



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

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero en Minas

*Proyecto de explotación de la ampliación norte del
yacimiento Cantera Blanca en Bauta.*

Autor: Reinier Salas Falcón

*Tutores: Dr.C. Ramón Polanco Almanza
M.Sc Ricardo Ricardo Ávila*

*Curso
Moa, 2015
“Año 57 de la Revolución”*



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Reinier Salas Falcón, autor de este trabajo de diploma, que tiene como título: **“Proyecto de explotación de la ampliación norte del yacimiento Cantera Blanca en Bauta”** y el tutor, Dr.C. Ramón Polanco Almanza, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Para que así conste, firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año 2015.

Reinier Salas Falcón

Firma del autor

Dr.C. Ramón Polanco Almanza

Firma del tutor



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia en especial a mi madre Rosa América Falcón Fuach, a mi tía Yolaida Falcón Fuach, a mi tío David Carrillo Santos, a mi padrastro Luciano Del Ben, a mis hermanos Gianluca Del Ben y Reilien Salas.

A mi novia Ana Beatriz, a su madre Ana Julia Fera Silva y a toda su familia.

A mis tutores el Dr.C. Ramón Polanco Almanza, M.Sc Ricardo Ricardo Ávila y el Ing. Barroso.

A mis amigos y hermanos del barrio Dailon, Pacho y Daniela.

A los topógrafos y personal de la Empresa de Canteras.

A todos aquellos que de una forma u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.



AGRADECIMIENTOS

A todos mis compañeros de estudio y profesores que contribuyeron a mi formación como profesional a lo largo de estos cinco años y me brindaron su ayuda siempre que lo necesité.

A mi novia Ana Beatriz Parra Silva que estuvo a mi lado estos cinco años brindándome toda la ayuda, consejos y conocimientos para poderme formar como profesional.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado y aconsejado en mi formación como profesional.

A todo el personal de la Empresa de Canteras y de la UEB Cantera Blanca por facilitarme las condiciones para el desarrollo del trabajo.

A mis tutores el Dr.C. Ramón Polanco Almanza, M.Sc Ricardo Ricardo Ávila y el Ing. Barroso por su tiempo dedicado en la realización de este trabajo.

A mis amigos y hermanos de estudio Víctor, Carlos, Iosnel, Tomas, Yurina, Leandro, Jose Carlos, Yosmany, Mario, Armando, Miguelito, Arleys e Ismel que nos hemos apoyado unos a otros para hoy poder lograr lo que hemos hecho.

A mis amigos y hermanos del barrio Dailon, Pacho y Daniela por brindarme su amistad en todo este tiempo.

A la Revolución cubana y a su líder Fidel Castro Ruz por darme la posibilidad de estudiar y formarme como profesional.

A todos muchas gracias.



PENSAMIENTO



*“Mayor que la tristeza de no haber vencido está la
vergüenza de no haber luchado”*

José Martí Pérez



RESUMEN

El presente trabajo de diploma desarrolla el Proyecto de explotación de la ampliación norte del yacimiento Cantera Blanca en Bauta con el objetivo de continuar la explotación de las reservas. Para ello en el trabajo se realizó una caracterización ingeniero geológica del yacimiento y del área de estudio, la fundamentación y selección del sistema de explotación, el régimen de trabajo, la selección del equipamiento minero necesario, el cálculo de su productividad así como sus parámetros de explotación tanto para el desbroce y destape como para la extracción. Se realizó el cálculo de los trabajos de perforación y voladura, la organización y la valoración económica de las actividades fundamentales; el análisis del impacto medioambiental, las medidas de seguridad y salud en el trabajo a cumplir para la protección del personal que trabaja en la cantera, en especial, aquellas definidas como peligrosas.



SUMARY

The present work of diploma develops the Project of exploitation of the north enlargement of the deposit Cantera Blanca in Bauta for the sake of continuing the exploitation of the stock. The engineer accomplished a characterization himself at work for it geological of the deposit and of the area of study, the foundation and selection of the system of exploitation, the work régime, the selection of the necessary mining equipment, the calculation of their productivity as well as their parameters of exploitation so much for the clears and uncover like for the extraction. It was carried out the calculation of the perforation works and explosion, the organization and the economic valuation of the fundamental activities; the analysis of the environmental impact, the measures of security and health in the work to execute the personnel's protection that works in the quarry, especially, those defined ones as dangerous.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	4
I.1 Explotaciones de canteras para áridos	4
I.1.1 Definición de áridos	5
I.1.2 Importancia económica de los áridos	5
I.2 Las rocas calizas y sus derivados	6
I.2.1 Ambientes de formación	7
I.2.2 Principales tipos de calizas	7
I.2.3 Principales derivados de la caliza	9
I.3 Breve descripción de las investigaciones precedentes en el yacimiento Cantera Blanca.....	9
I.3.1 Análisis crítico de la metodología y resultados de los trabajos anteriores	10
I.3.2 Datos sobre el agotamiento de las reservas antes calculadas, zonas de extracciones y lugares de escombro.....	11
CAPÍTULO II. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO.....	13
II.1 Ubicación geográfica del yacimiento y sus alrededores	13
II.1.1 Vías de comunicaciones.....	14
II.1.2 Magistrales energéticas	14
II.1.3 Economía de la región	15
II.1.4 Condiciones climáticas	15
II.1.5 Relieve	15
II.1.6 Condiciones Hidrogeológicas	16
II.1.7 Hidrografía	16
II.1.8 Flora y fauna.....	16
II.2 Características geológicas del yacimiento.....	16
II.2.1 Condiciones de yacencia del mineral	18
II.2.2 Geología del yacimiento	18



II.2.3 Tectónica.....	18
II.2.4 Grado de complejidad del yacimiento	18
II.3 Propiedades de la materia prima.....	19
II.3.1 Composición química.....	19
II.3.2 Propiedades físico- mecánicas.....	19
II.3.3 Calidad de la materia prima y su uso industrial	19
II.4 Estimación de los recursos de materia prima.....	20
II.5 Caracterización del área de ampliación norte	20
II.5.1 Información técnica sobre los trabajos de investigación geológica al norte del yacimiento	22
II.5.2 Estimado base de los recursos del área.....	22
CAPITULO III: LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA ZONA NORTE	23
III.1 Condiciones técnico-mineras de explotación del yacimiento.....	23
III.2 Descripción actual de las labores mineras	23
III.3 Régimen de trabajo	24
III.4 Volumen de material útil in situ a extraer en un año	24
III.5 Tiempo de explotación de la zona de ampliación norte.....	25
III.6 Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos en la zona de ampliación norte	25
III.7 Características técnicas del equipamiento minero	26
III.8 Labores de desbroce y destape	27
III.8.1 Brigada de trabajo y equipamiento	28
III.8.2 Volumen de material estéril.....	28
III.8.3 Cálculo del equipamiento minero en las labores de desbroce y destape.....	29
III.8.3.1 Cálculo del bulldozer Komatsu D85	29
III.8.3.2 Cálculo del cargador Daewoo Doosan Mega 250	32
III.8.3.3 Cálculo del camión KrAZ 256B	35
III.9 Labores de extracción del mineral útil	39



III.9.1 Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil.....	40
III.9.1.1 Cálculo del cargador Daewoo Mega 250	40
III.9.1.2 Cálculo del camión KrAZ 256B para la Planta I CP- 213 I	42
III.9.1.3 Cálculo del camión KrAZ 256B para la Planta II CP- 213 II.....	45
III.10 Diseño y formación de la escombrera	50
II.10.1 Cálculo de la escombrera.....	51
III.10.2 Cálculo del depósito temporal para la capa vegetal	52
III.11 Apertura de la zona de ampliación	53
III.11.1 Cálculo de la plataforma de trabajo.....	54
III.11.2 Sistema de apertura y método de la semitrinchera de acceso	55
III.12 Trabajos de perforación y voladura	56
III.12.1 Datos técnicos de la sustancia explosiva	56
III.12.2 Datos técnicos del detonador	57
III.12.3 Equipamiento técnico.....	58
III.12.4 Pasaporte de perforación y voladura de la semi trinchera de acceso	58
III.12.5 Pasaporte de perforación y voladura para la explotación de los bloques	65
III.13 Cálculo de los parámetros de los equipos de perforación	69
III.13.1 Cantidad de compresores necesarios para el suministro de aire comprimido para los equipos de perforación	71
III.14 Esquemas de iniciación de las voladuras	71
III.15 Organización de las labores mineras para la explotación	72
III.16 Trabajos auxiliares	74
III.17 Diseño y construcción de caminos	74
CAPÍTULO IV. CÁLCULO ECONÓMICO.....	75
IV.1 Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción	76
IV.2 Costo de producción en las labores de desbroce y destape	77
IV.2.1 Gasto de la fuerza de trabajo	77



IV.2.2 Gastos materiales	77
IV.2.3 Gastos de reparación y mantenimiento en el desbroce y destape ..	78
IV.2.4 Gastos de amortización en el desbroce y destape	79
IV.2.5 Gasto total en las labores de desbroce y destape	79
IV.3 Costo de producción en las labores de carga y transporte	79
IV.3.1 Gastos de la fuerza de trabajo en las labores de carga y transporte	79
IV.3.2 Gastos materiales en las labores de carga y transporte	80
IV.3.3 Gastos totales de materiales en las labores de carga y transporte .	80
IV.3.4 Gastos de reparación y mantenimiento en las labores de carga y transporte	80
IV.3.5 Gastos de amortización en las labores de carga y transporte	81
IV.3.6 Gasto total en las labores de carga y transporte	81
IV.4 Costo de producción en las labores de perforación y voladura	81
IV.4.1 Gastos de materiales en las labores de perforación y voladura	81
IV.4.2 Gastos de perforación establecidos en el contrato que tiene la Empresa de Canteras con Explomat	82
IV.4.3 Gasto total en las labores de perforación y voladura	82
IV.5 Gastos totales en el proceso de explotación de la ampliación norte	82
CAPITULO V. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN LA CANTERA	85
V.I Medio Ambiente	85
V.I.1 Generalidades	85
V.I.1.1 Principales regulaciones legales vigentes	86
V.I.1.2 Normas Cubanas	88
V.I.2 Identificación y caracterización de los impactos ambientales	89
V.I.3 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la fase de explotación	91
V.I.4 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera	92
V.I.5 Propuesta del plan de monitoreo ambiental	92



V.2 Seguridad minera y salud en el trabajo.....	93
V.2.1 Medidas de seguridad en los trabajos de perforación y voladura	93
V.2.2 Medidas de seguridad durante los trabajos con bulldozer	94
V.2.3 Medidas de seguridad durante los trabajos con el cargador	94
V.2.4 Medidas de seguridad durante los trabajos con el camión	95
V.2.5 Relación entre el trabajador y los medios que debe usar para su protección.....	95
V.3 Salud en el trabajo	96
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	



INTRODUCCIÓN

La minería desde sus principios es la encargada de explotar los recursos minerales de la corteza terrestre y asegurar el abastecimiento de materias primas como las rocas industriales, ornamentales y áridos con múltiples funcionalidades en la formación de las industrias, creación de proyectos constructivos y de obras de infraestructuras, convirtiéndose así en una de las principales fuentes de satisfacción de las necesidades de la humanidad.

El auge que han obtenido la minería y las industrias de materiales para la construcción en nuestro país se ha debido a las grandes transformaciones de desarrollo en el sector constructivo y las distintas estrategias marcadas para disminuir los problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad, con el objetivo de eliminarlos con altos estándares de calidad y responsabilidad.

La extracción de los diversos materiales para la construcción puede impactar el medioambiente, tanto positiva como negativamente, entre los impactos negativos se encuentran la contaminación del aire, suelos, aguas, cultivos, afectaciones a la flora, fauna y la salud humana, por esa causa en todo el mundo, incluyendo a nuestro país se emplean leyes medioambientales y documentos rectores que dirigen las operaciones con el objetivo de disminuir al mínimo el impacto y mitigar sus consecuencias.

El yacimiento Cantera Blanca se encuentra localizado en el municipio de Bauta perteneciente a la provincia de Artemisa, al oeste de la Ciudad de la Habana, en el cual se explotan materiales para la construcción como la caliza, que es una materia prima fundamental para la producción de derivados como el carbonato de calcio y la cal química muy utilizados en la construcción y las industrias.

La empresa Cantera Habana que administra al yacimiento Cantera Blanca solicitó los tramites de permisos al Instituto de Planificación Física (IPF) para la realización de una investigación geológica hacia el norte del yacimiento, cuyo objetivo es verificar la continuidad de la materia prima útil en el área solicitada mediante la realización de un volumen mínimo de los trabajos geológicos que



permitan evaluar su calidad y estimar los recursos para posteriormente solicitar la ampliación de los límites de la concesión minera, para así dar comienzo a un proyecto de explotación, con el objetivo de ampliar sus zonas de explotación ya que las reservas exploradas y concesionadas están en fase de agotamiento y este aspecto puede influir negativamente en la satisfacción de la creciente demanda de materia prima en todo el país y particularmente en la región occidental.

Como **problema** del presente trabajo se plantea la necesidad de elaborar un proyecto de explotación para la extracción de las reservas de calizas ubicadas en el sector norte del yacimiento Cantera Blanca en el municipio de Bauta.

Objeto de estudio:

Sistemas de explotación de yacimientos a cielo abierto.

Campo de acción:

Yacimiento Cantera Blanca.

Objetivo general:

Elaborar el proyecto de explotación del sector norte del yacimiento Cantera Blanca.

Objetivos específicos:

- Realizar la caracterización ingeniero-geológica del yacimiento Cantera Blanca
- Calcular los parámetros de los procesos tecnológicos de la explotación del yacimiento Cantera Blanca
- Determinar el costo de producción durante el primer año del proceso de ampliación.
- Establecer las medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación el sector norte del yacimiento.



Hipótesis

Si se realiza la caracterización ingeniero-geológica del sector norte del yacimiento y se diseñan la apertura y el sistema de explotación, entonces se pueden realizar los cálculos de los parámetros de los procesos tecnológicos, y establecer el costo de producción, que permitirán determinar la viabilidad de la explotación del sector norte del yacimiento Cantera Blanca.

Metodología de la Investigación

Esta investigación en función de su alcance se clasifica como aplicada ya que se dedica a mejorar y perfeccionar el procedimiento de cálculo de un Proyecto, utilizando los siguientes métodos:

- Método empírico de medición y compilación de conocimientos para revisar, compilar la información y el procedimiento utilizado en múltiples proyectos y bibliografía especializada sobre la explotación de canteras.
- Método teórico básico de análisis y síntesis, para realizar el análisis por partes de la explotación de la cantera con todos sus elementos y sintetizar los procedimientos utilizados.
- Método teórico estructurado de analogía lógica para aplicar los procedimientos conocidos para los cálculos de los elementos que conforman el sistema de explotación de canteras.



CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

I.1 Explotaciones de canteras para áridos

En el sector de los áridos se está asistiendo a un cambio muy notable, en el que se ha pasado sin solución de continuidad de unas explotaciones casi totalmente anárquicas en sus formas y planteamientos y donde bastaba con unas simples autorizaciones para iniciar los trabajos, a un cúmulo de exigencias técnicas, de calidad, medioambientales, sociales etc., que obligan al cumplimiento simultáneo de múltiples requisitos en el planteamiento y el desarrollo de un proyecto.

Además, las diferentes administraciones sienten la necesidad de contar con los informes favorables de un amplio número de asociaciones, cuya posición, muchas veces, no tiene gran justificación o solidez técnica, además de imponer el requisito de integrar las labores extractivas dentro de la política de ordenación del territorio para un teórico un uso más racional de éste.

Hasta hace relativamente poco tiempo, los áridos se consideraban como recurso mineral y de escaso valor, por la cual las compañías mineras tradicionales no invertían en el sector. Sin embargo, la acelerada demanda de productos de cantera y las múltiples limitaciones, fundamentalmente de tipo ambiental, la apertura de nuevas graveras y canteras, han hecho que estos materiales hayan pasado a tener un carácter agotable y consecuentemente, a revalorizarse.

Por otro lado, las especificaciones de los productos son cada vez mayores y más difíciles de cumplir de forma natural por los propios yacimientos, con lo que se acude a cubrir este déficit en las plantas de tratamiento con sistemas que van incrementando su sofisticación. Las exigencias técnicas generales de la explotación se están viendo fuertemente incrementadas y existe una fuerte implantación de criterios de calidad de los productos y de garantía del cumplimiento de sus características y propiedades. Son muchas las similitudes que existen entre ambos tipos de empresas, la tecnología de explotación es parecida, la legislación minero-ambiental también y la rentabilidad de las



inversiones es del mismo orden de magnitud. Pero sobre todo, es de la mano de estas corporaciones que se está viendo la implantación del desarrollo minero sostenible y, a partir de estas políticas, la introducción de recientes desarrollos tecnológicos y criterios de producción limpia.

No obstante, todavía existen diferencias apreciables como son: el tamaño más reducido de las explotaciones de áridos, las menores inversiones iniciales y el menor riesgo si se comparan otros sectores de la minería, al margen del carácter todavía reducido fundamentalmente a ámbitos locales de los mercados de este tipo de productos, a pesar de su carácter crecientemente regional e internacional.

I.1.1 Definición de áridos

Las sustancias denominadas “áridos de construcción” pueden definirse como los materiales que cumplen las siguientes condiciones:

- Ser materiales minerales
- De origen natural o artificial
- De carácter sólidos y además inertes
- Dimensionados en las granulometrías y formas adecuadas
- Hormigones
- Aglomerados asfálticos
- Productos artificiales resistentes
- Rellenos de diverso tipo
- Materias prima para la industria: Cemento y yesos, arenas para filtros, cargas de fabricación de pintura, papel, micronizados, etc.
- Otros

I.1.2 Importancia económica de los áridos

El consumo de áridos está íntimamente relacionado con el desarrollo socioeconómico de cada país y, consecuentemente con la calidad de vida alcanzada. Los áridos suponen hasta un 50 % de la producción minera



mundial, a pesar de que, su dispersión y minifundio no permita conocer una buena precisión las producciones.

Las explotaciones continúan teniendo un tamaño reducido, pero requieren inversiones cada vez más fuertes. En general se caracterizan por un pequeño volumen anual de extracción (entre 500.000 y 1.000.000 t/año), salvo en el caso de las canteras de calizas para la fabricación de cementos y de áridos para abastecer las grandes aglomeraciones urbanas.

A mayor exigencia de la calidad del producto el precio compensa la mayor preparación necesaria para la planta. La tecnología en las explotaciones ha ido progresando rápidamente a medida que tenían que abaratar los costos, competir, aumentar su producción y controlar la calidad.

El mercado ha pasado de tener un carácter local a ser regional e incluso internacional. Se observa pues una transformación del producto en un “Commodity” capaz de viajar e incluso de cruzar el océano, siempre que la calidad del producto pueda compensar el mayor costo del transporte.

I.2 Las rocas calizas y sus derivados

Las calizas son rocas sedimentarias compuestas en más de un 90% por carbonato cálcico. Estas rocas pueden estar formadas por:

- Terrígenos: granos procedentes de fuera de la cuenca sedimentaria, carbonatadas o no, que deben suponer menos del 50 % del total de la roca (si no es así serían rocas detríticas).
- Aloquímicos: Granos formados en la misma cuenca: fragmentos de otras rocas carbonatadas (Intraclastos), oolitos, pelets, pisolitos, oncolitos, o conchas, caparazones y otros restos carbonatados de fósiles.
- Ortoquímicos: Cemento carbonatado que une entre si los anteriores componentes de la caliza, se divide en micrita (de 1 a 10 micras) y esparita (cristales de más de 10 micras).



I.2.1 Ambientes de formación

La precipitación del carbonato cálcico con la intervención del agua en un proceso inorgánico y/o bioquímico. El calcio proviene de la meteorización de minerales que lo contienen (piroxenos, anfíboles o plagioclasa) que, junto al anhídrido carbónico de la atmósfera, de lugar a la reacción siguiente que depende de la presión y temperatura: $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$, $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Pero la mayor parte de calizas proceden de la intervención de organismos que toman de las aguas los elementos para formar sus conchas y caparazones (corales, algas, foraminíferos, etc.). Al morir, se produce una acumulación de estas partes que se unen por un cemento calcáreo, generado a la vez que la sedimentación o por procesos diagenéticos.

Debido a que la disolución del carbonato se acelera al aumentar la presión y disminuir la temperatura, en cuencas oceánicas profundas no se forman calizas. Por ello las grandes acumulaciones de calizas se han formado en el mar, pero en plataformas continentales, en aguas cálidas y alejadas de zonas emergidas que puedan aportar sedimentos detríticos. En ambientes continentales el medio sedimentario típico son los lagos, aunque también existen extensas formaciones calcáreas asociadas a suelos (costras calizas), surgencias de agua (travertinos) y cuevas cársticas.

Estos procesos de formación de calizas, entre otros, han originado a lo largo de millones de años, el empobrecimiento del CO_2 de la atmósfera e hidrosfera primigenias del planeta Tierra y su enriquecimiento en oxígeno. La fijación del CO_2 en las rocas, sobre todo por algas verde-azuladas que originaron unas estructuras sedimentarias calcáreas llamadas estromatolitos, y la liberación de oxígeno hicieron que, en el Precámbrico superior, los seres vivos se tuvieran que adaptar a este nuevo componente.

I.2.2 Principales tipos de calizas

Calizas fosilíferas: Calizas compuestas por un elevado porcentaje de restos carbonatados de seres vivos (fósiles), cementados por carbonato cálcico como

son: las calizas nummulíticas del Paleoceno de las sierras de la Puerta, de la Muela o de Espuña; las calizas arrecifales de las cuencas terciarias de Fortuna-Molina de Segura, Mula o Lorca; etc.

Calizas bioclásticas: Son calizas formadas, mayoritariamente, por fragmentos carbonatados de fósiles. Realmente son calizas fosilíferas cuyos fósiles están muy fragmentados. Son muy abundantes en el Terciario de la región.

Lumaquelas o coquina: Roca de grano grueso formada esencialmente por la acumulación de conchas o fragmentos de éstas. Son calizas fosilíferas con predominio de conchas de bivalvos, aunque por extensión se llega a aplicar a la acumulación de restos de otros organismos (lumaquela de gasterópodos, lumaquela de nummulites = caliza nummulítica), aunque las lumaquelas suelen estar menos cementadas y por ello son muy porosas.

Calizas nodulosas rojas: Rocas carbonatadas de color rojizo, con estructura nodular, originada por un intenso proceso de bioturbación sobre fangos micríticos calcáreos. Suelen contener gran abundancia de restos de ammonoideos y belemnites. Se les conoce también como ammonítico rosso y se formaron en altos fondos marinos alejados del continente emergido durante el Jurásico (umbrales). Poseen un elevado interés comercial (rojo Caravaca, el rojo Cehegín, el gris Cehegín, el Cehegín médium y el rojo Quipar) y científico por su contenido paleontológico.

Calizas oolíticas: Calizas compuestas fundamentalmente por oolitos, que son granos esféricos de carbonato cálcico de origen inorgánico, con estructura concéntrica. Se formaron en medios marinos cálidos y poco profundos (plataformas carbonatadas).

Calizas lacustres: Calizas formadas por la precipitación de carbonato cálcico en medios lacustres. Suelen tener coloraciones claras con tonos grisáceos, pardos o rosados. Se caracterizan por presentar numerosas oquedades originadas por el escape de gases, pero a su vez son muy resistentes. En ellas pueden existir restos de gasterópodos de agua dulce o pulmonados (calizas lacustres de Moratalla), bioturbaciones originadas por raíces (calizas lacustres



de Mula) o de oncolitos (calizas lacustres de Caravaca), que son estructuras redondeadas y concéntricas originadas por el crecimiento de algas verde-azuladas o cianobacterias.

I.2.3 Principales derivados de la caliza

Cal: La caliza u otras rocas calcáreas se calientan en hornos hasta 903°C, de forma que expulsa el CO₂ y queda la cal viva (CaO). Esta se apaga con agua, mezclada con arena, forma el mortero. Comúnmente, la cal se prepara en forma de cal hidratada (Ca(OH₂)), añadiendo agua. Cien kilos de caliza pura producen 56 kilos de cal. Puede emplearse también dolomita que da CaO-MgO, se apaga más lentamente y despiden menos calor que la cal viva.

Cal Viva: Material obtenido de la calcinación de la caliza que al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería.

Cal hidratada: Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos. El óxido de calcio al combinarse con el agua se transforma en hidróxido de calcio.

Cal hidráulica: Cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio, sílica (SiO₂) y alúmina Al₂O₃) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso debajo del agua.

I.3 Breve descripción de las investigaciones precedentes en el yacimiento Cantera Blanca

Se realizaron trabajos anteriores en el yacimiento Cantera Blanca con el objetivo del estudio de la caliza como materia prima para la construcción, su utilización en la industria azucarera y en la producción de carburo de calcio.

Hay trabajos realizados en el año 1973 por los ingenieros Karell Schmidt e Igor Tomko "Informe Final Cantera Blanca" Inv.No.2.765, además el complemento



al Informe Final sobre la exploración del yacimiento Cantera Blanca de los Ing. V. Jencek, J. Trasler y D. Castillo del año 1976 Inv.No.2.765.

El “Informe Final” de Karell Schmidt e Igor Tomko del año 1973, plantea que el 70% del yacimiento es caliza dura y 30% de caliza blanda. Este yacimiento es un solo cuerpo con dimensiones 1.500x600 m. Según el autor, es un yacimiento que por la pureza de su materia prima se clasifica entre los yacimientos de caliza más pura de todo el mundo y además clasificaron el yacimiento como del grupo I; yacimiento simple y constante.

Se calcularon 4 bloques de reservas para la explotación donde estos se encuentran en el Centro Nacional del Fondo Geológico con un total de 18.939.000 m³ según el sistema de clasificación existente en aquel momento de las categorías se desplazan de la siguiente forma:

Tabla I.1: Bloques de reserva con sus categorías

Bloques	Categorías	Reservas
1	B	2.060.000
2	C ₁	5.611.000
3	C ₂	1.186.000
4	C ₂	9.782.000
T o t a l e s :		18.939.000

En 1983 se hizo el informe final de la exploración orientativa y detallada en el sector oeste del yacimiento por los ings. Akachajedzo y A. Belov. Además de la geología de la región tenemos el informe de levantamiento geológico Mariel-Cojimar de Garnus I, Linares E y Álvarez C. del año 1969 con Inv. No. 986, este trabajo abarca un área entre la costa norte y la carretera Central.

I.3.1 Análisis crítico de la metodología y resultados de los trabajos anteriores

El yacimiento se estudió mediante siete líneas de exploración, situadas perpendicularmente a la dirección de la secuencia carbonata de la edad Oligoceno-Mioceno. Se realizaron levantamientos topográficos en escala 1:1000, también se realizó el levantamiento geológico a la misma escala y se

muestrearon todos los pozos perforados. Según los resultados de los análisis químicos de 330 muestras ordinarias y 163 de grupo, la composición media de las calizas se caracterizó por índices.

El cálculo de las reservas de las calizas se realizó por el método de los bloques geológicos hasta el nivel de 45 m. En junio de 1971, el estado de las reservas según el sistema de clasificación existente en aquel momento de las categorías era:

Tabla I.2: Estado de reserva según las categorías

B	2.060.000 m ³
C ₁	5.611.000 m ³
C ₂	10.968.000 m ³
B+C ₁ +C ₂	18.693.000 m ³

En varios pozos perforados en los años 1971-1973 fueron detectados fenómenos cárlicos, los cuales no aparecen descritos en las columnas de los pozos. Las causas del desarrollo del carso no se han establecido y las regularidades de su propagación no están estudiadas; además en el cálculo de reservas no se tuvo en cuenta la carsificación de las rocas.

I.3.2 Datos sobre el agotamiento de las reservas antes calculadas, zonas de extracciones y lugares de escombro

En enero de 1980 en el yacimiento Cantera Blanca, el estado del resto de las reservas de balance según el sistema de clasificación existente en aquel momento de las categorías se pueden observar en la tabla I.3:

Tabla I.3: Estado del resto de las reservas de balance según las categorías

B	2.038.480 m ³
C1	3.636.730 m ³
C2	8.378.030 m ³
B+C1+C2	14.053.240 m ³

La profundidad de la cantera no coincidía con los datos ofrecidos por la propia cantera y los datos según el Ministerio de Materiales de la Construcción son 26.763 m³ y 41.000 m³ de caliza por año respectivamente, según datos



extraoficiales la productividad proyectada de la cantera será 150.000 m³ de masa minera por un año. Además las condiciones minero-geológicas del yacimiento son muy favorables.

Las calizas en este yacimiento eran absolutamente estables en los bordes de la cantera y mantienen bien las paredes verticales sin visibilidad de derrumbe ni deslizamiento de las rocas; las calizas de la secuencia productiva yacen prácticamente en forma horizontal y no están irrigadas. En la mayoría del área el yacimiento no tiene escombros.

El rasgo negativo que presenta el yacimiento es la presencia del carso en la secuencia productiva, hay que añadir que el material arcilloso y cascajo que lo rellena tiene una densidad bastante alta y una buena estabilidad en los bordes de la cantera.

Aquí se destaca la estabilidad de las calizas en el corte, en los bordes de la cantera en explotación hasta la profundidad 20 m composición litológica de las rocas. La estabilidad de la composición litológica de la secuencia y la ausencia de las rocas de destape hacen prácticamente que el yacimiento tenga una producción sin escombros, la roca útil y los desechos se transportan del área industrial en camiones. Con las condiciones antes mencionadas el proceso de explotación del yacimiento de caliza se efectúa sin contaminación del área adyacente.

CAPÍTULO II. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO

II.1 Ubicación geográfica del yacimiento y sus alrededores

El yacimiento se encuentra en el centro de asentamientos poblacionales de relativa importancia económica, así como muy cerca de la capital.

En la fig. II.1 se aprecia una vista satelital de la ubicación del yacimiento Cantera Blanca que se encuentra en la provincia de Artemisa, en el municipio de Bauta al oeste de la Ciudad de la Habana, en las cercanías de la intercepción de la carretera Mariel-Cangrejas, a unos 3 km del poblado de Baracoa (Ver Anexos A).



Figura.II.1 Vista satelital de la ubicación de la Cantera.

Las coordenadas Lambert del yacimiento se pueden apreciar en la tabla II.1:

Tabla II.1: Coordenadas Lambert del yacimiento

Este	Norte
340 200.00	356 200.00
341 300.00	356 700.00



Las coordenadas geográficas del yacimiento son las siguientes:

82 ° 30' - 82 ° 45'

23 ° 00' - 23 ° 15'

Las coordenadas de los vértices del área dentro de la concesión minera del yacimiento se encuentran en la tabla II.2:

Tabla II.2: Coordenadas de los vértices del área dentro de la concesión minera del yacimiento

Vértices	Este	Norte
I	340 352.43	356 659.91
II	340 920.02	356 725.05
III	341 000.06	356 664.98
IV	341 140.03	356 659.92
V	341 160.09	356 539.89
VI	340 549.72	356 127.77
I	340 352.43	356 659.91

II.1.1 Vías de comunicaciones

Las vías de comunicaciones más importantes del yacimiento son:

Autopista	Habana-Mariel
Carretera	Playa Salado-Caimito
Carretera	Santa Fe-Punta Brava
Carretera	Playa Baracoa-Bauta
Carretera	Mariel-Cangrejas

Todas estas vías de comunicación se encuentran completamente asfaltadas y permiten el tránsito de vehículos todo el año. Así como terraplenes que rodean al yacimiento que se encuentran en buen estado. La vía férrea más importante de la región corresponde al tramo que une a Punta Brava Con Bauta perteneciente a la división Occidental de los Ferrocarriles de Cuba.

II.1.2 Magistrales energéticas

A una distancia aproximada de 25 km del yacimiento se encuentra ubicada la termoeléctrica Máximo Gómez, alrededor del mismo cruza una línea de alto



voltaje enlazada al sistema electro-energético del país, así como el tendido eléctrico que abastece al yacimiento (cantera blanca), además de las líneas de tendido eléctrico que abastecen las poblaciones cercanas.

II.1.3 Economía de la región

El yacimiento se encuentra en asentamientos poblacionales económicamente importantes, basados fundamentalmente en la ganadería donde tenemos el plan “Niña Bonita” con grandes extensiones de tierras fértiles, donde también encontramos cultivos de frutos menores.

En la región se encuentra la fábrica de cemento “Rene Arcay” de Mariel, la termoeléctrica Máximo Gómez ubicada en el mismo municipio.

Además se explota una cantera para la producción de piedra ornamental sobre la autopista Habana-Mariel al este de la playa El Salado y los talleres para su elaboración se encuentran enclavados en Santa Fe.

II.1.4 Condiciones climáticas

En el territorio la temperatura media anual del aire es de 26° C y la precipitación anual de 1.000-1.500 mm, esto conlleva a que se presenten dos épocas bien definidas, una de lluvia y otra de seca comportándose de la siguiente forma:

Lluvia: desde mayo-octubre, las precipitaciones son de 1.000 mm.

Seca: desde noviembre-abril, las precipitaciones son de 300-400 mm.

II.1.5 Relieve

La región en que se encuentra el yacimiento Cantera blanca está enmarcado en la llanura costera Santa Fe-Mariel, caracterizada por un sistema de colinas con cretas redondeadas y anchas, las cuales están separadas por un valle simétrico en forma de V. Una de esta elevación constituye la zona de trabajo, la cual presenta una altura de 35 m, recibiendo nombre de Cantera Blanca.



II.1.6 Condiciones Hidrogeológicas

El área del yacimiento cuenta con la existencia de un solo complejo acuífero, así como que el espejo de las aguas subterráneas presentan valores variables de la cota absoluta del nivel del agua, obteniéndose como valor mínimo -3,86 m, así como valor máximo +4,24 m.

II.1.7 Hidrografía

La red hidrográfica está bien representada por los ríos Baracoa y Santa Ana que se encuentran a ambos lados del yacimiento con un escurrimiento de sur a norte, vertiendo las aguas en el Océano Atlántico, presentando una densidad de drenaje que alcanza valores que oscilan desde 2,5 a 4,8 km/km².

II.1.8 Flora y fauna

La flora que presenta es la característica de zona costera constituida por vegetación leñosa (halofitas arborescentes) que se encuentra alrededor de los ríos y el más abundante es el mangle rojo. Además la zona presenta bosques no muy húmedos, bosque de Sabanas en parte pantanosas muy cálidas. La fauna está representada por especies de invertebrados, fundamentalmente por hormigas y vertebrados como las aves, también existen la presencia de animales domésticos (ganado vacuno, perros, gatos, etc.)

II.2 Características geológicas del yacimiento

En la región donde se encuentra el Yacimiento Cantera Blanca se caracteriza por presentar rocas que van desde el Cretácico Superior hasta el cuaternario siendo más predominantes las rocas del Neógeno.

Al sur y suroeste los depósitos del Neógeno y Paleógeno son dislocados por fallas muy locales.

A continuación damos una descripción breve de las formaciones que se encuentran en la región en orden cronológico:



FM. Vía Blanca: Cretácico Superior Campaniano-Maestrichtiano. Presenta aleurolitas y argilitas, areniscas, margas, conglomerados y horizontes de olistrostromas. Se manifiestan al suroeste de la región y subyace discordantemente en la formación Capdevila. Su potencia es de 500-800 m.

FM. Capdevila: Eoceno Inferior. Areniscas, aleurolitas conglomerados. Yace discordante a la formación Vía Blanca. Potencia de 300-350 m.

FM. Universidad: Eoceno Inferior-Medio. Margas y calizas arcillosas. Subyace discordantemente a la formación punta brava. Potencia de 200 m.

FM. Punta Brava: Eoceno Medio-Superior. Calizas arcillosas y margas. Yacen discordantes sobre la formación Universidad. Potencia 200 m.

FM. Guanajay: Oligoceno. Formado por margas, arcillas, conglomerados y calizas. Yace discordantemente sobre la formación Punta Brava.

FM. Husillo: Mioceno inferior. Está formado por calizas biotíticas y biògenas. Yace discordantemente sobre la formación Capdevila.

FM. Cojimar: Mioceno Medio Temprano. Está compuesta por margas, calizas arcillosas y calizas. Yace discordante sobre la formación Guanajay y al suroeste de la región yace concordante sobre la formación Husillo.

FM. Güines: Mioceno Medio Tardío. Está formada por calizas biògenas detríticas y calizas dolomitizadas. Yace concordantemente sobre la formación Cojimar. La potencia es de 240 m.

FM. Jaimanitas: Pleistoceno superior. Depósitos eólicos. Eolonitas compactas, calceranitas de granos finos con estratificación cruzada fina. Yace discordantemente sobre la formación Güines.

FM. Santa Fe: Pleistoceno superior. Depósitos eólicos. Eolonitas compactas, calceranitas de granos finos con estratificación, cruzada con fina. Yace discordantemente sobre la formación Güines. La formación a la cual pertenece el yacimiento Cantera Blanca es Güines, ya que abarca la mayor extensión de la región, localizándose al centro y del oeste a este.



II.2.1 Condiciones de yacencia del mineral

Las calizas dentro del yacimiento yacen prácticamente horizontales y solo en algunos lugares marcan ángulos de buzamiento de 10-20 grados al norte.

II.2.2 Geología del yacimiento

El yacimiento se compone en su totalidad de calizas organógenas, blandas y duras, compactas y fragmentarias, recristalizadas y porosas, pudiéndose localizar de manera general las calizas organógenas recristalizadas compactas en la parte superior y calizas organógenas porosas fragmentarias en la inferior.

La coloración generalmente es blanca aunque en dependencia del contenido de arcilla roja toman colores amarillentos, cremas e inclusive rosadas.

Se presenta también arcilla de color rojo formando parte de la capa vegetal y rellenando grietas y cavernas, que se aprecian en las columnas geológicas y perfiles que su proporción es poco significativa ya que las potencias pequeñas de las mismas no influyen en la homogeneidad del gran cuerpo de calizas.

En algunos sectores se observan las variaciones de la densidad y porosidad de las calizas. El mineral útil del yacimiento es caliza y no presenta rocas encajantes.

II.2.3 Tectónica

Tectónicamente el yacimiento esta poco estudiado, en el mismo no se encuentran una intensa cavernosidad, sola éstas fueron cortadas en algunos pozos que están rellenas de arcillas rojas.

La naturaleza del carso en el yacimiento no está establecida, es posible que esté relacionada con las zonas de trituración de origen tectónico.

II.2.4 Grado de complejidad del yacimiento

Según la clasificación de la norma ramal para las reservas de las rocas carbonatadas se ubican en el grupo II de yacimientos grandes con condiciones de yacencia sencilla, potencia del mineral útil homogéneo pero con carso



desarrollado irregularmente tanto en la superficie como en el cuerpo del yacimiento.

II.3 Propiedades de la materia prima

II.3.1 Composición química

El contenido químico promedio de las calizas del yacimiento se caracteriza de los siguientes indicadores mostrados en la tabla II.3:

Tabla II.3: Contenido químico promedio de las calizas

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅
0,13	0,16	0,09	55,23	0,14	0,072

II.3.2 Propiedades físico- mecánicas

Las propiedades físico-mecánicas de las calizas del yacimiento se caracterizan por las siguientes indicaciones mostradas en la tabla II.4:

Tabla II.4: Propiedades físico-mecánicas de las calizas

Índices	Mínimo	Máximo	Valor promedio	U.M
Peso específico compacto	1,59	1,92	1,76	g/cm ³
Peso específico suelto	1,70	1,95	1,83	g/cm ³
Absorción	0,81	2,97	1,89	%
Resistencia a la compresión (estado seco)	437,39	631,00	534,20	kg/cm ³
Resistencia a la compresión (estado saturado)	365,50	515,50	440,50	kg/cm ³

II.3.3 Calidad de la materia prima y su uso industrial

Para la realización de las evaluaciones para establecer la calidad de la materia prima se utilizan diferentes normas mostradas a continuación:

54-286-1984-Hidrato de cal. – Especificaciones y calidad

54-285-1984-Cal viva. – Especificaciones de calidad

NC.54-323-1985-Cales y calizas

NC.54-298-1985-Cales y calizas

NC.54-331-1985-Carbonato de calcio para uso industrial.



A partir del resultado de las muestras básicas y complementarias se evalúa al yacimiento Cantera Blanca.

Los diferentes usos industriales de la materia prima se ubican en la rama de la construcción, entre ellos se encuentran los siguientes:

- Producción de calcio y carburo de calcio.
- Para fines ferroviarios (balastos, traviesas).
- Producción de áridos finos y gruesos.
- Arena para la construcción.
- Producción de cemento
- Para la industria azucarera
- Alcalización de las aguas

II.4 Estimación de los recursos de materia prima

A continuación en la tabla II.5 se muestran los resultados de la estimación de los recursos totales del yacimiento:

Tabla II.5: Estimación de los recursos totales del yacimiento

Categoría	Volumen (m ³)	Densidad (g/cm ³)	Tonelaje (t)	% CaCO ₃	% MgCO ₃	% de recursos
Medidos	10.242.202,01	2,38	24.376.441,95	97,53	0,41	66,6
Indicados	5.137.116,90	2,38	12.226.338,82	97,51	0,45	33,4
Total	15.379.318,91	2,38	36.602.780,77	97,52	0,42	100,00

II.5 Caracterización del área de ampliación norte

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte norte del yacimiento, ocupa un área de 54.099,47 m². En el área no existen redes fluviales, la yacencia de las capas es prácticamente horizontal en toda la zona y no se observan fenómenos tectónicos.

En la parte superior del corte se presentan las variedades duras, compactas y en la inferior las más porosas. La coloración por lo general es blanca, aunque se observan algunas tonalidades amarillentas y rosadas producto de la

contaminación de arcilla. No es significativa la presencia de agrietamiento y cavernosidad.

El área que abarca este permiso se extiende al norte hasta los vértices 2 y 3 (ver figura No.II.2) correspondientes al área de yacimiento de la concesión minera de explotación y procesamiento actual.

Las existencia de grandes espesores de caliza observada en el frente de explotación y los datos aportados en el reciente Informe de Reestimación de Recursos realizado por métodos geo-estadísticos mediante el software Gencom, por el Centro de Proyectos del Níquel (Ceproniquel) y aprobado por la ONRM, hacen perspectiva esa zona.

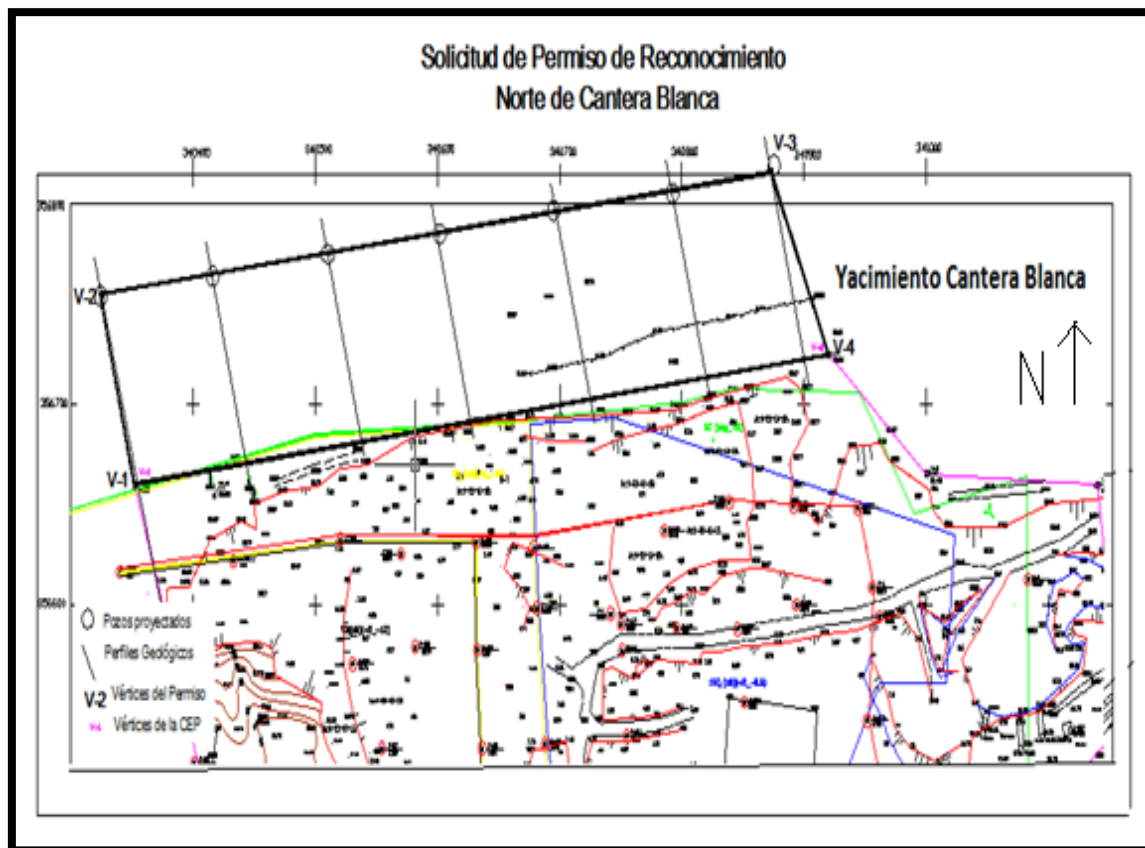


Figura.II.2 Plano topográfico de la Solicitud de Permiso de Reconocimiento Norte de Cantera Blanca

El área aprobada del permiso está delimitada por las coordenadas mostradas en la tabla II.5:



Tabla II.5: Coordenadas de los vértices del área de ampliación otorgada fuera de los límites de concesión minera del yacimiento

Vértices	Este	Norte
I	340 352.00	356 660.00
II	340 324.04	356 754.77
III	340 873.01	356 815.52
IV	340 920.00	356 725.00
I	340 352.00	356 660.00

II.5.1 Información técnica sobre los trabajos de investigación geológica al norte del yacimiento

Se efectuaron recorridos por toda el área de ampliación, desde el frente de cantera entre los vértices 1 y 2 de la concesión minera hasta 100 m en dirección norte, que es lo que abarca el permiso de reconocimiento. Prácticamente en toda la longitud del frente se observan espesores apreciables de calizas de alrededor de 20 m, teniendo en cuenta que hasta ahora lo planteado por la geología regional y del yacimiento no evidencia fenómenos tectónicos ni complejidades de otra índole.

II.5.2 Estimado base de los recursos del área

Teniendo en cuenta la superficie que ocupa la zona y la potencia útil estimada por el frente de cantera se estimó alrededor de 1.244.288 m³ de recursos estimados. Esta materia prima debe cumplir las especificaciones como árido para la construcción y cal para diferentes usos.



CAPITULO III: LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA ZONA NORTE

III.1 Condiciones técnico-mineras de explotación del yacimiento

El yacimiento tiene las condiciones minero-técnicas favorables para su explotación a cielo abierto. Se observa como las calizas afloran a la superficie y solamente en algunos sectores se recubren de suelo o capa vegetal de poca potencia y rocas arcillosa.

III.2 Descripción actual de las labores mineras

El método para la explotación utilizado en este yacimiento es a cielo abierto, la extracción se realiza con uso de explosivos y en algunos casos arranque mecánico cuando la ocasión lo requiere, escalones aproximados entre 5 y 15 m con ángulo de talud de 75 ° como promedio, no siendo así en el área de ampliación donde este tiene un banco de 20 m con ángulo de talud de 90 ° debido a trabajos anteriores en los que no se tuvo en cuenta en un futuro la ampliación fuera de los límites de concesión, utilizando el bulldozer para el desbroce, destape y trabajos auxiliares, con el uso del cargador frontal se carga el material en camiones donde estos lo transportan hacia las plantas.

La mayor explotación de materia prima se realiza al oeste variando un poco hacia el suroeste, donde se desplazara al sector norte donde se realizara la ampliación.

La materia prima extraída del yacimiento abastece a dos plantas de procesamiento, la planta “C.O.213 José M Torres Canales.” Bauta I con una capacidad anual de 76.100 m³ y la planta “C.O.213 José M Torres Canales.” Bauta II con una capacidad anual de 63.400 m³, del que se procesa el 100 % de esta (Ver anexos B).



III.3 Régimen de trabajo

En la cantera el régimen de trabajo se conforma por días laborales de un turno de 12 horas, el horario laboral es de 7.00 AM hasta las 7:00 PM todos los días de la semana, sábado y domingo incluyendo los días feriados.

Días calendarios.....	365
Días perdidos por condiciones climáticas.....	-27
Otros imprevistos, considerando la posibilidad de la ruptura o mantenimiento general de los equipos.....	-23
Número de días laborables al año.....	315
Turnos de trabajo al día.....	1
Horas de un turno.....	12
Aprovechamiento del tiempo (%).....	80

El régimen de trabajo condiciona al trabajo minero ya que en este se tiene en cuenta el horario de almuerzo, merienda, tiempo de habilitación y otros imprevistos de necesidades de los trabajadores en lo que se estima 10 horas productivas en el turno de 12 horas.

III.4 Volumen de material útil in situ a extraer en un año (V_{tm})

Planta I CP- 213 I

$$V_m = \frac{Q_p}{K_a \times K_1 \times K_e} = \frac{76.100}{1 \times 0,98 \times 1,5} = 50.733 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

Q_p : Productividad anual de la planta (rajón): 76.100 m³/año

K_a : Coeficiente de aprovechamiento de la planta: 1

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: 0,98

Planta II CP- 213 II

$$V_m = \frac{Q_p}{K_a \times K_l \times K_e} = \frac{63.400}{1 \times 0,98 \times 1,5} = 42.267 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

Q_p : Productividad anual de la planta (rajón): 63.400 m³/año

K_a : Coeficiente de aprovechamiento de la planta: 1

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

K_l : Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima por concepto de transportación y pérdidas en la planta: 0,98

Volumen de material total in situ a extraer en un año

Teniendo en cuenta los valores anteriormente calculados el volumen de material útil in situ a extraer en un año (V_{tm}) de las plantas en conjunto será:

$$V_{tm} = 93.000 \text{ m}^3 / \text{año}$$

III.5 Tiempo de explotación de la zona de ampliación norte

$$T_{\text{exp}} = \frac{V_{\text{est}}}{V_{tm}} = \frac{1.244.288}{93.000} = 13,4 \text{ años}$$

Donde:

V_{est} : Volumen estimado de recursos del área de ampliación

V_{tm} : Volumen total de material útil in situ a extraer en un año (de las 2 plantas de procesamiento)

III.6 Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos en la zona de ampliación norte

Para la realización de los trabajos, el establecimiento productivo cuenta con los siguientes equipamientos mineros que son medios básicos de la cantera (Ver anexos B):

- Un bulldozer marca Komatsu, modelo D85, sobre estera.
- Un cargador marca Daewoo, modelo Mega 250, sobre neumáticos.
- Dos camiones KrAZ 256B, re-motorizados.



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, perforadora Rock 460 PC y compresor Xahs 416.

La retroexcavadora New Holland Kobelco con martillo hidráulico acoplado, basificada en otras UEB de la empresa, prestará los servicios de fragmentación secundaria en este yacimiento cuando el volumen de rocas sobre medidas justifique su traslado.

III.7 Características técnicas del equipamiento minero

Tabla III.1: Características técnicas del Bulldozer Komatsu D85

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Largo	m	5,65
Alto	m	3,06
Potencia	HP	180
Altura de la cuchilla	m	1
Ancho de cuchilla	M	2,5
Consumo de combustible	L/h	25
Altura máxima de corte	M	0,42
Radio de giro exterior	m	3,3
Tipo de combustible	-	Diesel
Velocidad de corte	m/min	120
Velocidad de transporte	m/min	190
Disponibilidad mecánica	%	70

Tabla III.2: Características técnicas del cargador Daewoo Doosan Mega 250

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Largo	m	7,60
Ancho	m	2,90
Volumen del cubo	m ³	2,5
Consumo de combustible	L/h	21
Disponibilidad mecánica	%	70



Tabla III.3: Características técnicas del Camión KrAZ 256B

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Capacidad de carga	m ³	8
Tipo de combustible	-	Diesel
Potencia del motor	HP	215
Consumo de combustible	L/h	12
Pendiente máxima superable	%	(i =12)
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	20

III.8 Labores de desbroce y destape

Estos procesos en general se realizan por separado debido las características del material que se trata, la cantidad de árboles y malezas de gran tamaño y el gran espesor de material que se debe arrancar y otros factores de condiciones del terreno.

No obstante en el yacimiento se pueden realizar conjuntamente las labores precedentes teniendo en cuenta que el relieve de la superficie es prácticamente llano, que en la zona el material a extraer está formado de arcilla de color rojo que es de fácil arranque, donde no se encuentran arboles ni malezas de gran tamaño, donde la capa de material estéril y vegetal que se encuentra encima del material útil tienen una potencia promedio según los informes geológicos de 2 m.

Se trabajara en dirección de este a oeste del área, donde el material estéril se extraerá y se apilara en la misma área de laboreo en pilas donde no puedan obstruir los trabajos u otras operaciones auxiliares, posteriormente se cargara y se trasladara el material hacia la escombrera.

Estos trabajos se consideran terminados una vez que se haya trasportado todo el estéril hacia la escombrera y alcanzado el nivel del material útil en toda la zona.



III.8.1 Brigada de trabajo y equipamiento

Para las labores de desbroce y destape se utilizara el servicio de una brigada de trabajo perteneciente a la empresa Cantera Habana con sus respectivos equipamientos y personal de trabajo.

En la siguiente tabla se describe detalladamente la brigada de trabajo que prestara los servicios con su respectivo personal y su equipamiento disponible:

Tabla III.4: Brigada de trabajo

Personal	Cantidad
Operador cargador	1
Operador bulldozer	1
Choferes	3
Equipamiento	
Bulldozer Komatsu D85	1
Cargador Daewoo Mega 250	1
Camión KrAZ 256B	3

Estos equipamientos son idénticos y con las mismas características técnicas a los que posee la cantera.

III.8.2 Volumen de material estéril

Para los cálculos de las operaciones de los trabajos del equipamiento minero que se utilizaran en el desbroce y destape se parte del cálculo del volumen del material estéril:

Volumen total de estéril

$$V_e = A_{\text{ampl}} \times P_{\text{destape}} = 54.099,47 \times 2 = 108.199 \text{ m}^3$$

Donde:

A_{ampl} : Área de la zona de ampliación norte

P_{destape} : Potencia de destape promedio (estéril y vegetal)

III.8.3 Cálculo del equipamiento minero en las labores de desbroce y destape

III.8.3.1 Cálculo del bulldozer Komatsu D85

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3.600 \times V \times K_p \times K_u \times K_i}{K_e \times T_c}$$
$$Q_h = \frac{3.600 \times 2,15 \times 0,9 \times 0,85 \times 1}{1,23 \times 67}$$
$$Q_h = 72 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

V: Volumen que mueve la cuchilla 2,15 m³

K_u: Coeficiente de utilización del bulldozer: 0,85

K_e: Coeficiente de esponjamiento de la roca: 1,23

K_p: Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante su traslado: 0,9

T_c: Tiempo de ciclo: 67 s

K_i: Coeficiente de pendiente del terreno donde trabaja el bulldozer: 1

Cálculo del coeficiente de pérdida de material durante el traslado

$$K_p = K_i - (L_2 \times \beta)$$
$$K_p = 1 - (20 \times 0,006)$$
$$K_p = 0,9$$

Donde:

B: Coeficiente que depende del tipo de roca: 0,006

L₂: Distancia de arrastre del material : 20 m

K_i: Coeficiente de pendiente del terreno donde trabaja el bulldozer: 1

Cálculo del tiempo de ciclo

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_v + T_m$$



$$T_c = \frac{10}{0,5} + \frac{20}{1} + \frac{10+20}{2,5} + 5 + 10$$

$$T_c = 67s$$

Donde:

L₁: Distancia de corte: 10 m

L₂: Distancia de arrastre del material: 20 m

V₁: Velocidad de movimiento durante el corte: 0,5 m/s

V₂: Velocidad de la maquina durante el traslado del material arrancado: 1 m/s

V₃: Velocidad de movimiento vacío: 2,5 m/s

T_v: Tiempo de cambio de las velocidades: 5 s

T_m: Tiempo de maniobra: 10 s

Cálculo del volumen de material en el prisma de arrastre

$$V_p = \frac{l \times h \times a}{2}$$

$$V_p = \frac{2,5 \times 1 \times 1,72}{2}$$

$$V_p = 2,15m^3$$

Donde:

l: Longitud de la cuchilla del bulldozer: 2,5 m

h: Altura de la cuchilla del bulldozer: 1 m

a: Ancho del prisma de arrastre: 1,75 m

Cálculo del ancho del prisma de arrastre

$$V_p = \frac{h}{\tan \alpha} = \frac{1}{0,58}$$

$$V_p = 1,72 \text{ m}$$

Donde:

α : Ángulo de reposo natural del material (30°)

h: Altura de la cuchilla del bulldozer: 1 m



Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t$$

$$Q_t = 72 \times 10$$

$$Q_t = 720 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

Donde:

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 10 h

Q_h : Productividad horaria

Productividad mensual

$$Q_m = Q_t \times N_d$$

$$Q_m = 720 \times 27$$

$$Q_m = 19.440 \text{ m}^3 / \text{mensual}$$

Donde:

N_d : Promedio de número de días laborables en un mes (27)

Q_t : Productividad por turno

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 315 \times 720$$

$$Q_a = 226.800 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año (315)

Q_t : Productividad por turno

Tiempo necesario para el desbroce y destape

$$T_n = \frac{V_e}{Q_t}$$

$$T_n = \frac{108.199}{720}$$

$$T_n = 150 \text{ días}$$

Donde:

V_e : Volumen total de estéril



Q_t : Productividad por turno

Parámetros de operación del bulldozer Komatsu D85

Tabla III.5: Parámetros de operación del bulldozer Komatsu D85

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Tiempo de ciclo	s	67
Productividad horaria	m ³ /h	72
Productividad por turno	m ³ /turno	720
Productividad mensual	m ³ /mensual	19.440
Productividad anual	m ³ /año	226.800
Cantidad de Bulldozer	-	1
Tiempo	días	150

III.8.3.2 Cálculo del cargador Daewoo Doosan Mega 250

Productividad teórica

$$Q_{teórica} = \frac{3.600 \times C_c}{T_c}$$

$$Q_{teórica} = \frac{3.600 \times 2,5}{35}$$

$$Q_{teórica} = 257,2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

C_c : Capacidad de la cuchara: 2,5 m³

T_c : Tiempo de ciclo: 35 s

Productividad técnica

$$Q_{técnica} = Q_{teórica} \times \frac{K_{II}}{K_e}$$

$$Q_{técnica} = 257,2 \times \frac{0,9}{1,23}$$

$$Q_{técnica} = 187,8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

K_{II} : Coeficiente de llenado de la cuchara: 0,9

K_e : Coeficiente de esponjamiento: 1,23



Productividad horaria

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

$$Q_h = \frac{3.600 \times 2,5 \times 0,9 \times 0,85}{1,23 \times 35}$$

$$Q_h = 160 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

N_{vt} : Coeficiente de utilización del cargador: 0,85

C_c : Capacidad de la cuchara: 2,5 m³

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

K_e : Coeficiente de esponjamiento: 1,23

T_c : Tiempo de ciclo: 35 s

Cálculo del tiempo de ciclo

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

$$T_c = 10 + 8 + 6 + 7 + 4$$

$$T_c = 35 \text{ s}$$

Donde:

T_1 : Tiempo de llenado de la cuchara: 10 s

T_2 : Tiempo de movimiento cargado: 8 s

T_3 : Tiempo de movimiento vacío: 6 s

T_v : Tiempo de descarga de la cuchara: 7 s

T_m : Tiempo de maniobra: 4 s

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t$$

$$Q_t = 160 \times 10$$

$$Q_t = 1.600 \text{ m}^3 / \text{t}$$



Donde:

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 10 h

Q_h : Productividad horaria

Productividad mensual

$$Q_m = Q_t \times N_d$$

$$Q_m = 1.600 \times 27$$

$$Q_m = 43.200 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

Donde:

N_d : Número de días laborables en un mes (27)

Q_t : Productividad por turno

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 315 \times 1.600$$

$$Q_a = 504.000 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año (315)

Q_t : Productividad por turno

Cantidad de cargadores necesarios para la carga del material

$$N_c = \frac{V_{et}}{Q_t}$$

$$N_c = \frac{720}{1.600}$$

$$N_c = 0,5 \approx 1 \text{ cargador}$$

Donde:

V_e : Volumen de estéril arrancado por turno: 720 m³/t

Q_a : Productividad por turno



Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250:

Tabla III.6: Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Tiempo de ciclo	s	35
Productividad horaria	m ³ /h	160
Productividad por turno	m ³ /turno	1.600
Productividad mensual	m ³ /mensual	43.200
Productividad anual	m ³ /año	504.000
Cantidad de cargadores	-	1

III.8.3.3 Cálculo del camión KrAZ 256B

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{rv} + T_{rc} + T_c + T_d + T_e + T_{md} + T_{mc}$$

$$T_c = 2,2 + 3,6 + 1,75 + 0,30 + 0,4 + 1 + 1$$

$$T_c = 10,3 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : Tiempo de recorrido vacío: 2,2 min

T_{rc} : Tiempo de recorrido cargado: 3,6 min

T_c : Tiempo de carga: 1,75 min

T_d : Tiempo de descarga: 0,30 min

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

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

T_e : Tiempo de espera y retención: 0,4 min

Tiempo de recorrido del camión cargado

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

$$T_{rc} = \frac{60 \times 0,9}{15}$$

$$T_{rc} = 3,6 \text{ min}$$



Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 0,9 km

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

Tiempo de recorrido del camión vacío

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

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 0,9}{25}$$

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

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 0,9 km

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

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60}$$

$$T_{cc} = \frac{35 \times 3}{60}$$

$$T_{cc} = 1,75 \text{ min}$$

Donde:

N_c : Cantidad de cucharas para llenar el camión: 3

T_{cc} : Tiempo de ciclo del cargador: 35 s

Números de viajes en un turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_d + T_o)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{600 - (90 + 30)}{10,3}$$

$$N_v = 46,6 \approx 47 \text{ viajes}$$

Donde:

T_d : Tiempo de descanso en el turno de trabajo: 90 min



T_t : Tiempo de duración del turno: 600 min

T_o : Tiempo de rehabilitación de los equipos: 30 min

T_c : Tiempo de ciclo del camión: 10,2 min

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{Q_d}{T_t}$$

$$Q_h = \frac{320}{10}$$

$$Q_h = 32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

Q_t : Productividad por turno

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 10 h

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = N_{vt} \times K_{ll} \times C_{cc}$$

$$Q_t = 47 \times 0,85 \times 8$$

$$Q_t = 320 \text{ m}^3/\text{t}$$

Donde:

N_{vt} : Numero de viajes en un turno: 47

K_{ll} : Coeficiente de llenado: 0,85

C_{cc} : Capacidad de carga del camión: 8 m³

Productividad mensual

$$Q_m = Q_t \times N_d$$

$$Q_m = 320 \times 27$$

$$Q_m = 8.640 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Donde:

N_d : Número de días laborables en un mes (27)

Q_t : Productividad por turno



Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 315 \times 320$$

$$Q_a = 100.800 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año (315)

Q_t : Productividad por turno

Cantidad de camiones necesarios para el transporte de material estéril hacia la escombrera

$$N_c = \frac{V_{et}}{Q_t}$$

$$N_c = \frac{720}{320}$$

$$N_c = 2,3 \approx 3 \text{ camiones}$$

Donde:

V_{et} : Volumen de estéril arrancado por turno: 720 m^3

Q_a : Productividad por turno

Distribución de los camiones para el transporte de material estéril hacia la escombrera

$$D_c = \frac{V_{et} - Q_t \times C_{tc}}{Q_h}$$

$$D_c = \frac{720 - 320 \times 2}{32}$$

$$D_c = 2,5 \text{ horas}$$

Se recomienda un camión trabajando 2,5 horas por turno y dos camiones trabajando a tiempo completo.

Donde:

V_{et} : Volumen de estéril arrancado por turno: 720 m^3

Q_t : Productividad por turno

C_{tc} : Cantidad de camiones trabajando a tiempo completo: 2



Q_h : Productividad horaria

Tiempo necesario para transportar el estéril hacia la escombrera

$$T_{cc} = \frac{V_e}{Q_t \times C_{tc} \times Q_{ct2,5}} + D_{cdpr}$$

$$T_{cc} = \frac{108.199}{320 \times 2 + 80}$$

$$T_{cc} = 150 \text{ días}$$

Donde:

V_e : Volumen total de estéril: 108.199 m³/t

$Q_{ct 2,5}$: Productividad del camión en 2,5 h: 80 m³

Q_t : Productividad por turno de un camión trabajando a tiempo completo

C_{tc} : Cantidad de camiones trabajando a tiempo completo: 2

Parámetros de operación del camión KrAZ 256B

Tabla III.7: Parámetros de operación del camión KrAZ 256B

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Tiempo de ciclo	min	10,3
Productividad horaria	m ³ /h	32
Productividad por turno	m ³ /turno	320
Productividad mensual	m ³ /mes	8.640
Productividad anual	m ³ /año	100.800
Cantidad de Camiones	-	3
Tiempo	días	150

III.9 Labores de extracción del mineral útil

Después de haberse finalizado las labores de desbroce y destape y alcanzado el nivel de material útil en toda el área se comienza la extracción, que comienza en la cota +23 y finaliza en la cota +5, que contara con dos bancos de 9 m cada uno.

En la ampliación se efectuara el arranque con explosivos, donde el material se cargara por un cargador Daewoo Doosan Mega 250 a los camiones KrAZ 256B que posteriormente lo trasladaran hacia las 2 plantas de beneficio con que



cuenta la cantera, la Planta I CP- 213 I ubicada al este de la cantera y la Planta II CP- 213 II ubicada al sur de la cantera.

III.9.1 Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil

III.9.1.1 Cálculo del cargador Daewoo Mega 250

Productividad teórica

$$Q_{teórica} = \frac{3.600 \times C_c}{T_c}$$

$$Q_{teórica} = \frac{3.600 \times 2,5}{35}$$

$$Q_{teórica} = 257,2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

C_c : Capacidad de la cuchara: $2,5 \text{ m}^3$

T_c : Tiempo de ciclo: 35 s

Productividad técnica

$$Q_{técnica} = Q_{teórica} \times \frac{K_{II}}{K_e}$$

$$Q_{técnica} = 257,2 \times \frac{0,9}{1,5}$$

$$Q_{técnica} = 154,3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

K_{II} : Coeficiente de llenado de la cuchara: 0,9

K_e : Coeficiente de esponjamiento: 1,5

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3.600 \times C_c \times K_{II} \times K_{ui}}{K_e \times T_c}$$

$$Q_h = \frac{3.600 \times 2,5 \times 0,9 \times 0,85}{1,5 \times 35}$$



$$Q_h = 131 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

N_{vt} : Coeficiente de utilización del cargador: 0,85

C_c : Capacidad de la cuchara: $2,5 \text{ m}^3$

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

K_e : Coeficiente de esponjamiento: 1,5

T_c : Tiempo de ciclo: 35 s

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t$$

$$Q_t = 131 \times 10$$

$$Q_t = 1.310 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 10 h

Q_h : Productividad horaria

Productividad mensual

$$Q_m = Q_t \times N_d$$

$$Q_m = 1.310 \times 27$$

$$Q_m = 35.370 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

Donde:

N_d : Número de días laborables en un mes (27)

Q_t : Productividad por turno

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 315 \times 1.310$$

$$Q_a = 412.650 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año (315)

Q_t : Productividad por turno



Cantidad de cargadores necesarios para la carga del material útil

$$N_c = \frac{V_{mti}}{Q_a}$$

$$N_c = \frac{93.000}{412.650}$$

$$N_c = 0,2 \approx 1 \text{ cargador}$$

Donde:

V_{mti} : Volumen de material total in situ a extraer en un año

Q_m : Productividad anual

Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250:

Tabla III.8: Parámetros de operación del cargador Daewoo Mega 250

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Tiempo de ciclo	s	35
Productividad horaria	m ³ /h	131
Productividad por turno	m ³ /turno	1.310
Productividad mensual	m ³ /mensual	35.370
Productividad anual	m ³ /año	412.650
Cantidad de cargadores	-	1

III.9.1.2 Cálculo del camión KrAZ 256B para la Planta I CP- 213 I

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{rv} + T_{rc} + T_c + T_d + T_e + T_{md} + T_{mc}$$

$$T_c = 1,7 + 2,8 + 1,75 + 0,30 + 0,4 + 1 + 1$$

$$T_c = 8,9 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : Tiempo de recorrido vacío: 1,7 min

T_{rc} : Tiempo de recorrido cargado: 2,8 min

T_c : Tiempo de carga: 1,75 min

T_d : Tiempo de descarga: 0,30 min

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



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

T_e : Tiempo de espera y retención: 0,4 min

Tiempo de recorrido del camión cargado

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

$$T_{rc} = \frac{60 \times 0,7}{15}$$

$$T_{rc} = 2,8 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 0,7 km

V_{prc} : Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

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

$$T_{rv} = \frac{60 \times 0,7}{25}$$

$$T_{rv} = 1,7 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 0,7 km

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

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60}$$

$$T_{cc} = \frac{35 \times 3}{60}$$

$$T_{cc} = 1,75 \text{ min}$$

Donde:

N_c : Cantidad de cucharas para llenar el camión: 3

T_{cc} : Tiempo de ciclo del cargador: 0,35 min



Números de viajes en un turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_d + T_o)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{600 - (90 + 30)}{8,9}$$

$$N_v = 53,9 \approx 54 \text{ viajes}$$

Donde:

T_d : Tiempo de descanso en el turno de trabajo: 90 min

T_t : Tiempo de duración del turno: 600 min

T_o : Tiempo de rehabilitación de los equipos: 30 min

T_c : Tiempo de ciclo del camión: 9 min

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = N_{vt} \times K_{ll} \times C_{cc}$$

$$Q_t = 54 \times 0,85 \times 8$$

$$Q_t = 367,2 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

N_{vt} : Numero de viajes en un turno: 54

K_{ll} : Coeficiente de llenado: 0,85

C_{cc} : Capacidad de carga del camión: 8 m³

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{Q_t}{T_t}$$

$$Q_h = \frac{367,2}{10}$$

$$Q_h = 36,72 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

Q_t : Productividad por turno

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 10 h



Productividad mensual

$$Q_m = Q_t \times N_d$$

$$Q_m = 367,2 \times 27$$

$$Q_m = 9.914,4 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

Donde:

N_d : Número de días laborables en un mes (27)

Q_t : Productividad por turno

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 315 \times 367,2$$

$$Q_a = 115.668 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año: (315)

Q_t : Productividad por turno

III.9.1.3 Cálculo del camión KrAZ 256B para la Planta II CP- 213 II

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{rv} + T_{rc} + T_c + T_d + T_e + T_{md} + T_{mc}$$

$$T_c = 2,4 + 4 + 1,75 + 0,30 + 0,4 + 1 + 1$$

$$T_c = 11 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : Tiempo de recorrido vacío: 2,4 min

T_{rc} : Tiempo de recorrido cargado: 4 min

T_c : Tiempo de carga: 1,75 min

T_d : Tiempo de descarga: 0,30 min

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

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

T_e : Tiempo de espera y retención: 0,4 min



Tiempo de recorrido del camión cargado

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

$$T_{rc} = \frac{60 \times 1}{15}$$

$$T_{rc} = 4 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc}: Distancia promedio de recorrido del camión: 1 km

V_{prc}: Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

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

$$T_{rv} = \frac{60 \times 1}{25}$$

$$T_{rv} = 2,4 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc}: Distancia promedio de recorrido del camión: 1 km

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

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60}$$

$$T_{cc} = \frac{35 \times 3}{60}$$

$$T_{cc} = 1,75 \text{ min}$$

Donde:

N_c: Cantidad de cucharas para llenar el camión: 3

T_{cc}: Tiempo de ciclo del cargador: 0,35 min



Números de viajes en un turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_d + T_o)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{600 - (90 + 30)}{11}$$

$$N_v = 43,6 \approx 44 \text{ viajes}$$

Donde:

T_d : Tiempo de descanso en el turno de trabajo: 90 min

T_t : Tiempo de duración del turno: 600 min

T_o : Tiempo de rehabilitación de los equipos: 30 min

T_c : Tiempo de ciclo del camión: 11 min

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = N_{vt} \times K_{ll} \times C_{cc}$$

$$Q_t = 44 \times 0,85 \times 8$$

$$Q_t = 299,2 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

N_{vt} : Numero de viajes en un turno: 44

K_{ll} : Coeficiente de llenado: 0,85

C_{cc} : Capacidad de carga del camión: 8 m³

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{Q_t}{T_t}$$

$$Q_h = \frac{299,2}{10}$$

$$Q_h = 29,92 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

Q_t : Productividad por turno

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 10 h



Productividad mensual

$$Q_m = Q_t \times N_d$$

$$Q_m = 299,2 \times 27$$

$$Q_m = 8.078,4 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

Donde:

N_d : Número de días laborables en un mes (27)

Q_t : Productividad por turno

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 315 \times 299,2$$

$$Q_a = 94.248 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año (315)

Q_t : Productividad por turno

Cantidad de camiones necesarios para el abastecimiento de las plantas

Planta I CP- 213 I

$$C_{cn} = \frac{V_{mi}}{Q_a}$$

$$C_{cn} = \frac{50.733}{115.668}$$

$$C_{cn} = 0,4$$

Planta II CP- 213 II

$$C_{cn} = \frac{V_{mi}}{Q_a}$$

$$C_{cn} = \frac{42.267}{94.248}$$

$$C_{cn} = 0,5$$



Donde:

V_{mi} : Volumen de material útil in situ a extraer en un año

Q_a : Productividad anual del camión

Según los resultados obtenidos en el cálculo para la cantidad necesaria de camiones se determinó que con un solo camión se puede abastecer a las dos plantas.

$$C_{cnp1-2} = C_{cnp1} + C_{cnp2}$$

$$C_{cnp1-2} = 0,4 + 0,5$$

$$C_{cnp1-2} = 0,9 \approx 1 \text{ camión}$$

Donde:

C_{cnp1} : Cantidad de camiones necesarios para la Planta I CP- 213 I

C_{cnp2} : Cantidad de camiones necesarios para la Planta II CP- 213 II

Productividad por turno del camión con respecto a las plantas a abastecer

$$Q_{pt} = \frac{Q_{tp1} + Q_{tp2}}{2}$$

$$Q_{pt} = \frac{367,2 + 299,2}{2}$$

$$Q_{pt} = 333,2 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

Q_{tp1} : Productividad por turno del camión con respecto a la Planta I CP- 213 I

Q_{tp2} : Productividad por turno del camión con respecto a la Planta II CP- 213 II

C_p : Cantidad de plantas a abastecer: 2

Tiempo necesario para alcanzar el abastecimiento de mineral útil anual

$$T_{na} = \frac{V_{tm}}{Q_{pt}}$$

$$T_{na} = \frac{93.000}{333,2}$$

$$T_{na} = 280 \text{ días}$$



Donde:

V_{tm} : Volumen total de material útil in situ a extraer en un año: 93.000 m³/t

Q_a : Productividad por turno del camión respecto a las plantas a abastecer

Parámetros de operación del camión KrAZ 256B

Tabla III.9: Parámetros de operación del camión KrAZ 256B

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Tiempo de ciclo	min	9,95
Productividad horaria	m ³ /h	33,2
Productividad por turno	m ³ /turno	333,2
Productividad mensual	m ³ /mensual	8.996,4
Productividad anual	m ³ /año	104.958
Cantidad de camiones	-	1
Tiempo	días	280

III.10 Diseño y formación de la escombrera

En el yacimiento actualmente no se encuentran áreas de escombreo, por lo cual es necesario el diseño y construcción de una nueva escombrera al suroeste del yacimiento, que constara con un área temporal para depositar la capa vegetal que sea extraída en las labores de desbroce y destape.

Durante la planificación y proyección de la escombrera hay que considerar los siguientes factores:

- Estar situadas en áreas sin mineral o en zonas de minado antiguo
- No obstaculizar el desarrollo de los trabajos mineros
- Cumplir las normas de seguridad
- Encontrarse a una distancia mínima del punto de carga de material estéril
- Las escombreras deben tener un tamaño racional respecto al volumen a depositar
- Ubicación en lugares ocultos, aprovechando obstáculos naturales del terreno y alejamiento de focos principales de observación, no tapando vistas panorámicas
- Garantizar una geometría estable



- Uso de criterios de escala: Tamaño de la escombrera y entorno donde se ubica

II.10.1 Cálculo de la escombrera

La escombrera se ubicara en un área muy cercana al sur de la ampliación norte, que no contienen mineral, aproximadamente a 500 m de distancia, tendrá una altura de 11 m que va desde la cota +36 hasta la +47, se ira conformando de abajo hacia arriba con un talud y berma determinado, con el objetivo de tener un buen factor de seguridad y garantizar la estabilidad de la misma (Ver anexos C).

Tabla III.10: Coordenadas de los vértices de la escombrera

Vértices	Este	Norte
I	340 685.66	356 389.08
III	340 765.58	356 380.24
VI	340 801.71	356 337.91
VIII	340 763.32	356 296.34
XII	340 695.03	356 260.56
XV	340 671.45	356 262.17
XVIII	340 656.66	356 266.22
XXI	340 628.15	356 292.94
XXIV	340 629.39	356 313.55
XXVIII	340 685.66	356 389.08
I	340 685.66	356 389.08

A continuación se muestran algunos de los datos de partida necesarios para el diseño de la escombrera, tomados en base a un análisis precedente de escombreras existentes en la cantera y otros se han estimado:

- Altura del talud: 3,45 m
- Angulo del talud: 35°
- Angulo de fricción interna efectivo, ϕ (para arcilla): 30°
- Pendiente máxima del camino de acceso: 10%



Características principales de la escombrera:

- Área de la escombrera: 16.899 m²
- Cota inicial: +36
- Cota final: +47
- Altura : 11 m
- Cantidad de pisos: 3

Teniendo en cuenta las características principales y parámetros de diseño de la escombrera se necesita conocer si el área que se le estableció a la escombrera admite el volumen estimado de material estéril:

Cálculo del área necesaria

$$A_{esc} \geq A_n = \frac{W \times K_e}{H_e + K_a}$$

$$16.899, \geq A_n = \frac{86.559,2 \times 1,23}{11 \times 0,6}$$

$$16.899 \geq A_n = 16.131,5 \text{ m}^2$$

Donde:

A_{esco}: Área de la escombrera: 16.899 m²

W: Volumen de material destinado para el depósito: 86.559,2 m³

K_e: Coeficiente de esponjamiento del material: 1.23

H_e: Altura de la escombrera: 11 m

K_a: Coeficiente que considera los taludes: 0.6

III.10.2 Cálculo del depósito temporal para la capa vegetal

El material vegetal obtenido durante el desbroce será almacenado en el depósito cuya zona se encuentra al oeste de la escombrera proyectada y tiene un área según el diseño de 14.953 m² (Ver anexos C).

Este depósito tiene un carácter temporal, ya que el material almacenado será utilizado posteriormente en los trabajos de restauración, enriquecimiento o mejoramiento del suelo en las zonas ya minadas.

La misma se debe diseñar para admitir el volumen de la capa vegetal donde se realizara el cálculo del área necesaria:

Calculo del área necesaria

$$A_{cop} \geq A_n = \frac{W \times K_e}{H_e + K_a}$$

$$14.953 \geq A_n = \frac{21.640 \times 1,23}{3 \times 0,6}$$

$$14.953 \geq A_n = 14.787,33 \text{ m}^2$$

Donde:

A_{acp} : Área del depósito temporal: 14.953 m²

W: Volumen de material destinado para el depósito: 21.640 m³

K_e : Coeficiente de esponjamiento del material: 1,23

H_e : Altura: 3 m

K_a : Coeficiente que considera los taludes: 0.6

III.11 Apertura de la zona de ampliación

La apertura consiste en la realización de trabajos mineros que permiten la preparación del frente de trabajo, la comunicación del área de explotación con la planta o desde cualquier parte ya explotada hasta otro sector sin explotar, escombreras, transporte u otros objetivos fuera de la cantera. El método de apertura se encuentra estrechamente vinculado con el sistema de explotación, con el tipo de transporte, condiciones de yacencia del cuerpo mineral y el régimen de trabajo.

La proyección de una apertura se considera una tarea muy compleja en lo que se debe tener en cuenta algunos factores determinantes a la hora de realizar una apertura:

Factores a tener en cuenta al realizar una apertura:

- Sistema de explotación
- Dirección del desarrollo de los trabajos mineros
- Altura del escalón



- Tipo y ubicación de las excavaciones de apertura
- Tipo de transporte
- Plazo de construcción de la cantera
- Condiciones y forma de yacencia del cuerpo mineral
- Relieve de la localidad
- Ubicación en la superficie de instalaciones y escombreras

En el área de ampliación existe ya una vía de acceso en la que se puede acceder sin problemas, y que comunica con otros sectores de la cantera, en la que no es necesaria realizar una apertura para acceder.

Se requiere realizar una semi trinchera de acceso de la cota +24 hasta la +13 que permita la creación de la primera plataforma de trabajo con capacidad de maniobra para el equipamiento minero en ese nivel.

III.11.1 Cálculo de la plataforma de trabajo

También conocidas como bermas de trabajo, se dimensionan según las características del equipamiento que operará, así como de la estrategia de extracción a utilizar. Para este caso, se ha estimado una plataforma con ancho mínimo de 27 m.

Para determinar el ancho de la plataforma se usaron los siguientes datos de partida que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III.11: Datos de partida de la plataforma de trabajo

Datos de partida	Valor
Berma de seguridad	2,5 m
Radio de giro del camión	12 m
Longitud del camión	8,1 m
Ancho del camión	2,64 m
Distancia de seguridad entre camión y el talud banco superior	1 m
Distancia de seguridad entre camiones	1 m
Ancho de la plataforma	27,2 ≈ 27 m



Para alturas de 12 m, se estima una berma de seguridad de 4,0 m y para alturas de banco de 9 m, se estimó una berma de seguridad de 2,5 m, equivalente casi a 1/3 de la altura del banco.

III.11.2 Sistema de apertura y método de la semitrinchera de acceso

La explotación de la ampliación norte será mediante 2 bancos de 9 m cada uno, que van desde la cota +23 hasta la +5, el primer banco de explotación será de la cota +23 hasta la +14 y el segundo banco de la cota +14 hasta la +5.

Para poner en marcha la explotación de la ampliación es necesario realizar una trinchera de acceso que va de la cota +23 hasta la cota +14, donde se emplearan equipos de perforación y voladura. Estas excavaciones se denominan rampa de acceso y trinchera de corte.

Semitrinchera de acceso

La apertura para acceder al banco se hará a través de una semitrinchera. Para conformar el frente de arranque se construirá la semi trinchera en dependencia del equipamiento a usar, la dirección de la explotación y el tipo de trinchera de corte (Ver anexos D).

Los parámetros de diseño para la semitrinchera de acceso o trinchera de apertura, son los siguientes:

- Altura.....9 m
- Ancho12 m
- Pendiente longitudinal10 %
- Ángulo del talud.....75 °
- Longitud.....90 m

Trinchera de corte

Esta excavación se realiza a partir de la semitrinchera de acceso, la longitud de la trinchera de corte será, como mínimo, equivalente al ancho de la plataforma de trabajo, de manera que una vez ampliada en la dirección de desarrollo del frente los equipos puedan operar sin dificultad (Ver anexos D).



Los parámetros de diseño para la trinchera de corte, son los siguientes:

- Altura.....9 m
- Ancho.....27 m
- Longitud.....30 m
- Ángulo del talud.....85 °

III.12 Trabajos de perforación y voladura

El ciclo en general para el trabajo de perforación y voladura comprende:

- Replanteo para las perforaciones
- Perforación de los taladros
- Revisión de los taladros
- Carga y revisión de los taladros
- Revisión de la red para disparo
- Avisos reglamentarios
- Disparo
- Revisión del frente volado

Las labores de perforación serán realizadas por la Empresa de Servicios Geólogo-Minera (Explomat), con sus equipos y personal calificado.

III.12.1 Datos técnicos de la sustancia explosiva

Senatel Magnafrac

Tabla III.12: Datos técnicos de la sustancia explosiva Senatel Magnafrac

Parámetros	Unidad de medida	Senatel Magnafrac
Densidad de carga	g/cm ³	1,10-1,20
Fuerza relativa en peso	%	107
Fuerza relativa en volumen	%	158
Rango de velocidad de detonación	km/s	2,7-6,1
CO ₂ ³	kg/t	161
Resistencia al agua	-	Excelente
Gasto específico	kg/m ³	0,69
Diámetro del cartucho	mm	85



Amex

Tabla III.13: Datos técnicos de la sustancia explosiva Amex

Parámetros	Unidad de medida	Amex
Densidad de carga	g/cm ³	0,80
Fuerza relativa en peso	%	100
Fuerza relativa en volumen	%	100
VOD Típico	km/s	2,5-4,8
CO ₂ ³	kg/t	182
Resistencia al agua	-	Pobre
Gasto específico	kg/m ³	0,69
Diámetro mínimo de barrenos	mm	38
Suministros en sacos	kg	25

III.12.2 Datos técnicos del detonador

Exel Handidet y Exel Conectadet (Detonador de superficie)

Los detonadores Exel Handidet y Exel Conectadet se encuentran disponibles en los siguientes tiempos:

Tabla III.14: Combinaciones de retardos disponibles de los conectores

Colores Disponibles	Exel Handidet	Exel Conectadet
	Si el tiempo en superficie es (ms)	
Rosado	0	0
Verde	9	9
Amarillo	17	17
Rojo	25	25
Negro	35	35
Blanco	42	42
Naranja	50	50
Violeta	65	65
Negro	100	100
Azul	130	130
Azul	150	150
Azul	200	200



III.12.3 Equipamiento técnico

A continuación las características técnicas de los equipos de perforación:

Tabla III.15: Características técnicas del Perforador Rock 460 PC

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Diámetro de perforación	mm	115
Diámetro de perforación	mm	85
Productividad	m/h	15
Longitud del martillo	m	1
Consumo de aire comprimido	m ³ /h	6,6
Longitud de las barrenas	m	3
Estado técnico	-	Bueno
Firma	-	Atlas Copco
Año	-	2005

Tabla III.16: Características técnicas del Compresor Xahs 416

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Capacidad de aire comprimido	m ³ /h	25
Estado técnico	-	Bueno
Consumo diesel	lts/h	30
Firma	-	Atlas Copco
Año	-	2005

III.12.4 Pasaporte de perforación y voladura de la semi trinchera de acceso

Se realizará el pasaporte de perforación y voladura correspondiente a la semitrinchera de acceso, en la que se debe considerar el ángulo de talud que se quiere lograr para asegurar la seguridad de los vehículos y personal que transitarán, ya que estará a una altura considerable (Ver anexos E).

Taladros

Línea de menor resistencia por el piso

$$W_p = 53 \times K_t \times D_c \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}}$$



$$W_p = 53 \times 0.9 \times 0.115 \sqrt{\frac{1.15 \times 1}{2.39}}$$

$$W_p = 3.8 \text{ m}$$

Donde:

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

D_c : Diámetro de los taladros: 0,115 m

Δ : Densidad de carga: 1,15 g/cm³

γ : Masa volumétrica de la roca: 2,39 g/cm³

e: Coeficiente de la capacidad de trabajo: 1

Distancia entre taladros en la fila

$$a = M \times W_p$$

$$a = 1 \times 3.8$$

$$a = 3.8$$

Donde:

M: Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

Distancia entre filas de taladros

$$b = 0.85 \times a$$

$$b = 0.85 \times 3.8$$

$$b = 3.23 \text{ m}$$

Donde:

a: Distancia entre taladros en la fila

Número de filas

$$N_f = \frac{B}{b} + 1$$

$$N_f = \frac{12}{3.23} + 1$$

$$N_f = 4.71 \approx 5 \text{ filas}$$



Donde:

b: Distancia entre filas de taladros

B: Ancho de la rampa de acceso por el fondo: 12 m

Reajuste de la distancia entre filas

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

$$b_r = \frac{12}{5 - 1}$$

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

Donde:

N_f : Numero de filas

B: Ancho de la rampa de acceso por el fondo: 12 m

Números de taladros en una fila

$$N_{ff} = \frac{M_a}{a}$$

$$N_{ff} = \frac{90}{3,8}$$

$$N_{ff} = 23,7 \approx 24$$

Donde:

M_a : Cantidad de metro de avance para taladros: 90 m

a: Distancia entre taladros en la fila

Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

$$a_r = \frac{M_a}{N_{ff}}$$

$$a_r = \frac{90}{24}$$

$$a_r = 3,8 \text{ m}$$

Donde:

M_a : Cantidad de metro de avance para taladros: 90 m

N_{ff} : Números de taladros en la fila



Longitud de sobreperforación

$$L = 0,2 \times W_p$$

$$L = 0,2 \times 3,8$$

$$L = 0,8 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

Longitud mínima de relleno

$$L_r = 0,75 \times W_p$$

$$L_r = 0,75 \times 3,8$$

$$L_r = 2,9 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

Magnitud de la carga de los taladros de la columna 1 a la 24

Para determinar la magnitud de la carga de los taladros rectos de la columna 1 a la 24 en la semitrinchera de acceso se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = q \times a_r \times W_p \times H$$

Donde:

H: Altura hasta donde se pretende aperturar cada taladro

q: Gasto específico de S.E: $0,5 \text{ kg/m}^3$

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

a_r : Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

Longitud de los taladros de la columna 1 a la 24

Para determinar la longitud de los taladros rectos de la columna 1 a la 24 en la semitrinchera de acceso se utilizó la siguiente fórmula:

$$L = H + L$$



Donde:

H: Altura hasta donde se pretende aperturar cada taladro

L: Longitud de sobreperforación

Magnitud de la carga de los taladros inclinados para obtener el ángulo del talud estimado de la columna 1 a la 24

Para determinar la magnitud de la carga de los taladros inclinados de la columna 1 a la 24 en la semitrinchera de acceso se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_i = q \times a_r \times W_p \times L_i$$

Donde:

L_i : Longitud de inclinación hasta donde se pretende aperturar cada taladro

q: Gasto específico de S.E: 0,5 kg/m³

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

a_r : Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

Longitud de los taladros inclinados para obtener el ángulo del talud estimado de la columna 1 a la 24

Para determinar la longitud de los taladros inclinados para obtener el ángulo del talud estimado de la columna 1 a la 24 en la semitrinchera de acceso se utilizó la siguiente fórmula:

$$L = \frac{H + L}{\sin \alpha}$$

Donde:

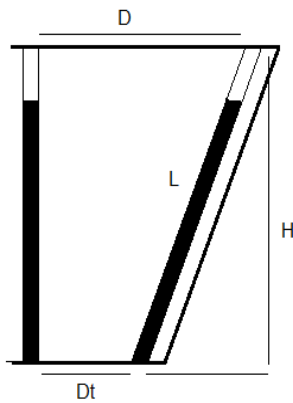
α : Ángulo de inclinación: 75 °

L_i : Longitud de inclinación hasta donde se pretende aperturar cada taladro

L: Longitud de sobreperforación

Distancia entre los taladros inclinados respecto a los rectos para obtener el ángulo del talud estimado de la columna 1 a la 24

La distancia entre los taladros rectos e inclinados de cada columna se determinó por la siguiente metodología:



$$D = \sqrt{L^2 - H^2} + D_t$$

Donde:

Dt: Reajuste de la distancia entre filas de taladros rectos

H: Altura hasta donde se pretende aperturar

L: Longitud de sobreperforación

Tabla III.17: Parámetros del pasaporte de perforación y voladura de la semitrinchera de acceso

Taladros		
Parámetros	Unidad de medida	Valor
Línea de menor resistencia	m	3,8
Distancia entre taladros en la fila	m	3,8
Distancia entre filas de taladros	m	3,23
Número de filas	-	5
Reajuste de la distancia entre filas	m	3
Números de taladros en una fila	-	24
Reajuste de la distancia entre taladros en la fila	m	3,8
Longitud de sobreperforación	m	0,8
Longitud mínima de relleno	m	2,9
Diámetro del taladro	m	0,115
Cantidad de taladros	-	120
Cantidad de detonadores	-	121



Tabla III.18: Parámetros de la voladura en la semitrinchera de acceso

Altura (H) m	Taladros			
	Longitud del taladro (L) m		Magnitud de carga (Q) Kg	
	Rectos	Inclinados	Rectos	Inclinados
H ₁ =0,4	1,2	1,3	2,89	2,89
H ₂ =0,8	1,6	1,7	5,78	5,78
H ₃ =1,1	1,9	2	7,94	7,94
H ₄ =1,5	2,3	2,4	10,83	11,55
H ₅ =1,9	2,7	2,8	13,94	14,44
H ₆ =2,3	3,1	3,2	16,61	17,33
H ₇ =2,7	3,5	3,6	19,49	20,21
H ₈ =3	3,8	3,9	21,66	22,38
H ₉ =3,4	4,2	4,3	24,55	25,27
H ₁₀ =3,9	4,7	4,8	28,16	28,88
H ₁₁ =4,2	5	5,2	30,32	31,05
H ₁₂ =4,6	5,4	5,6	33,21	33,93
H ₁₃ =4,9	5,7	5,9	35,38	36,82
H ₁₄ =5,3	6,1	6,3	38,27	39,71
H ₁₅ =5,7	6,5	6,7	41,15	42,60
H ₁₆ =6,1	6,9	7,1	44,04	45,49
H ₁₇ =6,5	7,3	7,5	46,93	48,37
H ₁₈ =6,8	7,6	7,8	49,09	50,54
H ₁₉ =7,2	8	8,3	51,98	53,43
H ₂₀ =7,6	8,4	8,7	54,87	56,32
H ₂₁ =7,9	8,7	9	53,04	58,48
H ₂₂ =8,4	9,2	9,5	60,65	62,81
H ₂₃ =8,7	9,5	9,8	62,81	64,98
H ₂₄ =9	9,8	10	64,98	67,15



Tabla III.19: Parámetros de la distancia entre los taladros inclinados respecto a los rectos para obtener el ángulo del talud estimado de la columna 1 a la 24

Taladros inclinados	
Altura (H) m	Distancia de los taladros inclinados a los rectos (D) m
H ₁ =0,4	3
H ₂ =0,8	3
H ₃ =1,1	3
H ₄ =1,5	3,6
H ₅ =1,9	3,62
H ₆ =2,3	3,68
H ₇ =2,7	3,74
H ₈ =3	3,78
H ₉ =3,4	3,83
H ₁₀ =3,9	3,89
H ₁₁ =4,2	3,92
H ₁₂ =4,6	3,96
H ₁₃ =4,9	4,41
H ₁₄ =5,3	4,47
H ₁₅ =5,7	4,52
H ₁₆ =6,1	4,57
H ₁₇ =6,5	4,62
H ₁₈ =6,8	4,66
H ₁₉ =7,2	4,7
H ₂₀ =7,6	4,75
H ₂₁ =7,9	4,79
H ₂₂ =8,4	5,26
H ₂₃ =8,7	5,3
H ₂₄ =9	5,34

III.12.5 Pasaporte de perforación y voladura para la explotación de los bloques

El frente de trabajo en el banco será en bloques de 30 x 27 x 9 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 volumen de mineral a extraer, asegurando la cantidad de días de explotación en el bloque para las labores perforación del siguiente bloque a explotar (Ver anexos E).



Días para la explotación de un bloque

$$D_b = \frac{V_{mb}}{Q_{ct}}$$

$$D_b = \frac{7.290}{333,2}$$

$$D_b = 21,8 \approx 22 \text{ días}$$

Donde:

V_{mb} : Volumen de material del bloque: 14.580 m³

Q_{ct} : Productividad por turno del camión trabajando: 333,2 m³/t

Taladros

Línea de menor resistencia por el piso

$$W_p = 53 \times K_t \times D_c \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}}$$

$$W_p = 53 \times 0,9 \times 0,115 \sqrt{\frac{1,15 \times 1}{2,39}}$$

$$W_p = 3,8 \text{ m}$$

Donde:

K_t : Coeficiente de agrietamiento de macizo de rocas: 0,9

D_c : Diámetro de los taladros: 0,115 m

Δ : Densidad de carga: 1,15 g/cm³

γ : Masa volumétrica de la roca: 2,39 g/cm³

e : Coeficiente de la capacidad de trabajo: 1

Distancia entre taladros en la fila

$$a = M \times W_p$$

$$a = 1 \times 3,8$$

$$a = 3,8 \text{ m}$$

Donde:

M : Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

W_p : Línea de menor resistencia por el piso



Distancia entre filas de taladros

$$b = 0,85 \times a$$

$$b = 0,85 \times 3,8$$

$$b = 3,23 \text{ m}$$

Donde:

a: Distancia entre taladros en la fila

Numero de filas

$$N_f = \frac{B}{b} + 1$$

$$N_f = \frac{27}{3,23} + 1$$

$$N_f = 9,3 \approx 9 \text{ filas}$$

Donde:

b: Distancia entre filas de taladros

B: Ancho del bloque por el fondo: 27 m

Reajuste de la distancia entre filas

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

$$b_r = \frac{27}{9 - 1}$$

$$b_r = 3,4 \text{ m}$$

Donde:

N_f: Numero de filas

B: Ancho del bloque por el fondo: 27 m

Números de taladros en una fila

$$N_{ff} = \frac{M_a}{a} + 1$$

$$N_{ff} = \frac{30}{3,8} + 1$$



$$N_{ff} = 8,9 \approx 9$$

Donde:

M_a : Cantidad de metros de avance para taladros: 30 m

a : Distancia entre taladros en la fila

Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

$$a_r = \frac{M_a}{N_{ff} - 1}$$

$$a_r = \frac{30}{9 - 1}$$

$$a_r = 3,8 \text{ m}$$

Donde:

M_a : Cantidad de metros de avance para taladros: 30 m

N_{ff} : Números de taladros en la fila

Longitud de sobreperforación

$$L = 0,2 \times W_p$$

$$L = 0,2 \times 3,8$$

$$L = 0,8 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

Longitud mínima de relleno

$$L_r = 0,75 \times W_p$$

$$L_r = 0,75 \times 3,8$$

$$L_r = 2,9 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

Magnitud de la carga de los taladros

$$Q = q \times a_r \times W_p \times H_b = 0,5 \times 3,8 \times 3,8 \times 9 = 64,98 \text{ Kg}$$



Donde:

H_b : Altura del banco: 9 m

q : Gasto específico de S.E: $0,5 \text{ kg/m}^3$

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

a_r : Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

Longitud de los taladros

$$L = H_b + L = 9 + 0,8 = 9,8 \text{ m}$$

Donde:

H: Altura del banco: 9 m

L: Longitud de sobreperforación

Tabla III.20: Parámetros del pasaporte de perforación y voladura para los bloques:

Taladros		
Parámetros	Unidad de medida	Bloque 30×27
Línea de menor resistencia	m	3,8
Distancia entre taladros en la fila	m	3,8
Distancia entre filas de taladros	m	3,23
Número de filas	-	9
Reajuste de la distancia entre filas	m	3,4
Números de taladros en una fila	-	9
Reajuste de la distancia entre taladros en la fila	m	3,8
Longitud de sobreperforación	m	0,8
Longitud mínima de relleno	m	2,9
Diámetro del barreno	m	0,115
Cantidad de barrenos	-	81
Cantidad de detonadores	-	82

III.13 Cálculo de los parámetros de los equipos de perforación

Para la perforación de los taladros se utilizara el equipo perforador Atlas Copco Rock 460 PC. 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; es por eso que se calcula después de efectuados los cálculos del pasaporte de perforación y voladura.

Rock 460 PC

Productividad anual en metros

$$Q_a = Q_p \times N_t \times T_t \times N_a$$

$$Q_a = 15 \times 1 \times 11 \times 315$$

$$Q_a = 51.975 \text{ m/año}$$

Donde:

Q_p : Productividad de perforación: 15 m/h

N_t : Cantidad de turnos: 1

N_a : Días laborables al año: (315)

T_t : Horas productivas en el turno de 12 h: 11 h

Cantidad necesaria de equipos perforadores

$$N_p = \frac{V_{mt}}{Q_a}$$

$$N_p = \frac{93.000}{51.975}$$

$$N_p = 2 \text{ perforadores}$$

Donde:

Q_a : Productividad anual en metros

v_{tm} : Volumen total de material in situ: 93.000 m³

A esta cantidad de equipos de perforación en producción, la afectamos por el coeficiente de reserva 20% y obtenemos el total de equipos de perforación de reserva.

$$C_{ei} = N_p \times C_r$$

$$C_{ei} = 2 \times 0,2$$

$$C_{ei} = 0,4 \approx 1 \text{ perforador}$$



Donde:

N_p : Cantidad necesaria de equipos perforadores

C_r : Coeficiente de reserva: 20%

III.13.1 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.

A esta cantidad de equipos compresores en producción, la afectamos por el coeficiente de reserva 20 % y obtenemos el total de equipos de perforación de reservas.

$$C_{ei} = C_R \times N_c$$

$$C_{ei} = 0,2 \times 2$$

$$C_{ei} = 0,4 \approx 1 \text{ compresor}$$

Donde:

N_c : Cantidad necesaria de compresores

C_r : Coeficiente de reserva: 20 %

Tabla III.22: Parámetros de los equipos de perforación:

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

III.14 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 realizara 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 realizara 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.

III.15 Organización de las labores mineras para la explotación

La organización de los trabajos constituye un eslabón importante para la explotación del material, La planificación de la minería debe recoger el orden detallado de los trabajos, en la que se estimó y calculó la cantidad de horas laborables en un turno, la cantidad de días laborables al año y el promedio de días laborables en un mes.

En la organización de los trabajos se tiene en cuenta el cálculo de los equipos que se utilizaron en el desbroce, destape y extracción del mineral, con sus respectivas productividades y equipos necesarios para abastecer el transporte de material hacia la escombrera y hacia las plantas de beneficio.

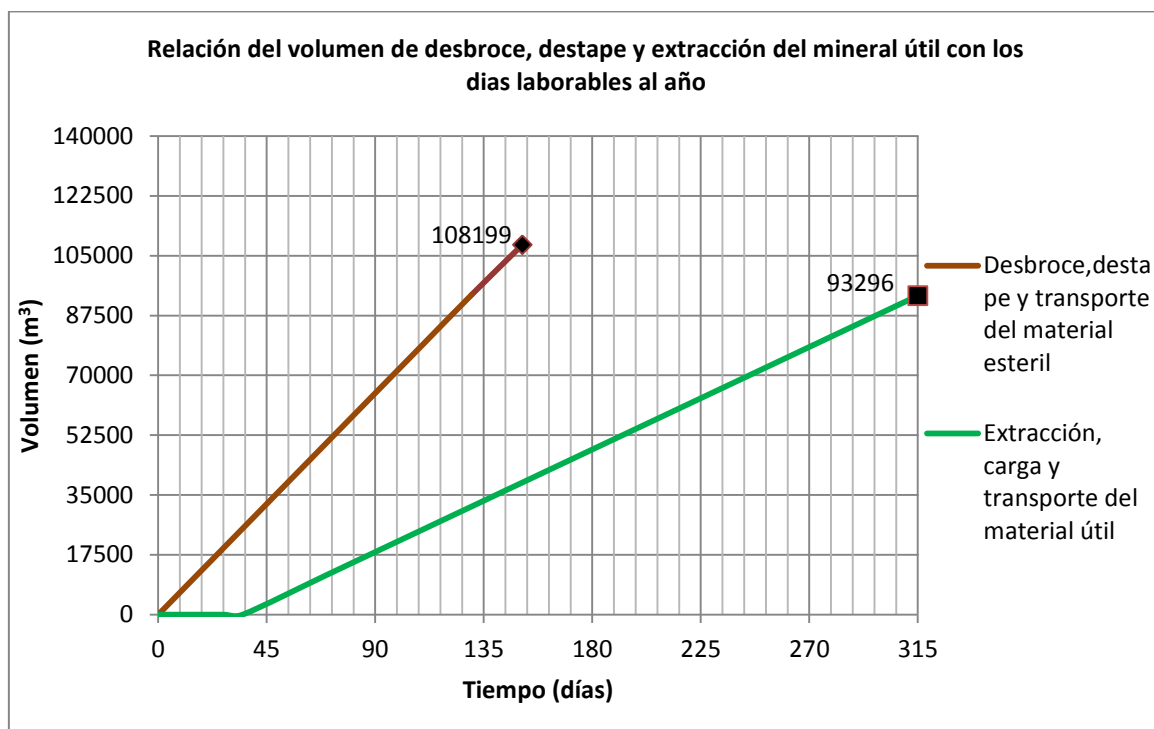
Para la construcción de la semi trinchera de acceso y la confección del pasaporte de perforación y voladura se determinaron los parámetros, cantidad de equipos a utilizar, las características de las sustancias explosivas y conectores.

Los trabajos se realizarán de la siguiente manera en el desbroce y destape desde la cota +25 a la +23 y en los procesos de extracción del mineral de la cota +23 a la +5.

- Arranque de la capa de material estéril
- Carga del material estéril a los medios de transporte
- Transporte del material estéril hacia la escombrera y depósito de capa vegetal
- Trabajos de perforación y voladura
- Carga del material útil a los medios de transporte
- Transporte del material útil hacia las plantas de beneficio

Con los datos anteriormente calculados en el desbroce, destape y extracción del mineral útil se confecciona el gráfico de extracción de la zona de ampliación, con la cual se tendrá una herramienta capaz de visualizar en el tiempo la ejecución de los procesos básicos de la minería para el primer año de explotación.

Gráfico III.1: Relación del volumen de desbroce, destape y extracción del mineral útil con los días laborables al año:





III.16 Trabajos auxiliares

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

III.17 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 m



CAPÍTULO IV. CÁLCULO ECONÓMICO

El indicador fundamental para determinar la efectividad de cualquier proyecto que se ejecute es el costo de producción de una tonelada o 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.
- Organización óptima de los trabajos que permitan la máxima eficiencia en la utilización de los equipos y recursos humanos.

Determinación de los costos

Los costos de operación han sido determinados para el primer año de explotación, periodo base para el proyecto y el plan de extracción. Esto debido a las posibles variaciones constantes 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 debe realizar estos cálculos para cada año de explotación después de haberse finalizado el anterior para asegurar la viabilidad del proyecto.

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

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



IV.1 Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción

Combustible

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

Lubricantes

Para el cálculo de los gastos en lubricantes se tuvo en cuenta la ficha de costos entregada por la Empresa de Canteras, en la que se usa el 4.0 % del combustible. Estos fueron calculados como el producto del consumo de combustible por 0,04 por el precio del lubricante, también entregado por la Empresa de Canteras.

Neumáticos

Para el cálculo de los gastos en neumáticos se tuvo en cuenta 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.

Mantenimiento

Para el cálculo de los gastos de mantenimiento se tuvo en cuenta 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.

Gastos de perforación y voladura

Los gastos de perforación están establecidos en el contrato que tiene la Empresa de Canteras con Explomat, con un índice de 4,01 CUC/m lineales perforados. Los gastos son calculados como el producto de los metros lineales de perforación anual por el índice de costo.

Los gastos para las voladuras son por medios propios de la Empresa de Canteras y se estimaron sobre la base de los cálculos del pasaporte de perforación y voladuras, en el que se definieron los consumos de explosivos, medios de explosión y accesorios.



IV.2 Costo de producción en las labores de desbroce y destape

IV.2.1 Gasto de la fuerza de trabajo

Tabla IV.1: Gasto de la fuerza de trabajo

Gastos de Salarios				
Trabajadores	Operadores	Salario/h	Horas de trabajo en el desbroce y destape	Salario en el periodo de desbroce y destape (CUP)
Operador del bulldozer	1	1,45	1.800	2.610
Operador del Cargador	1	1,26	1.800	2.268
Operador del camión	3	1,36	3.975	5.406
Total gasto salarial				10.284

IV.2.2 Gastos materiales

Tabla IV.2: Precio de los materiales principales

Equipos	Consumo de combustible	Costo de combustible	Costo de neumáticos	Costo de lubricante	Reparación y mantenimiento
	(L/h)	(CUC/L)	(CUC/h)	(CUC/h)	(CUC/h)
Camión KrAZ 256B	10,00	0,87	1,20	2,5	6,57
Bulldozer Komatsu D85	23,00	0,87	-	2,5	10,62
Cargador Daewoo 250	21,00	0,87	3,20	2,5	7,65



Tabla IV.3: Gastos materiales de los equipos en el desbroce y destape

Equipos	Horas de trabajo	Gastos materiales	Importe (CUC)
Camión KrAZ 256B	3.375	Combustible	29.362,5
		Neumáticos	4.050
		Lubricantes	2.936,25
Bulldozer Komatsu D85	1.500	Combustible	30.015
		Neumáticos	-
		Lubricantes	3.001,5
Cargador Daewoo 250	1.500	Combustible	27.405
		Neumáticos	4.800
		Lubricantes	2.740,5
Total			104.310,75

Tabla IV.4: Gastos totales de materiales en el desbroce y destape

Gastos materiales	Importe (CUC)
Combustible	86.782,5
Neumáticos	8.850
Lubricantes	8.678,25
Total	104.310,75

VI.2.3 Gastos de reparación y mantenimiento en el desbroce y destape

Tabla IV.5: Gastos de reparación y mantenimiento

Equipos	Horas de trabajo	Reparación y mantenimiento	Importe (CUC)
Camión KrAZ 256B	3.375	6,57	22.173,75
Bulldozer Komatsu D85	1.500	10,62	15.930
Cargador Daewoo 250	1.500	7,65	11.475
Total			49.578,75



IV.2.4 Gastos de amortización en el desbroce y destape

Tabla IV.6: Gastos de amortización de los equipos utilizados

Equipo	Unidades	Valor actual	Valor a amortizar		Tiempo de vida útil restante
		(CUC)	(%)	(CUC)	Años
Camión KrAZ 256B	3	7.000	20	525	8
Bulldozer Komatsu D85	1	16.000	20	400	8
Cargador Daewoo 250	1	20.000	20	500	8
Total				1 425	

IV.2.5 Gasto total en las labores de desbroce y destape

Tabla IV.7: Gasto total en las labores de desbroce y destape

Elementos de gastos	Importe (CUC)
Directos	
Fuerza de Trabajo	10.284
Combustible	86.782,5
Neumáticos	8.850
Lubricantes	8.678,25
Amortización	1.425
Mantenimiento y Reparación	49.578,75
Total	165.598,5

IV.3 Costo de producción en las labores de carga y transporte

IV.3.1 Gastos de la fuerza de trabajo en las labores de carga y transporte

Tabla IV.8: Gastos de la fuerza de trabajo en las labores de carga y transporte

Gastos de Salarios				
Trabajadores	Operadores	Salario/h	Horas de trabajo en la extracción	Salario en el periodo de extracción (CUP)
Operador del bulldozer	1	1,45	3.360	4.872
Operador del cargador	1	1,26	3.360	4.233,6
Operador del camión	2	1,36	6.720	9.139,2
Total gasto salarial				18.244,8



IV.3.2 Gastos materiales en las labores de carga y transporte

Tabla IV.9: Gastos materiales en las labores de carga y transporte

Equipos	Horas de trabajo	Gastos materiales	Importe (CUC)
Camión KrAZ 256B	5.600	Combustible	48.720
		Neumáticos	6.720
		Lubricantes	4.872
Bulldozer Komatsu D85	2.800	Combustible	56.028
		Neumáticos	-
		Lubricantes	5.602,8
Cargador Daewoo 250	2.800	Combustible	51.156
		Neumáticos	8.960
		Lubricantes	5.115,6
Total			187.174,4

IV.3.3 Gastos totales de materiales en las labores de carga y transporte

Tabla IV.10: Gastos totales de materiales en las labores de carga y transporte

Gastos materiales	Importe (CUC)
Combustible	155.904
Neumáticos	15.680
Lubricantes	15.590,4
Total	187.174,4

IV.3.4 Gastos de reparación y mantenimiento en las labores de carga y transporte

Tabla IV.11: Gastos de reparación y mantenimiento

Equipos	Horas de trabajo	Reparación y mantenimiento	Importe (CUC)
Camión KrAZ 256B	5.600	6,57	36.792
Bulldozer Komatsu D85	2.800	10,62	29.736
Cargador Daewoo 250	2.800	7,65	21.420
Total			87.948



IV.3.5 Gastos de amortización en las labores de carga y transporte

Tabla IV.12: Gastos de amortización de los equipos utilizados

Equipo	Unidades	Valor actual	Valor a amortizar		Tiempo de vida útil restante
		(CUC)	(%)	(CUC)	Años
Camión KrAZ 256B	2	7.000	20	350	8
Bulldozer Komatsu D85	1	16.000	20	400	8
Cargador Daewoo 250	1	20.000	20	500	8
Total				1.250	

IV.3.6 Gasto total en las labores de carga y transporte

Tabla IV.13: Gasto total en las labores de carga y transporte

Elementos de gastos	Importe (CUC)
Directos	
Fuerza de Trabajo	18.244,8
Combustible	155.904
Neumáticos	15.680
Lubricantes	15.590,4
Amortización	1.250
Mantenimiento y Reparación	87.948
Total	294.617,2

IV.4 Costo de producción en las labores de perforación y voladura

IV.4.1 Gastos de materiales en las labores de perforación y voladura

Tabla IV.14: Gastos de materiales en las labores de perforación y voladura

Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Precio (CUC)	Importe (CUC)
Sustancia explosiva	53.279,5	kg	2.082,4 (T)	110.949,3
Amex en sacos	55.200	kg	1.556,32 (T)	85.908,9
Detonadores	1.107	u	2,4	2.656,8
Cordón detonante	13.505,4	m	0,84	11.344,5
Cable Duplex	6.000	m	0,50	3.000
Total				213.859,5

IV.4.2 Gastos de perforación establecidos en el contrato que tiene la Empresa de Canteras con Explomat

Tabla IV.15: Gastos de perforación establecidos en el contrato que tiene la Empresa de Canteras con Explomat

Volumen total de material en m ³	Cantidad de m ³ que arranca un metro lineal de barrenación en los bloques	Cantidad de m ³ que arranca un metro lineal de barrenación en la semitrinchera de acceso	Cantidad de metros lineales de perforación	Índice de costo por metros lineales (CUC)	Importe (CUC)
92.480	19,4	17,1	5.169,25	4,01	20.728,7

IV.4.3 Gasto total en las labores de perforación y voladura

Tabla IV.16: Gasto total en las labores de perforación y voladura:

Elementos de gastos	Importe (CUC)
Directos	
Materiales	213.859,5
Gastos de contrato	20.728,7
Total	234.588,2

IV.5 Gastos totales en el proceso de explotación de la ampliación norte

Gasto directo total

$$G_{dg} = G_{dd} + G_{de} + G_{dp}$$

$$G_{dg} = 165.598,5 + 294.617,2 + 234.588,2$$

$$G_{dg} = 694.803,9 \$$$

Donde:

G_{dd} : Gasto total en las labores de desbroce y destape

G_{de} : Gasto total en las labores de extracción

G_{dp} : Gasto total en las labores de perforación y voladura



Gasto indirecto total

$$G_{in} = G_{dg} \times K$$

$$G_{in} = 694.803,9 \times 0,12$$

$$G_{in} = 83.376,5 \$$$

Donde:

G_{dg} : Gasto directo total

K: Coeficiente que tiene en cuenta la estimación de los gastos indirectos: 12 %

Gasto total

$$G_t = G_{dg} + G_{in}$$

$$G_t = 694.803,9 + 83.376,5$$

$$G_t = 778.180,4 \$$$

Donde:

G_{dg} : Gasto directo total

G_{in} : Gasto indirecto total

Costo de producción por metro cúbico de mineral extraído

$$C_m = \frac{G_t}{C_a}$$

$$G_t = \frac{778.180,4}{139.500}$$

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

Donde:

G_t : Gasto total

C_a : Capacidad anual de las plantas



Tabla IV.17: Gasto total en el proceso de explotación de la ampliación norte para el primer año

Directos	
Elementos de gastos	Importe (CUC)
Fuerza de Trabajo	28.528,8
Materiales	505.344,65
Amortización	2.675
Mantenimiento y Reparación	137.526,75
Gastos de contrato	20.728,7
Total Directos	694.803,9
Indirectos	
Elementos de gastos	Importe (CUC)
Total indirectos	85.706,4
Total de gastos generales (CUC)	
778.180,4	
Costo por m³ (CUC)	
5,6	



CAPITULO V. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN LA CANTERA

V.I Medio Ambiente

La explotación de canteras comprende una parte importante de la minería que se realiza a cielo abierto en el mundo con el objetivo de aportar los materiales de construcción que se extraen. Este tipo de minería se caracteriza por la creación de un fuerte impacto al medio ambiente debido a que en la mayoría de las empresas no prestan la debida atención a dicha actividad.

En la explotación sostenible de estos yacimientos se concluye que las influencias negativas sobre el medio ambiente están dadas en forma general por la degradación total de la vegetación, la fauna, el relieve y el paisaje, así como impactos secundarios relacionados principalmente con la contaminación de los ríos, del aire y del suelo.

Algunas de las afectaciones más frecuentes producidas al medio ambiente por estas actividades:

- Destrucción de la vegetación
- Afectación al paisaje
- Contaminación de las aguas
- Cambios geomorfológicos
- Erosión por las aguas
- Pérdida de la biodiversidad
- Emigración de la fauna
- Alteración de las rutinas migratorias
- Ocupación del terreno por escombreras
- Inestabilidad de los terrenos
- Aceleración del proceso erosivo general

V.I.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 sobrepasada 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.
- Las personas naturales o jurídicas que desarrollan actividades de
- El otorgamiento de facultades a los órganos locales del Poder Popular para adaptarlas normas generales las características locales de cada municipio por lo que se descentraliza la toma de decisiones
- 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

V.I.1.1 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
- Resolución 47/2004 del CICA. Indicaciones Metodológicas para la Tramitación y Aprobación de las Solicitudes de Licencia Ambiental



para la Captación y Utilización de los aceites usados para combustibles.

- 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.54/82. Disposiciones sanitarias básicas.
- Decreto-Ley No.170/97 del Sistema de medidas de Defensa Civil
- Decreto-Ley No.138 de las aguas terrestres.
- 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.199. Contravenciones de las Regulaciones para la Protección y el uso racional de los Recursos Hidráulicos.
- Decreto No.222. Reglamento de la Ley de Minas.
- Decreto No.268. Contravenciones de las Regulaciones Ambientales.
- Resolución No.111/96.del CITMA. Regulaciones sobre la Diversidad Biológica.
- Resolución No.132/2007 CITMA 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.111/02 CITMA Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental.
- 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.

V.I.1.2 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.23:1999. Franja forestal de las Zonas de Protección a Embalses y Cauces Fluviales.
- NC.23:1999. Franja forestal de las Zonas de Protección a Embalses y Cauces Fluviales.
- 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.
- NC.39:1999 Calidad del aire. Requisitos higiénicos sanitarios.

V.I.2 Identificación y caracterización de los impactos ambientales

El impacto ambiental es la repercusión o alteración positiva o negativa en el medioambiente provocada por la acción antrópica o un elemento ajeno a dicho medio que genera consecuencias notables en él. Para identificar los impactos ambientales en una zona determinada debemos tener en cuenta que la relación actividad – impacto es de causa - efecto en donde las actividades mineras son las causas y los impactos son los efectos.

Para realizar la identificación de los impactos ambientales se ha realizado una lista de verificaciones, en la que se relaciona el factor o aspecto ambiental con la acción o actividad determinada cuya interacción produce impactos al medio ambiente.

Impactos ambientales sobre el medio físico

Tabla V.1: Impactos ambientales sobre el medio físico

Acción/Actividad	Impacto
Climatología: Calidad del aire	
Formación de escombreras. Transporte de maquinarias Movimiento de tierras	Emisión de gases y polvo a la atmósfera. Emisión de ruidos y vibraciones.
Hidrografía: Aguas superficiales y subterráneas	
Excavaciones, perforaciones. Derrames de combustibles y lubricantes. Vías de transporte. Infraestructura. Excavaciones y perforaciones.	Alteración de la calidad por deposición de sólidos. Obstrucción y encenagamiento del río Alteración del nivel freático. Aumento del nivel de sedimentos. Contaminación de los acuíferos locales por las aguas residuales.



Geología y geomorfología	
Geología regional. Geología local. Topografía.	Aumento de los procesos erosivos. Cambios en la topografía.
Paisaje	
Desbroce de la vegetación. Residuos de estériles. Perforación, carga y voladura. Construcción vial. Infraestructura	Afectaciones de la calidad visual.

Impactos ambientales sobre el medio biótico

Tabla V.2: Impactos ambientales sobre el medio biótico

Acción/Actividad	Impacto
Flora	
Desbroce de la vegetación. Perforación, carga y voladura. Construcción vial. Residuos de estéril. Infraestructura. Escombreras.	Remoción de la vegetación y deforestación
Fauna	
Construcción vial. Perforación, carga y voladura. Excavaciones. Transporte de material. Desbroce de la vegetación. Infraestructura. Residuos de estériles.	Alteración del flujo de energía y material de formación. Pérdida de la biodiversidad.
Equilibrio ecológico	
Perforación, carga y voladura. Desbroce de la vegetación. Construcción vial. Abandono de la mina. Escombreras. Excavaciones. Movimientos de tierras. Acarreo de material.	Alteración del flujo de energía y material de formación. Pérdida de la biodiversidad.



Impactos ambientales sobre el medio antrópico

Tabla V.3: Impactos ambientales sobre el medio antrópico

Acción/Actividad	Impacto
Económicos	
Comercialización. Construcción de vías Infraestructura. Transporte.	Aumento de empleo. Aumento de la demanda por servicios sociales.
Sociales: vialidad y salud	
Construcción de vías. Abandono de la mina. Desbroce de la vegetación. Infraestructura. Transporte. Emisión de gases contaminantes.	Incremento en el número de accidentes. Aumento en el número de enfermedades.
Culturales	
Comercialización.	Enriquecimiento de la diversidad cultural

V.I.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 microrretardos para disminuir la actividad sísmica.



V.I.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 realizara 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).

V.I.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.



V.2 Seguridad minera y salud en el trabajo

Algunas de las medidas de seguridad y parámetros técnicos que deben cumplirse en la cantera, sobre la base de los artículos del 607-627:

- 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
- Cuando se detecten bloques o rocas colgantes o 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.
- Si hay que barrenar sobre obras subterráneas, o existe la posibilidad de hundimiento, se debe hacer una plataforma de seguridad.
- Los taludes y plataformas inactivos se revisan y acondicionan periódicamente, según se determine por la entidad en su reglamento interno.

V.2.1 Medidas de seguridad en los trabajos de perforación y voladura

- Las máquinas de perforación deben cumplir con los requisitos de seguridad establecidos.
- Durante la barrenación, los operadores y los ayudantes deben usar guantes, espejuelos contra impactos y los equipos de protección respiratoria.
- Las sustancias explosivas, sustancias iniciadoras y medios de explosión que se utilizan en las canteras son aprobadas por la Comisión Nacional de Explosivos o por las Comisiones Provinciales de Explosivos, según corresponda.
- Designar o nombrar un técnico minero de nivel medio o superior, como jefe técnico de los trabajos de voladura, el cual debe tener la experiencia acumulada para dirigir la actividad.
- Designar al responsable de la transportación, custodia y demás personas que participan en la operación.



-
- No se permite fumar y encender cualquier tipo de medios de fuego en los alrededores de la carga.
 - Las sustancias explosivas se podrán cargar y descargar solamente en los puntos designados para tales actividades, por las personas encargadas, y bajo el control del responsable de transportación y de los custodios designados.
 - El medio de transporte debe tener un buen estado técnico.
 - Se realizará la preparación de la voladura, después de verificar que la barrenación responda al proyecto de voladura, que los barrenos estén limpios y que no haya peligro de desprendimiento de rocas en el frente.
 - Evacuar a todos los trabajadores antes de realizar el disparo de las sustancias explosivas.

V.2.2 Medidas de seguridad durante los trabajos con bulldozer

- Cuando se realice una reparación debajo de la cuchilla esta debe estar convenientemente calzada.
- Cuando se realicen trabajos sobre esteras durante su movimiento, queda prohibido salir o entrar a la cabina y caminar sobre las orugas.
- Al empujar el material la cuchilla no puede sobresalir del borde establecido.
- Distancia mínima de 2 m entre las esteras y los bordes establecidos.

V.2.3 Medidas de seguridad durante los trabajos con el cargador

- Para realizar el trabajo el cargador se estaciona en lugar firme y nivelado.
- De existir inclinación no puede ser superior a la establecida por los parámetros técnicos del equipo.
- Durante el trabajo con el cargador se prohíbe la permanencia de personas en su radio de acción.
- Durante la carga de camiones por medio del cargador, el operador del mismo es el único autorizado para impartir las señales.



- Sobrepasar su capacidad de carga.

V.2.4 Medidas de seguridad durante los trabajos con el camión

- La carga del camión se realiza únicamente por los costados o por la parte posterior.
- Si el camión no posee visera de seguridad, el chofer permanece fuera de la cabina durante la operación de carga, a una distancia mayor que el radio de acción de la cuchara del cargador.
- El camión 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 camión después de cargado no puede abandonar el lugar hasta que el operador del cargador emita la señal de partida.
- El chofer debe conducir a una velocidad segura y estar en perfecto estado de salud.

V.2.5 Relación entre el trabajador y los medios que debe usar para su protección.

Tabla V.4: Relación del trabajador y los medios de 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. En caso de existir, de ácidos, grasas y gasolina.
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

V.3 Salud en el trabajo

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de salud en el trabajo. En el cumplimiento del deber se deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con el trabajo.

Se debe adoptar y poner en práctica medidas de prevención y control para la protección del medio ambiente, salvaguardar la salud de los trabajadores en lo que se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- 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.



CONCLUSIONES

1. El proyecto de explotación propuesto permitirá extraer de forma racional y eficiente las reservas de calizas, considerando las características del equipamiento disponible y las condiciones naturales del yacimiento.
2. La zona de ampliación norte de la cantera se puede explotar en un año con el equipamiento disponible, ya que las productividades de los mismos y el régimen de trabajo escogido garantizan la explotación en los 315 días hábiles planificados.
3. Los gastos incurridos en cada actividad han sido calculados para determinar el costo de operación durante el primer año de explotación y ascienden 5,6 CUC por cada m³ extraído.
4. Se establecieron medidas para reducir las afectaciones al medio ambiente y seguridad de los trabajos mineros después de haber identificado las componentes ambientales y de seguridad que pudieran ser afectadas.



RECOMENDACIONES

1. Considerar los resultados alcanzados para corregir la ejecución de las labores mineras en esta cantera.
2. Actualizar el cálculo económico de este proyecto para cada año de explotación durante la ampliación del sector norte por las posibles variaciones de los precios de los materiales fundamentales y cambios de maquinarias.



BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo " *Unión Latinoamericana de Explosivos* ". (2013) Ulaex.
2. Ceproníquel. (2013) *Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos metálicos "Cantera Blanca"*. Centro de Proyectos del Níquel. Cubaníquel.
3. Ceproníquel. (2015) *Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos no metálicos "Yacimiento Victoria III"*. Centro de Proyectos del Níquel. Cubaníquel.
4. Clases de Explotación a Cielo Abierto, 2014-2015.
5. Herrera, Y. F. (2004) *Proyecto de Explotación del Área-10 del Yacimiento Moa Oriental*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
6. López Jimeno, C; López Jimeno, E; José, M; Pla Ortiz de Urbina, F. (1899) *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
7. Ministerio de la Industria Básica. (1992) *Exploración de Cotas Mineras y Exploración de Explotación del Yacimiento Cantera Blanca*, Centro Nacional del fondo Geológico.
8. Ministerio de la Industria Básica. (1984) *Exploración Orientativa y Detallada en el Sector Oeste del Yacimiento Cantera Blanca*, Centro Nacional del fondo Geológico.
9. Mulet Góngora, I; (2013) *Proyecto de explotación de la Zona 1 del yacimiento de caliza Cantera Blanca*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
10. Otaño Noguel, J; (1899) *Fragmentación de Rocas con explosivos*. Edición ed. Habana: Editorial Félix Varela.

ANEXOS

Anexos A. UBICACIÓN DEL YACIMIENTO

Anexo A.1 Vista satelital de la ubicación del yacimiento Cantera Blanca



Foto.A.1 Vista satelital de la ubicación del yacimiento Cantera Blanca

Anexo A.2 Vista satelital del área del yacimiento Cantera Blanca



Foto.A.2 Vista satelital del área del yacimiento Cantera Blanca

Anexo A.3 Plano general del yacimiento Cantera Blanca

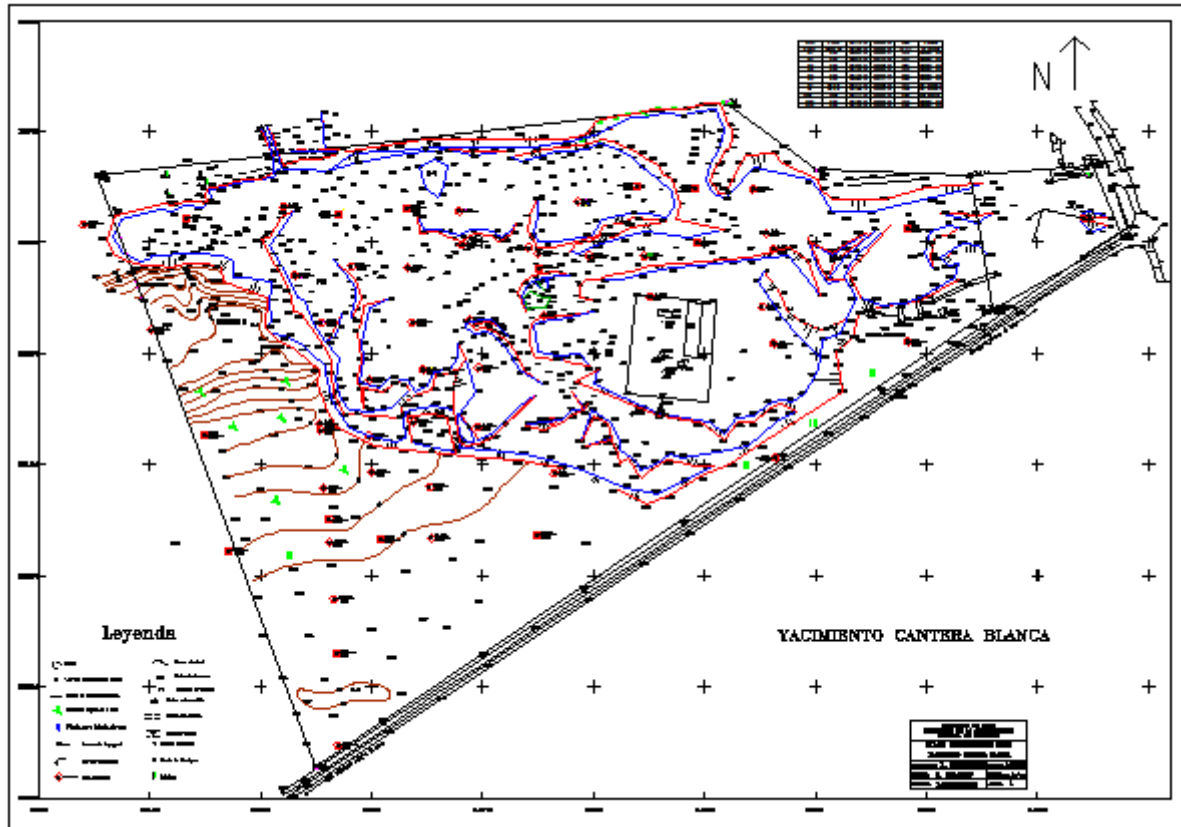


Figura.A.3 Plano general del yacimiento Cantera Blanca

Escala: 1:1000

Anexos B.EQUIPAMIENTO MINERO

Anexo B.1 Vista de la planta “C.O.213 José M Torres Canales.” Bauta I



Foto.B.1 Vista de la planta “C.O.213 José M Torres Canales.” Bauta I

Anexo B.2 Vista de la planta “C.O.213.II José M Torres Canales.” Bauta II



Foto.B.2 Vista de la planta “C.O.213.II José M Torres Canales.” Bauta II

Anexo B.3 Bulldozer Komatsu D-85



Foto.B.3 Bulldozer Komatsu D-85

Anexo B.4 Cargador Daewoo Doosan Mega 250



Foto.B.4 Cargador Daewoo Doosan Mega 250

Anexo B.5 Camión Kraz KPA3 256B



Foto.B.5 Camión Kraz KPA3 256B

ANEXOS C.DISEÑO DE LA ZONA DE ESCOMBREO

Anexo C.1 Vista en plano del diseño e ubicación de la escombrera y el depósito temporal para la capa vegetal



Figura.C.1 Diseño en plano de la escombrera y del depósito temporal para la capa vegetal

Escala: 1:1000

ANEXOS D.DISEÑO DE LA ZONA DE AMPLIACIÓN NORTE

Anexo D.1 Vista en plano del diseño e ubicación de la semitrincheras de acceso y la trinchera de corte

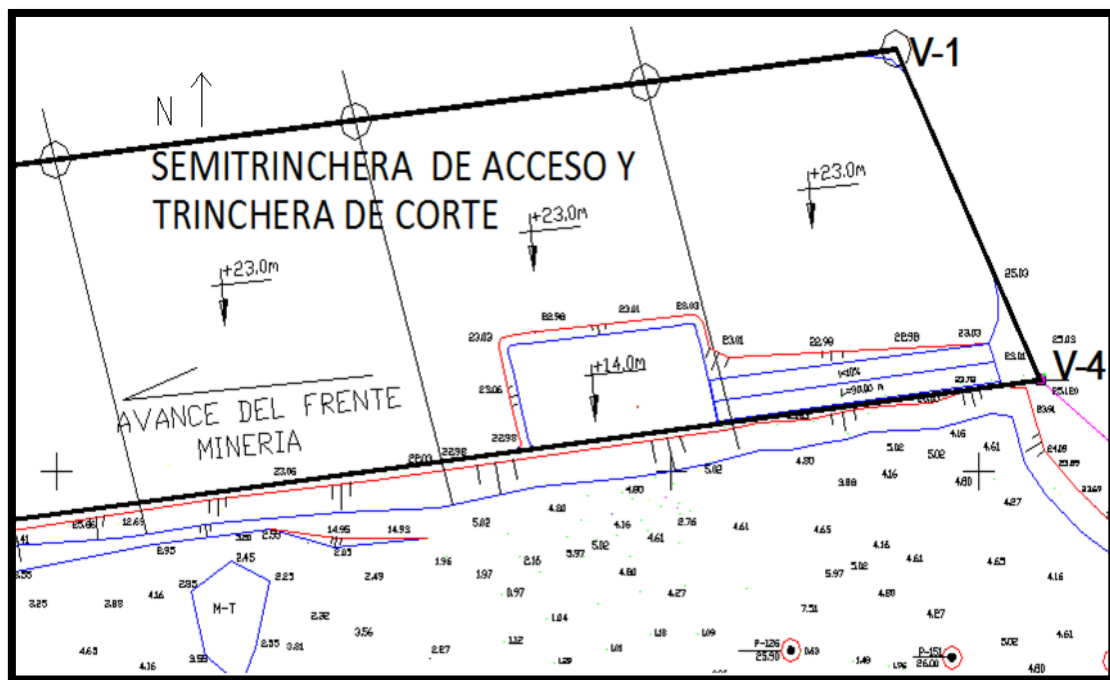


Figura.D.1 Diseño en plano de la semitrincheras de acceso y la trinchera de corte o bloque
Escala: 1:1000

Anexo D.2 Vista superior de la semitrincheras de acceso y la trinchera de corte

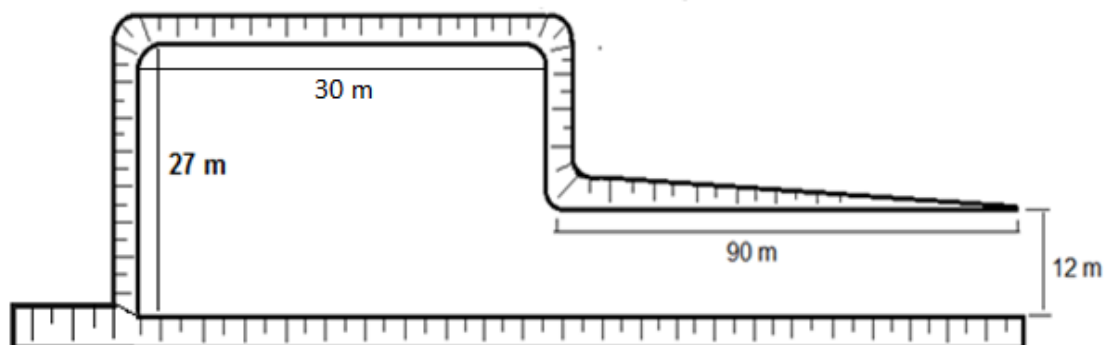


Figura.D.2 Diseño en vista superior de la semitrincheras de acceso y la trinchera de corte

Anexo D.3 Perfil longitudinal de la semitrinchera de acceso y la trinchera de corte

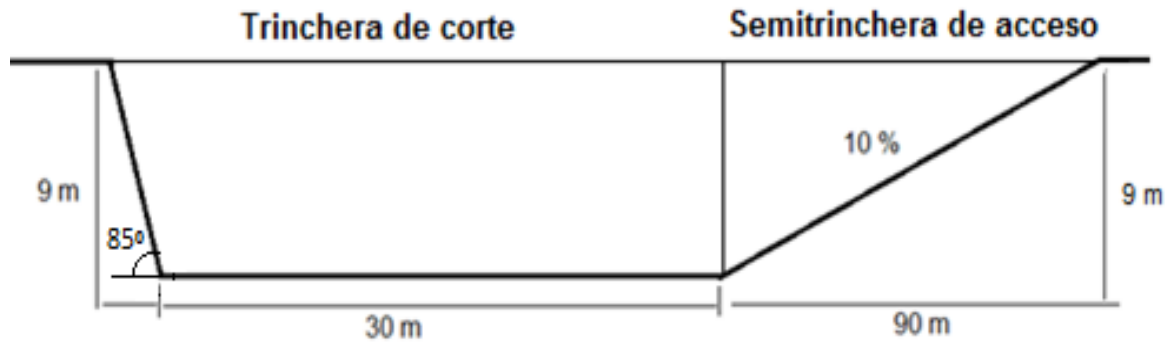


Figura.D.3 Diseño en perfil longitudinal de la semitrinchera de acceso y la trinchera de corte

ANEXOS E. TRABAJOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Anexo E.1 Vista superior de la disposición de los taladros en la semitrinchera de acceso

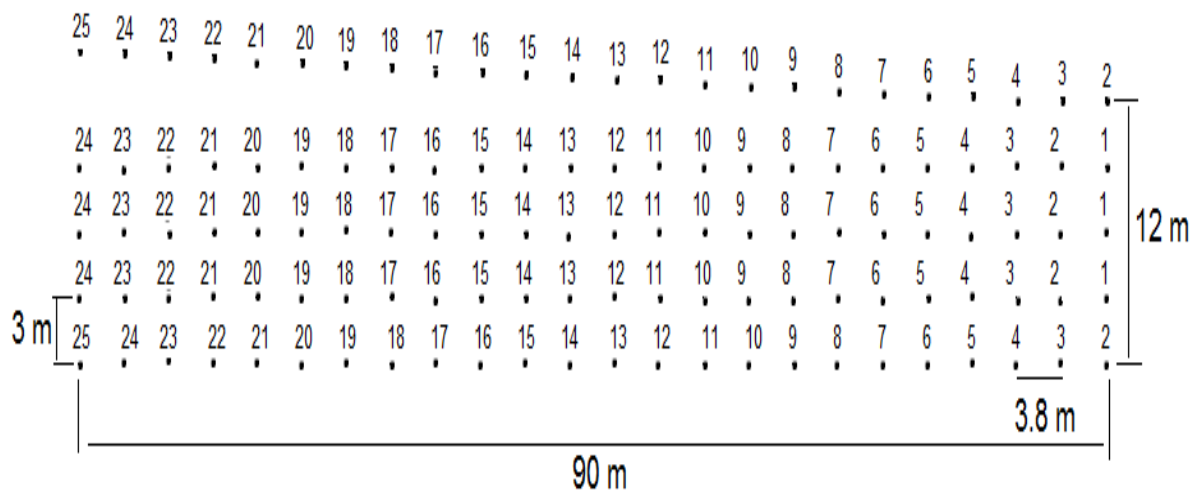


Figura.E.1 Vista superior de la disposición de los taladros en la semitrinchera de acceso

Anexo E.2 Perfil transversal de la disposición de los taladros en la semitrinchera de acceso

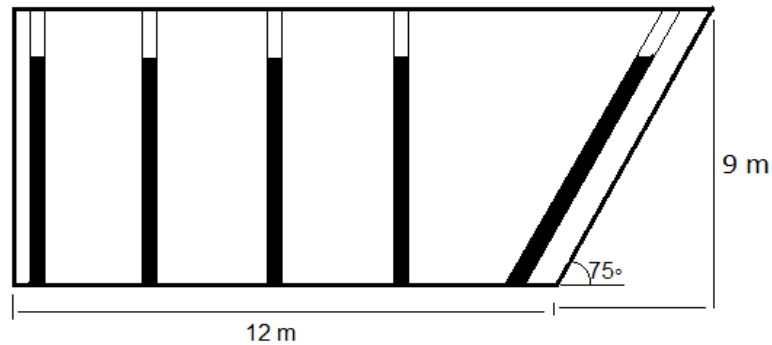


Figura.E.2 Diseño en perfil transversal de la disposición de los taladros en la semitrinchera de acceso

Anexo E.3 Perfil transversal y vista superior de la disposición de los taladros en la trinchera de corte y modelo de dimensión de bloques

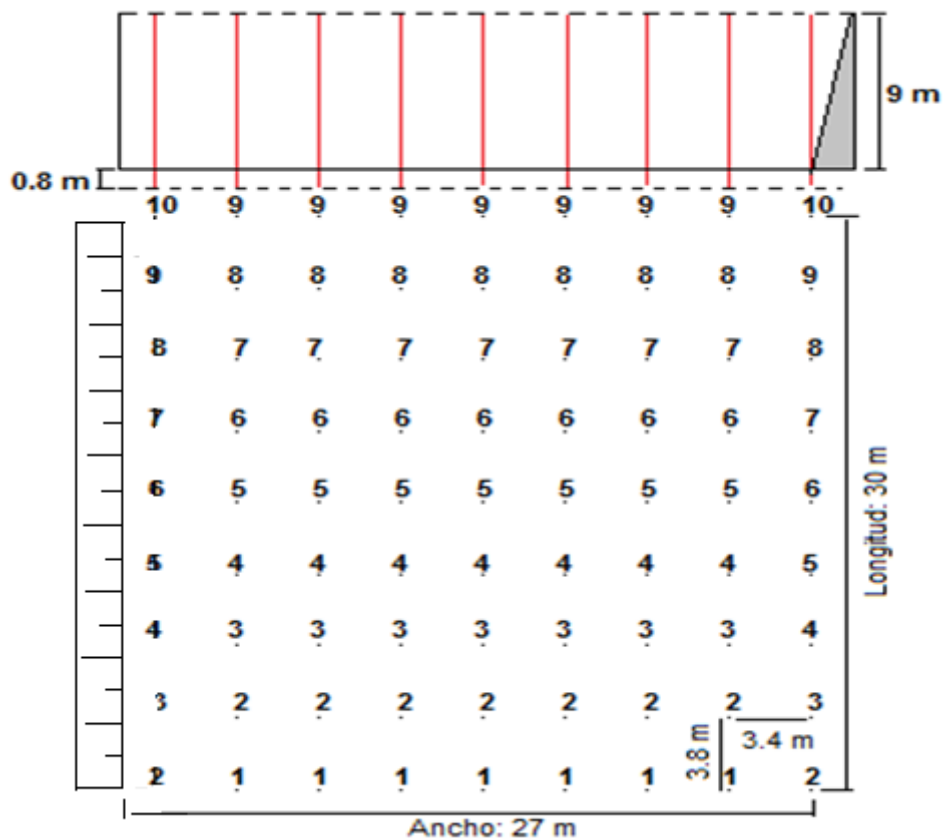


Figura.E.3 Diseño en perfil transversal y vista superior de la disposición de los taladros en la trinchera de corte y modelo de dimensión de bloques

ANEXOS F. PLANO FINAL GENERAL

Anexo F.1 Plano final general con los diseños realizados en el proyecto

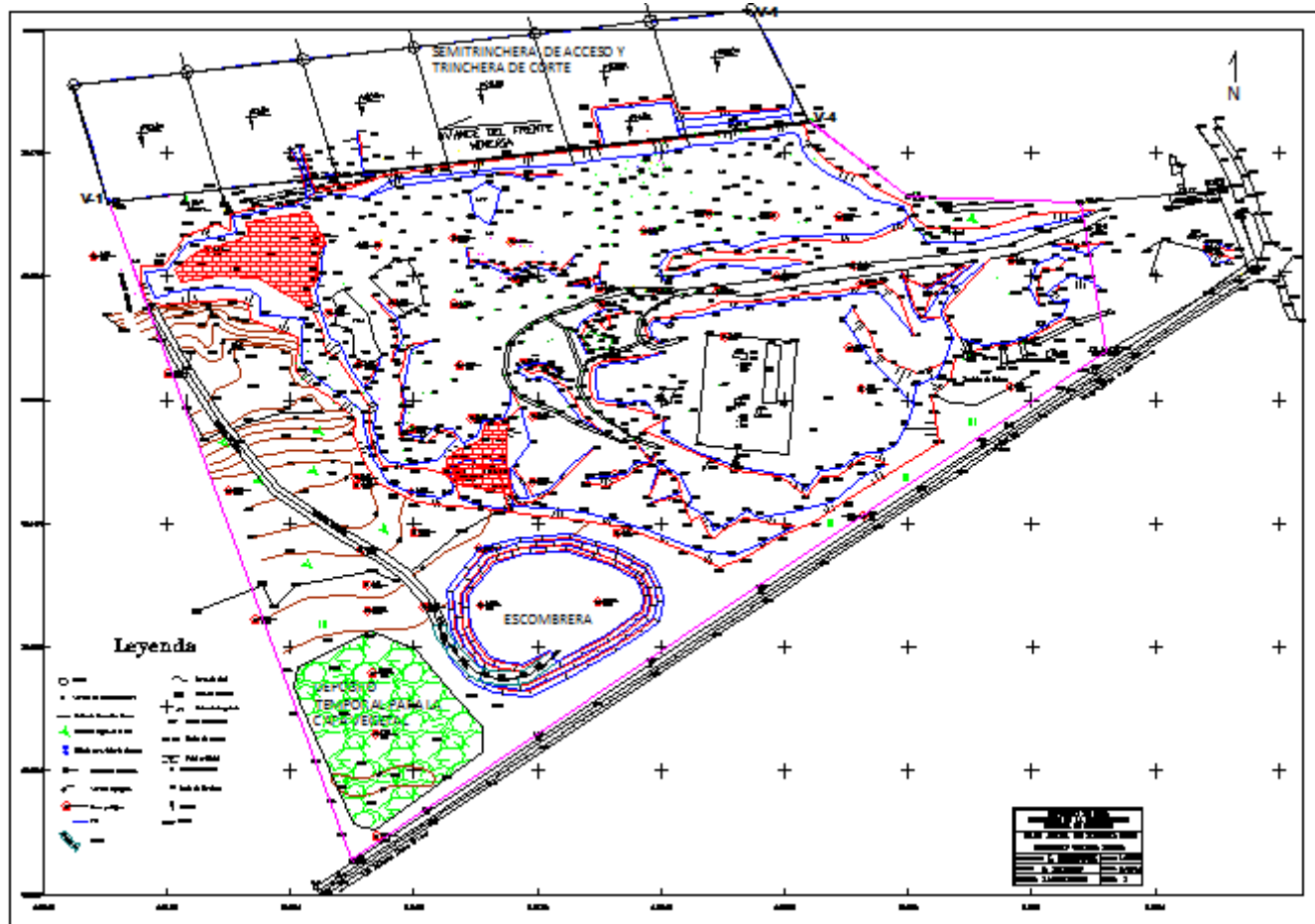


Figura.F.1 Diseño en plano con los diseños realizados en el proyecto

Escala: 1:1000