

*Trabajo de Diploma en
opción al título de Ingeniero
en Minas*

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE
CALIZAS MOGOTE SAN NICOLÁS**

Autor: Abel Pedro Adão Mateus

Curso: 2018-2019

“Año 61 de la Revolución”

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE
CALIZAS MOGOTE SAN NICOLÁS**

Autor: Abel Pedro Adão Mateus

Tutor: Prof. Tit. Dr. C Rafael Rolando Noa Monje

Curso: 2018-2019

“Año 61 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: *Abel Pedro Adão Mateus*

Autor de este Trabajo de Diploma y el tutor _____ certificamos la propiedad intelectual a favor de la Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, hacer uso del mismo en la finalidad que estime conveniente.

Abel Pedro Adão Mateus

Diplomante _____

Dr.C. Rafael Rolando Noa Monje

Tutor _____

AGRADECIMIENTOS

Quisiera primeramente agradecer a Dios por el don de vida que me ha brindado, a mis padres por darme todo su apoyo incondicional y confiar en que este sueño se haría realidad.

Agradecer a mi tutor: Prof. Tit. Dr.C Rafael Rolando Noa Monje y a su familia, a la Directora de la Empresa Geominera del Oriente la Ingeniera Deyvis Rodríguez Mulet y a los ingenieros Oscar y Henri por el apoyo y conocimientos que me aportaron y su preocupación por la realización de este trabajo de diploma, también a todos los trabajadores de la Empresa Geominera del Oriente.

A mi compañero de tesis Inocencio Chipema Daniel Ricai por su ayuda inolvidable en este proyecto y a todos los profesores del ISMMM, en especial a los del departamento de Minería por sus consejos y apoyo durante toda mi vida universitaria.

A mi novia María Antonia Gaínza Montero, mi suegra Ana María Montero Céspedes y toda su familia por el apoyo y ayuda que me han brindado.

A mi mejor amiga y colega Rosa María Paz Sao "*Bichito*" por su ayuda siempre cuando la consultaba y su amistad.

Al gobierno Angolano por confiar en mí y darme la oportunidad de llegar a ser un profesional. A la Revolución Cubana, al pueblo cubano y a nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma primeramente a Dios por haberme permitido cumplir una de las metas más importantes en mi vida, a mis padres Pedro Manuel Mateus y Angelina Manuel Adão por su enseñanza, instrucción, orientación, educación y por ser mi fuerza conductora en ese trayecto, a sus apoyos y amor incondicional hasta cuando no lo merecía, también a todos aquellos que me impulsaron a llegar hasta aquí, y a todos visibles e invisibles que directa e indirectamente me han acompañado en esa jornada.

A mis hermanos:

Jacinto Pedro, Manuel Pedro, y García Pedro

A toda Familia “Massango y Mateus”

A mis compañeros de aula y amigos en Cuba.

DEDICATORIA

“En memoria de mi hermano menor, Isidro “Poke”,

Mi tío, Eugenio “Nguito”

Mis Amigos “Augusto Jorge “Gugu” y

Edson Palaya”

PENSAMIENTO

“En el pueblo hay muchos Camilo, camilo salió del pueblo, tuvo la responsabilidad de potenciar y desarrollar sus extraordinarias facultades; pero cuando veo a nuestros jóvenes al pie de un torno, al pie de un horno de fundición, cuando veo los veo en un laboratorio, cuando los veo trabajando 10, 12, 13 y 14 horas, me confirmo que en el pueblo hay muchos Camilo”



Fidel Castro Ruz, conmemoración del XXX aniversario de la desaparición física de Camilo Cienfuegos, e Lawton, ciudad de La Habana, el 28 de Octubre de 1989

“Tengo fe en este despertar formidable de nuestro continente. Tengo fe absoluta en el futuro de este continente. Tengo fe y puedo afirmar aquí que tengo la seguridad de que el futuro de América será un futuro muy distinto de lo que ha sido hasta hoy. Todo depende de nuestra fe, todo depende de nuestro propio esfuerzo, todo depende de nosotros mismos”

Fidel castro Ruz



RESUMEN

En este trabajo se confeccionó el proyecto de explotación del yacimiento Mogote San Nicolás, que permite suministrar material de construcción y pienso para la cría de animales en la provincia de Santiago y de otras provincias de Cuba. La metodología utilizada parte de un estudio detallado del yacimiento, teniendo en cuenta las características geológicas, hidrogeológicas, la tectónica, morfología y propiedades físico – mecánicas del mineral, y las reservas con las que cuenta el yacimiento. Seguidamente la selección del equipamiento minero necesario, el cálculo de la productividad así como de los parámetros de explotación. Se realizó el cálculo de los trabajos de perforación y voladura, la organización del plan calendario para su explotación y la valoración económica de las actividades fundamentales; el análisis del impacto medioambiental, el cumplimiento de las medidas de seguridad y salud en el trabajo para la protección del personal en el yacimiento. El resultado del costo por m³ de mineral extraído es de 120.00 \$/m³.

Palabras Claves: Proyecto, yacimiento, explotación, perforación, fragmentación, propiedades físico-mecánicas y mineral

ABSTRACT

The present work has the subject to make the project of deposit Mogote San Nicolas exploitation, that it allows supplying construction material and food for animals for Santiago de Cuba and others provinces in Cuba. The utilized methodology departs from of a detail survey the deposit, taking the characteristics into account hydrogeological, tectonics, morphology and physical properties – mechanics of the mineral, as well as the stock that you count the deposit with. Straightaway the mining necessary equipment's selection, the calculation of productivity and the parameters of exploitation. The calendar for his exploitation and the cost-reducing assessment of the fundamental activities accomplished the calculation of the works of perforation and fragmentation, the organization of the plan itself; the analysis of the environment impact, the fulfillment of the measures of certainty and on-the-job health for the protection of the staff of the quarry. The result of the cost for m³ of extracted mineral comes from 120.00 \$/m³.

Key Words: Project, deposit, exploitation, perforation, fragmentation, physical properties – mechanics and mineral.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO	5
I.1 Ubicación geográfica del yacimiento	5
I.2 Clima	7
I.3 Relieve	7
I.4 Desarrollo Socio - Económico	8
I.5 Geología del yacimiento	9
I.5.1 Litología.....	10
I.5.2 Características hidrogeológicas del yacimiento.....	11
I.5.3 Tectónica.....	12
I.5.4 Condiciones de yacencia del mineral	12
CAPÍTULO II. DISEÑO DEL PROYECTO DE EXPLOTACION PARA EL YACIMIENTO DE CALIZAS MOGOTE SAN NICOLAS	13
II.1 Productividad anual y tiempo de vida útil del yacimiento	13
II.2 Trabajos topográficos	18
II.3 Labores de desbroce y destape	19
II.4 Equipamientos técnicos mineros existentes en la empresa	23
II.5 Métodos y sistema de explotación	23
II.6 Trabajos de perforación y voladura	27
II.7 Caminos mineros	37
II.8 Orden de ejecución de las labores mineras	38
CAPÍTULO III. PARTE ECONÓMICA Y MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN LA CANTERA MOGOTE SAN NICOLAS	43
III.1 Determinación de los costos	43

III.1.1 Gastos que se prevé registrar	44
III Medio Ambiente	48
III.5 Medidas correctoras.....	51
III.6 Plan de rehabilitación del medio ambiente dañado	52
III.7 Plan de seguimiento y control	53
III.8 Presupuesto para los trabajos de rehabilitación	53
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. 1 Área de la concesión.....	5
Tabla I. 2 Resultados de la granulometría.....	11
Tabla II. 1 Propiedades físicos-mecánicas de las rocas.....	14
Tabla II. 2 Sustancia explosiva y medios.....	29
Tabla II. 3 Características de la sustancia explosiva.....	29
Tabla III. 1 Gastos por concepto de combustible (Gc).....	44
Tabla III. 2 Gastos totales por concepto de neumático (Gn).....	45
Tabla III. 3 Gastos totales de mantenimiento (Gm).....	45
Tabla III. 4 Gastos por concepto de salario	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de la ubicación geográfica del área de la concesión de la cantera.	6
Figura 1.2 Vista del relieve de la localidad "Mogote San Nicolás.....	7
Figura 1.3 Desarrollo de carsificación y presencia de cavernas.....	10
Figura 2.1 Ubicación del pozo número 30.....	27
Figura 2.2 Pasaporte de perforación y volaudra.....	37

INTRODUCCIÓN

En la última década la minería ha obtenido un gran desarrollo, cumpliendo un papel muy importante en el aumento del producto interno bruto, dando como resultado un desarrollo de la economía del país que la riga, por tanto es indispensable optimizar la explotación de los recursos no renovables por medio de la investigación de los terrenos donde se encuentra esta actividad y la implementación de planes y tecnologías que permitan una mayor extracción sin pérdidas significativas para la economía del país y sus inversores.

Las calizas son rocas sedimentarias compuestas en forma predominante por minerales de carbonato, principalmente carbonatos de calcio y de magnesio. Los minerales más importantes de las calizas son la calcita y la aragonita, y en las calizas dolomíticas, la dolomita. Las calizas son las más abundantes de las rocas no clásticas.

Constituyen definitivamente la mayor existencia del elemento carbono en la superficie terrestre, o cerca de ella. Gran parte del conocimiento existente acerca de la paleontología de los invertebrados y, en consecuencia, sobre la evolución de la vida y la historia de la tierra, procede del estudio de los fósiles contenidos en estas rocas. Aunque el término caliza se emplea en el sentido general señalado con anterioridad, se refiere específicamente a las rocas de carbonato en las que predomina el mineral de calcita, CaCO_3 .

El diseño minero es una herramienta fundamental que se aplica en las unidades de producción de empresas mineras, con el fin de entender, controlar y mejorar los procesos productivos propiciando mejores ganancias, un mayor desarrollo sostenible y un adecuado manejo del medio ambiente, para lograr esto se debe de evaluar la situación actual de la mina donde se realizará el proyecto y de esta manera conocer los estados, debilidades y fortalezas existentes, con el fin de evaluarlas y someterlas a un diseño.

La explotación del yacimiento de calizas Mogote San Nicolás se realiza a cielo abierto, y se dedica a la producción de áridos para la construcción de obras locales y de otros lugares del país.

Para la extracción del yacimiento Mogote San Nicolás, se necesita un proyecto de explotación minero, que se adecue con las propiedades del macizo rocoso para el desarrollo del mismo; es por eso que se desea evaluar un escenario que cumpla con un alcance de explotación máxima de más de 10 años, que es lo que planifica la Empresa Geominera Oriente, titular del área de la concesión, ya que esta es una estimación previa de las reservas que podrían existir en dicha concesión.

La explotación del yacimiento Mogote San Nicolás, durante mucho tiempo se ha desarrollado sin el diseño de un proyecto que se vincule a las condiciones reales de desarrollo en la explotación de este, además no se ha tenido en cuenta las condiciones técnicas de los medios y equipos que intervienen en la explotación, ni se ha manejado una evaluación actualizada que permita conocer el estado actual de las reservas y las características del yacimiento desde el punto de vista geomecánico y económico, que permitan relacionar los diferentes parámetros que caracterizan e intervienen en este proceso, es por ello que se plantea el siguiente problema:

Problema: Necesidad de diseñar el proyecto de explotación para la extracción racional y eficiente de las reservas minerales del yacimiento Mogote San Nicolás, en el municipio Mella, Santiago de Cuba.

Objeto de estudio: Proyecto de explotación del yacimiento Mogote San Nicolás.

Campo de acción: Yacimiento Mogote San Nicolás.

Objetivo General: Confeccionar el proyecto de explotación del yacimiento de calizas Mogote San Nicolás, que permita extraer las reservas minerales existentes de forma óptima.

Hipótesis: Si se realiza la caracterización ingeniero-geológica del yacimiento, se determinan los parámetros del proceso tecnológico a desarrollar durante la extracción del yacimiento, se realizan los cálculos económico y se especifican las medidas para disminuir el impacto ambiental que garantice la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación, se puede diseñar un proyecto para la explotación del yacimiento Mogote San Nicolás, que permita la extracción racional y eficiente de las reservas minerales.

Objetivos específicos:

1. Realizar la caracterización ingeniero-geológico del yacimiento Mogote San Nicolás.
2. Determinar los parámetros del proceso tecnológico durante la explotación del yacimiento Mogote San Nicolás.
3. Calcular los parámetros económicos necesarios.
4. Proponer las medidas de prevención para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación del yacimiento.

Métodos de la investigación científica

Los principales métodos de la investigación científica empleados para dar solución al problema de la investigación, se exponen a continuación:

Empíricos:

La observación, para el conocimiento de las características fundamentales del objeto.

Compilación: permite reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

Teóricos:

Fue utilizado para la interpretación conceptual de los datos empíricos; haciendo uso del análisis y síntesis en el estudio de las partes del objeto y para comprender su comportamiento como un todo.

Dentro de los métodos teóricos también se utilizó la inducción y deducción como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.

- Hipotético-Deductivo: para la formulación de la hipótesis y luego, a partir de inferencias lógicas-deductivas, se arriba a conclusiones particulares que posteriormente se pueden comprobar.
- Método histórico-lógico: para analizar la trayectoria tecnológica de la mina y sobre el tema. se utilizó para la revisión y análisis de los documentos y definir los principales antecedentes investigativos sobre el tema y la cantera “Mogote de San Nicolás”.
- Deductivo-Inductivo: para la identificación de los principales indicadores que inciden en la evaluación de los parámetros de la cantera.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO

INTRODUCCIÓN

Para la realización de los trabajos mineros y fundamentalmente la extracción o explotación de los yacimientos de materiales de contriucción se hace necesario una caracterización general del lugar donde se proyectan estas labores. Se debe partir de conocer generalmente las características ingeniero - geologica de la zona donde se realizarán los emplazamientos, conociendo primeramente el desarrollo socio-economino de la region las vias de comunicación, las características o tipo de litologia de las rocas así como el comportamiento de los recursos minerales a extraer.

I.1 Ubicación geográfica del yacimiento

El área de estudio se ubica a unos 10 km al noreste del municipio Mella, en la provincia Santiago de Cuba, y a 2 km al sur oeste en el poblado de Palmarito de Cauto. Ocupa una superficie aproximada de 1.7 hectáreas, dentro del área concesionada (se localiza en la hoja cartográfica 5076 - IV a escala: 1: 50 000 de Santiago de Cuba), está delimitada conforme a las coordenadas Lambert, cuyos vértices se presentan en la tabla I.1.

Tabla I. 1 Área de la concesión

vértice	x(m)	y(m)
1	597 500	184100
2	597900	184100
3	597900	183800
4	597500	183800
5	597500	184100

Límites:

El yacimiento de calizas Mogote San Nicolás, limita al norte y al oeste con la provincia Holguín (municipio Urbano Noris), al este con el municipio San Luís y nuevamente con Holguín (Mayarí), al sur con los Municipios Palma Soriano y San Luís. Está situado Santiago de Cuba. (Como se ve en la figura 1.1).

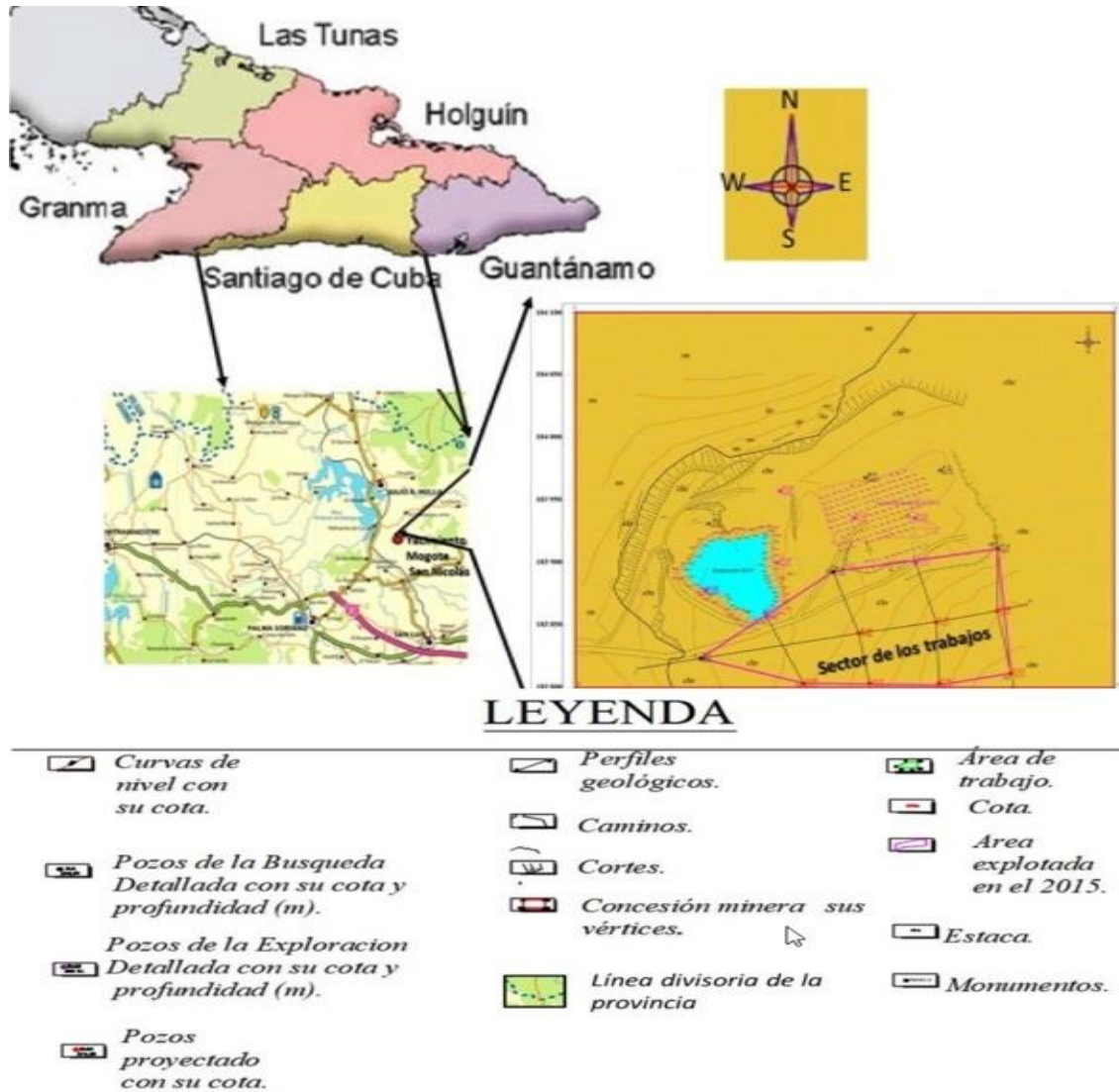


Figura I.1 Esquema de la ubicación geográfica del área de la concesión de la cantera. (Ojeda, 2012)

I.2 Clima

Generalmente, la temperatura media anual está cerca de los 26°C, las oscilaciones térmicas son evidentemente más amplias que la de los litorales y aún que la de los interiores de Cuba, por el hecho geográfico de estar dentro del espacio de mayor área continental del país, es decir, a la de mayor distancia de las costas marítimas; esto determina días más calurosos y noches más frías.

Las precipitaciones responden en mayor o menor medida al ritmo anual de los campos centrales y de las llanuras de Cuba, acumulándose un total anual de 1100 milímetros de lluvias, lo que permite debido a la temporada en que caen y su distribución, excelentes cosechas de caña de azúcar y otros cultivos.

I.3 Relieve

El relieve del área está formado por elevaciones en forma de mogotes, con cotas entre 250 m y 300 m sobre el nivel medio del mar (snmm), presentando hacia el oeste una ladera abrupta en forma de paredón con más de 30m de altura, mientras que hacia el sureste es menos escarpada y más accesible, aunque presenta gran inclinación. En la figura 1.2 se ilustra la elevación de Mogote.



Figura I.2 Vista del relieve de la localidad "Mogote San Nicolás. (Ojeda, 2012)

I.4 Desarrollo Socio - Económico

Los asentamientos poblacionales urbanos, aparte de la cabecera municipal que es Mella, son: Mangos de Baraguá, Palmarito de Cauto, Regina y 21 de Abril, y como asentamientos rurales de mayor importancia: El Diez, El Way de Mella, Pinalito, El Mijjal, El 43, La Cantera y El 95.

En este municipio se concentra el 3.3 % de la población total de la provincia, con 35 309 habitantes y tiene una densidad poblacional de 106.3 habitantes/km² y un índice de masculinidad de 106 varones por cada 100 hembras.

El desarrollo social del territorio continuó en ascenso, mejoraron los indicadores de salud, educación, deporte, cultura y en la década de los años 70 fueron superiores, aunque no satisfacían totalmente las necesidades, careciendo aún de unidades de distribución y establecimientos de prestación de servicios para la recreación y el disfrute del tiempo libre de la población.

La región se caracteriza por una economía basada principalmente en la actividad azucarera en el cultivo, corte manual y mecanizado de la caña de azúcar y agropecuaria. Esta actividad se desarrolla en la empresa Azucarera Julio Antonio Mella, que posee una norma potencial de 600 000 arrobas diarias, con una planta para refinar el azúcar, además consta con la explotación de los recursos naturales para áridos ligeros y la producción de cal en la planta de Palmarito de Cauto del municipio, y una pequeña industria de derivados de la azúcar para la preparación de vinos, vinagres y otros, también con una planta de fabricación de hielo.

La principal vía de comunicación está basada en la carreta que une a la ciudad de Palma soriano con los pueblos de Palmarito de Cauto, Mella, cueto y el ferrocarril central que pasa cerca de la zona de los trabajos.

El área donde se localiza el yacimiento no está electrificada, la parte sur del mismo con un caserío el cual posee red eléctrica retroalimentado de la red nacional.

Desarrollo de la Industria Minera

Muy cerca del yacimiento caliza Mogote San Nicolás, en la dirección Oeste se desarrolla el yacimiento de zeolitas Palmarito de Cauto y en dirección sur - este el yacimiento de tobas puzolánicas Palmarito de Cauto, utilizados como aditivo en la producción de cemento.

I.5 Geología del yacimiento

El yacimiento está constituido por calizas recristalizadas de color blanco crema, pertenecientes a la formación geológica Charco Redondo de edad Eoceno Medio (P 22), las cuales presentan una estructura masiva y textura organógena - biomorfodetrítica. Su espesor varía entre 5 y 40 m, siendo mayor hacia el Suroeste donde se localiza un corte natural de unos 30 m y revelada también durante la perforación del pozo 9 en potencia de 40 m y disminuye hacia el Noroeste de forma moderada.

La cubierta está poco desarrollada, representada por capa vegetal y arcilla plástica de color pardo rojizo, con abundantes fragmentos de calizas que presentan puntos y vetillas de manganeso, también planos de fracturas manchados de oxidación, dicha cubierta se distribuye en una pequeña franja hacia el oeste del área extendida de Norte a Sur, en potencia de hasta 2.30 m.

Existe gran desarrollo de carsificación tanto en superficie como en profundidad, generalmente en forma de cavernas en ocasiones rellenas de material arcilloso mezclado con fragmentos de caliza y a veces vacías; así como de oquedades y bolsones de arcilla rojiza, plástica como se ve en la figura 1.3 y estas cavernas constituyen intercalaciones estériles en el depósito que podrían provocar afectaciones en la minería y en el proceso tecnológico de la materia prima, independientemente de su calidad en cuanto a su composición química.



Figura I.3 Desarrollo de carsificación. (Ojeda, 2012)

Por debajo de las calizas yacen discordantemente rocas vulcanógenas sedimentarias pertenecientes a la formación Sabaneta de edad Paleoceno Inferior – Eoceno Medio (P11- P22), constituyendo el basamento del depósito, representadas por tobas de color verde, algo alteradas y areniscas tobáceas polimícticas color parduzco. Este contacto se localiza muy cercano al borde Oeste del yacimiento, influyendo en la poca potencia de material útil en la línea de los pozos P-1, P-20 y P-3.

I.5.1 Litología

Las rocas que conforman el depósito son rocas calizas masivas, duras, las cuales no han sido afectadas por la tectónica de forma significativa para la explotación del mismo, solo han sido afectada por agrietamientos post-mineral, estas rocas presentan una marca con valores entre 800 y 1200, siendo los valores más frecuentes de 1000.

Como referencia para la evaluación del comportamiento de las propiedades físico – mecánicas del depósito se asumió el promedio ponderado de los datos de los pozos que conforman el bloque 1C1b, obteniéndose un valor de masa volumétrica seca de 2.56 g/cm³ y saturada de 2.60 g/cm³, absorción de 1.35 %, 12.34 % de triturbabilidad. Los resultados de la granulometría se muestran en la tabla I.2.

Tabla I. 2 Resultados de la granulometría

Índices de Calidad		NC 54-286-1984 Hidrato de Cal. Especificaciones de Calidad			Muestra Tecnológica
		Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	
Oxido de Calcio (CaO) Aprovechable. Min.	%	70	56	40	65-45
Oxido de Magnesio (MgO) Max	%	2	2.5	3	
Dióxido de Silicio (SiO ₂) Max		1	2	5	
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃ + Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃) Max.	%	2	5	7	
Dióxido de Carbono (CO ₂) Min.	%	4	6	8	
Óxidos No hidratados. Max	%	12	16	20	12.5
Humedad. Max	%	3	5	7	0.91
Residuos Insoluble, excepto Dióxido de Silicio (SiO ₂). Max	%	1	2	3	

I.5.2 Características hidrogeológicas del yacimiento

Las condiciones hidrogeológicas del yacimiento son sencillas, hasta la profundidad de investigación (cota 245.0 m), es seco, no se aprecia ninguna corriente hídrica superficial ni subterránea. Todo el volumen de agua se drena por el sistema de grietas y cavernas existentes, es decir ocurre un drenaje natural en el área hacia canales subterráneos más profundos que la cota de investigación.

En la zona del yacimiento no existen corrientes superficiales, para valorar las condiciones hidrogeológicas subterráneas del yacimiento se realizaron observaciones en diferentes zonas del yacimiento y durante la perforación de los

barrenos, donde se comprobó la no existencia de aguas subterránea a la profundidad de estudio desde 0 hasta 30 m como promedio.

I.5.3 Tectónica

El yacimiento no presenta complicaciones relevantes, superficialmente las rocas han sido afectadas por agrietamientos post-mineral, principalmente en dirección Norte, en cuyos planos de fracturas se observa oxidación, existe también agrietamiento paralelo relleno por material arcilloso ferroso, en ocasiones dicho agrietamiento alcanza dimensiones de caverna. Los elementos tectónicos ocurridos no han influido en la génesis del yacimiento y desde el punto de vista de la extracción no inciden en la correcta explotación de la cantera.

I.5.4 Condiciones de yacencia del mineral

Las calizas del yacimiento yacen con estructura masiva en forma de mogote con cotas superiores a 380 m. La potencia se hace mayor hacia el Sureste, donde se localiza un corte natural de unos 30.0 m y disminuye hacia el Noroeste de forma moderada, sin ninguna irregularidad. Hacia la parte Sur se presentan cotas de menor elevación, entre 250 y 290 m, permitiendo una mejor accesibilidad.

CAPÍTULO II. DISEÑO DEL PROYECTO DE EXPLOTACION PARA EL YACIMIENTO DE CALIZAS MOGOTE SAN NICOLAS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordarán las principales tareas correspondientes al diseño de explotación que se aplicará en el yacimiento de calizas Mogote San Nicolás. En él se destacarán los parámetros técnicos de un proyecto de explotación, caracterización del equipamiento a utilizar, esquema de apertura, planificación, organización de la minería y por último cálculo económico.

II.1 Productividad anual y tiempo de vida útil del yacimiento

Para el cálculo de la productividad anual y tiempo de vida útil, se necesitó un estudio de las propiedades de la roca a extraer, la composición química y las características del mineral, para verificar si el mismo es rentable.

Propiedades físicos-mecánicas de las rocas

Por ensayos físico-mecánicos en los bloques se determinaron: masa volumétrica, resistencia a tracción saturada, resistencia a compresión seca, masa volumétrica saturada en estado seco, abrasión y absorción. También se evaluaron pulimentación, brillo y color. Los resultados de los ensayos se presentan en la tabla II.1.

Tabla II. 1 Propiedades físicos-mecánicas de las rocas

Parámetros determinados	Tipo de roca	
	Caliza dura	Caliza blanda
Resistencia a compresión seca (Kgf/cm ³)	565.10	275.30
Resistencia a tracción saturada (Kgf/cm ³) Caliza	307.0	167.20
Masa volumétrica en estado seco (g/cm ³)	2.56	2.50
Masa volumétrica saturada (g/cm ³)	1.20	1.30
Abrasión (%) máx.	37.9	32.88
Abrasión (%) mín.	28.0	28.43
Absorción (%)	1.26	4.2

Características cualitativas de los minerales

El depósito de caliza, que constituye la materia prima del yacimiento presenta buena calidad, ya que químicamente presentan altos contenidos de CaCO₃, generalmente por encima del 95 %, siendo el contenido promedio de 98.22 %. Los valores de contenido del MgCO₃ se comportan por debajo de 1.5 %, los valores de Fe₂O₅ están por debajo del 1.0 %, el SiO₂ generalmente se comporta por debajo de 0.5 %, los valores de contenido de Al₂O₃ están por debajo de 1.0 %.

Se realizó las evaluaciones para establecer la calidad de la materia prima, utilizando 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.

La materia prima se ubica dentro de los carbonatos de calcio de tipo I, grado A.

Mineralización

El área está constituida por calizas de alto contenido de carbonato mientras que la presencia de arcilla perjudicial es mínima, estos resultados permiten afirmar que la materia prima estudiada presenta buena calidad minero técnica. Los resultados obtenidos en este trabajo confirman una mineralización muy buena, con contenidos promedios de CaCO_3 de 98.80%, similar a la obtenidas en los perfiles BD, EO concentrados de CaCO_3 de 97.99% y el recalcu del año 2012 con contenidos de CaCO_3 de 99.81%.

Por otro lado, el bajo contenido de los demás óxidos minoritarios como el Al_2O_3 con valores de 0.17%, SiO_2 con 0.21 %, MgO 0.13 % el MnO de 0.19%, el Fe_2O_3 0.32%, y el SO_3 - 0.10%, nos dicen con certeza que el yacimiento en cuestión está constituido por un solo tipo de materia prima con alta calidad.

Productividad mensual

El propuesto para las operaciones de la cantera será:

De lunes a viernes, un turno de 8h de trabajo, con 6,4h efectivas obtenidas, después de deducidos los tiempos:

- Preparativo conclusivo.
- Interrupciones tecnológicas.
- Servicios.
- Descanso y necesidades personales.

El número de días laborables al año será de 244. El resultado está dado por las siguientes deducciones:

Total de días al año – 365

Menos 105 sábados y domingos.

Menos 6 días feriados.

Menos 10 días por afectaciones climáticas.

Para determinar la productividad y tiempo de vida útil se tuvo en cuenta el Plan de Producción Quinquenal del cual se obtuvo como promedio anual, de **69 807 t** de mineral.

El promedio anual de escombros a extraer para los cinco años, formado por la cubierta y las intercalaciones es de **12 675 t**.

$$P_M = \frac{P_{AMM}}{12}$$

$$P_M = \frac{69807}{12}$$

$$P_M = 5817,3 \text{ t/mes}$$

Donde:

P_{AMM} – Productividad anual de masa minera del yacimiento; t

Productividad diaria (P_d)

$$P_d = \frac{P_{AMM}}{248}$$

$$P_d = \frac{69807}{248}$$

$$P_d = 282 \text{ t/día}$$

Productividad horaria.- (P_h)

$$P_h = \frac{P_d}{hw}$$

$$P_h = \frac{282}{6.4}$$

$$P_h = 44 \text{ t/h}$$

Donde:

Hora efectiva de trabajo.- (hw)= 6.4h

Tiempo de vida útil del yacimiento (T_{vc})

$$T_{VC} = \frac{MM_E}{P_{AM}}$$

$$T_{VC} = \frac{988744}{69807}$$

$$T_{VC} = 14,16 \text{ años}$$

Donde:

Masa minera esponjadas en el yacimiento, (MM_E) 988 744t.

Productividad anual, t / año (P_{AM}).

II.2 Trabajos topográficos

Se ejecutarán con la finalidad de describir la realidad física inmóvil circundante en el área de trabajo, así como plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, garantizando el amarre de las actividades a las coordenadas geodésicas nacionales.

Para la ejecución de estos trabajos, se utilizarán como materiales básicos los datos y área entregada por el proyectista, así como las coordenadas de puntos de la red geodésica nacional creada y certificada por Geo Cuba.

Los trabajos topográficos se ejecutarán sobre la base de las metodologías existentes para cada proceso productivo, logrando durante el desarrollo íntegro del informe obtener criterios evaluativos sobre el cumplimiento de los procedimientos del sistema integrado de gestión implantado, es por ello que durante la ejecución de los trabajos se cumpla la siguiente tarea:

Comprobar a partir del estudio topográfico en el área de interés la información topográfica deseada permitiendo que el levantamiento cumpliera con los parámetros técnicos establecidos en las instrucciones técnicas donde se evaluaron los errores obtenidos y con ellos la calidad del trabajo realizado.

Otros Objetivos:

- Realización de la red topogeodésica (red de apoyo).
- Trazado de los perfiles longitudinales y transversales de acuerdo a las especificaciones solicitadas para los trabajos Geofísicos futuros.
- Levantamiento topográfico a escala 1:500.
- Representación de esquemas de los perfiles transversales y longitudinales (ver anexos 9 y 10).
- Trabajo de Gabinete.

- Dibujo de los planos topográficos.
- Confección del Informe.

II.3 Labores de desbroce y destape

Los procesos tecnológicos de desbroce y destape en muchos casos son procesos que se realizan por separado debido a la cantidad de material que se tienen que extraer y a las características del material; pero en la cantera que se trata, se pueden realizar conjuntamente ya que la potencia promedio a extraer tanto de la capa vegetal y estéril que yacen encima del material útil es de 2,5 metro, estando conformado de arcillas y una pequeña capa vegetal, material que es de fácil arranque con buldócer.

A continuación calcularemos la cantidad de materia que se extraerá en el proceso de desbroce y la productividad de los equipos que estarán sometido en dicho proceso:

Volumen de desbroce

$$V_{desb} = C_v * g_m$$

$$V_{desb} = 18\ 475 * 0.15$$

$$V_{desb} = 2.78\ m^3$$

Donde:

Capa vegetal.- (Cv)= 18 475 m³ (*Este valor es apto hasta el tercer año*)

Granulometría del material.- (gm)= 0.15

Tiempo necesario para el desbroce

$$T_{desb} = \frac{V_{desb}}{2Qd}$$

$$T_{desb} = \frac{2.78}{2 * 282} = 5.1 \text{ días} = 5 \text{ días}$$

Productividad del buldócer en el período de desbroce

$$Q_{exp. desb} = \frac{Q_{desb} * T_b}{4}$$

$$Q_{exp. desb} = Qd * T_b$$

$$Q_{exp. desb} = 282 * 30$$

$$Q_{exp. desb} = \frac{54\,708}{4} = 13.677 \text{ m}^3$$

Cantidad de buldócer necesarios para el desbroce

$$N_{bul. exc} = \frac{V_{desb}}{Q_{exp}}$$

$$N_{bul. exc} = \frac{2.78}{13.677} = 2.32$$

Se utilizará 2 buldócer para las labores de escombrera

Espesor de destape

En esta operación se utilizará el cargador frontal, y el espesor máximo de destape es de 2.5 m (V_{dest}), a continuación, se calculará los parámetros importantes de esta operación.

Tiempo necesario para el destape

$$T_{desb} = \frac{V_{dest}}{2Qd}$$

$$T_{desb} = \frac{2.5}{2 * 282}$$

$T_{desb} = 4,34$; *el destape se hará en 4 días*

Escombrera

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

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

El material estéril extraído durante las labores de apertura y explotación del yacimiento se almacenarán en la escombrera. La escombrera será conformada por el método de plazoleta, en este método las rocas se descargan sobre el área destinada ya conformada para después ser niveladas con el buldócer propuesto a tales efectos.

Operaciones en las escombreras

Las labores de escombreción representan uno de los procesos tecnológicos fundamentales en la explotación de una mina a cielo abierto. Es un proceso de mucho trabajo, y la calidad de este depende en amplio margen el ritmo y el rendimiento económico del trabajo de la mina.

Los gastos de las labores de escombreo en la minería a cielo abierto alcanzan el 12-15 % de los gastos totales de extracción de un m³ de rocas estériles. Absorben alrededor del 25 % de los trabajadores del destape. Durante la planificación y proyección de las labores de escombreo es necesario considerar los siguientes factores:

- La altura del escalón de la escombrera, el ángulo del talud, la velocidad de avance, se establece en dependencia de las propiedades físico – mecánicas de la roca, del método de formación de la escombrera y del relieve del lugar.
- De presentarse indicios de deslizamiento en la escombrera, se suspenderán los trabajos hasta que se determinen las medidas de seguridad y el método de trabajo correspondiente.
- En las escombreras formadas con buldócer la berma deberá tener en todo el frente de descarga una inclinación no menor de 3%, dirigida al borde del talud a la profundidad de la escombrera, y en toda la longitud del borde deberá tener un montículo del mismo material de esta, con una altura no menor de 0.7 m y un ancho no menor de 1.5 m.
- En los trabajos realizados en la escombrera con buldócer, estos sólo podrán acercarse al borde del talud, cuando se desplacen empujando el material hacia la escombrera.

Equipos a utilizar

En las labores de la escombrera se utilizará el buldócer y a veces por fallo o problemas técnicos será reemplazado por el cargador frontal.

Capacidad

La capacidad de la escombrera será dada por el resultado de la sumatoria realizada entre la capacidad del material obtenido en el desbroce y destape, así que quedará:

$$C_{esc} = V_{desb} + V_{dest}$$

$$C_{esc} = 2.78 + 2.5$$

$$C_{esc} = 5.28, \text{ Se construirá la escombrera con capacidad de } 6 \text{ m}^3$$

II.4 Equipamientos técnicos mineros existentes en la empresa

Para la realización eficiente de los trabajos, la unidad empresarial cuenta con los siguientes equipamientos mineros que son medios básicos de la cantera: Un Buldócer DRESSTA, un cargador frontal DOOSAN, una retroexcavadora DOOSAN Giant Solar 500 LC-V, un camión KRAZ 256 B y dos camiones DAEWOO. (ver anexos con las descripciones de los mismo desde anexo 13 – 17).

II.5 Métodos y sistema de explotación

Entre las diferentes clasificaciones existentes sobre los sistemas de explotación, tendremos en cuenta la realizada por el académico ruso V. V. Rzhebski., la cual depende de: método aplicado para la transportación del escombros, forma en que se desarrollara la zona de los trabajos, ubicación de los frentes de trabajo en la cantera, dirección del movimiento de los frentes de trabajo, forma de yacencia, potencia del cuerpo mineral y la zona (yacimiento es horizontal, de poca potencia y en una zona montañosa).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado, el sistema de explotación que se utilizará en este yacimiento es a cielo abierto y el método de explotación aplicado será por un solo banco, con transporte, traslado de la capa vegetal e intercalaciones hacia los depósitos externos, con desarrollo de los frentes de trabajo de forma

longitudinal y transversal, con el movimiento de estos en ambos bordes de la cantera.

Ventajas:

- Mayor seguridad del trabajo y mejores condiciones productivas.
- Mejores índices económicos.
- La productividad del trabajo es superior a tres - siete veces.
- Mayor ritmo de crecimiento de la productividad del trabajo.
- Menores plazos de construcción que conllevan menores gastos específicos capitales.
- Facilita la extracción selectiva, menor pérdida y empobrecimiento.

Desventajas:

- Cierta dependencia de las condiciones climáticas.
- Mayor impacto ambiental (afectación de áreas por minería y escombreras, afectación a las aguas, aire, paisajes y suelos).
- Grandes gastos capitales en cortos plazos de tiempo.
- Mayores movimientos de escombros.

Los parámetros que influyen en estos métodos son:

- Altura del escalón.
- Ángulo del talud de explotación.
- El ancho de la plazoleta de trabajo.

Altura del Escalón

Es uno de los principales parámetros utilizados, tanto para la apertura, como para el sistema de explotación, que influye esencialmente en el trabajo de la cantera.

Para el establecimiento de este parámetro, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Condiciones de yacencia del mineral.
- Parámetros de operación de los equipos mineros.
- Propiedades físico-mecánicas de las rocas.
- Condiciones de trabajo de la retroexcavadora.
- Productividad de la cantera.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros la altura del escalón propuesto es de 5m.

Ángulo de talud de explotación

Ángulo de talud: el ángulo del talud de los escalones de trabajo se determina teniendo en cuenta el carácter de la estratificación y el grado de agrietamiento, el ángulo del talud de trabajo será de 75°.

Ancho de la plazoleta de trabajo

Se considera la suma de los espacios necesarios para el movimiento de los equipos que trabajan simultáneamente en el banco. Cuando la carga se realiza desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma es de 12 m. Si la carga se realiza en el mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora (a nivel de plataforma) y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, para lograr que el ángulo de arranque y carga del mineral sea de 90° como máximo, lo recomendable es que el ancho mínimo de la plataforma sea de 16 m.

Apertura del yacimiento

El objetivo fundamental, es garantizar la comunicación a través de las labores mineros, del yacimiento y la planta de procesamiento, otros lugares fuera del área de la cantera, en la elección del método de apertura influyen:

- El relieve de la zona de los trabajos.
- Las condiciones ingeniero geológicas de yacencia del mineral.
- Las condiciones técnicas de explotación.
- El esquema tecnológico de extracción.

Aunque este yacimiento fue aperturado anteriormente, con una semi-trinchera interna, que avanza en dirección del NO al SE, con cota del piso Nivel + 260 snmm y desarrollo de los frentes de trabajo de N a S y viceversa, con una altura de escalón entre los 2m - 5m, la presencia de arcilla ha conllevado a que las pérdidas mineras estén en el orden del 10%, entre los perfiles EF y GH, por presentarse potencias de arcilla de 0.8m a 2.0m.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, proponemos, realizar una nueva apertura del yacimiento, estimando que las potencias de arcilla se reducen considerablemente, ya que nuestro yacimiento es de poca potencia, profundidad y de yacencia horizontal, con relieve casi llano para la zona donde se construyó la cantera. Se propone realizar la nueva apertura, a través de una trinchera interna, comenzando alrededor del pozo de perforación N^o 30 en la cota +265 snmm como se ve en la figura número 2.1.

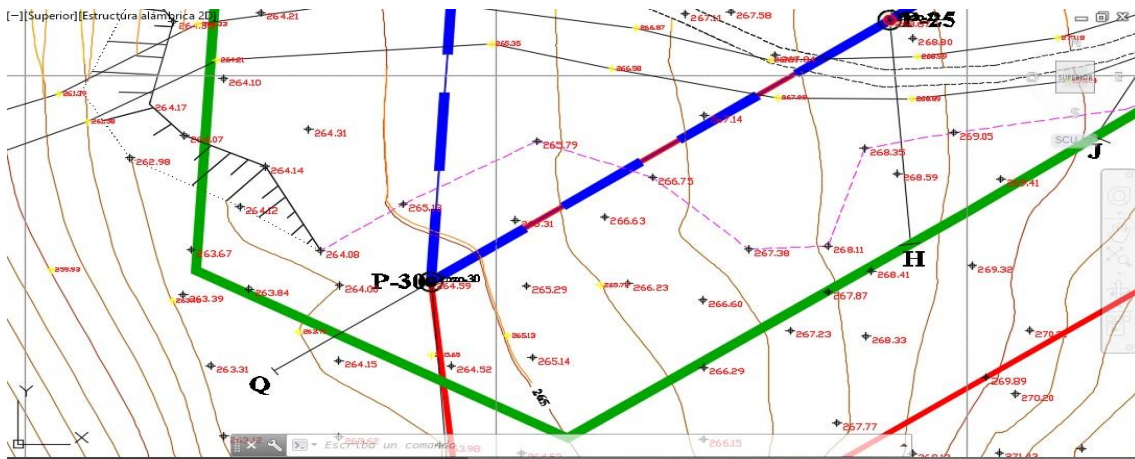


Figura II.1 Ubicación del pozo número 30. (AutoCAD 2016)

La zona se prepararía con el buldócer, para ser barrenada y luego volada, está previsto que las rocas sobre medida sean fragmentadas con la utilización del martillo rompedor, adaptado a la retroexcavadora, la extracción de la masa minera se realizaría con este mismo equipo con el cubo adaptado, El avance de los frentes de trabajo, serán en dirección de E – O, de N – S y viceversa.

II.6 Trabajos de perforación y voladura

La productividad de los equipos (de carga y transporte) y los gastos en los trabajos mineros, dependen en gran medida de la organización y calidad de los trabajos de barrenación y voladura, estos deben asegurar:

- Una buena fragmentación de la roca, que permita la no ocurrencia de interrupciones y una alta productividad y eficiencia en los trabajos de arranque, carga y transporte del mineral.
- La ocurrencia mínima de la acción de la onda sísmica, aérea y vuelo de las rocas que pueda afectar las instalaciones cercanas, el talud de los escalones de trabajo y finales de la cantera.

- Realización de los trabajos mineros de forma segura y económicamente factible.
- Rapidez de los trabajos.

Para poder cumplir con los puntos antes mencionado, previo a la planificación y ejecución de la barrenación y voladura se utilizarán los resultados de la exploración de explotación, además, conjuntamente con la barrenación para la voladura, se realizarán barrenos de mayor profundidad (entre 10 m y 12 m) en la zona de posible presencia de caverna, que después serán rellenados hasta la profundidad de los barrenos a volar, con lo cual determinaremos la existencia de las cavernas, todo esto nos permitirá una mayor seguridad en las operaciones mineras para las personas y el equipamiento.

El campo de aplicación y la efectividad deseada a obtener de las sustancias explosivas (S.E.) en la voladura depende en gran medida de la dureza de la roca, su nivel de agrietamiento y la presencia de agua en el macizo rocoso, es por ello que con el aumento de estos parámetros se hace necesario la utilización de S.E. de mayor potencia y a prueba de agua.

Tipo de sustancia explosiva (S.E.) y medios a utilizar

Durante los trabajos de destape y desarrollo minero realizados anteriormente en el yacimiento fueron utilizadas diferentes S.E., entre ellas el Nitromiel a granel, no obteniéndose una buena fragmentación debido en gran medida al alto nivel de agrietamiento presente en el macizo rocoso y la presencia de cavernas, que llevarán a la pérdida de la S.E. y por ende una baja efectividad de la acción de esta., es por ello que proponemos la utilización de Senatel™ Magnafrac™ como S.E., y los medios Exel Handidet y Exel Conectadet (Ver tablas II.2 y II.3 con las propiedades de los mismos)

Tabla II. 2 Sustancia explosiva y medios

S.E. y Medios	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Peso (g)	Carga Nominal PETN (g/m)	Color	Series (número)	Tiempo Nominal (m/s)
Senatel™ Magnafrac™	32, 85	500	455, 3125.	-	-	-	-
Exel Handidet	-	-	-	-	-	-	De 0 a 200
Exel Conectadet	-	-	-	-	-	0,9,17,25,42, 50,65,100,130	-

Tabla II. 3 Características de la sustancia explosiva

Parámetros	UM	Senatel™ Magnafrac™
Densidad de carga	g/cm ³	1.10 – 1.20
Rango de velocidad de detonación	Km/s	2.7 – 6.1
Volumen de los gases	m ³ /kg	0.783
Resistencia al agua	-	Excelente
Trabajo ideal (energía)	kcal/kg	740
Fuerza relativa en peso	%	107

Está previsto que los trabajos de Barrenación y Voladura serán contratados a terceros.

Características minero – tecnológicas y clasificación de las rocas de la Cantera:

- Coeficiente de fortaleza según M. M. Protodiaconov: $f = 8$
- Según la voladura las rocas pertenecen al grupo: VIII
- Según la categoría de los bloques pertenecen al grupo: III

- Según la dificultad de excavación pertenecen a la categoría: IV

Teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánicas y las características minero-tecnológicas de la roca y el mineral proponemos:

Para el arranque de la roca en el macizo, barrenar a 85 mm de diámetro y las rocas sobre medida obtenidas, después de la voladura, en lo fundamental fragmentarlas utilizando el martillo rompedor adaptado a la retroexcavadora. Y en ocasiones barrenar la roca a 32 mm y cargarla con S.E.

Cálculo de los parámetros de los trabajos de perforación y voladura

Para la voladura primaria, el bloque se barrenara, teniendo en cuenta, su altura y estabilidad del talud, entre otros parámetros, realizando barrenos, con inclinación de 70°, paralelos al talud del escalón, reduciendo la línea de menor resistencia (ω), logrando una superficie horizontal en el nivel inferior sin repies que impidan el avance del cargador o la retroexcavadora en el frente de trabajo.

El mineral barrenado y volado, será cargado y transportado a la Planta para su posterior trituración, es por ello, que los fragmentos obtenidos, deben ser menor de 300 mm en su gran mayoría, ya que la abertura de la boca del triturador de mandíbulas es de 300 mm.

Uno de los principales parámetros es el barreno a volar, que está formado por los siguientes indicadores: longitud del barreno (l_b); diámetro del barreno (d_b); y el ángulo de Inclinación del barreno (β).

La longitud del Barreno (L_b) se determina de la siguiente fórmula:

$$l_b = \frac{1}{\text{sen } \beta} (A_E + l_{sp}); \text{ m}$$

$$l_b = \frac{1}{\text{sen } 70} (5 + 1.08) = 6.5 \text{ m}$$

Donde:

β – Angulo de inclinación del barreno, - $\beta=70^0$; $\text{Sin } 70^0 = 0.9397$

A_E – Altura del escalón a volar,- $A_E = 5 \text{ m}$

l_{SP} – longitud de sobre perforación, - $l_{SP} = 1.08 \text{ m}$

La longitud de sobre-perforación (l_{SP}), necesaria para lograr una buena fragmentación en el pie del escalón, se determina de la siguiente fórmula:

$$l_{SP} = (10 - 15) * d_B; \text{ m}$$

El valor menor se toma para las rocas blandas y el superior para las rocas duras, en nuestro caso estamos en presencia de una roca dura, pero de alto nivel de agrietamiento, es por ello que, tomamos – 12 y diámetro de los barrenos (d_B) – 0,09

$$l_{SP} = 12 * 0.09$$

$$l_{SP} = 1.08 \text{ m}$$

Entonces, sustituyendo tenemos que:

$$L_B = 1.08 * 6.5$$

$$L_B = 7.02 \text{ m.}; \text{ tomaremos, } L_B = 7\text{m}$$

La longitud del relleno (l_R) o tapón en el barreno, debe ser bien compactada y con la suficiente longitud, que asegure, el mínimo vuelo de las rocas y acción de la onda aérea en la zona de los trabajos, se determina de la siguiente fórmula:

$$l_R = (20 - 35) * d_B; \text{ m}$$

El valor superior se toma para las rocas altamente agrietadas y el valor inferior para rocas casi monolíticas, en nuestro caso estamos en presencia, de rocas duras pero muy agrietadas, es por ello, que el valor elegido fue de $\approx 27 \text{ m}$

$$l_R = 27 * 0.09$$

$$l_R = 2.43 \text{ m}; \text{ tomaremos, } l_R = 2.4 \text{ m}$$

A continuación determinaremos la longitud de la sustancia explosiva en el barreno (l_{SE}), a través de la siguiente fórmula:

$$l_{SE} = L_B - l_R \sim = (0.6 - 0.85) L_B = (0.65 - 1.0) AE, \text{ m}$$

$$l_{SE} = 6.4 - 2.4 = 4.0 \quad (0.63) * 7 = 4.0, \quad (0.8) * 5 = 4.0$$

$$l_{SE} = 4.0 \text{ m}$$

Determinada la longitud de la S.E. (l_{SE}) en el barreno, calculamos el contenido de esta en 1m de barreno (p), a través de la siguiente fórmula:

$$p = 7.85 * d_B^2 * \Delta; \text{ kg/m}$$

Donde:

Δ – densidad de la S.E. en el barreno, kg/dm^3 . Cuando la carga se realiza manual o de forma mecanizada, presenta el siguiente rango: $\Delta = 0.9 - 1.0 \text{ kg/dm}^3$

$$p = 7.85 * (0.9)^2 * 0.983$$

$$p = 6.25 \text{ kg/m}$$

Obtenido el valor de p . calcularemos la cantidad de S.E. en un barreno Q , a través de la siguiente formula:

$$Q = q * W * a * H; \text{ kg}$$

Donde:

q- gasto efectivo de S.E.; kg/m³

W- línea de menor resistencia; m

a- distancia entre barrenos de una misma fila; m

H- altura del escalón; m

En cuanto a **q**, existen fórmulas para calcular la proyectada y la real, proponemos tener en cuenta la obtenida de experiencias prácticas de voladuras anteriores.

$$q = \frac{qrSE}{Vrv}; kg/m^3$$

Donde:

q_{rSE} – gasto real de S.E. en el barreno; kg (q_{rSE} = N° C.* p_C)

V_{RV} – volumen de roca volada por barreno; m³

N° C –cantidad de cartuchos en el barreno; u

p_C – peso de un cartucho; kg

b- distancia entre filas de barrenos, b=3m, ya que la red de barrenación a aplicar será cuadrada o en forma de tablero de ajedrez.

$$q_{rSE} = 8 * 3.125$$

$$q_{rSE} = \mathbf{25.0 kg}$$

$$V_{RV} = a*b* L_B; m^3$$

$$V_{RV} = 2*2*6.4$$

$$V_{RV} = \mathbf{25.6 m^3}$$

$$Qq = \frac{25.0}{25.6} = 0.98 \text{ kg/m}^3$$

La línea de menor resistencia (w), la calcularemos de la siguiente forma:

$$w = \frac{\sqrt{0.56 * p^2 + 4 * m * q * p * H * Lb} - 0.75 * p}{2 * m * q * H}$$

Donde:

m- distancia relativa entre barrenos, de 0.8 – 1.6, el valor menor está relacionado con las rocas duras y muy duras, difíciles de fragmentar por la acción de la voladura, el valor superior se aplica a rocas semi-duras, fácil de fragmentar por la acción de la voladura, para nuestro caso, m= 0.8

$$W = \frac{\sqrt{0.56 * (6.25)^2 + 4 * 0.8 * 0.98 * 6.25 * 5 * 6.4} - 0.75 * 6.25}{2 * 0.8 * 0.98 * 5}$$

W = 2.54 m; tomaremos **W=2.5 m**

$$a = m * W$$

$$a = 0.8 * 2.5$$

$$a = \mathbf{2.0 \text{ m}}$$

Entonces, sustituyendo tenemos:

$$Q = 0.98 * 2.5 * 2 * 5$$

Q = 24.5 kg., tomaremos, **Q= 25.0 kg**

Obtenido este parámetro, calcularemos el espacio o longitud (l_{se}) que ocupa la carga en el barreno, a través de la siguiente formula, cómo forma de verificar, el resultado obtenido anteriormente:

$$l_{se} = \frac{Q}{p}$$

$$l_{se} = \frac{25}{6.25}$$

$$l_{SE} = 4.0 \text{ m}$$

Previo a la ejecución de los trabajos de barrenación y voladura determinaremos la acción que ejercen sobre las edificaciones, equipos y personas la onda sísmica, onda expansiva y vuelo de las rocas.

Determinación del radio de acción de la onda sísmica para las edificaciones:

$$R_s = (1.1 - 1.2) K_e * \sqrt[3]{Q_{ts}} = 1.1 \times 5 \times \sqrt[3]{280} \approx 35.8 \text{ m}$$

Donde:

R_s : radio de acción de la onda sísmica producto de la voladura.

K_e : coeficiente que tiene en cuenta el tipo de roca donde está asentada la edificación. ($K_e = 5$; para rocas de agrietamiento medio, pág. 123, Libro; Procesos de los trabajos mineros a cielo abierto. – V.V. Rzhabski).

Determinación de la distancia de seguridad por la acción de la onda expansiva sobre las personas y equipos mineros:

$$R_o = kdc \sqrt{Q_{ts}} = 15 * \sqrt{280} \approx 251 \text{ m}$$

Donde:

R_o : Radio de acción peligroso para personas y equipos por la acción de la onda expansiva producto de la voladura.

K_{dc} : Coeficiente que tiene en cuenta la distribución de las cargas en relación con las superficies libres en el bloque ($K_{dc} = 10 - 15$).

Determinación de la distancia de seguridad por el vuelo de algunos pedazos de roca:

$$W = 2.5 \text{ m} \qquad n = 1.0$$

Análogamente es necesario determinar el radio de la zona de peligro durante la voladura de un grupo de cargas, cuyas distancias entre ellas se determinan por la fórmula:

$$a = 0.5 * W * (n + 1); \text{ m}$$

$$a = 0.5 * 2.5 * (1 + 1) = \mathbf{2.5 \text{ m}}$$

Y también con diferentes valores de W pero con iguales índices “n”

Inicialmente para la determinación del radio de la zona de peligro, se toma la W máxima de la serie dada de cargas. Durante la voladura de una serie de cargas con diferentes W en magnitud y con índices de acción de la voladura n, la magnitud de la zona de peligro se determina mediante cálculo.

Para ello de la serie de cargas se selecciona la carga con la W máxima y con su correspondiente valor mínimo de **n**, si este último son varios, las magnitudes de los radios de peligrosidad para las personas y equipos mineros, se determinan por la tabla II.2 y II.3.

Después por la misma, se determinan los radios de las zonas de peligro para las personas y los equipos mineros con el valor máximo proyectado de n y su correspondiente W (si el valor máximo de [n] ha sido tomado para el cálculo de varias cargas con diferentes W).

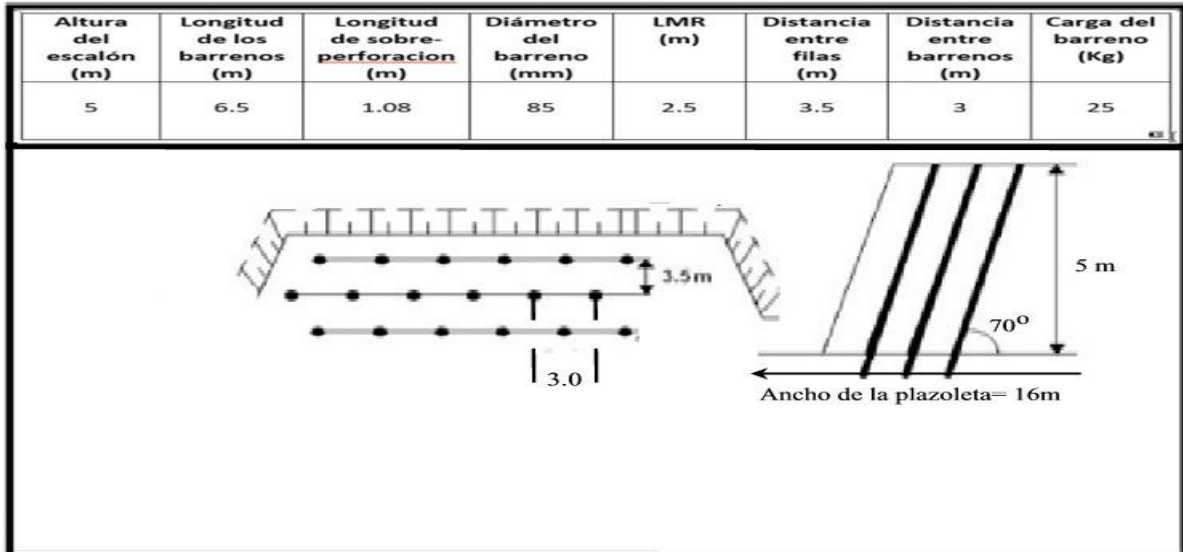
Se toma como el final el mayor de los valores de los radios, obtenido como resultado de tales cálculos previos.

Radio de la zona de peligro para personas → **225 m**

Radio de la zona de peligro para los equipos mineros → **113 m**

Ver el diseño del pasaporte de perforación y voladura el la figura 2.2.

Figura II.2 Pasaporte de perforación y voladura



II.7 Caminos mineros

Los caminos mineros forman parte de las operaciones diarias en las minas, siendo un componente esencial desde el punto de vista de la eficiencia en las operaciones. Para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad.

Una mina es un sistema integrado de procesos, donde el transporte juega un rol fundamental al ser uno de los recursos más costosos, teniendo así gran influencia en el costo operativo.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como la cantidad de equipo que por ella van a transitar, volumen de materia, propiedades del mismo. Permitiendo una adecuada movilidad y comunicación a dentro de la mina y la entrega en la planta de beneficio.

La seguridad de la misma debe ser la premisa básica en cualquier diseño de camino minero, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mínimas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

Los caminos mineros deben cumplir con:

- El camino principal por estar enclavado en una zona montañosa, se prohíbe la circulación de los camiones durante densa niebla e intensa lluvias.
- El ancho de las vías de acceso dependerá principalmente del ancho del mayor equipo que en ella circulara.
- La pendiente máxima permisible en los caminos no debe ser superior al 12%.
- Las curvas en estos caminos tendrán un ángulo de inclinación transversal (súper elevación del 6%, la inclinación se dirigirá hacia el origen del radio de la curvatura).
- En las zonas de mayor peligrosidad de este camino de montaña se deberá proteger con montículos de tierra de 1m de altura, en su borde exterior para evitar la salida de la vía de este y un posible accidente que ponga en peligro la vida del hombre y del equipo.
- Se organizará el riego regular de los caminos con agua con el objetivo de atenuar el polvo.

II.8 Orden de ejecución de las labores mineras

Como se aprecia en los cálculos realizados anteriormente las producciones a realizar por año de masa minera están por debajo de la capacidad instalada en cuanto al equipamiento se refiere, lo que no quiere decir que estas estén subutilizadas, pues en el plan de producción de la unidad están considerados la

extracción y transportación de otras materias primas, tales como, tobas, bentonita, vidrio volcánico y pigmento laterítico.

- **1^{er} Año de Explotación**

En esta etapa las Labores Mineras se realizarán en dos zonas, la primera será, la que abarcara el bloque cercano al Pozo de Perforación, en lo adelante PP-20, específicamente entre los Perfiles Longitudinales ST y OP, el cual fue barrenado y volado con anterioridad.

La extracción de la cubierta y el mineral se realizará con la retroexcavadora, cargando en el camión *Kraz* la cubierta, 1 175 t, que se trasladara al depósito de capa vegetal, a una distancia de 300 m y en los camiones *DAEWOO*, el mineral, 8 262 t que se trasladarán a la planta, a una distancia de 4 km (ver anexo 2).

En este bloque el 40% de las reservas a extraer se encuentran en probadas y el restante 60% en reservas probables.

Los metros de barrenación necesarios a realizar para extraer esa cantidad de mineral será de 8 373 m en el año, en este bloque se extraerán 2 183 t de cubierta y 35 453 t de mineral, los cuales se realizarán en seis campañas con una frecuencia trimestral, con lo que se asegura el mineral necesario para el periodo.

Para acceder a este bloque se construirá un camino temporal, que parte del N+260 y llega hasta el N+274, con una longitud de 164 m, una pendiente del 8.5% y un ancho de aproximadamente 4 m.

Llegado a este punto, se propone la construcción de una trinchera interna temporal, para realizar la extracción con el cargador y los camiones si en un momento determinado hubiese que utilizar la retroexcavadora en la fragmentación de la roca de mineral sobre medida. La trinchera tendrá las siguientes dimensiones:

L=46 m, A_N= 5 m y pendiente -4.3%.

Determinaremos la producción a realizar en los diferentes periodos de tiempo, teniendo en cuenta la productividad de los camiones en la extracción de mineral, capa vegetal e intercalaciones, asumiendo por experiencias prácticas, que esos mismos camiones deberán realizar las producciones antes mencionadas, (ver anexo 18).

- **2^{do} Año de Explotación**

El desarrollo minero en este periodo estará concentrado entre los perfiles transversales IJ y MN y los perfiles longitudinales ST y QR. Para realizar la extracción de la masa minera, previamente, se limpiará y preparará el área con el buldócer para su barrenación, los metros totales a barrenar serán de 12 910 m, que se realizarán en 9 campañas, con lo que se asegurara el mineral necesario para alimentar la planta.

Se extraerán 2 433 t de cubierta, 57 045 t de mineral y 9 871 t de intercalaciones. El movimiento del frente de trabajo será en dirección Este y Sureste, llevando escalones de explotación de 5 m quedando en las reservas probables al final de esta planificación quinquenal, el escalón tendrá una altura entre los 3 m y los 10 m y N+275, lo cual nos permitirá preparar condiciones para continuar con la extracción del mayor volumen de reservas de mineral en categoría probadas.

En la cantera, después de desarrollado el N+275 a su máxima expresión iniciaremos la extracción del mineral y las intercalaciones, con un escalón de aproximadamente 5 m, accediendo al nivel N+272, el piso mantendrá una ligera inclinación de Este a Oeste con lo que se propiciara el desagüe de las aguas producto de las lluvias, aunque también deben evacuarse a través de las grietas y cavernas existentes en el yacimiento. La trinchera interna temporal, construida en el primer año, se desplazará al Sur, como parte del desarrollo minero (ver anexo 18).

- **3^{er} Año de Explotación**

Como parte de la continuidad del desarrollo minero y con el objetivo de tener la mayor cantidad de reservas probadas listas para su extracción, el avance de los frentes se realizará al igual que el primer año en dos zonas, solo con la diferencia de que los frentes se moverán principalmente en dirección Oeste-Este. Entre los perfiles transversales EF e IJ y entre el IJ y el MN, en la primera zona, el nivel del piso de explotación comenzara en el N+260, a partir del perfil transversal IJ el piso de explotación se llevara en el N+267, en esta ocasión se lleva este desnivel, el camino de acceso se desplazara al Sur-Sureste, lo cual asegurara la continuidad del desarrollo minero hasta después del quinto año de explotación. La masa minera prevista a extraer será de 82 090 t, de ellas, 13 210 t de cubierta (con esta se termina la construcción del depósito de capa vegetal), 3 658 t de intercalaciones y 63 901 t de mineral, para lograr mover ese volumen, será necesario barrenar unos 12 026 m, para lo cual, previamente el área deberá ser desbrozada, limpiada y preparada con el buldócer (ver anexo 18).

4^{to} Año de Explotación

Para este periodo la explotación minera mantendrá la misma dirección en el movimiento de los frentes de trabajo (Oeste-Este), que la del año anterior, solo que entre los perfiles transversales EF e IJ, el nivel del piso quedara en el N+260, lo cual nos permitirá, acceder a un mineral casi sin contaminación de arcilla, disminuyendo la perdida y la dilución, por este concepto. El otro frente de explotación estará entre los perfiles transversales IJ y MN, llevando como nivel de explotación el N+267. La masa minera a extraer será de 73 420 t de ellas 35 282 t de mineral y 10 318 t de intercalaciones.

La barrenación necesaria a realizar será de 13 714 m, unos 2 143 barrenos de aproximadamente 6.4 m de profundidad, prevemos preparar durante el año unos 10

bloques, que aseguren reservas probadas y listas para la extracción y la continuidad de la alimentación a la planta. De cumplirse con la planificación minera propuesta, sugerimos comenzar con la elevación de categoría de los recursos geológicos por debajo del N+260 de indicados a medidos (ver anexo 18).

- **5^{to} Año de Explotación**

Para el último año de esta planificación quinquenal, el movimiento de los frentes de trabajo mantendrá la misma dirección que la del año anterior (Oeste-Este) la extracción se concentrará básicamente entre los perfiles transversales IJ y MN, llevando en todo momento como piso de explotación el N+260. La masa minera a extraer será de 80 173 t de ellas 17 144 t de intercalaciones y 63 029 t de mineral, para mover esos volúmenes será necesario barrenar unos 15 254 m, que proponemos realizarlos durante todo el año, divididos en 10 bloques, que serán preparados por el buldócer, barrenados y volados, con lo que se asegurara el mineral necesario para la alimentación a la planta y se dejan las condiciones creadas para continuar con la explotación del yacimiento en los siguientes años, con un escalón de cinco metros por debajo del N+260, de recursos Indicados, que deben ser elevados de categoría en el transcurso del año, a medida que lo permita la explotación minera (ver anexo 18).

CAPÍTULO III. PARTE ECONÓMICA Y MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN LA CANTERA MOGOTE SAN NICOLAS

INTRODUCCIÓN

El indicador fundamental para determinar la efectividad de cualquier proyecto que se ejecuta es el costo de producción de una tonelada por m³ de mineral extraído. Para ello se tienen en cuenta los gastos que se originan durante el desbroce, destape y arranque; así como los gastos en el proceso de extracción del material útil.

El costo de extracción puede disminuirse a partir de la reducción de los distintos gastos que la componen, lo cual se puede lograr con el empleo de:

- Técnicas y tecnologías desarrolladas que permitan elevar la productividad del trabajo.
- Organización óptima de los trabajos que permitan la máxima eficiencia en la utilización de los equipos y recursos humanos.

III.1 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 se debe a las posibles variaciones de los precios de combustible, lubricantes, materiales u otros, cambios de maquinaria y de todas las operaciones establecidas en la cantera que pueden afectar el índice de costo, para ello se deben realizar los cálculos por cada año de explotación para asegurar la viabilidad del proyecto.

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

- Labores de desbroce y destape.

- Labores de carga y transporte.
- Labores de perforación y voladura.

III.1.1 Gastos que se prevé registrar

Gastos de combustible

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

Tabla III.1 Gastos por conceptos de combustible

CALCULO DEL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE Y MATERIALES.														
EXTRACCION Y TRANSPORTACION DE MINERAL														
					1er Año		2do Año		3er Año		4to Año		5to Año	
PRODUCCION ANUAL (t)					43715		57045		63901		61038		32500	
PRODUCTO	U.M.	NORMA DE CONSUMO	PRECIO	IMPORTE	1er Año		2do Año		3er Año		4to Año		5to Año	
					CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
DIESEL	L	0.97	0.83	0.81	42404	35194.95	55333.65	45926.93	61983.97	51446.70	59206.86	49141.69	31525	26165.75
LUBRICANTES	L	0.03	1.7	0.05	1272	2162.58	1660.01	2822.02	1859.52	3161.18	1776.21	3019.55	945.75	1607.78
SUBTOTAL				0.85		37357.53		48748.95	63843.49	54607.88	60983.07	52161.24	32470.75	27773.53
NEUMATICOS 12000 X 20	U	0.00045	373.09	0.17	19.67	7339.33	25.67	9577.31	28.76	10728.37	27.47	10247.70	14.63	5456.44
CAMARAS 12000 X 20	U	0.00045	45.25	0.02	19.67	890.15	25.67	1161.58	28.76	1301.18	27.47	1242.89	14.63	661.78
ACUMULADORES 12 V -180 A	U	0.00035	82.50	0.03	15.30	1262.27	19.97	1647.17	22.37	1845.14	21.36	1762.47	11.38	938.44
GVES. Y CUCHILLAS P/BULLDOCER	U	0.00012	907.50	0.11	5.25	4760.56	6.85	6212.20	7.67	6958.82	7.32	6647.04	3.90	3539.25
RUSTER P/BULLDICER D-85	U	0.00015	128.30	0.02	6.56	841.30	8.56	1097.83	9.59	1229.77	9.16	1174.68	4.88	625.46
SUBTOTAL				0.35		15093.61		19696.09		22063.29		21074.78		11221.36
TOTAL				1.20		52451.14		68445.03		76671.17		73236.03		38994.89

Neumáticos

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

Tabla III. 2 Gastos totales por concepto de neumático (Gn).

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo de neumáticos al año (U)	Costo de neumático (US\$)	Costo Total (US\$)
Cargador	1	-----	-----	-----
Camión	3	2	500	3 000
Cargador	1	2	1000	6 000
Total	5		500	9 000

Mantenimiento

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

Tabla III. 3 Gastos totales de mantenimiento (Gm)

Equipos	Cantidad equipos	Mantenimiento planificado	Costo por hora	Costo total (US\$)
Bulldócer	1	1 785,8	10,62	18 965
Cargador	1	225,6	9,65	2 170
Camión	3	1 658	10,57	52 575
Total	5			73 710

Gastos de perforación y voladura

Estos trabajos son realizados por la Empresa de Servicios Mineros Geólogos (**Explomat**), el costo del servicio es de 5,01\$/m³ de roca volada, entonces se puede determinar que para un volumen de 674 900 m³ de roca in situ el gasto total es de:

$$G_{pv} = V_{roca} \times \text{Costo del servicio}$$

$$G_{pv} = 674\,900 \times 5,01$$

$$G_{pv} = \$ 3\,381\,249$$

Costo del mineral por cada m³ (Cm)

$$C_m = \$ 120,00$$

Tabla III. 4 Gastos por concepto de salario (Gs)

Puesto de trabajo	Cantidad	Salario por hora (\$)	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (h)
Operador del Cargador	1	1,73	337,55	195
Operador del buldócer	1	1,89	1605,65	850
Operador del camión	3	2,21	1925,31	945
Total	5		3 868,51	

Gastos totales durante las labores de extracción

$$G_{ot} = G_s + G_c + G_n + G_m$$

$$G_{ot} = 3868,51 + 52451,14 + 3000 + 73710$$

$$G_{ot} = \$ 133\,029,65$$

Gastos directos generales

$$Gd = Got + Gpv$$

$$Gd = 133\,029,65 + 3\,381\,249$$

$$Gd = \$\,3\,514\,278,65$$

Gastos indirectos de la variante de apertura

$$Gi = Gd \times 0,12$$

$$Gi = 3\,514\,278,65 \times 0,12$$

$$Gi = \$\,421\,713\,438$$

Gastos totales

$$Gt = Gd + Gi$$

$$Gt = 3\,514\,278,65 + 421\,713\,438$$

$$Gt = \$\,3\,935\,992\,088$$

III Medio Ambiente

III.1 Introducción

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 la Tierra de Río de Janeiro con su artículo No.27, la cual dispone que “El estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país”. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

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

La Asamblea Nacional del Poder Popular acuerda en Julio de 1997 creó la Ley No.81 del medio ambiente la cual establece:

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

III.2 Principales regulaciones legales vigentes

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

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

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.

Normas Cubanas

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

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

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

III.3 Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la fase de explotación

La actividad minera a través de los laboreos mineros a cielo abierto introduce a los paisajes naturales, afectaciones al entorno, que gravitan negativamente en este, llevando a un deterioro de todos sus elementos, con una gran pérdida de la calidad del paisaje y daño ecológico en ocasiones irreversible. Es por ello que contamos con el proyecto de rehabilitación minera y la licencia ambiental aprobada para este yacimiento.

Una vez finalizadas las operaciones extractivas parcial o totalmente, se debe proceder a una recuperación de las áreas degradadas, dándoles usos acordes a las características de la zona y así mitigar en gran medida el impacto ocasionado al medio ambiente, lo que consideramos como el objetivo fundamental. Es necesario identificar los factores que dañan este y que a continuación relacionamos.

Identificación de los impactos ambientales que se prevé ocasionar:

Afectación a la flora y la fauna: Durante el proceso de extracción se producirá la tala de árboles y la destrucción de la vegetación existente y con ello la pérdida del hábitat natural de la fauna, lo cual puede ocurrir también por el ruido generado, el cual hace migrar las especies animales que allí existen, el polvo provocado puede impedir la respiración de las plantas, estas afectaciones son de carácter negativo, local y reversibles

Afectación del suelo: Se cambia la morfología de toda la parte afectada, provocando riesgos en la estabilidad del terreno, toda la parte de este, expuesta al proceso minero será destruido, este impacto es negativo, y su recuperación será parcial y reversible a mediano plazo.

Afectación al paisaje: Es una de las de mayor relevancia, por las modificaciones fisiográficas y la pérdida de la calidad del paisaje.

Afectación a la atmósfera: Provocado por la utilización de equipos cuya combustión provocara gases nocivos así como emisión de polvos, estas son de carácter extenso, negativo e irreversible.

Daños auditivos (Ruidos): Provocado principalmente por el traslado de los equipos durante las labores mineras.

III.4 Medidas de mitigación y prevención para los impactos ambientales

- Cumplir estrictamente con lo que establece la licencia ambiental.
- Preservar la capa vegetal para su posterior utilización en la rehabilitación de las zonas minadas.
- Garantizar la no contaminación del suelo, por vertido de combustible y lubricantes, previendo que el Equipamiento Minero este en correcto estado técnico.
- Realizar la construcción y conformación de bermas y taludes según proyecto de explotación minera para su posterior rehabilitación, que minimice los riesgos de deslizamiento de los taludes y facilite el drenaje natural de las aguas superficiales.
- Lograr una integración del conjunto acorde con las características del paisaje natural circundante.

III.5 Medidas corretoras

- Reforestación del área afectada con especies propias del lugar.
- Garantizar la rehabilitación de las áreas laboreadas una vez concluida la extracción.

III.6 Plan de rehabilitación del medio ambiente dañado

El tipo de rehabilitación que se aplicara es la Agrícola-Forestal, con el mismo equipamiento minero, con que se realizará la explotación minera. Con la ejecución de los trabajos de reacondicionamiento del terreno, reforestación y otros que conlleven a la eliminación total o parcial de los daños ocasionados al medio ambiente. El comienzo de los trabajos será a partir de que se lleven a su estado final de explotación sectores de la cantera, lo que quiere decir que no necesariamente habrá que finalizar las operaciones mineras, para comenzar con la rehabilitación.

El orden de realización de los trabajos de rehabilitación será la siguiente:

- Preparación del área donde se construirá el depósito de capa vegetal, con el empleo del buldócer.
- Al inicio de la explotación de la cantera, extracción de la capa vegetal con el buldócer, carga de esta, con el cargador o la retroexcavadora., en los camiones y su traslado al depósito con los camiones.
- Riego de la capa vegetal con el buldócer para su preservación y posterior utilización.
- Finalizadas las operaciones mineras parcial o totalmente en el área de la cantera y la escombrera, se comenzará la rehabilitación de las zonas dañadas con:
 - Explanación y relleno de oquedades, con vistas a la conformación del relieve para el depósito y riego de la capa vegetal.
 - Extracción, carga y traslado de la capa vegetal a las zonas previstas a rehabilitar.
 - Remodelado de taludes, con el objetivo de darle mayor estabilidad y propiciar la siembra de especies presentes en la zona.
 - Después de preparados los suelos en todos los sectores dañados, se procederá a la siembra de especies de rápido crecimiento en una primera etapa y en la segunda

etapa, especies vegetales de alto valor económico o paisajístico como: frutales, maderables, etc.

III.7 Plan de seguimiento y control

Su objetivo fundamental será el de preservar y mantener lo realizado en la Rehabilitación de las zonas dañadas, con las siguientes tareas a desarrollar:

- En la primera etapa de siembra de las especies vegetales, riego de agua con la ayuda de un camión cisterna preparado para estas operaciones.
- Visitas diarias a la zona de los trabajos, para verificar el estado de desarrollo de las especies plantadas.
- Mantener la atención a las zonas rehabilitadas con resiembra en las áreas que así lo requieran.
- Monitoreo de la estabilidad de los taludes de la cantera y la escombrera.

III.8 Presupuesto para los trabajos de rehabilitación

Los trabajos de rehabilitación implican un gasto más dentro de la economía en las unidades extractivas. Los impactos provocados al medio natural deben ser restaurados. A partir de la producción creada se generan valores financieros de los cuales se crea una reserva financiera que estará evaluada en un 5% del valor total de la inversión y esta cuantía será suficiente para cubrir los gastos que se deriven de:

- Las labores de restauración del área de la concesión y de las áreas devueltas
- El plan de control de los indicadores ambientales y, los trabajos de mitigación ocasionados por la actividad minera

CONCLUSIONES

1. Teniendo en cuenta las características ingeniero-geológica del yacimiento y el equipamiento disponible, se determinaron los parámetros técnicos que influyen en la actividad minera, a partir de los cuales se diseñó el proyecto de explotación que permitirá extraer de forma racional y eficiente las reservas de calizas existentes en el yacimiento Mogote San Nicolás.
2. Se realizó el cálculo económico de las principales operaciones mineras que intervienen en la extracción del yacimiento Mogote San Nicolás, de donde se obtiene que el costo de producción por m³ de roca a arrancar es 120.00 \$/m³.
3. Se proponen un conjunto de medidas, que permitirán mitigar o disminuir el impacto ambiental producido durante la explotación del yacimiento de calizas Mogote San Nicolás.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis sistemático, que permita conocer el comportamiento de las características generales del yacimiento y actualizar el proyecto de explotación con el objetivo de mejorar los indicadores técnicos – económicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cuba, G. (2012). *Relatorio de trabajos topograficos Cantera Mogote San Nicolás*. Santiago de Cuba.
2. fernando, E. (1993). *Busqueda detallada y exploración orientativa de calizas para Cal* . Santiago de Cuba.
3. Horna, D. A. (2012). *7 Pasos para una tesis exitosa*. Lima.
4. Jimenez, L. (1899). *Manual de perforación y voladura*. Madrid.
5. Noguel, J. A. (2010). *Nociones de minería*.
6. Ojeda, S. (2012). *Proyecto de explotacion mineral del yacimiento de caliza Mogote San Nicolás*. Mella.
7. Rizo, E. R. (2012). *Estudio Geológico para la elevación de categoría de recursos indicados*. Santiago de Cuba.
8. Rizo, R. (1990). *Trabajos de exploración orientativa y detallada*.
9. Rizo, R. (2012). *Recalculo de recurso del yacimiento de Calizas Mogote San Nicolás*.
10. Rzhebski. (1974). *Proceso de los trabajos mineros*. Moscow.
11. Ulaex. (2013). Catálogo unión Latinamericana de Explosivos. *Seminario económico y financiero de Cuba*, 24-45.
12. Varios. (2014). *Clases de Minería 2014-2019*. Moa, Holguin, Cuba.
13. Varios Autores. (2018). *Clases de Explotacion a cielo abierto* . holguin.
14. Varios autores. (2010). *Especificación de calidad según normas cubanas*.

ANEXOS

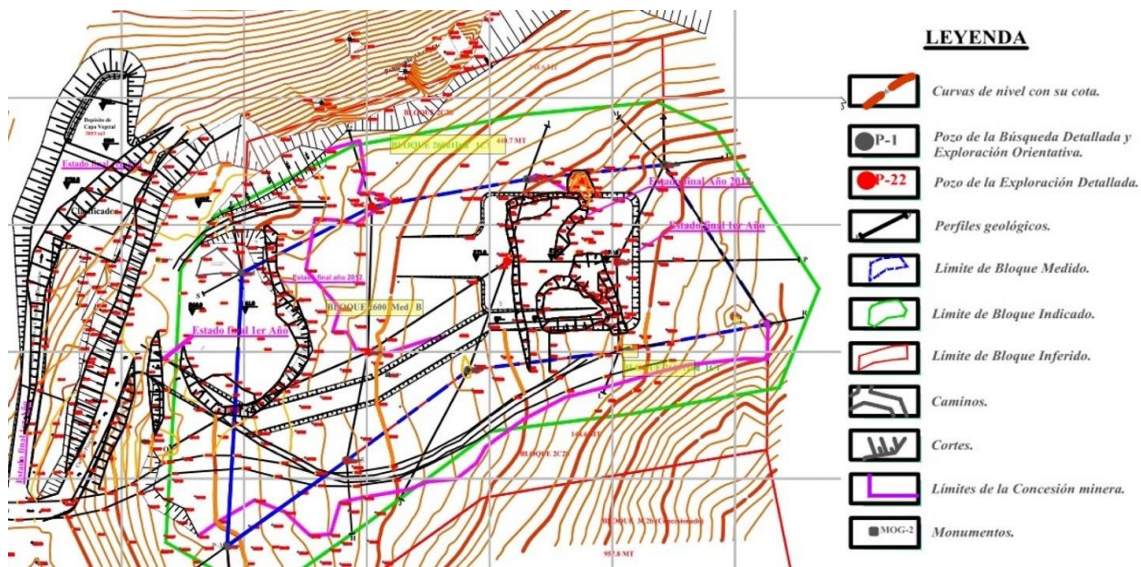
Anexo 1. Características cualitativas de los minerales y números de pozos

Nº Pozo	Nº Muestra	CaCO ₃	MgCO ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃
P-1	1/1	99.26	<0.50	<0.5	0.56	0.20	<0.05	<0.05	<0.05	0.58	<0.10
P-1	1/2	99.47	<0.52	<0.5	<0.50	0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.020	<0.10
P-1	1/3	95.17	<0.50	0.62	0.96	0.66	<0.05	<0.05	0.21	0.099	0.14
P-2	2/1	98.82	<0.50	<0.50	<0.50	0.12	<0.05	<0.05	<0.05	0.115	<0.10
P-2	2/2	99.46	0.52	<0.50	<0.50	0.13	<0.05	<0.05	<0.05	0.113	<0.10
P-2	2/3	98.88	<0.50	<0.50	<0.50	<0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.047	<0.10
P-2	2/4	98.64	<0.50	<0.50	0.92	<0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.083	<0.10
P-2	2/5	99.47	0.87	<0.50	<0.50	0.17	<0.05	<0.05	<0.05	0.074	<0.10
P-2	2/6	99.14	<0.50	0.56	0.79	0.21	<0.05	<0.05	<0.05	0.029	<0.10
P-3	3/1	99.58	<0.50	<0.50	<0.50	<0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.065	<0.10
P-3	3/2	96.76	<0.50	1.10	2.06	0.35	<0.05	<0.05	0.08	0.145	<0.10
P-3	3/3	95.37	<0.50	0.56	0.82	0.55	<0.05	<0.05	0.18	0.151	<0.10
P-5	5/1	99.1	-	-	<0.50	-	-	-	-	-	-
P-5	5/2	91.34	<0.50	<0.50	<0.50	0.23	<0.05	<0.05	0.01	0.075	<0.10
P-7	7/1	98.82	<0.50	<0.50	<0.50	0.20	<0.05	<0.05	<0.05	0.02	<0.10
P-7	7/2	98.82	<0.50	<0.50	<0.50	0.17	<0.05	<0.05	<0.05	0.081	<0.10
P-7	7/3	98.85	<0.50	<0.50	<0.50	0.19	<0.05	<0.05	<0.05	0.100	<0.10
P-7	7/4	93.24	1.22	0.93	4.30	0.13	0.11	0.05	<0.05	0.222	<0.10
P-7	7/5	98.64	<0.50	<0.50	0.52	0.25	<0.05	<0.05	<0.05	0.066	<0.10
P-8	8/1	99.64	0.87	<0.50	0.52	0.14	<0.05	<0.05	<0.05	0.034	<0.10
P-8	8/2	99.47	<0.50	<0.50	0.63	0.13	<0.05	<0.05	<0.05	0.069	<0.10
P-8	8/3	99.88	<0.50	<0.50	0.60	0.15	<0.05	<0.05	<0.05	0.060	<0.10
P-8	8/4	98.65	<0.50	<0.50	0.73	0.17	<0.05	<0.05	<0.05	0.049	<0.10
P-8	8/5	98.82	<0.50	<0.50	<0.50	0.13	<0.05	<0.05	<0.05	0.043	<0.10
P-9	9/1	99.99	<0.50	<0.50	<0.50	<0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.116	<0.10
P-9	9/2	99.98	<0.50	<0.50	<0.50	0.15	<0.05	<0.05	<0.05	0.092	<0.10
P-9	9/3	99.78	<0.50	<0.50	<0.50	0.15	<0.05	<0.05	<0.05	0.104	<0.10
P-9	9/4	99.99	<0.50	<0.50	<0.50	0.18	<0.05	<0.05	<0.05	0.040	<0.10
P-9	9/5	99.99	<0.50	<0.50	<0.50	0.15	<0.05	<0.05	<0.05	0.041	<0.10
P-9	9/6	99.16	<0.50	<0.50	<0.50	0.15	<0.05	<0.05	<0.05	0.072	<0.10
P-9	9/7	99.16	<0.50	<0.50	<0.50	0.26	<0.05	<0.05	<0.05	0.037	<0.10
P-9	9/8	98.75	<0.50	<0.50	<0.50	0.18	<0.05	<0.05	<0.05	0.058	<0.10
P-9	9/9	99.93	<0.50	0.56	<0.50	0.56	<0.05	<0.05	<0.05	0.022	<0.10

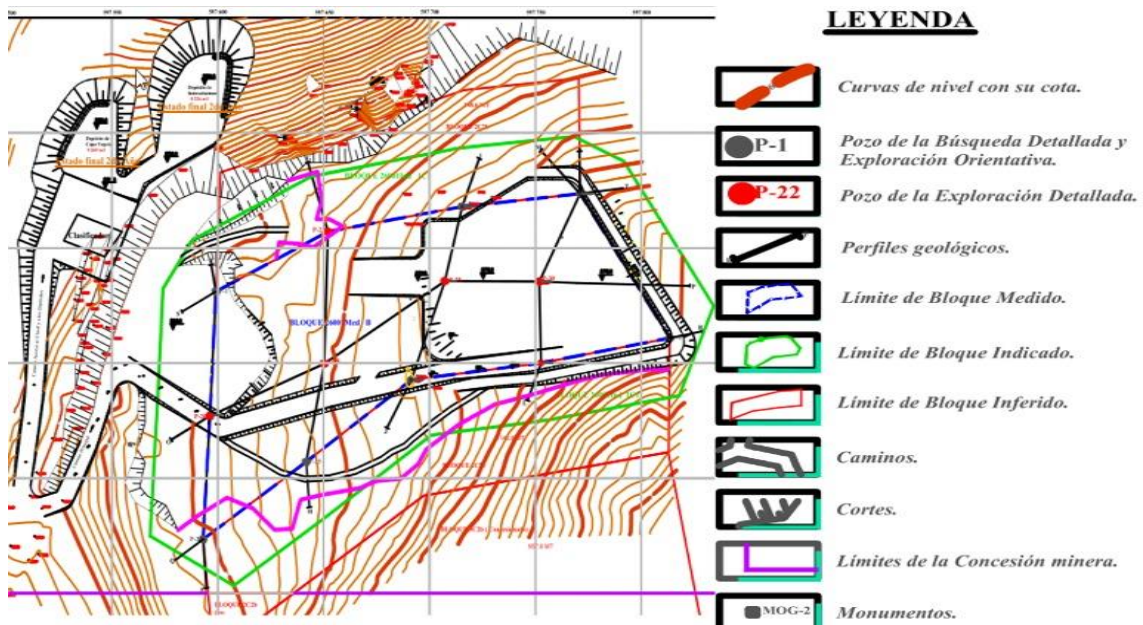
P-20	20-1	99.46	0.25	0.05	0.08	0.08	-	-	-	-	-
P-20	20-2	99.67	0.23	0.08	0.13	0.04	-	-	-	-	-
P-20	20-3	99.46	0.37	0.06	0.16	0.11	-	-	-	-	-
P-20	20-5	99.46	0.41	0.11	0.30	0.13	-	-	-	-	-
P-23	23-1	99.46	0.29	0.16	0.29	0.09	-	-	-	-	-
P-23	23-2	98.99	0.33	0.10	0.14	0.05	-	-	-	-	-
P-23	23-3	98.32	0.43	0.12	0.37	0.08	-	-	-	-	-
P-23	23-4	99.46	0.20	0.31	0.15	0.06	-	-	-	-	-
P-24	24-1	99.46	0.37	0.11	0.18	0.10	-	-	-	-	-
P-24	24-2	99.23	0.29	0.09	0.18	0.06	-	-	-	-	-
P-24	24-3	99.23	0.41	0.04	0.13	0.06	-	-	-	-	-
P-24	24-4	99.46	0.31	0.05	0.11	0.06	-	-	-	-	-
P-24	24-5	99.23	0.27	0.06	0.06	0.08	-	-	-	-	-
P-24	24-6	99.67	0.23	0.06	0.06	0.04	-	-	-	-	-
P-24	24-7	98.55	0.41	0.08	0.12	0.03	-	-	-	-	-
P-25	25-1	99.04	0.25	0.12	0.14	0.39	-	-	-	-	-
P-25	25-2	99.27	0.23	0.11	0.12	0.06	-	-	-	-	-
P-25	25-3	99.27	0.25	0.11	0.10	0.08	-	-	-	-	-
P-25	25-4	99.27	0.25	0.08	0.08	0.07	-	-	-	-	-
P-25	25-5	98.59	0.33	0.16	0.16	0.07	-	-	-	-	-
P-28	28-1	98.59	0.40	0.10	0.16	0.07	-	-	-	-	-
P-28	28-2	99.04	0.46	0.10	0.14	0.07	-	-	-	-	-
P-28	28-3	98.36	0.63	0.36	0.63	0.19	-	-	-	-	-
P-28	28-4	99.27	0.46	0.11	0.15	0.08	-	-	-	-	-
P-28	28-5	98.59	0.54	0.17	0.36	0.07	-	-	-	-	-
P-28	28-6	97.23	0.54	0.51	1.23	0.17	-	-	-	-	-
P-29	29-1	97.42	0.50	0.31	0.52	0.23	-	-	-	-	-
P-29	29-2	99.67	0.25	0.08	0.11	0.04	-	-	-	-	-
P-29	29-3	99.67	0.25	0.06	0.07	0.07	-	-	-	-	-
P-29	29-4	99.23	0.43	0.09	0.24	0.20	-	-	-	-	-
P-29	29-5	99.78	0.44	0.21	0.38	0.12	-	-	-	-	-
P-29	29-6	98.32	0.39	0.13	0.21	0.13	-	-	-	-	-
P-29	29-7	98.99	0.52	0.16	0.41	0.13	-	-	-	-	-
P-29	29-8	99.67	0.33	0.09	0.14	0.04	-	-	-	-	-
P-29	29-9	98.78	0.25	0.12	0.16	0.08	-	-	-	-	-
P-29	29-10	99.23	0.21	0.06	0.13	0.04	-	-	-	-	-
P-30	30-1	98.81	0.31	0.09	0.16	0.08	-	-	-	-	-
P-30	30-2	98.14	0.27	0.19	0.22	0.12	-	-	-	-	-
P-30	30-3	98.81	0.31	0.09	0.16	0.08	-	-	-	-	-
P-30	30-4	98.59	0.29	0.12	0.18	0.08	-	-	-	-	-

P-30	30-5	98.36	0.35	0.18	0.22	0.39	-	-	-	-	-
P-30	30-6	99.04	0.33	0.08	0.13	0.07	-	-	-	-	-
P-30	30-7	99.27	0.29	0.10	0.14	0.09	-	-	-	-	-
	MS-1	54.52	0.79	0.50	0.56	0.15	-	-	-	-	-
	MS-2	49.66	0.79	1.29	6.39	0.33	-	-	-	-	-
	MS-3	54.52	<0.50	<0.50	0.98	0.13	-	-	-	-	-
	MS-4	54.95	<0.50	0.50	<0.50	<0.10	-	-	-	-	-
	MS-5	54.52	<0.50	0.50	<0.50	<0.10	-	-	-	-	-
	MS-6	54.81	<0.50	0.50	0.50	<0.10	-	-	-	-	-
	MS-6A	53.94	<0.50	0.71	0.12	0.34	-	-	-	-	-
	MS-7	54.81	<0.50	<0.50	<0.50	<0.10	-	-	-	-	-
	MS-8	54.62	<0.50	0.63	0.91	0.13	-	-	-	-	-
	MS-9	55.21	<0.50	<0.50	0.55	0.11	-	-	-	-	-
	MS-10	55.07	0.44	0.50	0.62	0.12	-	-	-	-	-
	MS-11	54.78	<0.50	0.57	0.69	0.15	-	-	-	-	-
	MS-12	55.21	<0.50	<0.50	0.57	0.12	-	-	-	-	-
	MS-13	54.49	0.44	0.78	1.29	0.19	-	-	-	-	-
	MS-14	55.21	<0.50	0.50	0.74	0.25	-	-	-	-	-
	MS-15	55.21	0.62	0.50	<0.50	0.10	-	-	-	-	-

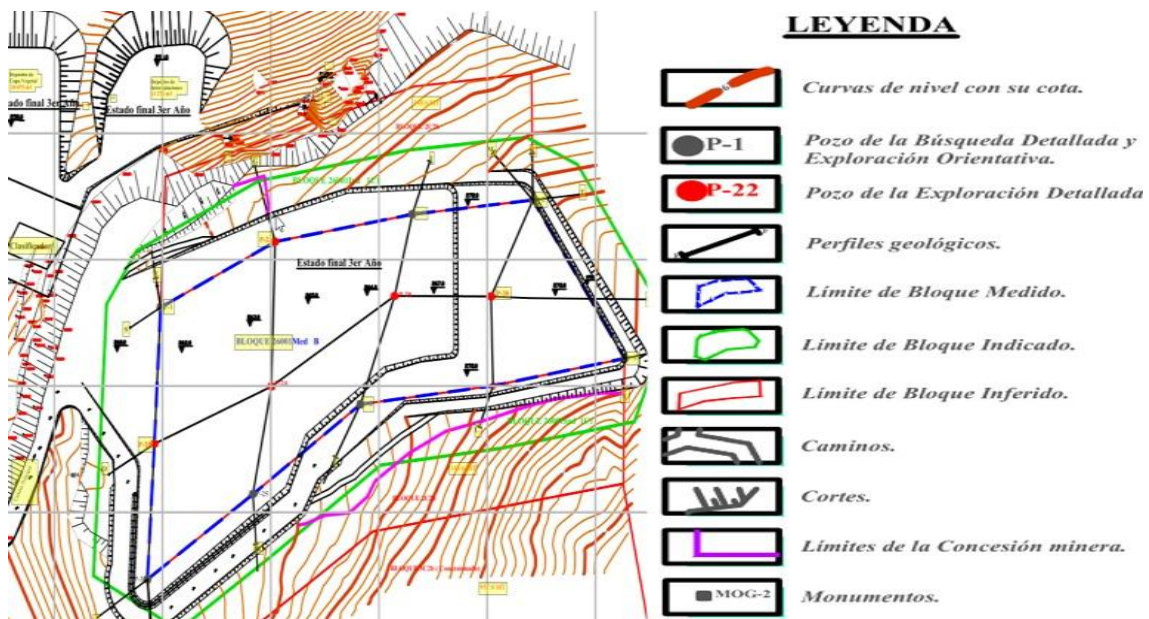
Anexo 2. 1^{er} Año de explotación (AutoCAD 2016)



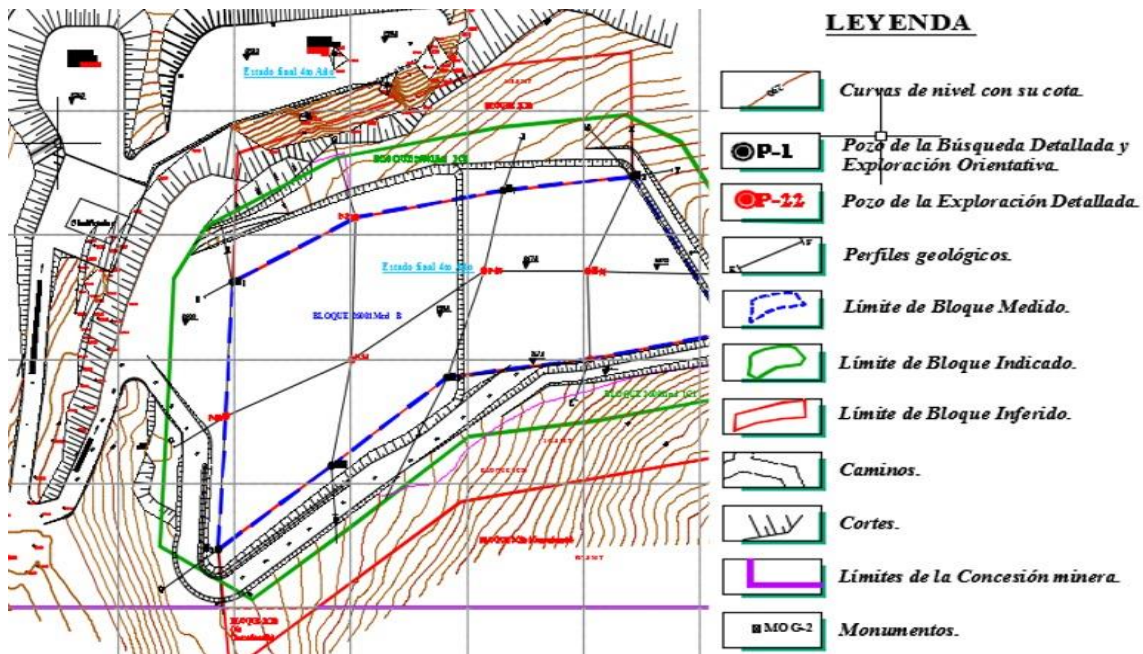
Anexo 3. 2^{do} Año de explotación (AutoCAD 2016)



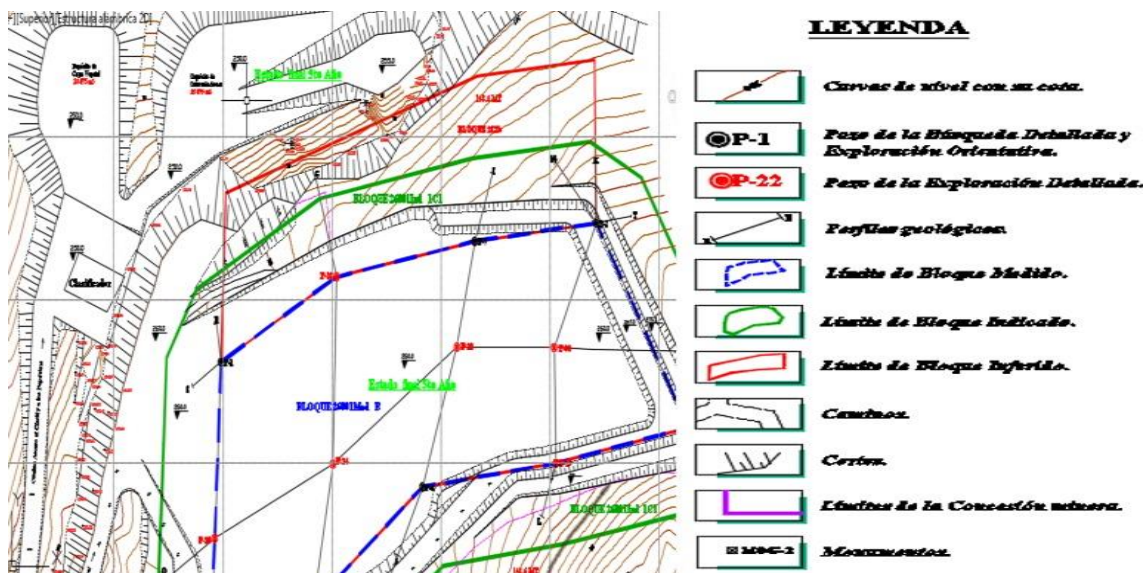
Anexo 4. 3^{ro} Año de Explotación (AutoCAD 2016)



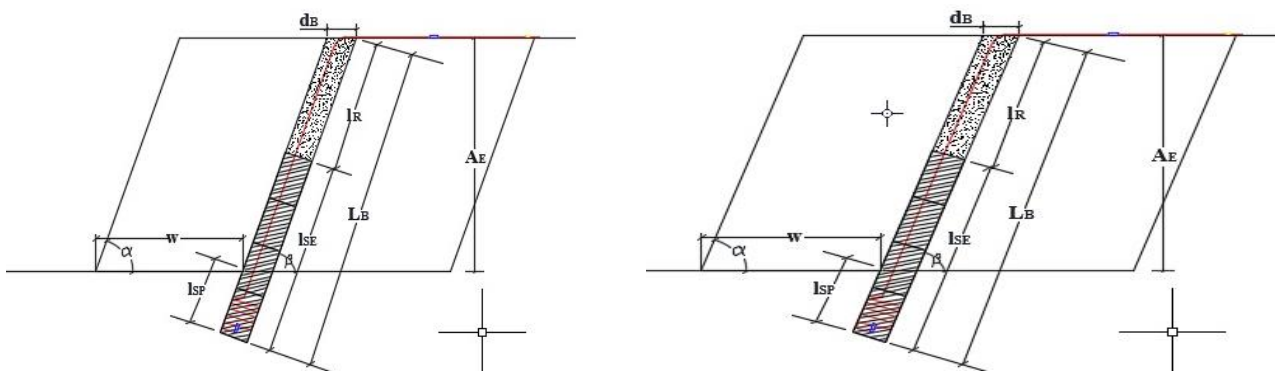
Anexo 5. 4^{to} Año de Explotación (AutoCAD 2016)



Anexo 6. 5^{to} Año de Explotación (AutoCAD 2016)



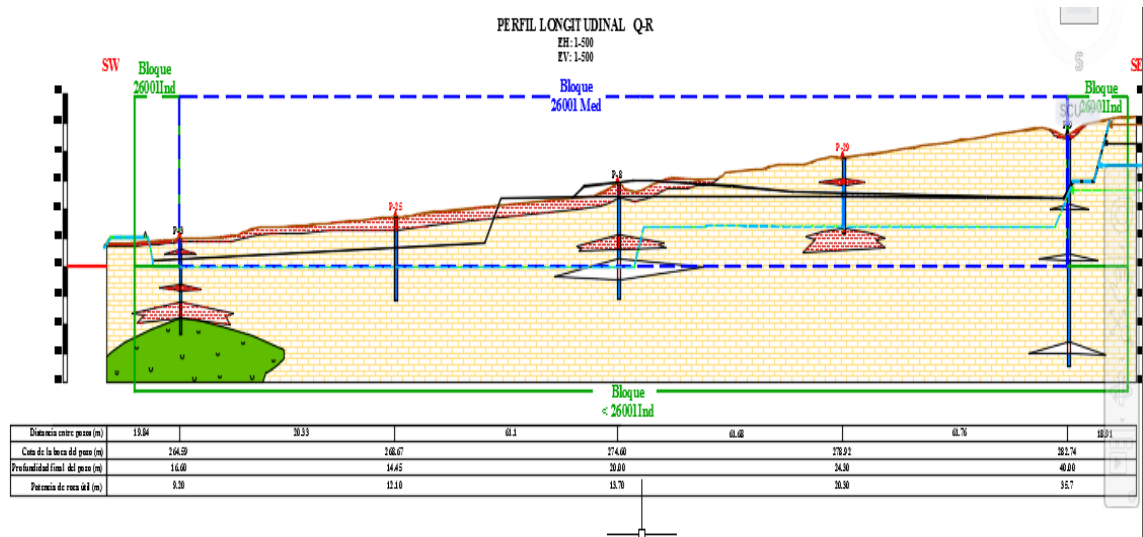
Anexo 7. Esquema de carga del barreno. (AutoCAD 2016)



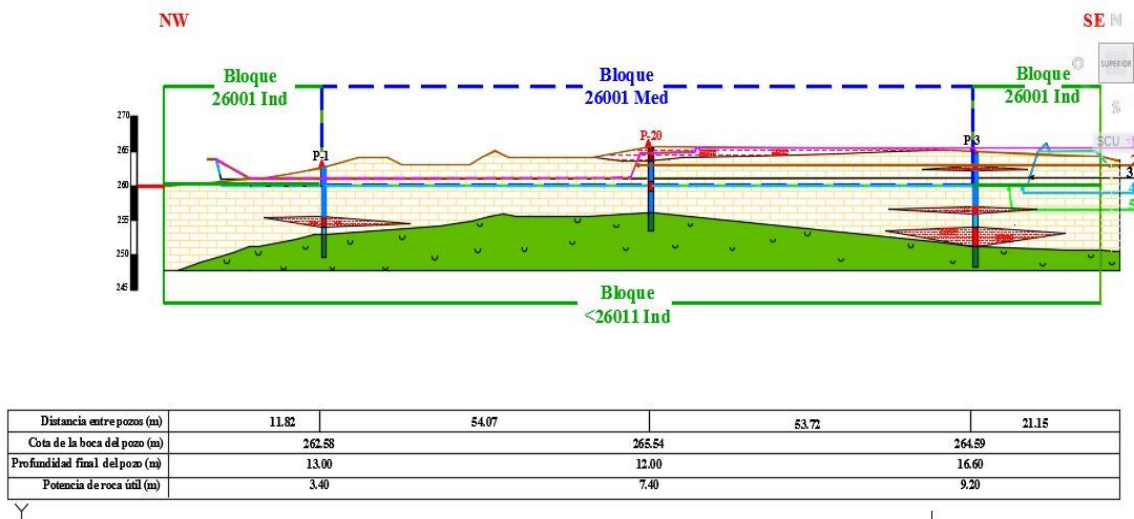
Anexo 8. Equipos existentes en la cantera (Foto del Autor)



Anexo 9. Perfil longitudinal (AutoCad 2016)



Anexo 10. Perfil transversal de bloque (AutoCad 2016)



Anexo 11. Vía de acceso (Foto Google hearth)



Anexo 12. Vista panorámica del yacimiento, (Foto del autor)



Anexo 13. Características técnicas de la retroexcavadora DOOSAN Giant Solar 500 LC-V

Característica		Valor
Volumen del cubo	V	3.2 m ³
Consumo de combustible	C _c	Equipo solar
Costo de mantenimiento	C _m	30 \$/h
Tiempo de ciclo	t _c	50 s

Anexo 14. Características técnicas del Buldócer DRESSTA

Características		Valor
Volumen del prisma	V	Cuchilla (8 m ³) según volumen del prisma de roca
Consumo de combustible	C _c	60 l/h
Costo de mantenimiento	C _m	30 \$/h
Tiempo de ciclo	t _c	40 s

Anexo 15. Características técnicas cargador frontal DOOSAN

Actividad	UM	Productividad
Carga de arcilla y piedra	m ³ /h	71
Carga de rocoso	m ³ /h	63

Anexo 16. Características técnicas del camión DAEWOO

Característica		Valor
Capacidad	q	40 t
Consumo de combustible	C _c	60 l/h
Costo de mantenimiento	C _m	30 \$/h
Volumen de volquete	V _v	14 m ³
Velocidad		30 km/h
Lubricantes		500 \$/mes/camión

Anexo 17. Características técnicas del camión Kraz 256 B

Característica		Valor
Capacidad	q	35 t
Consumo de combustible	C _c	65 l/h
Costo de mantenimiento	C _m	35 \$/h
Volumen de volquete	V _v	8 m ³
Velocidad		25 km/h
Lubricantes		600 \$/mes/camión

Anexo 18. Situación general de los recursos y reservas geológicas en los cinco años

Año	Recurso s Minerale s (m³)	Escombro (t)	Total (3+4)	Perdida (%)	Dilu-n (%)	Reserv. Minerale s (m³)	Perdid. por Trans-n (1.5%)	Mineral a pasar a Proceso (t)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 ^{ER}	24 787	3 358	3 358	10	15	25 654	385	43 715
2 ^{DO}	32 488	2 433	12 304	8	12	33 476	502	57 045
3 ^{RO}	37 056	14 531	18 189	12	15	37 500	563	63 901
4 ^{TO}	35 395	-	12 382	8	10	35 819	537	61 038
5 ^{TO}	35 395	-	17 144	5	10	36 988	555	63 029
Total	165 121	20 323	63 378	43	62	169 437	2 542	288 728