 \$/m³ de roca volada, entonces se puede determinar que para un volumen de 475 880 m³ de roca in situ el gasto total es de:

$$G_{pv} = V_{roca} \times 5,01 \quad (51)$$

$$G_{pv} = 475\,880 \times 5,01$$

$$G_{pv} = \$\,2\,384\,158$$

3.4 Costo de producción en las labores de Extracción

Tabla 4.1. Gastos por concepto de salario G_s

Puesto de trabajo	Cantidad Operadores	Salario mensual (\$/mes)	Salario por día (\$/día)	Tiempo de trabajo (días)	Salario tot (\$)
Operario de la retroexcavadora	3	350	12,96	413	16 057
Operario del Bulldócer	2	375	13,80	413	11 398
Operario del camion	8	390	14,44	417	121 541
Total	13				148 996

Gastos totales durante las labores de extracción

$$G_{ct} = G_s + G_c + G_n + G_m \quad (52)$$

$$G_{ct} = 148\,996 + 204\,260 + 13.000 + 9\,778$$

$$G_{ct} = \$ 376\,034$$

Gastos directos generales

$$G_d = G_{ct} + G_{pv} \quad (53)$$

$$G_d = 376\,034 + 2\,384\,158$$

$$G_d = \$ 2\,760\,192$$

Gastos indirectos de la variante de apertura

$$G_i = G_d \times 0.12 \quad (54)$$

$$G_i = 2\,760\,192 \times 0.12$$

$$G_i = \$ 331\,223$$

Gastos totales

$$G_t = G_d + G_i \quad (55)$$

$$G_t = 2\,760\,192 + 331\,223$$

$$G_t = \$ 3\,091\,415$$

Costo total por m³ de material extraído

$$C_t = \frac{G_t}{V_{\min}} \quad (56)$$

$$C_t = \frac{3\,091\,415}{475\,880}$$

$$C_t = 6,5 \text{ \$/m}^3$$

Donde:

Gt: gasto total

Vmin: volúmen de mineral a extraer

CAPITULO IV. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN EL YACIMIENTO LOS GUAOS: SECTOR III

4.1 Generalidades

La Constitución de la República de Cuba sobre la protección del medio ambiente comienza a partir de 1940 y 1976, siendo modificada en agosto de 1992 después de la Cumbre de Río con su artículo No.27, la cual dispone que “El estado protege el Medio Ambiente y los recursos naturales del país”. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

La Ley No.33 del 10 de enero de 1981, de Protección del Medio Ambiente y uso racional de los recursos naturales ha sido en buena medida sobre pasada por los más recientes avances en materia ambiental, en el ámbito nacional e internacional.

La Asamblea Nacional del Poder Popular acuerda en Julio de 1997 establecer la Ley No.81 del Medio Ambiente la cual establece:

- El derecho de los ciudadanos a la información ambiental.
- La actividad minera deberá causar la menor alteración posible.
- La obligatoriedad de licencias ambientales para determinadas obras a ejecutar que puedan ocasionar daños al medioambiente.
- La regulación en gran parte de su articulado de lo relacionado con la educación ambiental.

4.2 Principales regulaciones legales vigentes

Las principales regulaciones del Medio Ambiente, a tener en cuenta para el proyecto son las siguientes:

- Ley No.41/83 de la Salud Pública
- Ley No.81/97 del Medio Ambiente.
- Ley No.85/99 Forestal.

- Decreto 118. Reglamento para la Ejecución de la Ley de Protección del Patrimonio Cultural.
- Decreto-Ley No.200/99, de las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente.
- Decreto-Ley No.170/97 del Sistema de medidas de Defensa Civil
- Decreto No.139/88. Reglamento de la ley de la Salud Pública.
- Decreto No.179. Protección, Uso y Conservación de los suelos y sus contravenciones.
- Decreto No.180. Regulaciones sobre el Patrimonio Forestal y la Fauna Silvestre.
- Decreto No.222. Reglamento de la Ley de Minas.
- Resolución No.111/96.del CITMA. Regulaciones sobre la Diversidad Biológica.
- Resolución No.132/2007CITMA Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Resolución No.23/77 MTSS Metodología para la identificación, evaluación y gestión de la prevención de los riesgos que afectan la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Resolución No.130/95 CITMA Reglamento para el Estudio de Impacto Ambiental.
- Resolución No.283/2014 del MINSAP. Listado de las enfermedades profesionales y el procedimiento para la prevención, análisis y control de las mismas en el Sistema Nacional de Salud.
- Resolución No.284/2014 del MINSAP. Listado de actividades que por sus características requieran la realización de exámenes médicos pre-empleo y periódicos especializados, para las actividades laborales en las que existan los riesgos higiénico-epidemiológicos.

También se consideran la Ley No.116 del Código de Trabajo, vigente desde el 20 de diciembre de 2013:

Reglamento del Código de Trabajo contenido en el Decreto No.326 del 12 de junio

de 2014 y la Resolución No.158 del 16 de junio de 2014, que rigen el sistema de Protección e Higiene del Trabajo, las obligaciones, atribuciones y funciones de los organismos rectores en esta materia y de las administraciones, los deberes y derechos de los trabajadores, las funciones de la organización sindical, así como las medidas de seguridad minera y protección al medio ambiente.

4.2.1. Normas Cubanas

La Oficina Nacional de Normalización es el organismo rector de las Normas Cubanas y representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

Las principales normas cubanas del medio ambiente a tener en cuenta en este proyecto son las siguientes:

- NC.26:2012.Ruidos en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios.
- NC.27:2012.Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestre y alcantarillado. Especificaciones.
- NC.31:1999.Calidad del Suelo. Requisitos para la Protección de la Capa Fértil del Suelo al realizar trabajos de Movimiento de Tierra.
- NC.133.2002. Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénico-sanitarios y ambientales.

4.3 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la fase de explotación

- Señalizar todos los límites del área de concesión minera autorizado a explotar.
- Limitar el desbroce de la capa vegetal exclusivamente a las áreas debajo de las cuales existen reservas de calizas autorizadas a explotar.
- Cumplir con las exigencias planteadas en la Licencia Ambiental.
- Los camiones de carga de mineral transitarán a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.

- Riego de agua para el control del polvo a los caminos mineros una o dos veces en el turno de trabajo.
- Utilizar explosiones con micro retardos para disminuir la actividad sísmica

4.4 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera

- Establecer y determinar todos los límites de concesión minera autorizados a explotar.
- Establecer y determinar las áreas en las cuales existen reservas de calizas autorizadas a explotar.
- Realizar periódicamente un control de polvo en todo el establecimiento.
- Regar agua en los frentes de trabajo, almacenes a cielo abierto de mineral y en los caminos mineros para disminuir el polvo.
- Aplicar métodos de cuidado y vigilancia, con el fin de minimizar las alteraciones sobre la vida animal en las distintas fases del sistema de explotación.
- Reforestar las áreas minadas una vez terminada la explotación de las reservas.
- Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
- El traslado de los materiales se realizará tomando las medidas necesarias para evitar daños y perjuicios al medio ambiente, a chóferes y personas circulando en la vía (vehículos en perfecto estado técnico, toldos para evitar el desprendimiento de polvo u otras partículas contaminantes).

4.5 Propuesta del plan de monitoreo ambiental

1. Realizar una inspección semestral a las áreas de trabajo para comprobar el cumplimiento de las medidas del proyecto de explotación y de la evaluación de impacto ambiental durante el período que dure la explotación de la cantera.

2. Realizar el monitoreo por un período de tres años como mínimo, con el propósito del análisis periódico de los niveles de recuperación del medio.

4.6 Medidas de seguridad en la cantera

1. Se prohíbe la circulación de personal ajeno a la actividad sin un acompañante instruido.
2. Se prohíbe la circulación de personal en la actividad bajo los efectos del alcohol, alucinógenos o sedantes.
3. Se prohíbe la circulación de personal sin los medios de protección adecuados.
4. Se prohíbe subir o acercarse a cualquier equipo en funcionamiento, sin que el operador lo haya percibido.
5. Se prohíbe permanecer en el exterior de cualquier equipo minero en funcionamiento.
6. Se prohíbe operar equipos a personas que no tengan la calificación y los permisos requeridos.
7. Se prohíbe operar equipos con defectos técnicos y con la ausencia de algunas de sus partes.
8. Todos los equipos deben de poseer sus correspondientes medidas de extinción de incendio.
9. En época de seca hay que regar convenientemente con agua los caminos para evitar el polvo.

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, aislamiento de la electricidad.
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, pantallas, viseras, 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.
Manos y brazos	Guantes, almohadillas, protectores de brazos, mangas y protectores de dedos.	Que estén reforzados para proteger al trabajador contra las llamas, calor y cortaduras.
Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para ácidos.	Deben de proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
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.

4.7 Medidas de seguridad en los camiones

Además de las medidas de seguridad reguladas en el código de tránsito los chóferes observarán las siguientes medidas:

1. No se puede adelantar a otro vehículo de transporte en movimiento.
2. En tiempos lluviosos o de mucho polvo, se reducirá la velocidad al mínimo, al cruzarse con otros.
3. No se acercará durante la descarga menos de 4,0 m, a los bordes de los taludes que tengan una altura mayor de 4,0 m.
4. No se desplazará el vehículo, con el volteo levantado.
5. No se permite llevar personas fuera de la cabina.

Obras de protección y medidas para evitar que los camiones se salgan de la vía:

1. En todos los trayectos rectos de la vía a media ladera, la inclinación para el drenaje lateral será hacia adentro, con una pendiente entre 1,6 y 2%.
2. En todos los bordes exteriores de los tramos de camino a media ladera, se hará una berma de no menos de 2,0 m de ancho y 1,5 m de altura adecuadamente conformada.
3. En todos los bordes exteriores de los tramos de camino, con cuestas a ambos laterales, se harán bermas de no menos de 2,0 m de ancho y 1,5 m de altura adecuadamente conformadas.

4.8 Medidas de seguridad para el trabajo con cargadores

1. No se permiten personas ni equipos, en el área de trabajo de los cargadores en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
2. Los cargadores deben de trabajar sobre plataformas aplanadas y compactadas.
3. En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de

protección.

4. El traslado de los cargadores solo puede realizarse bajo la supervisión de jefe de turno u otra persona calificada.

4.9 Medidas de seguridad con la carretilla de perforación

1. Efectuar el accionamiento de los mandos desde posiciones correctas.
2. Tomar precauciones al tocar el varillaje y la broca, inmediatamente después de su utilización, ya que se corre el riesgo de quemaduras.
3. Utilización, por parte del personal, de cascos, protecciones para los ojos y máscaras anti-polvo.
4. El cambio de piezas y de varillas se realizará con la carretilla estacionada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará el personal calificado.

4.10 Medidas de seguridad para el trabajo con explosivos

1. El transporte de explosivos se realizará por una persona autorizada en vehículos especialmente diseñados para este propósito. Estos medios de transporte llevarán señales especiales para distinguirlos de otros vehículos.
2. La cantidad de explosivo transportada será la precisa para su uso inmediato. Separar perfectamente las fases de perforación de las rocas y de carga de las sustancias explosivas. La carga no debe comenzar hasta que toda la perforación haya terminado y los equipos se hayan retirado del frente.
3. La carga de las sustancias explosivas debe realizarse bajo la supervisión de una persona calificada (Artillero).
4. Alertar a todo el personal de la iniciación de la voladura, para esto se usarán señales de alertas ya convenidas.
5. Destruir durante el disparo las sustancias explosivas y los medios que pudieran quedar sobrantes durante la carga en los barrenos.

6. Abandonar los frentes y mantenerse fuera del área de seguridad. Los últimos en abandonar los frentes serán los artilleros.
7. Ejecutar los disparos en horas ya determinadas, como por ejemplo al final de la jornada laboral o cambio de turno.
8. El artillero debe ser el primero en entrar a la zona después del disparo, comprobando que el explosivo se ha consumido y han detonado todos los barrenos.
9. En caso de fallar algún taladro, se perforará un taladro paralelo y a una distancia de 30 cm, una vez cargado se disparará para detonarlo por simpatía.

CONCLUSIONES

1. Se analizaron las características ingeniero-geológica del yacimiento, así como, las propiedades físico- mecánicas de las rocas.
2. Se realizó el cálculo de los parámetros del sistema de explotación determinando que el método empleado es el sistema de explotación con profundización longitudinal con dos bordes.
3. Se realizó la valoración técnico-económica del yacimiento con gastos totales de \$ 3 091 415 y 6,5 \$/m³ de costo por metro cúbico de material extraído.
4. Se tuvieron en cuenta las principales regulaciones legales vigentes y se especificaron las medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación del sector Guaos III.

RECOMENDACIONES

En la medida en que se vayan desarrollando las labores mineras se recomienda actualizar los parámetros del sistema de explotación propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CEPRONIQUEL. 2013. Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos no metálicos "Yacimiento Victoria III". Centro de Proyectos del Níquel. Cubaniquel.
2. FIGUEROA FERNÁNDEZ, J. 2017. Diseño del sistema de explotación para la cantera de calizas Urbano Noris. Noa Monje, R (tutor). Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero en Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
3. GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA NO 3 Con fecha 23/01/95 Ley 76. Ley de Minas.
4. GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA NO 7, de fecha 11/07/1997. Ley 81 de "Medio Ambiente".
5. HENRIQUES DOS SANTOS, A. 2017. Proyecto de explotación de la Cantera Cerro Calera Bariay. Hernández Jatib, N (tutor). Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero en Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
6. LABRADA BLANCO, A. 2005. Propuesta de sistema de explotación para las reservas remanentes del yacimiento Punta Gorda. Ulloa Carcasses, M (tutor). Tesis presentada en opción al título de Especialista en explotación de yacimientos lateríticos. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
7. LÓPEZ JIMENO, C. Manual de áridos. s.l.: Entorno Gráfico. 1994. 612 p.
8. MENA BALBERDI, E. 2012. Perfeccionamiento del sistema de explotación del yacimiento Arriete. Bernal Hernández, S (tutor). Tesis presentada en opción al Título Académico de Especialista en Explotación de Yacimiento para Materiales de Construcción. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
9. MINISTERIO DE LA CONSTRUCCIÓN. 1894. Proyecto de explotación de la cantera Guaos II del yacimiento de Porfiritas Los Guaos. Santiago de Cuba

10. OCA RISCO A. & TERRERO BORGES V. 2011. Las Canteras de Materiales de Construcción y su impacto en el Medio Ambiente. VII edición de la Conferencia científica internacional medio ambiente siglo XXI, MAS XXI. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
11. OTAÑO NOGUEL, J. 2013. Nociones de Minería. Editorial Félix Varela, La Habana.
12. OTAÑO NOGUEL, J. 2014. Fragmentación de rocas con explosivos. Editorial Félix Varela, La Habana.
13. PARTIDO COMUNISTA DE CUBA. 2011: "Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución ", VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, pp. 39
14. PARRA ALEMÁN, J. 2004. Estudio del Impacto Ambiental en el Yacimiento Los Guaos. Ulloa Carcasses, M (tutor). Tesis presentada en opción al título de Ingeniero en Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
15. PEREIRA GINGA, S. 2001. Diseño de la explotación del sector # 10 del yacimiento Moa Oriental. Polanco Almanza, R. (tutor). Trabajo de diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
16. PÉREZ SALAZAR, A. 2015. Caracterización Minero–Ambiental de las Canteras en la Industria de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba. Oca Risco, A. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. pp.75.
17. SALAS FALCÓN, R. 2015. Proyecto de explotación de la ampliación norte del yacimiento Cantera Blanca en Bauta, Provincia de Artemisa. Polanco Almanza, R. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. pp.100.
18. WATSON, R. 2008. Situación actual y perspectiva de la explotación de yacimientos de materiales de construcción Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 20 p.