



República de Cuba

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

Facultad de Geología - Minería

Departamento de Minería

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO

DE

INGENIERO DE MINAS

**Título: Proyecto de apertura de un frente
de trabajo al oeste del yacimiento
Victoria II**

Autora: Helvi Penehafo Mbango

Tutores: Dr.C. Ramón Polanco Almanza

M.Sc. Ricardo Ricardo Ávila

Ing. Pavel Laurencio Cala

Moa, 2015



Pensamiento

“I will fight until my last bullet is spent”

“Lucharé hasta mi última bala”

Mandume yaNdemufayo



Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi querida madre Secilia Mwahangange Hangula, que su alma descanse en paz eterna.

A mi familia (mi papa Matues Mbango, mi madre que me crio Maria Mbango, mi abuela Aina Kalutenda, mis hermanas: Taimi Mateus, Maria Mbango, Monica Hainghumbi, Martha Mbango, Hilma Mbango y a mis hermanos: Paulus Mbango, Thomas Mbango y Petrus Mbango.



Agradecimientos

Mi apreciación y gratitud para el señor todo poderoso que hizo todo posible, la gracia y gloria sea del señor Jesús Cristo.

A mi gobierno (Namibia) y a la Revolución Cubana que me ofreció la oportunidad de formarme como profesional.

Deseo expresar mi gran agradecimiento a mis tutores Dr. C. Ramón Polanco Almanza, M.Sc. Ricardo Ricardo Ávila e Ing. Pavel Laurencio Cala por haberme ayudado y guiado a realizar este trabajo.

Mi gratitud a toda "Mbango Family", por su amor y apoyo incondicional, les quiero tanto.

Mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas por su aporte en la culminación de este trabajo y en lo que hoy soy: a todos los profesores del Departamento de Minería del ISMM y de otros departamentos que me han impartido clases; al equipo del Departamento de Explotación de Yacimientos de la Empresa de Canteras (La Habana) y a los trabajadores de la empresa que de una forma u otra me facilitaron información.

Mi gratitud a mis compañeros de aula que debieron soportarme todos estos 5 años por su apoyo incondicional.

Jona, muchas gracias por amarme, creer en mí y estar siempre a mi lado, por su apoyo y ayuda. Te amo.

A mis amigos, compañeros de preparatoria en Cienfuegos 2009-2010, todos los compañeros extranjeros y cubanos que de una forma u otra han formado parte de mi vida.

A la familia Hernández en especial a la profesora Naisma y a la familia Brown muchísimas gracias por acogerme como parte de la familia y como una hija.



Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar el método de apertura de un frente de trabajo en el sector oeste del yacimiento Victoria II del municipio Guanabacoa, provincia La Habana para garantizar la explotación de dicha área ininterrumpidamente de forma racional. Para el diseño de la apertura se hizo el análisis de dos de las variantes posibles, la primera variante con un camino de acceso por el extremo sur del sector y la segunda variante por el extremo norte. La primera variante con acceso por el sur se utilizará durante el periodo de seca y la segunda variante con el camino de acceso por el extremo norte del sector se utilizará durante el periodo de lluvia.

Se realizaron los cálculos de los parámetros de diseño de la apertura así como el cálculo del equipamiento y de los trabajos de arranque (cálculo de perforación y voladura) a emplear para la ejecución de los labores de apertura. Por último se determinaron los costos para la ejecución de la apertura y se establecieron las medidas para mitigar los impactos negativos provocados y las medidas de seguridad del trabajo.



Abstract

The present work has an objective to design a method of opening a working front of the western sector of Victoria II deposit in the municipality of Guanabacoa, Province Havana to allow /guarantee the exploitation of the area during the year uninterruptedly with smaller expenses. To design the opening method two possible variants were analyzed taking in account the location of the access road, where the first variant is to construct the access road on the southern part of the area in question and the second variant to construct the access road on the northern side of the area. Considering the advantages and disadvantages of the possible variants, both of them were chosen, whereby the first variant will be used during the dry season of the year and the other variant during the rainy season.

The parameters of designing the opening method as well as the mining equipment to be used and that of the breaking down method (drilling and blasting method) were calculated. Lastly the operation cost was calculated and the measures to mitigate the negative impacts caused by this activity and work safety were proposed.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA.....	12
1.1. Introducción	12
1.2. La minería a cielo abierto. Sistemas de explotación y procesos tecnológicos	12
1.3. Actualidad de la temática en Cuba	14
1.4. Trabajos mineros desarrollados en el yacimiento Victoria II	16
1.5. Trabajos de apertura en el yacimiento Victoria II	17
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL YACIMIENTO VICTORIA II	18
2.1 Ubicación geográfica	18
2.2 Características geológicas del yacimiento	20
2.2.1 Rocas que componen el yacimiento	21
2.2.2 Tectónica.....	23
2.3 Hidrogeología.....	24
2.4 Condiciones climáticas.....	25
2.5 Actividad económica	25
2.6 Características geotécnicas del macizo rocoso	26
2.7 Características cualitativas de la zona mineral	26
2.8 Condiciones para la estimación de los recursos.....	27
2.9 Investigaciones tecnológicas	28
CAPITULO 3. DISEÑO DE APERTURA DEL SECTOR OESTE DEL YACIMIENTO VICTORIA II	32
3.1 Condiciones minero-técnicas del yacimiento	32
3.2 Antecedentes y evaluación del yacimiento	32
3.3 Sistema de explotación y operaciones mineras	33



3.4 Capacidad anual de producción y vida útil.....	33
3.5 Trabajos de apertura.....	34
3.5.1 Método de apertura	35
3.5.2 Variantes de apertura del sector oeste del yacimiento Victoria II	35
3.5.3 Labores de apertura	38
3.5.4 Trinchera de apertura	39
3.5.5 Trinchera de corte.....	43
3.6 Estrategia de profundización de la cantera en el sector Oeste del yacimiento	44
3.7 Tala y desbroce	45
3.7.1 Proceso de ejecución de los trabajos de tala y desbroce	46
3.8 Drenaje	46
3.9 Escombrera.....	48
3.9.1 Tecnología de trabajo en la escombrera	49
3.10 Caminos mineros	49
3.10.1 Caminos existentes	49
3.10.2 Diseño de los parámetros del camino de acceso	50
3.10.3 Criterios para la reparación y el mantenimiento de caminos mineros.....	51
3.11 Tecnología de los trabajos mineros	52
3.11.1 Los trabajos de arranque, carga y transporte	52
3.11.2 Equipamiento minero	54
3.12 Régimen de trabajo.....	62
3.13 Trabajos de perforación y Voladura	62
3.14 Costos de operación	66
CAPÍTULO 4. PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	68



4.1 Medidas generales de seguridad del trabajo	68
4.1.1 Medidas de seguridad para el trabajo con los cargadores	68
4.1.2 Medidas de seguridad para el trabajo con perforadora	69
4.1.3 Medidas de seguridad para el trabajo con buldócer	69
4.1.4 Medidas de seguridad para el trabajo con camión	70
4.2 Generalidades sobre la protección del Medio Ambiente	70
4.2.1 Identificación de los principales impactos producido por la explotación minera	71
4.2.2 Medidas generales de protección y mitigación de impactos	72
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIÓN.....	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	76



INTRODUCCIÓN

En el periodo que comprende desde la antigüedad hasta la Revolución Industrial del siglo XVIII la producción de áridos se realizaba artesanalmente recurriendo a medios manuales, rompiendo y triturando las rocas con herramientas rudimentarias como mazas, martillos, etc.

El final del siglo XIX supuso una revolución en el arte de la construcción, gracias a la aparición del cemento industrial y del hormigón. En esa misma época, la creación de las redes de ferrocarril, de la infraestructura de carreteras y de las obras públicas necesarias para franquear obstáculos, requirió el uso de grandes cantidades de materiales nuevos y económicos.

Los áridos se consideraban como un recurso mineral de escaso valor, razón por la cual las compañías mineras tradicionales no invertían en este sector. Sin embargo, la acelerada demanda de productos de cantera y las múltiples limitaciones, fundamentalmente de tipo ambiental, para la apertura de nuevas graveras y canteras, han hecho que estos materiales hayan pasado a tener un carácter agotable y, consecuentemente, a revalorizarse. Comienza entonces el verdadero auge de los áridos como sector productivo, dependiente en gran medida de la actividad constructora.

A lo largo del siglo XX, se desarrollaron nuevas tecnologías que permitieron incrementar las producciones mediante la incorporación al proceso de maquinaria estacionaria y móvil, cada vez con mayor capacidad. De este modo, ha ido creciendo el tamaño de las explotaciones de áridos a cielo abierto, denominadas canteras. Hoy en día, una explotación moderna puede llegar a producir más de un millón de toneladas al año.

En la actualidad, en el ámbito universal la producción de áridos mantiene la tendencia de realización de manera responsable, procurando obtener productos de calidad con la consideración del medio ambiente y la prevención de riesgos laborales. Aunque lamentablemente en diferentes latitudes los resultados son diferentes.

La industria de materiales para la construcción es una de las ramas más importantes para el desarrollo socio económico de Cuba, sobre todo en la etapa actual de actualización del modelo económico del país, pues es la encargada de la producción de áridos y materiales que deben integrarse y compatibilizarse en dos ámbitos: La



participación en los planes y programas de la Revolución y su contribución a los requerimientos de las políticas nacionales y provinciales que estén en correspondencia con el papel de cada territorio y su vinculación con el desarrollo sostenible para la prosperidad y satisfacción de las necesidades.

La provincia de La Habana, como principal centro económico del país, no se excluye de estos programas, allí se construyen grandes obras para el beneficio del pueblo como son: viviendas, instalaciones culturales, deportivas y de comercio, entre otras. Debido a esta gran demanda de materiales, el yacimiento Victoria II ubicado en el municipio Guanabacoa, es el encargado de suministrar parte de la materia prima utilizada en las construcciones para su ejecución en tiempo y con la calidad requerida.

Situación problemática

El yacimiento Victoria II es el mayor productor de arena artificial para las construcciones en la capital cubana y la demanda de este árido crece cada día debido al incremento de las obras que se están realizando. Este yacimiento se encuentra en la etapa de agotamiento del mineral en las cotas más bajas en el sector este que se encuentra en explotación. Es por ello, que surgió como **problema científico** la necesidad de diseñar el proyecto de apertura de un frente de trabajo en el sector oeste del yacimiento Victoria II para incrementar el volumen de las reservas listas para la explotación.

Objeto de estudio: Métodos de apertura de yacimientos de materiales para la construcción.

Campo de acción: Sector oeste del yacimiento Victoria II.

Objetivo general: Diseñar el proyecto de apertura de un frente de trabajo en el sector oeste del yacimiento Victoria II para continuar su explotación.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar las condiciones ingeniero – geológicas del yacimiento Victoria II.
2. Analizar diferentes variantes de apertura del frente oeste del yacimiento.
3. Calcular los parámetros técnicos del método de apertura.
4. Realizar el cálculo económico de la apertura del sector oeste.



5. Establecer las medidas para minimizar el impacto ambiental generado por la actividad minera y garantizar la seguridad e higiene de su realización.

Hipótesis: La caracterización ingeniero-geológica del yacimiento Victoria II y el análisis de variantes de apertura a partir del cálculo de sus parámetros técnicos y económicos permitirán demostrar la factibilidad de la explotación de su sector oeste.

Métodos de investigación utilizados en la investigación:

- ✓ Histórico-lógico: Para estudiar y valorar cronológicamente la situación geográfica del yacimiento y establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.
- ✓ Análisis-síntesis: En el estudio de las actividades mineras a desarrollar en la empresa de Canteras de La Habana, sus incidencias en áreas cercanas a los yacimientos y en el establecimiento de las conclusiones para desarrollar el diseño de los indicadores mineros ambientales.
- ✓ Inducción-deducción: Con la finalidad de formular la hipótesis.
- ✓ Observación: Para visualizar el área donde se encuentra el yacimiento e identificar los impactos provocados por las actividades mineras al medio ambiente.



CAPÍTULO 1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo establecer el marco teórico que conduce al diseño del método de apertura del sector oeste del yacimiento Victoria II por el método a cielo abierto.

1.2. La minería a cielo abierto. Sistemas de explotación y procesos tecnológicos

La minería es una actividad que día a día necesita renovarse. Lo ha sido desde tiempos remotos, cuando apenas se iniciaba la extracción de minerales y lo sigue siendo hasta la actualidad.

En la minería existen dos modos principales de explotación de minerales: explotación por el modo a cielo abierto y explotación subterránea. El primero es una explotación en superficie que extrae en franjas horizontales llamadas bancos, en dirección descendente a partir del banco que está en la superficie. Para la extracción de un banco de mineral es necesario remover el material estéril que lo cubre, operación denominada destape y expresa una relación de volúmenes de material estéril y mineral útil.

La mayoría de los yacimientos no metálicos, en este caso los materiales para la construcción son explotados a cielo abierto debido a su ubicación espacial en la corteza terrestre ya que se encuentra a muy poca profundidad, es decir que la capa vegetal o capa estéril es de una menor potencia y también por el bajo costo del material extraído.

A partir de la exploración geológica se determina la existencia o no de un yacimiento, en este caso de materiales para la construcción, si la investigación confirma su existencia y las características (ubicación, tipo de roca, calidad, dimensiones) lo hacen viable, entonces es posible llevar a cabo su explotación. López Jimeno, (2006).

El diseño de una mina tiene múltiples objetivos, entre ellos cabe destacar: la selección del método de explotación, su dimensionamiento geométrico, la determinación del ritmo anual de producción y la ley de corte (en el caso de los yacimientos metálicos) y la secuencia de extracción, entre otros. Herrera, (2006).



Antes de comenzar la explotación de cualquier tipo de yacimiento, se debe confeccionar un proyecto donde se desglosan todas las operaciones que se deben llevar a cabo y la secuencia a seguir. El primer trabajo que se realiza es la apertura, la cual consiste en diseñar las vías de acceso desde la superficie, hasta los frentes de explotación de la cantera y luego hasta el cuerpo mineral, lo que permite la preparación de las plataformas de trabajo garantizando un espacio suficiente para el movimiento de los equipos mineros que se van a emplear.

Como en cualquier otra explotación minera, para el diseño de una cantera es necesario partir de la adecuada, correcta y suficiente investigación geólogo–minera que permita la definición del modelo del yacimiento con todas sus características geológicas, estructurales, cualitativas y mineras que permitirán el estudio y establecimiento de la geometría final de la explotación y su estudio de optimización. De esta manera se podrán establecer la planificación de las labores, el control y la previsión de la calidad de las rocas y, en definitiva, la rentabilidad final de la operación. Ortiz *et al.*, (2003).

Recalde *et al.*, (2011) plantean que para el correcto diseño de una mina a cielo abierto debe haber concluido la etapa de investigación geológica, fruto de la cual se obtendrá el modelo del yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales, que permitirán optimizar la geometría del hueco final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad de los minerales y, en suma, la rentabilidad del negocio.

En otro orden se plantea que el proyecto de explotación establecerá las fases de explotación de la cantera que puedan garantizar una producción sostenida anualmente, las labores de preparación necesarias para garantizar la operatividad y productividad de la cantera y las fases en que debe llevarse a cabo. "Explotación de canteras y medio ambiente", (1996).

Además de tener en cuenta el sistema de explotación, es necesario conocer que en la minería a cielo abierto se emplean distintos métodos de arranque, adaptados a los diferentes tipos de yacimientos. En el caso específico de Cuba, en particular en las canteras para áridos de trituración, normalmente se utilizan los métodos mecánicos y de perforación y voladura (Hernández, 2012).



El arranque mecánico puede realizarse con diferentes equipos:

- ✓ Excavadoras
- ✓ Buldóceres
- ✓ Tractores con escarificador
- ✓ Martillos rompedores

El traslado de la roca hasta la planta de procesamiento en la mayoría de los casos se realiza con el uso del transporte automotor.

1.3. Actualidad de la temática en Cuba

Al cierre 2014 en Cuba había 443 concesiones mineras de exploración, de ellas 228 de materiales para la construcción, en la que se explotan rocas calizas y margas, más de 30 conformadas por rocas ígneas y 4 de areniscas. Estas canteras han sido explotadas atendiendo a proyectos, en los que se describe de manera muy somera el diseño del método de apertura.

En la actualidad durante la explotación de las canteras de materiales para la construcción, se presentan notables insuficiencias en los trabajos de preparación y explotación, los que traen consigo, afectaciones en la productividad del trabajo, problemas de seguridad y mayor impacto negativo al medio ambiente, los que se describen a continuación:

- Falta de diseño o insuficiente fundamentación técnica en su elaboración.
- Insuficiente preparación de las canteras para su explotación.
- Deficiente diseño de los trabajos de voladura y/o poco control en la aplicación de lo planificado en estos trabajos.
- Problemas de seguridad.
- Considerable impacto negativo al medio ambiente.
- Problemas en el diseño y manejo de las escombreras.
- Necesidad de perfeccionar el sistema de explotación.

A pesar de las deficiencias señaladas en Cuba, la gran mayoría de las concesiones mineras operan con el diseño para su explotación, demarcaciones topográficas, licencias ambientales, entre otros requisitos que exige la Ley de Minas.



En la práctica común durante la explotación de canteras, no se prevé en la mayoría de los casos medidas para la minimización de los impactos negativos que se producen durante la explotación y en otros casos no se cuenta con los fondos requeridos para ello, por lo que incluso existen casos en que no se ejecuta ningún tipo de trabajos de rehabilitación.

La explotación de las canteras de materiales de construcción, en un por ciento considerable, se realiza de forma irresponsable con una ausencia significativa del uso de técnicas de avanzada, por lo cual ellas no están en capacidad de dar respuesta a las demandas crecientes de materiales de construcción.

- Los relativos bajos precios de venta de los materiales de construcción, así como los elevados costos que representa la realización de investigaciones, para conocer con precisión los recursos que se explotan; hace que los propietarios no se estimulen por conocer adecuadamente los yacimiento que explotan y esto a su vez conlleva la no realización, ni aplicación de proyectos de explotación.
- Los trabajos de voladura, en el mejor de los casos, no garantizan con la calidad requerida el arranque del material, lo que por un lado afecta la productividad del trabajo y por el otro puede afectar la seguridad y aumentar el impacto ambiental.
- Los instrumentos legales existentes para el control de la actividad en el área, son de reciente creación y su implementación aún es insuficiente para lograr sus efectos de manera que se realicen las explotaciones de las canteras de forma que produzcan el menor impacto. Andria Hernández (2012).

En la generalidad de los casos, tanto en canteras que cuentan con el diseño y más aún en las que no lo tienen, los parámetros de explotación varían indiscriminadamente pudiéndose así encontrar en una misma cantera; en lugar de uno o dos frentes desarrollados varios pequeños frentes en un mismo horizonte de explotación con alturas de bancos diferentes; alturas de bancos extremadamente altos, con ángulos de talud casi verticales; deficiente distribución de los frentes; con la ubicación de los accesos que no responde a la futura estrategia de desarrollo y otras, todo lo cual denota una insuficiente argumentación técnica de la estrategia de explotación. Andria Hernández (2012).



Otro aspecto que está incidiendo negativamente en el trabajo de explotación de los yacimientos, es que muchas canteras no cuentan con el personal técnico calificado para enfrentar estas tareas.

Es válido reconocer el insistente trabajo de seguimiento que realiza la ONRM en la explotación minera en el país, que vela constantemente por la no violación de lo antes expuesto.

La preparación de las canteras para la explotación contempla la creación de los accesos (caminos, rampas), frentes de arranque y frentes de carga, con las dimensiones y parámetros que aseguren la posibilidad de obtener los volúmenes comprometidos con el mercado. La insuficiencia técnica, que limita la segura explotación de los yacimientos de materiales de construcción, puede afectar significativamente la productividad de las canteras y aumenta los riesgos de accidentes.

Los principales problemas de seguridad que se presentan son:

1. En los taludes altos de los frentes de trabajo existe la probabilidad de desprendimientos de rocas.
2. La generación de polvo en los trabajos de perforación afecta la salud de los perforadores y otros trabajadores.
3. Los trabajadores no siempre emplean medios de seguridad.
4. Se manifiesta frecuentemente insuficiente planificación y medidas de seguridad en los trabajos de voladuras.

En ocasiones son empleados métodos de explotación inadecuados, con procedimientos de trabajo que en ocasiones son potencialmente peligrosos (por ejemplo el descalce de taludes). Andria Hernández (2012).

1.4. Trabajos mineros desarrollados en el yacimiento Victoria II

En el yacimiento Victoria II se explota como materia prima mineral la arenisca calcárea para la producción de arena artificial.

En el proyecto de explotación del yacimiento antes mencionado del año 2012 realizado por el Centro de Proyectos del Níquel (Ceproniquel), se realizó una actualización del modelo geológico y diseño de la apertura a partir de la cota 72 m, la cual representará el



fondo de la cantera en el sector este del yacimiento. Además se realizó la planificación minera y el cálculo de los equipamientos, se propusieron las medidas para la protección e higiene del trabajo y para la protección del medio ambiente. Según los cálculos, la etapa investigada asegura un plazo de explotación para el yacimiento de 34 años.

1.5. Trabajos de apertura en el yacimiento Victoria II

Otaño *et al*, (2013), plantea que para asegurar el enlace del transporte entre los punto de carga y descarga de la masa mineral en la superficie se realiza la apertura del yacimiento. Los trabajos mineros para esta operación consisten en el laboreo de las excavaciones de apertura: trincheras maestras y temporales, semi-trincheras y bermas de transporte.

Los factores fundamentales que influyen sobre los índices técnico-económicos de la apertura son: el número y volumen de las excavaciones los gastos para su laboreo y equipamiento empleado, el tiempo de apertura de los diferentes horizontes, el plazo de construcción de toda la cantera, la distancia de transportación, los gastos para este proceso productivo, entre otros.

La explotación de los yacimientos de materiales para la construcción se debe desarrollar sobre la base de un proyecto de explotación. En el caso que nos ocupa ya se cuenta con un proyecto de explotación minera, pero se requiere el diseño de la apertura de un nuevo frente de trabajo en el sector oeste sobre el cual no se tiene toda la información geológica necesaria para decidir si es factible la extracción de la materia prima.



CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL YACIMIENTO VICTORIA II

2.1 Ubicación geográfica

El yacimiento de arenisca Victoria II se encuentra ubicado a 3 km al suroeste del poblado de Arango en el municipio de Guanabacoa, en la provincia de Ciudad de La Habana.

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

X = 376.780,00

Y = 359.780,00

La concesión minera de explotación, otorgada dentro de este yacimiento, se encuentra limitada por las siguientes coordenadas nacionales:

Vértice	Norte	Este
1.00	359.780,00	376.010,00
2.00	359.970,00	376.110,00
3.00	360.070,00	376.170,00
4.00	360.050,00	376.370,00
5.00	360.120,00	376.450,00
6.00	360.040,00	376.690,00
7.00	360.080,00	377.025,00
8.00	360.030,00	377.230,00
9.00	359.760,00	377.295,00
10.00	359.640,00	377.080,00
11.00	359.640,00	376.740,00
12.00	359.350,00	376.740,00
13.00	359.370,00	376.560,00
14.00	359.565,00	376.510,00
15.00	359.590,00	376.420,00
16.00	359.550,00	376.350,00



Más tarde se realizó una nueva ampliación de la concesión, los límites se presentan a continuación:

Vértice	Norte	Este
1.00	359.780,00	376.010,00
2.00	359.989,00	376.056,00
3.00	360.128,00	376.176,00
4.00	360.155,00	376.370,00
5.00	360.350,00	376.482,00
6.00	360.342,00	376.706,00
7.00	360.292,00	376.932,00
8.00	359.992,00	377.498,00
9.00	359.698,00	377.498,00
10.00	359.547,00	377.085,00
11.00	359.547,00	376.740,00
12.00	359.640,00	376.740,00
13.00	359.640,00	377.080,00
14.00	359.760,00	377.295,00
15.00	360.030,00	377.230,00
16.00	360.080,00	377.025,00
17.00	360.040,00	376.690,00
18.00	360.120,00	376.450,00
19.00	360.050,00	376.370,00
20.00	360.070,00	376.170,00
21.00	359.970,00	376.110,00

En la figura 2.1 se muestra una imagen satelital del área donde se ubica el yacimiento de arenisca Victoria II.



Fig.2.1 Vista satelital de la ubicación del yacimiento Victoria II.

2.2 Características geológicas del yacimiento

El núcleo del yacimiento está compuesto por rocas del Cretácico Superior (K₂), y la de los flancos pertenece al Paleógeno y el Mioceno. Los depósitos del Maestrichtiano tienen características de flysh. Las rocas del yacimiento pertenecen a la formación Peñalver (Cretácico Superior – Maestrichtiano). (P. Brónnimann et al., 1963).

Litología diagnóstica: Secuencia clástico- calcárea, que varía desde gravelitas de grano grueso (parte baja) hasta calcilutitas de grano muy fino (parte alta). El material clástico es en gran parte organógeno y en menor cantidad ígneo.

Tal aseveración se apoya en los resultados del muestreo paleontológico y petrográfico, que demostraron la existencia en las areniscas de *Stomiosphagra* Sp., *Globotruncana* Sp., *Suborbotoides* Sp., *Orbitoides* Ussati, *Lepidorbitoides* Sp., *Vanghanina* Cubensis.

También en las lutitas se observan *Globillerinoides* Sp., *Globotruncana* Lapparenti y *Globotruncana* Sp. que atentan edad Turoniano – Maestrichtiano.

Desde el punto de vista petrográfico esta formación está conformada por areniscas de



grano muy fino, fino, grano medio, arenisca calcárea de grano grueso, caliza organógena, caliza politomórfica, tobas y tufitas en la parte inferior, así como, algunos lentes e intercalaciones de arcillas, lutitas. En menor proporción se observan conglomerados de granos finos.

La formación Peñalver yace discordantemente sobre la formación Vía Blanca. En la zona de estudio la formación Peñalver aflora y es donde está situado el material útil.

En la base de la clasificación macroscópica de las areniscas se tuvo en cuenta la realizada por Polovinkina y Papiv (1960).

Conglomerado	$\varnothing > 2,0 \text{ mm}$
Grano muy grueso	$\varnothing 2,0 - 1,0 \text{ mm}$
Grano grueso	$\varnothing 0,5 - 1,0 \text{ mm}$
Grano medio	$\varnothing 0,25 - 0,5 \text{ mm}$
Grano fino	$\varnothing 0,1 - 0,25 \text{ mm}$
Grano muy fino	$\varnothing 0,05 - 0,1 \text{ mm}$

2.2.1 Rocas que componen el yacimiento

Tufitas litocristalinas

Son las rocas más antiguas del yacimiento, son de color pardo – gris, con matiz verde, son de grano fino y de estructura masiva, generalmente están fragmentadas (esta particularidad se observa en la parte superior), según los análisis petrográficos las tufitas presentan una textura litocristalina formada por fragmentos cuyos tamaños varían de 0,1 – 0,25 mm.

Sobre las tufitas yace un complejo de rocas sedimentarias, representadas por conglomerados (gravelitas) carbonatados, areniscas calcáreas de grano grueso, medio, fino y muy fino. En casos aislados sobre las tufitas yacen las calizas, la ubicación de las cuales en la estructura del yacimiento no está determinada.

Conglomerados (gravelitas)

Están compuestos por fragmentos mayores de 2,0 cm de naturaleza calcárea con elementos terrígenos, por lo general masivas de color gris cenizo a crema. A veces su



color es gris claro y gris, con gran cantidad de vetas de calcita. Su textura es generalmente psefítica gravelítica.

Los elementos calcáreos están representados por distintos tipos de calizas como son: organógenas, organógeno – fragmentarias, así como, organógenos relícticos bien cristalizados (recristalizadas también por calizas pelitomórficas, así como, fósiles enteros o fragmentados). Los elementos terrígenos están representados por granos de cuarzo, plagioclasas, rocas efusivas (ácida media) alteradas, serpentinas recristalizadas, gravas de rocas tobaceas descompuestas.

Areniscas

Según las granulometrías de los fragmentos las areniscas se dividieron en tres tipos:

- Areniscas de grano grueso (0,5 – 1 mm).
- Areniscas de grano medio (0,25 – 0,5 mm).
- Areniscas de grano fino (0,1 – 0,25 mm).

Calizas y caliza gris pura

Las calizas son organógenas, organógeno – detríticas recristalizadas. Se diferencian de las areniscas por el mayor contenido de restos orgánicos (hasta un 66 – 70 %).

Fragmentos de calizas	10 – 20 %
Cemento calcáreo	12 – 20 %
Politomórfico	
Material terrígeno	3 – 6 %

(Representado por plagioclasas, cuarzo, clorita y fragmentos de rocas vulcanógenas)

Las areniscas, calizas (no se incluyen las calizas gris pura) y gravelitas componen el espesor útil del yacimiento y es utilizado por la cantera para la producción de la arena artificial.

Intercalaciones de arcillas con mayor o menor cantidad de arena

En ocasiones tiene carácter margoso y aparecen semi-consolidadas de color pardo rojizo a gris oscuro con gravas y guijarros; estas intercalaciones son algo plásticas bajo la acción del agua.

Por otra parte las intercalaciones de aleurolitas de color gris acero o verdoso,



compacta con fractura subconcooidal masiva, son de granulometría fina a media y pelítica. Este material está integrado a un material clástico de grano fino con aporte vulcanógeno.

La fracción aleurolítica está constituida por granos finos de cuarzo y plagioclasas, en menor proporción se observan granos de anfíbol, mica blanca y granos sustituidos por cloritas.

La roca estéril de destape está representada por una capa intemperizada de areniscas, arcillas y también por la capa vegetal.

En la figura 2.2 se puede observar la forma que presenta el cuerpo mineral, el mismo es bastante regular, de forma alargada en dirección aproximada este – oeste donde está presente la mayor longitud del cuerpo, donde supera los 1000 m, representado por estratos monoclinales con alternancias más o menos rítmicas en su granulometría, estos estratos buzcan hacia el norte – noreste. Los mayores espesores actualmente se localizan hacia la parte N – NE.

2.2.2 Tectónica

La estructura del yacimiento es bastante continua y solo se ve afectada por los procesos tectónicos, así como, los fenómenos ocurridos en el proceso de sedimentación, que provocó algunas variaciones en lo que respecta al tipo granulométrico, así como en la aparición de diferentes intercalaciones de lutitas y arcillas arenosas que provocan en menor grado la disminución de la calidad industrial de este material en algunos sectores.

La estructura principal del yacimiento está interceptada por dos sistemas de fallas en dirección sublatitudinal y submeridional.

El sistema de las fallas sublatitudinales limita el yacimiento por el sur y suroeste. Al sur yacen (en su gran mayoría) las rocas carbonatadas, las cuales son muy duras, de grano fino, las calizas masivas (cortadas por los pozos P – 224 y P – 220) y las margas. La zona de trituración excesiva en el relieve se refleja por las estribaciones en forma



de cañón. El ángulo de buzamiento de la zona se aproxima, por lo visto, a un ángulo recto (vertical).

El ancho de la zona, según los datos de los trabajos geológicos explorativos, alcanzan unos 80 – 100 metros. Posiblemente la misma zona limita el yacimiento por el norte, sin embargo, los datos reales son pocos (solamente del pozo P – 202).

El sistema de fallas submeridionales se refleja en el yacimiento más débilmente, siendo el ancho de las zonas de trituración menor de 10 – 30 metros. En el plano geológico las dos fallas fueron determinadas por las particularidades geomorfológicas. Estas indican dos barrancos en forma de cañón, la dirección de estas es casi recta y se encuentran asociadas a las fallas. Una falla más está cortada por los pozos P – 10 y P – 207. El ángulo de caída de las fallas submeridionales también se acerca al ángulo vertical.

2.3 Hidrogeología

En la zona estudiada está ausente la presencia de ríos caudalosos; pero en la superficie enmarcada se encuentran diseminados muchos arroyos y arroyuelos que son afluentes de los ríos Bacuranao y Guanabo. Muchos de estos arroyos y arroyuelos se mantienen activos durante todo el tiempo y otros durante algunas épocas del año.

La dirección del flujo de las aguas subterráneas va desde la parte central y sur del yacimiento hacia el norte, noreste y este. En general el flujo predominante es hacia el este y noreste debido a que los niveles freáticos más bajos se hallan hacia esta zona (Mudrik V., 1984).

El nivel de las aguas subterráneas oscilan entre 7.15 y 42.00 m en los pozos 16 y 304 respectivamente en los años 1974 y 1982; y en los pozos 17 y 317 las cotas oscilan entre 114.65 y 59.00 m (Mudrik V., 1984). El gasto en los pozos en los cuales se efectuó el cubeteo (301, 304, 308, 313 y 315) oscila entre 0.31 y 0.39 l/seg. El abatimiento varía entre 12.34 y 28.06 m en los pozos 308 y 315. El nivel dinámico oscila



entre 20.05 y 47.70 m (Mudrik V., 1984). El nivel piezométrico varía entre 77.00 y 112.00 m aproximadamente mientras que la profundidad de yacencia oscila alrededor de los 3.00 y 33.00 m. Estos pozos caracterizan a la arenisca de grano fino a medio agrietada, con grietas rellenas de calcita, que es la litología predominante en el yacimiento. En resumen las condiciones hidrogeológicas son bastantes sencillas.

2.4 Condiciones climáticas

Las precipitaciones en la región se consideran abundantes con promedios anuales entre 1600 mm y 2000 mm, ocurriendo en el periodo lluvioso precipitaciones por más de 1600 mm y entre 400 mm y 600 mm en el periodo de seca. Las temperaturas oscilan entre 22°C y 27°C, lo cual provoca una alta evaporación. La humedad media anual es de 90 a 95%. La dirección de los vientos es E-NE.

2.5 Actividad económica

El área del yacimiento se encuentra atravesada por una red de carreteras y caminos. Las carreteras permiten acceso de vehículos de cualquier tipo y los caminos aun en épocas de lluvia son transitables en casi todas sus direcciones.

El yacimiento se encuentra a corta distancia de la Autopista Nacional (8 vías), con la cual se comunica a través de una vía asfaltadas que comienza en las instalaciones industriales y se une a la carretera La Monumental, está a corta distancia hacia el sur atraviesa la Autopista Nacional.

La distribución de la población es muy irregular, la cantidad de pueblos se encuentran distribuidos de la siguiente forma: hacia el noroeste está el poblado de Peñalver, hacia el noreste los poblados de Arango y la Sepultura.

La actividad principal de los habitantes de la región está constituida por labores agrícolas aunque en cierta tendencia a la integración a los planes genéticos. La industria que se ha desarrollado en esta zona está dedicada a la producción de materiales para la construcción, existiendo en esta zona cuatro (4) plantas de procesamiento que de una forma u otra producen áridos tanto para las construcciones de viviendas como para otras obras priorizadas del estado.



La fuente energética que alimenta la planta procesadora de piedra triturada y arena artificial en la región proviene de la línea de alta tensión (33000 voltios) localizada en el pueblo de Guanabacoa.

2.6 Características geotécnicas del macizo rocoso

El yacimiento se encuentra dividido en dos sectores (oeste y este) por un camino principal de extracción totalmente hormigonado. El sector oeste, actualmente se encuentra paralizado debido a la necesidad de trabajos de desarrollo, por lo que la explotación se ejecuta totalmente en el sector este.

Teniendo en cuenta los problemas tecnológicos en el curso de la explotación del yacimiento, se ha evidenciado que las areniscas de grano fino alterada (meteorizadas), generalmente por su contenido de partículas arcillosas, presentan problemas en los molinos, por esto la representación de estas litologías separa la arenisca de grano fino de las de grano medio y grueso.

Por otra parte se debe mencionar, por los problemas que causa en la explotación tecnológica del material, que las areniscas intemperizadas son las principales causantes de la inestabilidad de la calidad de la materia prima. Estas aparecen de color crema, conformando una corteza de intemperismo hasta la profundidad de penetración de las aguas de las precipitaciones.

Otro factor influyente en el proceso de alteración de estas areniscas es el sistema de fisura existente en el yacimiento y que se comporta de un modo muy favorable en las infiltraciones descendientes de las aguas superficiales.

Este fenómeno es realmente apreciable en algunos sectores y desarrollan bandas de alteraciones en ambas direcciones a partir de estas grietas – conductos, con espesores variables que alcanzan potencias observables menores de 1 m, en las mismas direcciones de desarrollo del sistema de agrietamiento.

2.7 Características cualitativas de la zona mineral

Los requerimientos fundamentales para la calidad de la materia prima deben evaluarse según los requisitos del GOST 8736 – 77 “*Arena para trabajos de construcción y la*

pedra artificial”, deberá tener como mínimo una resistencia a la compresión en estado saturado de 200 Kg/cm².

Tabla 2.1 propiedades físicas – mecánicas

Propiedades físico–mecánicas	valor mínimo	valor máximo	UM
Porosidad	4,50	25,00	%
Absorción	1,20	8,00	%
Resistencia a la compresión saturada	102,00	611,00	kg/cm ²
Resistencia a la compresión seca	124,00	1136,00	kg/cm ²
Triturabilidad en el cilindro en estado saturado	200,00	800,00	kg/cm ²
Triturabilidad en el cilindro en estado seco	200,00	1000,00	kg/cm ²
Peso Volumétrico	2,27	3,44	g/cm ³

Se realizaron algunos análisis químicos durante la campaña que abarca el período de 1973 – 1974, estas revelan el carácter calcáreo de la materia prima, a continuación se exponen algunos datos.

Tabla 2.2 Propiedades químicas

Pozo	Intervalo	Tipo	CaCO ₃	MgCO ₃	SiO ₂	SO ₃	UM
P – 12	2,00 – 13,10	Arenisca grano fino	85,80	3,11	7,19	0,12	%
P – 11	0,50 – 28,30	Arenisca grano medio	85,00	2,26	8,14	0,19	%
P – 2	2,40 – 8,00	Arenisca grano medio	79,00	4,70	11,23	0,01	%
P – 2	8,00 – 26,90	Arenisca grano grueso	76,70	4,12	12,39	0,87	%
P – 10	2,00 – 18,00	Arenisca grano fino	84,00	3,62	9,18	0,22	%
P – 18	2,00 – 10,10	Caliza	80,31	3,16	11,10	0,26	%

2.8 Condiciones para la estimación de los recursos

Para el cálculo de recursos se utilizaron los métodos empleados por el Informe “Búsqueda y Exploración del yacimiento de Arenisca Calcárea Victoria II” (1984) y el “Proyecto de Explotación Minera del yacimiento Victoria II” (2004), para ello el parámetro que se utilizó para realizar el cálculo es la resistencia a la compresión saturada, debe ser mayor a 200 kg/cm².

Otras condiciones empleadas para la estimación se muestran a continuación:

Potencia mínima de roca útil: 5 m

Potencia máxima de destape: 5 m

Relación máxima entre la potencia de destape y la potencia útil: 1,5 m

2.9 Investigaciones tecnológicas

En la temporada de 1981 – 1982 se realizaron tres pozos tecnológicos (211 – B, 304 y 316), donde se tomaron muestras por escalones, la profundidad oscila entre 15,1 m a 18,0 m, aunque en una ocasión alcanzó 24,5 m. Estos ensayos tuvieron como objetivo caracterizar la materia prima, donde se pudo comprobar, que no obstante, de existir diferentes tipos granulométricos de areniscas que van desde grano fino hasta grueso, estos desde el punto de vista tecnológico corresponden a un solo tipo. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la Empresa Geológico Minera.

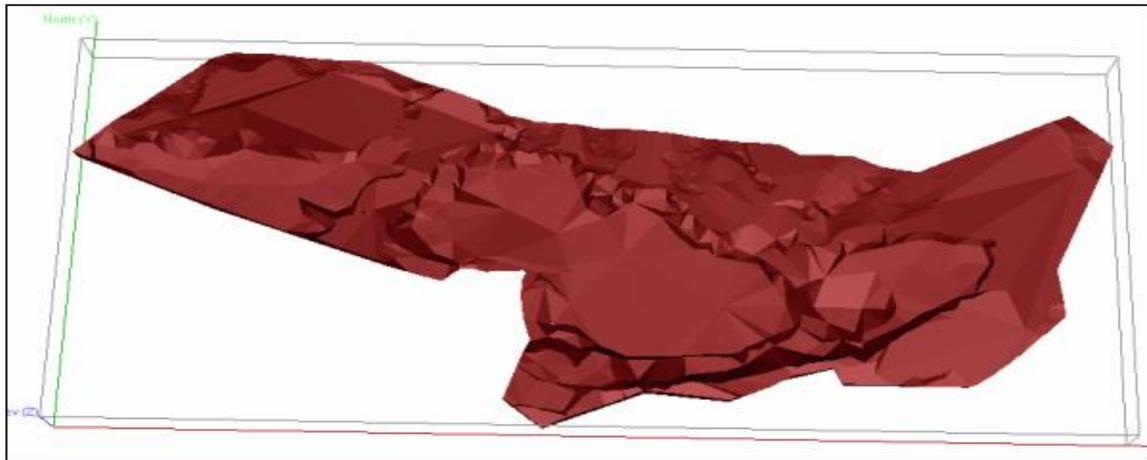


Figura 2.2. Vista en 3D del cuerpo mineral

Una vez que se confeccionó el modelo 3D del cuerpo mineral, y los diferentes modelos necesarios para la estimación; se calcularon los recursos geológicos y se clasificaron. Se utilizó un nivel de integración de 5, es decir 25 agujas por cada bloque (20 X 20 X 5), las agujas se orientaron en la dirección vertical y con el sólido actualizado proporcionaron un cálculo con un error de 0,02 %.



Clasificación de los recursos

Para la clasificación de los recursos se tomó en cuenta la Resolución N°. 385 “*Normas para la Clasificación de los Recursos y Reservas Minerales Sólidos y el Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos de la República de Cuba*”, editado por la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM).

La clasificación de los recursos se fundamenta por la continuidad geológica del yacimiento y los criterios geoestadísticos, este último fundamentado mediante los parámetros utilizados en la variable principal (resistencia a la compresión saturada).

El yacimiento Victoria II según estudios realizados (Mudrik V., 1984), se caracteriza por presentar una estructura geológica bastante continua, afectada por algunos procesos tectónicos y de sedimentación provocando algunas variaciones en la granulometría, así como la aparición de diferentes intercalaciones.

Desde el punto de vista morfológico, el yacimiento presenta una forma bastante regular de yacencia y esto se refleja en el relieve de la zona que no es muy complicado; está representado por estratos monoclinales con alternancias más o menos rítmicas en su granulometría.

Para la clasificación de los recursos se emplearon técnicas geoestadísticas utilizadas internacionalmente (Tulcanaza E., 1992, etc.), entre los criterios utilizados están: el alcance del variograma (representado por la distancia al punto más cercano), la cantidad de muestras usadas para estimar y la cantidad de octantes.

Según estos criterios y usando como elemento principal la resistencia a la compresión saturada se usaron los siguientes parámetros para la clasificación de los recursos:

Recursos medidos:

Elemento 1: Alcance del variograma. Se consideró la mitad del alcance ($R/2$). A partir del variograma ajustado se obtuvo un alcance equivalente a 350 m, por tanto se tomó $R/2=175$ m. Se tomó como base para categorizar la distancia al punto más cercano usado para estimar.

Elemento 2: Cantidad de muestras usadas para estimar un bloque. Se usó para esta categoría ≥ 14 muestras.



Elemento 3: Cantidad de octantes. Se limitó el mínimo de octantes utilizados que fueran ≥ 5 .

Recursos indicados:

Elemento 1: Alcance del variograma. Se consideraron los bloques con distancias al punto más cercano menores o iguales a 350 m (R).

Elemento 2: Cantidad de muestras usadas para estimar un bloque. Se usó para esta categoría ≥ 8 y $<$ de 14 muestras.

Elemento 3: Cantidad de octantes. Se limitó el mínimo de octantes seleccionando los bloques que estuvieran entre $3 \geq$ y < 5 .

Recursos inferidos:

Elemento 1: Alcance del variograma. Se consideraron los bloques con distancias mayores a 350 m.

Elemento 2: Cantidad de muestras usadas para estimar un bloque. Se usó para esta categoría < 8 muestras.

Elemento 3: Cantidad de octantes. Se limitó el mínimo de octantes utilizados que fueran < 3 .

En la tabla 2.3 Se muestra el resumen para la categorización de los recursos asumiendo los elementos antes expuestos.

Tabla 2.3 categorización de los recurso

Categoría	Distancia	Cantidad de muestras	Cantidad de octantes
Medidos	$> R$ (350 m)	≥ 14	< 3
Inferidos	$\leq R$ (350 m)	≥ 8 y < 14	≥ 3 y < 5
Indicados	$\leq R/2$ (175 m)	< 8	≥ 5

La continuidad geológica del depósito junto con los criterios geo-estadísticos usado determinó la clasificación de los recursos.



CAPITULO 3. DISEÑO DE APERTURA DEL SECTOR OESTE DEL YACIMIENTO VICTORIA II

3.1 Condiciones minero-técnicas del yacimiento

La estructura del yacimiento es bastante continua y solo se ve afectada por los procesos tectónicos, así como, los fenómenos ocurridos en el proceso de sedimentación, que provocó algunas variaciones en lo que respecta al tipo granulométrico, así como en la aparición de diferentes intercalaciones de lutitas y arcillas arenosas que provocan en menos grado la disminución de la calidad industrial de este material en algunos subsectores.

La estructura principal del yacimiento está interceptada por dos sistemas de fallas en dirección sublatitudinal y submeridional.

La zona de trituración excesiva en el relieve se refleja por las estribaciones en forma de cañón. El ángulo de buzamiento de la zona se aproxima, por lo visto, a un ángulo recto (vertical).

3.2 Antecedentes y evaluación del yacimiento

El yacimiento se encuentra dividido en dos sectores (este y oeste) por un camino principal de extracción totalmente hormigonado. La explotación en este yacimiento se realiza principalmente en el sector este.

En 1995 la explotación del sector oeste fue paralizada por razón de las características de las rocas que son algo margosa. Teniendo en cuenta los problemas tecnológicos en el curso de la explotación del yacimiento, se ha evidenciado que las areniscas de grano fino alterada (meteorizadas), generalmente por su contenido de partículas arcillosas, presentan problemas y tupiciones en los molinos; a raíz de los cambios realizados en las plantas de procesamiento, esta problemática ha dejado de afectar el proceso tecnológico, existiendo en la actualidad condiciones favorables para realizar la explotación en el sector estudiado.

La materia prima extraída del yacimiento abastece dos plantas de procesamiento: CP 301 "Victoria II" y CP 302 "Victoria III" ambos con capacidad de producción de 142.884,0 m³/año.



El material extraído se utiliza como materia prima para la producción de la arena artificial lavada para la construcción.

Se propone realizar la apertura de un frente de trabajo en el sector oeste y dejar creadas las condiciones para la explotación de este durante todo el curso de año, es decir durante el periodo de seca y de lluvia.

3.3 Sistema de explotación y operaciones mineras

La cantera se explota por el modo a cielo abierto dada las características y condiciones que se presenta en el mismo. El sistema de explotación define el orden de formación de la zona de trabajo en la cantera en tiempo y en espacio, y se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos mineros en los bancos, forma de frentes y dirección de desplazamiento.

El sistema de explotación que se emplea según el orden de trabajo en profundidad, es el propuesto por V.V. Rshvsky. El desarrollo de la explotación se realiza con profundización por bancos de 10 m de altura. Actualmente se encuentra un frente en explotación en el sector este del yacimiento y un frente en estudio y preparación en el sector oeste el cual se prevé realizar su apertura.

3.4 Capacidad anual de producción y vida útil

El estimado de reservas en el sector Oeste del yacimiento Victoria II, es de 690.266,00 m³ de material útil (In situ) en la categoría de Medido + Indicado, lo que representa 1.035.399 m³ de material esponjado. La producción planificada para las plantas de procesamiento que abastece este yacimiento es 220.700,00 m³/año.

Cálculo de la productividad del sector oeste

$$Q_a = \frac{P_c}{\eta * k_1 * k_2}$$

$$Q_a = \frac{220.700,0}{0,77 * 0,98 * 0,99}$$

$$Q_a = 295.425,0 \text{ m}^3/\text{año}$$



Dónde:

Q_a – Productividad anual de la cantera

P_c - Plan de producción de la planta (220.700,0 m³)

η - Coeficiente de recuperación tecnológica (Eficiencia, 0,77)

K_1 - Coeficiente de pérdida por transportación (0,98)

K_2 - Coeficiente de pérdida por extracción (0,99)

El tiempo de vida útil de la cantera se determina por la fórmula siguiente:

$$T_{vu} = \frac{P}{Q_a}$$

$$T_{vu} = \frac{1.035.399,0}{295.425,0}$$

$$T_{vu} = 3,5 \text{ años}$$

Dónde:

P - Reservas de material útil en la zona de explotación; m³ sueltos.

Q_a -Productividad anual de la cantera, esponjado; m³/año

3.5 Trabajos de apertura

Por apertura del yacimiento (sector oeste) se entiende el laboreo excavaciones mineras (o instalaciones) que permiten el acceso del transporte desde la superficie de la tierra (o desde la plazoleta industrial de la cantera) hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otra sin explotar, y que garantizan la preparación del frente de trabajo.

La definición dada demuestra que los trabajos en general para la apertura del yacimiento consisten en una serie de trabajos específicos que garanticen la apertura y la preparación de los horizontes de trabajo. Por ejemplo trincheras de entrada que garantizan la apertura en cada banco en conjunto forman el sistema de trincheras, que representan el método de apertura del yacimiento por trincheras. La apertura que se realizará en el yacimiento determinará por mucho tiempo y quizás por siempre el orden de explotación y efectividad del trabajo de la cantera. Al analizar esta situación el mayor significado lo tienen los siguientes factores:



- Tipo y ubicación de las excavaciones de apertura,
- Altura del banco de trabajo,
- Dirección del desarrollo de los trabajos mineros,
- Contornos finales de la cantera,
- Sistema de explotación,
- Tipo de transporte minero,
- Plazo de construcción de la cantera,
- Condiciones y forma de yacencia del cuerpo mineral,
- Relieve de la zona y topografía local,
- Ubicación de las instalaciones industriales y las escombreras,
- Calidad del mineral,
- Factores climáticos,
- Condiciones y posibilidad de financiamiento.

3.5.1 Método de apertura

El método que se empleará es la apertura con una trinchera. Se llama trinchera a una excavación minera inclinada que sirve para el acceso al yacimiento permitiendo la transportación del mineral útil a las instalaciones industriales y las rocas de destape a las escombreras.

Las trincheras se caracterizan por los siguientes elementos y parámetros:

- Ancho por el fondo
- Ángulo de los laterales;
- Profundidad final (igual a la altura del escalón o del banco);
- Longitud;
- Pendiente.

3.5.2 Variantes de apertura del sector oeste del yacimiento Victoria II

Existen accesos cercanos al área donde se prevé la realización de los trabajos de apertura, por lo que se analizan sus posibles ampliaciones y conexiones a los accesos existentes para que de esta forma dejar conectado el nivel +82m del sector oeste con toda la red de viales existente en el yacimiento, por tal motivo es indispensable la

construcción de una zanja de desagüe para el drenaje de las aguas en este nivel para que garantice la extracción del material de forma ininterrumpida durante todos los meses del año.

Se propusieron dos variantes de ubicación del camino de acceso para la apertura del nivel +82m, para el análisis de las variantes se tomó como factor determinante el relieve del área donde se realiza los trabajos.



Figura 3.1 Variantes para la apertura del sector oeste de yacimiento victoria II

Variante 1: apertura con camino de acceso por la parte sur del sector oeste

Para hacer la apertura por la parte sur del sector oeste del yacimiento se debe alargar y conectar el camino secundario existente que une la planta Victoria III con el dique de lodos de dicha planta.

Ventajas de la variante 1

- ✓ Menor distancia de trasportación hasta la planta de procesamiento: 0,7 km.
- ✓ Menor gasto de combustible.
- ✓ Menor tiempo de ejecución en la construcción de camino.
- ✓ Mayor productividad de la cantera en el periodo de seca (Mayor cantidad de viajes

por hora)

Desventajas de la variante 1

- ✓ Paralización de las operaciones de transportación de la masa minera hasta la planta de procesamiento en periodo de lluvia.

Variante 2: apertura con el camino de acceso por la parte norte del sector oeste

En este caso se debe reparar el camino de acceso por la parte norte del sector oeste. Este camino de acceso fue ejecutado durante la etapa de investigación geológica realizada en la década del 80 del siglo anterior, este se realizó a partir del camino hoy día hormigonado que divide el yacimiento en sector este (en explotación) y sector oeste (en preparación). La longitud de este tramo de camino que hay que reparar es de 431 m, con ancho de 10 m y una profundidad de 0,3 m representa un volumen esponjado de 1.939,5 m³ de material a mover durante su reparación (ver figura 3.2).



Figura 3.2 Vista del camino por el norte en reparación (tomada por la autora).

Ventajas de la variante 2

- ✓ La mayor parte de la longitud del camino está protegido con hormigón armado (700m).
- ✓ Se mantienen las operaciones mineras aún en el periodo de lluvias.
- ✓ Mayor seguridad de las operaciones durante el período de lluvias.

Desventajas de la variante 2

- ✓ Mayor distancia de transportación hasta la planta de procesamiento: 1,13km.

- ✓ Mayor consumo de combustible.
- ✓ Menor productividad de la cantera. (Menos cantidad de viajes por hora)

Durante las operaciones mineras que se realizarán en el transcurso de todo el año serán utilizadas ambas variantes para la transportación del material, es decir, durante la temporada de seca se utilizará el camino de acceso por el flanco sur y durante los meses de lluvias se utilizará el camino de acceso por el flanco norte, garantizando de esta forma la ejecución de las operaciones mineras ininterrumpidamente durante todo el año, lo que a su vez asegura la estabilidad del suministro de áridos para las construcciones de la capital.

3.5.3 Labores de apertura

Para poner en explotación el nuevo nivel de explotación (+82 m) es necesario crear una vía de transporte hasta él y un frente inicial de trabajo. En el sector oeste actualmente se encuentran paralizadas las labores de extracción del material útil, sin embargo se acometen los trabajos de apertura del nivel +82 m.

Para llegar al área de apertura utilizando la variante del camino por el sur primeramente se debe reparar el camino de acceso al dique de lodos, este existe, se necesita su reparación en una longitud de 464 m, considerando su ancho de 10 m y una profundidad de 0,3 m representa un volumen esponjado de 2.088,0 m³. Ver figura 3.3.



Figura 3.3 Vista del vial de acceso al dique ya reparado (tomada por la autora).

Para llegar al área de apertura utilizando la variante del camino por el norte primeramente se debe reparar el camino de acceso existente desde la etapa de la investigación

geológica para lo cual se necesita la limpieza y reparación de un tramo de longitud de 431 m, con ancho de 10 m y una profundidad de 0.3 m representa un volumen esponjado de 1.939,5 m³.

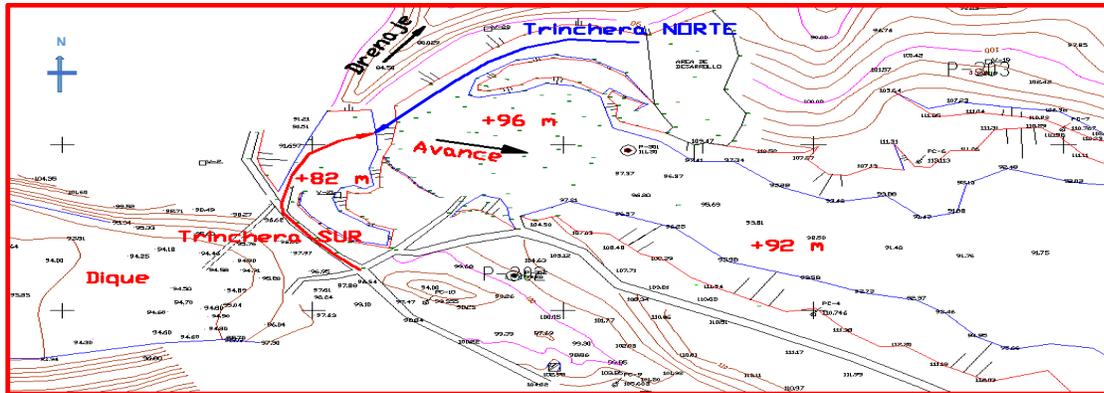


Figura. 3.4 Ubicación de las trincheras de apertura.

3.5.4 Trinchera de apertura

Se ejecutarán dos trincheras de apertura, una por el extremo sur del sector la otra por el extremo norte.

Cálculo de los parámetros de trincheras de apertura

Trinchera de apertura por el extremo sur

Ancho de la trinchera de apertura por el fondo

$$B_p = 2d + r + l_c + \frac{x}{2}$$

$$B_p = 2 * 3 + 8,86 + 11,31 + \frac{3,4}{2}$$

$$B_p = 27,87m \approx 28m$$

Dónde:

x- Ancho del camión (3,4 m)

l_c -Longitud de camión (11,31 m)

r- Radio de giro del camión (8,86 m)

d- Berma de seguridad (3 m)

Longitud de la trinchera de apertura



La longitud de la trinchera se calcula partiendo de la altura del talud y la pendiente máxima.

$$L_{ta} = \frac{h}{i} = \frac{14m}{0,08} = 175m$$

Dónde:

h- altura del banco (14 m)

i- pendiente de la trinchera (8% o 0,08)

Área de la trinchera de apertura

$$S_{ta} = \frac{(B_p + h * \cot \alpha) * h}{2}$$

$$S_{ta} = \frac{(28 + 14 * \cot 80^\circ) * 14}{2}$$

$$S_{ta} = 197m^2$$

Dónde:

α - ángulo de talud (80°)

Volumen de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = S_{ta} * L_{ta}$$

$$V_{ta} = 197 * 175$$

$$V_{ta} = 34.475,0m^3$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura por el sur

$$V_{tc} = \frac{Q}{S_t} = \frac{48.708,0}{197} = 247 \text{ m/mes}$$

Coordenadas del eje de la trinchera de apertura por el extremo sur del sector oeste

NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
359924,38	376118,75	96
359932,98	376109,76	94
359944,15	376099,05	92,7



359959,17	376088,60	91,5
359964,26	376087,75	90
359966,99	376088,03	89
359981,74	376092,07	87
359994,34	376098,61	85,8
360002,44	376111,06	83
360006,77	376123,97	82

Trinchera de apertura por el extremo norte

Ancho de la trinchera de apertura por el fondo

$$B_p = 2d + r + l_c + \frac{x}{2}$$

$$B_p = 2 * 3 + 8,86 + 11,31 + \frac{3,4}{2}$$

$$B_p = 27,87m \approx 28m$$

Longitud de la trinchera de apertura por el norte

La longitud de la trinchera se calcula partiendo de la altura del talud y la pendiente máxima.

$$L_{ta} = \frac{h}{i} = \frac{12m}{0,08} = 150m$$

Dónde:

h- altura del banco (12 m)

i- pendiente de la trinchera (8% o 0,08)

Área de la trinchera de apertura



$$S_{ta} = \frac{(B_p + h * \cot \alpha) * h}{2}$$

$$S_{ta} = \frac{(28 + 12 * \cot 80^\circ) * 12}{2}$$

$$S_{ta} = 180m^2$$

Dónde:

α - ángulo de talud (80°)

Volumen de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = S_{ta} * L_{ta}$$

$$V_{ta} = 180 * 150$$

$$V_{ta} = 27.000,0m^3$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura por el norte

$$V_{tan} = \frac{Q}{S_t} = \frac{48.708,0}{180} = 270 \text{ m/mes}$$

Coordenadas del eje de la trinchera de apertura por el extremo norte del sector oeste

NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
360062,03	376230,09	94
360062,30	376219,90	92
360063,50	376203,3	90
360058,72	376185,04	88
360049,67	376170,01	86
360037,31	376155,79	85
360026,57	376144,65	83
360014,25	376132,39	82



3.5.5 Trinchera de corte

Esta excavación se realiza a partir de la trinchera de apertura y tiene la finalidad de crear un frente inicial de trabajo en el nivel de apertura. Es una excavación horizontal que se debe construir con una pequeña inclinación para el drenaje natural.

La longitud de la trinchera de corte será, como mínimo, equivalente de la plataforma de trabajo, de manera que una vez ampliada en la dirección de desarrollo del frente los equipos puedan operar sin dificultad. El ancho será igual al ancho de la trinchera de apertura, siendo esta una continuación de la misma pero en la horizontal. Una vez terminada la trinchera de corte queda el frente listo para pasar a la extracción de mineral desde el cual se puede desarrollar el frente de acuerdo al sistema de laboreo establecido. Los parámetros de las trincheras dependen básicamente del equipamiento para su ejecución.

Cálculo de los parámetros de la trinchera de corte

Ancho de la trinchera de corte por el fondo

$$B_p = 2d + r + l_c + \frac{x}{2}$$

$$B_p = 2 * 3 + 8,86 + 11,31 + \frac{3,4}{2}$$

$$B_p = 27,87m \approx 28m$$

Dónde:

x- Ancho del camión (3,4 m)

l_c -Longitud de camión (11,31 m)

r- Radio de giro del camión (8,86 m)

d- Berma de seguridad (3 m)

Área de la trinchera corte

$$S_{tc} = (B_p + h * \cot \alpha)h$$

$$S_{tc} = (28 + 10 * \cot 80^\circ)10$$

$$S_{tc} = 298m^2$$

Longitud de la trinchera de corte

$$L_{tc} = 100m$$

Volumen a extraer de la trinchera de corte

$$V_{tc} = S_{tc} * L_{tc}$$

$$V_{tc} = 298 * 100$$

$$V_{tc} = 29.800,0m^3$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de corte

$$V_{tc} = \frac{Q}{S_t} = \frac{48.708,0}{298} = 168 \text{ m/mes}$$

Velocidad de desplazamiento del frente de arranque

$$V_{fa} = \frac{Q}{h * a} = \frac{48.708,0}{10 * 100} = 48 \text{ m/mes}$$

Velocidad de desplazamiento del frente de trabajo

$$V_{ft} = \frac{Q}{h * a} = \frac{48.708,0}{10 * 466} = 10 \text{ m/mes}$$

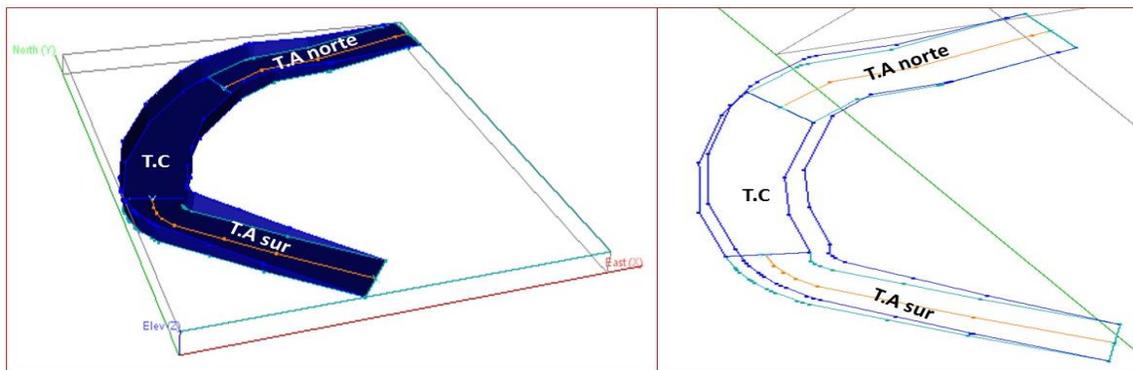


Figura 3.5 Vista de las trincheras de apertura y de corte en 3-D y en 2-D

3.6 Estrategia de profundización de la cantera en el sector Oeste del yacimiento

La cantera se profundizará desde el nivel + 92,0 m hasta la cota + 82,0 m, implicando una profundidad de explotación máxima de unos 10,0 m, se avanzará desde los frentes

actuales en el nivel +92,0 m, del oeste hacia el este agotando los mismos de arriba hacia abajo.

Paralelamente a la profundización de la cantera y la explotación de las reservas que se encuentran por encima del nivel +82 m, se realizará la explotación de las reservas que se encuentran por encima del nivel +92 m manteniendo siempre el adelanto correspondiente a una plazoleta de trabajo del nivel +92 m respecto al +82 m.

La explotación en el nivel +92m se realizará barrenando desde la superficie que se encuentra en la cota +102 y realizando la carga y transportación en nivel +92m. Ver figura 3.6.



Figura 3.6 Explotación del nivel +92 (tomada por la autora).

Equipos necesarios

Para los labores de apertura se utilizara: buldócer T-20, camiones articulados Volvo A40-D y un cargador Volvo L-180.

3.7 Tala y desbroce

La tala consiste en el corte y traslado de los arboles presentes en el área donde se planea la explotación. Esto se basa en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, tocones, malezas, basura y cualquier otro objeto no deseable de la zona de la cantera. Ambas operaciones son preparatorias y tiene la finalidad de crear las condiciones óptimas para las demás labores primarias como la apertura. Estas labores solo se limitarán en el área



de la cantera y escombreras, no debiendo excederse de sus límites. Los productos del desbroce se retirarán de la zona de la cantera y se ubicarán en un depósito localizado. La potencia del desbroce es de 0,3 m, el desbroce se realizará con el uso del buldócer.

3.7.1 Proceso de ejecución de los trabajos de tala y desbroce

Los topógrafos estaquillarán las zonas afectadas por la minería en la cantera, marcando claramente la zona de actuación. Se señalarán las zonas donde se encuentren los servicios afectados y se marcarán los árboles que se incluyen en el proyecto. Todos los tocones y raíces con diámetro superior a 10 cm se eliminarán excavando hasta una profundidad no mayor de 50 cm. En zona de servidumbre se pueden dejar los tocones a ras del suelo. Previo a la iniciación de estos trabajos, se debe obtener los permisos correspondientes para la tala de árboles y vertido de los productos sobrantes a vertederos autorizados. Para extraer raíces y tocones con maquinaria, una buena elección es la utilización de buldócer con rippers. Para eliminar la grama (mala hierba), se debe excavar dentro de 20 a 30 cm bajo superficie del terreno natural.

Se prevé un área para la ubicación de la capa vegetal, las cuales serán apiladas por un buldóceres y se almacenaran temporalmente localizándose esta al noreste de la cantera.

Los equipos a utilizar son: buldócer, cargador y camiones

Los medios auxiliares pueden ser: sierras mecánicas, machetes y hachas.

3.8 Drenaje

Según el estudio hidrogeológico en el área de explotación existe agua subterránea en los niveles altos y durante el periodo de lluvia el área se inunda debido a las precipitaciones atmosféricas. Para evitar que el agua se acumule e interrumpa los trabajos mineros a realizar se propuso construir una zanja de desagüe que conducirá el agua a la cañada cercana que se encuentra al noroeste de la zona de estudio.

La topografía del área y la tecnología de extracción a desarrollar, propician condiciones favorables para hacer el drenaje de la cantera por gravedad. El desagüe natural de la zona es hacia el norte, por lo que se deberá mantener en general este sentido para el drenaje durante la explotación.

Para garantizar un mejor drenaje durante la extracción, se propuso construir una zanja de drenaje, de forma que el agua drene por la misma hasta una cañada aledaña al área de la cantera y así evitar la acumulación de aguas en los frentes de trabajo (ver Anexo 1). Esta cañada es represada aguas abajo instaladas una turbina flotante que recircula el agua incorporándola nuevamente al proceso en las plantas de procesamiento industrial. Ver figura 3.7.



Figura 3.7 Dirección de circulación de agua de drenaje.

Parámetros para el diseño de la zanja de desagüe

Ancho	4,5 m
Longitud	54 m
Pendiente hacia el norte	1%
Cota inicial	82
Cota inferior	80

Coordenadas de la zanja de desagüe

NORTE	ESTE
360020,26	376110,96
360028,61	376115,69

360035,55	376120,42
360043,58	376125,00
360051,30	376129,10
360074,62	376148,83

Para garantizar el drenaje natural por la cañada que se encuentra al oeste del área de apertura, se debe nivelar la actual plazoleta de trabajo hasta la cota +92m, ya que existen pequeñas elevaciones (repie) por encima de la cota de proyecto que pueden impedir el movimiento libre de las aguas hacia el desagüe planificado.

3.9 Escombrera

Existe una escombrera por el este de la trinchera de apertura. Durante las labores de apertura una parte del material estéril se transportara hasta el dique de lodo para el recrecimiento del mismo y la otra parte para la escombrera.

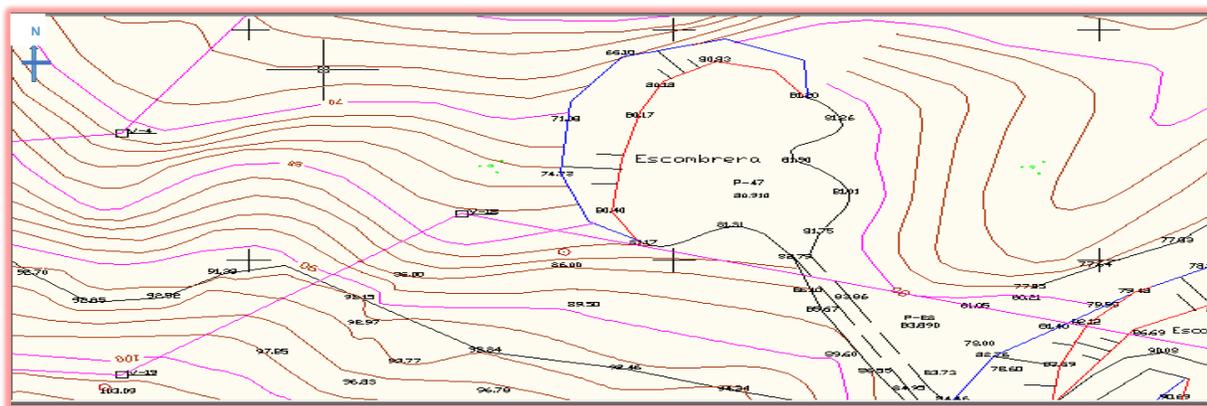


Figura 3.8 Vista ilustrativa del depósito del escombro.

Para La elección del área de ubicación de la escombrera se consideraron los siguientes factores:

- Minimizar los costos de transporte y vertido.
- Garantizar el drenaje.
- Minimizar el área afectada.
- Minimizar la alteración sobre hábitats y especies protegidas, etc.
- Garantizar la capacidad del almacenamiento suficiente,



- Ubicación a mínima distancia de la cantera,
- Ubicación en áreas sin mineral útil,
- No obstaculizar el desarrollo de los trabajos mineros.
- Facilitar la creación de las condiciones de seguridad del trabajo.
- Utilización de zonas dentro de la concesión minera.

3.9.1 Tecnología de trabajo en la escombrera

El laboreo de las escombreras con buldócer incluyen los siguientes trabajos:

- Descarga de las rocas en el talud.
- Traslado de las rocas por el talud con los buldóceres (nivelación del borde);
- Trabajos de nivelación.

3.10 Caminos mineros

Son aquellos por los cuales se realiza el transporte habitual de materiales dentro de la explotación, es decir, por los que circulan las unidades de acarreo del material.

3.10.1 Caminos existentes

En el extremo Sur de la cantera, colinda un camino principal y ramales que dan acceso a los niveles +112.0 m del sector este que a su vez establece una ruta hasta la planta de procesamiento del mineral y otro pavimentado en la parte central del yacimiento del cual se derivan otros que dan acceso a los niveles +92.0 m. Existe también un camino secundario que va desde la planta de procesamiento hasta el dique de lodo.

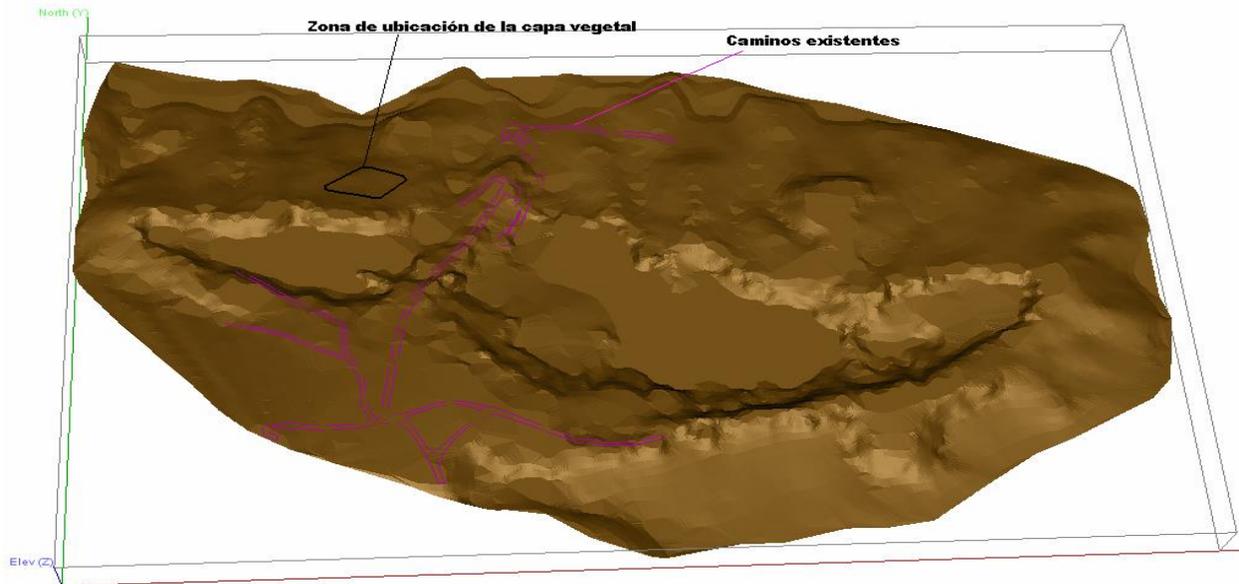


Figura 3.9 Caminos existentes en el yacimiento Victoria II

3.10.2 Diseño de los parámetros del camino de acceso

En el diseño de los caminos de transporte hay que considerar, en relación con las unidades de transporte que se utilicen, una serie de parámetros que sin perder el ritmo de operación los hagan seguros. Estos son:

- Estructura.
- Pendiente.
- Ancho.
- Curvas (radios, peraltes y sobre ancho).
- Visibilidad de curvas y cambios de rasante.
- Drenaje.

Cálculo del ancho de los caminos

El ancho de los caminos se calculó utilizando la fórmula:

$$A = n * X + (n - 1)a + n * d$$

$$A = 2 * 3,4 + (2 - 1)1 + 2 * 1$$

$$A = 9,8m$$

$$A \approx 10m$$

Donde:



A – ancho total de la pista

X– ancho del vehículo (3,4 m)

n – número de carriles deseados (2)

a- espacio entre vehículos circulando en sentidos opuestos (1 m)

d- distancia del vehículo a la cuneta o talud (1m)

Se construirán dos caminos de acceso con un ancho de 10 m con una pendiente máxima de 8%, uno por el sur y otro por el norte del área de apertura. Ver las trazas de los caminos y su perfil longitudinal en anexos 2 y 3.

3.10.3 Criterios para la reparación y el mantenimiento de caminos mineros

En la utilización continua de un camino para transporte de equipos pesados, la superficie está sometida a deformaciones por el constante paso de los vehículos de acarreo y otros. Aunque el deterioro puede ser controlado en gran medida por el tipo de material empleado en la superficie, se deberá considerar un programa de mantenimiento de caminos según los requerimientos de seguridad y factores económicos.

Las canaletas laterales para el drenaje deberán ser inspeccionados de forma periódica y limpiadas para asegurar la ausencia de obstrucciones. Si no se limpian, las excavaciones de drenaje podrán obstruirse en las épocas húmedas y causar erosión de la superficie de rodamiento o saturar los materiales de la sub-base. La brigada de mantenimiento equipada con maquinarias ligeras tales como motoniveladoras, y otros necesarios, deberán ocuparse en períodos predeterminados de inspeccionar que todas las líneas de drenaje estén libres de obstáculos.

Si los vehículos pesados usan de forma continua el mismo paso en sus respectivas vías de acarreo, la concentración de carga creará eventualmente zanjas o trochas. Para prevenir ésta situación, se deberá inculcar a los conductores el uso de áreas diferentes de la vía.

El derrame de material de vehículos sobrecargados es un problema significativo, si no se previene esta situación o si se permite la permanencia en la ruta de este material, existirá un traqueteo o saltos innecesarios. Por consiguiente, debe existir un consenso en el carguío para prevenir que el equipo sea colmado más allá del límite permisible



La adhesión a las medidas preventivas discutidas, puede significar reducir significativamente los problemas de mantenimiento de caminos. Sin embargo, éstas no son una solución total. Las condiciones anormales de la superficie ocurrirán en forma periódica requiriendo procedimientos adicionales. El peso del costo de los neumáticos en el costo total de la transportación es significativo, por esa causa el mantenimiento de los caminos es un aspecto muy importante en las minas a cielo abierto.

3.11 Tecnología de los trabajos mineros

Los trabajos mineros en el yacimiento consisten en el arranque, traslado y almacenamiento del mineral y las rocas de destape. Para ello se deben realizar los siguientes procesos básicos: la preparación de las rocas para la excavación, la excavación - carga, el traslado de la masa minera (las rocas estériles hacia las escombreras y el mineral a los depósitos o a la planta) y la preparación primaria del mineral y su beneficio. Además se realizarán otros procesos auxiliares mineros como el suministro eléctrico, el drenaje, el muestreo de los minerales, el mantenimiento y reparación de los equipos, etc., que aseguran la ejecución de los trabajos mineros.

La tecnología y mecanización de los trabajos se basa en los principios de la continuidad, simultaneidad e independencia de los procesos, el aseguramiento de la mínima distancia de transportación de la masa minera, la disminución del número y el volumen de los trabajos auxiliares, el mínimo de gastos y el máximo de ingresos por la realización de la producción.

3.11.1 Los trabajos de arranque, carga y transporte

Estos trabajos contemplan la excavación y carga (traslado y descarga) en medios de transporte de la masa minera. La excavación de las rocas se realizará con cargadora, se contará con dos rampas inclinadas con 8% de pendiente y 28,0 m de ancho que conectará con el nivel de explotación.

Secuencia de ataque o frente de explotación

Dentro del método convencional de explotación por banqueo descendente se encuentran tres direcciones de ataque:

- Explotación longitudinal (paralela al rumbo)



- Explotación transversal (normal al rumbo)
- Explotaciones diagonales o mixtas (en ángulo con el rumbo)

En este caso se avanzará de forma longitudinal, se iniciará en las cotas superiores del yacimiento y progresando de techo a piso del paquete de masa mineralizada. Una vez que el banco haya avanzado hasta su límite final, se avanzará de forma transversal garantizando la explotación total del banco.

Arranque

Considerando fundamentalmente las características físico-mecánicas de las rocas del yacimiento y conociendo que la parte superior del mismo está intemperizada, el arranque para la extracción de material se hará de forma directa y con explosivos.

Para hacer el arranque con el uso de explosivos, se calculan (por método automatizado) los parámetros necesarios para los trabajos de perforación y voladuras, resultando el pasaporte de perforación y voladuras.

Excavación-carga

La actividad de carga tanto en el mineral como en el estéril se ejecutará con el uso de cargador Volvo L180 (ver anexo 4).

Transportación del mineral y del estéril

Esta labor es parte de los trabajos mineros en el yacimiento, a través de la cual se traslada el mineral hacia los depósitos o la planta para su procesamiento y el estéril para las escombreras.

La transportación del mineral y el estéril se realizará usando camiones Volvo de 22,5 m³ de capacidad, la cual constituye un esquema cíclico. El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad, flexibilidad y en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes, etc.

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



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

Distancia máxima a la planta	1,13 km
Distancia a la escombrera	0,5 km

3.11.2 Equipamiento minero

Para garantizar la puesta del mineral en la planta de procesamiento con los requerimientos exigidos, se necesita asegurar un parque de equipos mineros y equipos auxiliares de aseguramiento de la producción en cantidad y estado técnico óptimos.

Se realiza el cálculo del equipamiento minero necesario y parque tomando en consideración los volúmenes de trabajo para cada actividad, distancia promedio de transportación, régimen de trabajo, disponibilidad mecánica y otros datos necesarios.

A continuación se expone las características técnicas de equipamiento a utilizar durante los trabajos de apertura

Tabla 3.1 Características del Cargador Volvo L180

características	Símbolo	Valor
Consumo de combustible	C _c	25 l/h
Capacidad de la cuchara	E	4,1 m ³

Tabla 3.2 Características del Camión volvo A40

Características	Símbolo	Valor
Capacidad	Q	22 m ³
Consumo de combustible	C _c	18 l/h
Costo de mantenimiento	C _m	10,58 \$/h
Velocidad de traslación cargado	V _c	25km/h
Velocidad de traslación vacío	V _v	30km/h



Largo	L	11,31 m
Ancho	X	3,4 m
Radio de giro	R	8,86 m

Tabla 3.3 Características del Buldócer Chetra T-20-21

características	unidad	Valor
Potencia	HP	28
Coeficiente de uso turno.	Factor	0,80
Disponibilidad mecánica.	%	75
Longitud de la cuchilla.	M	4,22
Altura de la cuchilla.	M	1,25
Distancia de corte.	M	7,50
Distancia de transporte.	M	20,00
Velocidad de corte.	m/min	108,00
Velocidad de transporte.	m/min	186,60
Velocidad de retroceso.	m/min	127,80
Tiempo de maniobras con la cuchilla.	Min	0,25
Tiempo de cambio de una velocidad.	Min	0,08
Factor de irregularidad del trabajo.	U	0,90

El cálculo de los parámetros de equipamiento necesario para los trabajos de apertura se realizara a base de hojas de cálculo en Microsoft Excel. A continuación se muestra la metodología de cálculo.

Metodología de cálculos de equipamiento minero

Cargador frontal Volvo L180

Productividad teórica

$$Q_{\text{teo}} = \frac{3600 * E_c}{T_c} ; \text{m}^3/\text{h}.$$



Donde:

E_c - Capacidad de la cuchara del cargador m^3 .

T_c - Tiempo de ciclo durante el proceso de trabajo; s.

Productividad técnica

$$Q_{tec} = Q_{teo} * \frac{k_{ll}}{k_e} ; m^3/h$$

Dónde:

k_{ll} - Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador

k_e - Coeficiente de esponjamiento del material

Productividad de explotación

$$Q_{exp} = Q_{teo} * k_u * k_{dm} ; m^3/h$$

Dónde:

K_u - Coeficiente de utilización.

K_{dm} - Coeficiente de disponibilidad mecánica.

Productividad de explotación por turno

$$Q_{expt} = Q_{exp} * T_t ; m^3/turno$$

Productividad de explotación por día

$$Q_{expd} = Q_{exp} * n_t ; m^3/dia$$

Donde:

n_t - número de turnos por día

Tabla 3.4 Resultado de cálculo de parámetros del cargador

Parámetros del cálculo	U/M	valor
Volumen de material a cargar (rajón)	m^3	91.275,0



Ciclo de trabajo del Cargador	Min	0,83
Factor de llenado del cucharón	Factor	1,10
Capacidad del cubo de la Cargador	m ³	4,10
Factor de irregularidad	Factor	0,30
Coeficiente de uso turno	Factor	0,80
Disponibilidad mecánica	Factor	75
productividad teórica	m ³ /h	295,20
Productividad técnica	m ³ /h	216,48
Productividad de explotación horaria	m ³ /h	129,89
Productividad de explotación mensual	m ³ /mes	48.708,0
Equipos necesarios	U	0,33
Equipos parque	U	1
tiempo de ejecución de la actividad	Horas	1.167,0

A continuación se muestra la metodología de cálculo de los parámetros de la transportación del material.

El tiempo viaje de un camión

$$T_v = t_c + t_{rc} + t_d + t_{rv} + t_{mcd}$$

Donde:

t_{rc} -Tiempo de recorrido del camión cargado (min)

t_{rv} -Tiempo de recorrido del camión vacío (min)

t_c -Tiempo de carga de un camión (min)

t_d -Tiempo de descarga de un camión (min)

t_{mcd} -Tiempo de maniobra del camión en la carga y descarga (min)



El tiempo de movimiento del camión cargado:

$$t_{rc} = \frac{60L}{v_c} \text{ min}$$

Donde:

L-Distancia máxima de transportación (km)

v_c - Velocidad de los camiones cargados km/h

El tiempo del recorrido del camión vacío:

$$t_{rv} = \frac{60L}{v_v} \text{ min}$$

Donde

v_v - Velocidad de los camiones vacíos km/h

El tiempo de carga de un camión:

$$T_c = \frac{N_c}{N_{\text{ciclos}}} ; \text{min}$$

Donde:

N_c -Número de cucharas (se toma del cálculo realizado en el acápite de productividad del cargador).

N_{ciclos} - Cantidad de ciclos de excavación en un minuto;

La cantidad de viajes de un camión por turno:

$$N_v = \frac{T_t - T_{op} - T_{np}}{T_v} ; \text{viajes.}$$

Donde:

T_t -Duración del turno; min

T_{op} - Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales; min

T_{np} - Tiempo de descanso; min



T_v - Tiempo de viaje de un camión; min

El volumen de la roca del macizo en un camión:

$$V = Q_c * N_c ; m^3$$

Donde:

Q_c - Volumen de la roca en la cuchara; m^3

La cantidad de camiones trabajando:

$$N_{trab} = \frac{P_t}{N_t * K_u} * K_i ; \text{camiones.}$$

Donde:

P_t - Productividad por turno de la cantera; m^3/turno

K_u - Coeficiente de utilización de los camiones;

K_i - Coeficiente de irregularidad diaria de los viajes;

Productividad de un camión por turno

$$Q_{camt} = N_v * V * D$$

Productividad de un camión por día

$$Q_{camd} = Q_{camt} * n_t \text{ (} m^3/\text{ día).}$$

A continuación se muestra los parámetros de cálculo del camión durante la realización de carga y transporte.

Tabla 3.5 parámetros del cálculo de trabajo de carga- transporte.

Parámetros del cálculo	U/M	trinchera de apertura por el norte	trinchera de apertura por el sur	Trinchera de corte trasladado por el sur	Trinchera de corte trasladado por el norte
Volumen de material a transportar	m^3	27.000,0	34.475,0	29.800,0	29.800,0
Coeficiente de esponjamiento	Factor	1,5	1,5	1,5	1,5
Coeficiente de uso turno	Factor	0,80	0,80	0,80	0,80



Disponibilidad mecánica	%	75,00	75,00	75,00	75,00
Capacidad del cubo del Cargador	m ³	4,10	4,10	4,10	4,10
Tiempo del ciclo del Cargador	Segundos	50	50	50	50
Factor de llenado	Factor	0,90	0,90	0,90	0,90
Cap. de la cama del camión	m ³	22,50	22,50	22,50	22,50
Cubos para llenar un camión	U	6	6	6	6
Distancia de tiro	km	1,13	0,70	0,70	1,13
Velocidad del camión cargado	km/hora	25	25	25	20
Velocidad del camión vacío	km/hora	30	30	30	24
Tiempo del ciclo del camión	Minutos	11,97	10,08	10,08	13,22
cantidad de viajes por turno	U	55,13	65,48	65,48	49,94
Productividad horaria, rajón	m ³ /h	90,21	107,14	107,14	81,73
Productividad anual, rajón	m ³ /año	315.737,0	375.000,0	375.000,0	286.039,0
Camiones necesarios	U	0,09	0,09	0,08	0,10
Parque de camiones real	U	1,00	1,00	1,00	1,00
tiempo de ejecución de la actividad	Horas	299	322	278	365

Cálculo de la productividad del buldócer

Productividad por turno

$$P_t = \frac{3600 * T_t * V * K_a * K_u * K_i}{K_e * T_c} ; m^3/\text{turno.}$$

Dónde:

T_t - Duración del turno, horas.

V - Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla del buldócer.

K_a - Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del buldócer tiene una forma de caja.



K_u - Coeficiente de utilización del buldócer en el tiempo.

K_i - Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldócer.

K_e - Coeficiente de esponjamiento.

T_c - Duración del ciclo en segundos.

Duración del ciclo

$$T_c = \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_1 + l_2}{V_3 + t_c + 2T_g} ; s.$$

Donde:

l_1 - longitud para cortar el volumen V de la cuchilla del buldócer, m

V_1 - velocidad de movimiento del buldócer durante el corte, m/s.

l_2 - distancia que recorre el buldócer cargado, m.

V_2 - velocidad de movimiento del buldócer cargado, m/s.

V_3 - velocidad de movimiento del buldócer vacío, m/s.

t_c - tiempo para el cambio de las velocidades, s.

T_g - tiempo de giro del buldócer, s.

A continuación se expone el resultado de los parámetros del buldócer.

Tabla 3.6 Resultado de cálculo de buldócer.

Parámetros del cálculo	U/M	apertura	camino
Volumen de material a remover, rajón	m ³	91.275,0	4.027,5
Coeficiente de esponjamiento	Factor	1,50	1,30
Angulo de reposo natural del material	°	37	37
Coeficiente de uso turno	Factor	0,80	0,80
Disponibilidad mecánica	%	75	75
Longitud de la cuchilla	m	4,22	4,22
Altura de la cuchilla	m	1,25	1,25
Capacidad de transporte por ciclo	m ³	4,38	4,38
Tiempo del ciclo	min	1,46	1,46
Factor de irregularidad del trabajo	u	0,90	0,90
Productividad horaria	m ³ /h	159,62	159,62
Productividad anual de una unidad	m ³ /año	558.683,0	558.683,0



Equipos necesarios	U	0,16	0,01
Parque real	U	1	1
tiempo de ejecución de la actividad	U	572	26

3.12 Régimen de trabajo

El régimen de trabajo con el que operará la cantera se ha considerado que sea el siguiente:

Días calendarios	365
Días estimados de lluvias	-27
Días feriados y domingos	-58
Días laborables o efectivos	280
Turnos de trabajo al día	1
Horas de un turno	12,5

3.13 Trabajos de perforación y Voladura

Para el laboreo de las trincheras se empleará el método de arranque por perforación y voladura

El ciclo general para el trabajo de perforación voladura comprende las siguientes actividades:

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



Teniendo en cuenta las propiedades físico mecánicas de las rocas a arrancar (dureza, homogeneidad, agrietamiento, etc.) y la granulometría en la fragmentación requerida se realizará el cálculo del pasaporte de perforación y voladuras.

Todas las voladuras dispondrán de un frente o cara libre principal, con la distribución de los taladros rectos a toda la profundidad del banco.

Los taladros estarán dispuestos al tres bolillo para garantizar una fragmentación con la granulometría lo más uniforme posible.

Se trabajará con los productos principales ofrecidos por la Unión Latinoamericana de Explosivos S. A (ULAEX SA). Se trabajará con las sustancias explosivas Fortel como carga de columna por ser esta la temporada lluviosa y como carga de fondo se utilizará el Senatel Magnafrac.

Metodología de cálculo de pasaporte de perforación y voladura

Línea de menor resistencia

$$W = 53 * k_a * d * \sqrt{\frac{\Delta e}{\gamma}}$$

Donde:

d- diámetro real del taladro; 89 mm

γ - densidad de la roca; 2,46 t/m³

K_a : coeficiente de agrietamiento del macizo de rocas, entre 1,0 – 1,2

e-Coeficiente de la capacidad de Trabajo

Δ - densidad de carga

$$e = \frac{C.T.Empleada}{C.T.Patrón} = \frac{480}{360} = 1,33$$

C.T. – Capacidad de Trabajo S.E. Patrón, Amonita GJB =360 cm³.

C.T. – Capacidad de Trabajo S.E. Empleada, Senatel Magnafrac =480 cm³

$$\text{Densidad de carga: } \Delta = \frac{\text{Volumen de S.E. empleada}}{\text{volumen del taladro}}$$



La densidad real de carga se determina por la relación entre el diámetro del Taladro y el diámetro de la carga explosivo dentro de este:

$$\Delta = \frac{d_c}{d_T} = 0,73$$

Distancia entre filas

$$a = m * W$$

Donde:

m-coeficiente de aproximación, entre 0,9 – 1,1

Distancia entre taladros de una fila

$$b = W$$

Número de filas

$$N_f = \frac{A}{a} + 1$$

Dónde:

A: ancho del bloque de trabajo en el banco (28 m)

Número de taladros por filas

$$N_{f'} = \frac{B}{b} + 1$$

Dónde:

B: longitud del bloque de trabajo en el banco

Longitud de sobre perforación

$$N_s = K_s * d$$

Dónde:

K_s: coeficiente de sobre perforación oscila entre 10 - 15 el diámetro de perforación

Longitud de relleno

$$L_r = 0.75 * W$$



Distribución y cálculo de las cargas por filas

Longitud total de taladro

$$L_t = H + L_s$$

Longitud de carga

$$L_c = L_t - L_r$$

Magnitud de carga

$$Q = q * W * a * H$$

Metros lineales a perforar

$$L_T = N_f * N_{ff} * l_t$$

Para el cálculo de este pasaporte se utilizó las hojas de cálculo de Ms Excel, a continuación se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.7 Resultado del cálculo de perforación y voladura de la trinchera de apertura por el norte

parámetros	valor	U/M
línea de menor resistencia	3	m
distancia entre filas	2,7	m
distancia entre taladros	3	m
numero de fila	11	U
taladros por fila	51	U
metro lineal perforado	3.794,56	m
Carga total de voladura	16.089,32	kg

Tabla 3.8 Resultado del cálculo de perforación y voladura de la trinchera de apertura por el sur

parámetros	valor	U/M
línea de menor resistencia	3	m
distancia entre filas	2,7	m
distancia entre taladros	3	m
numero de fila	11	U
taladros por fila	59	U
metro lineal perforado	5.033,6	m
Carga total de voladura	21.683,38	kg



Tabla 3.9 Resultado de cálculo de perforación y voladura de la trinchera de corte

parámetros	valor	Unidad
Altura de banco	10	M
Línea de menor resistencia	3	M
Distancia entre filas	2,7	M
Distancia entre taladros	3	M
Numero de fila	11	U
Numero de taladros por fila	35	U
longitud de sobre perforación	1	M
Longitud de relleno	2,22	M
Longitud total de taladro	11	M
Longitud de carga	8,67	M
Magnitud de carga	47,4	Kg
Numero de taladros	382	U
Carga por taladro	47,42	kg
Carga total	18.114,58	kg
Gasto específico	0,6	kg/m ³
Metros lineales de perforación	4.159,98	M

3.14 Costos de operación

En este acápite se describe de forma particular y general los costos en que se incurren por los trabajos de apertura.

Los elementos del costo de operación considerados en la actividad son

- Salario
- Combustible
- Lubricantes
- Neumáticos
- Mantenimiento

Para el estimado de costo de operación se utilizó las hojas de cálculo en Ms Excel en la que se consideraron los índices de gastos usando la guía del estimador para costos de Equipamiento Minero y molienda (Mine and Milling Equipment Costs).

Para el cálculo de cada elemento de costo de operación ver Anexo 5.

Tabla 3.10 Resumen de los costos de operación.



Indicador	UM	valor
Salario y Seguridad Social	\$	2.823,28
Combustible	\$	60.298,51
Lubricantes	\$	6.659,29
Neumáticos	\$	8.867,28
Mantenimiento de equipos	\$	27.112,19
perforación y voladura	\$	173.593,75
subtotal	\$	279.354,31
gastos indirectos	\$	16.761,26
gastos totales	\$	296.115,57
costo de producción por m³ de mineral extraído	\$	1,43



Grafico 3.1 Resumen de costos de operación



CAPÍTULO 4. PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

4.1 Medidas generales de seguridad del trabajo

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

La protección e higiene del trabajo está basada en las disposiciones legales vigentes en el país (Ley 13 y decreto 101), para su implementación se usa la siguiente documentación:

1. Reglamento organizativo de la PHT.
2. Instrucción inicial de SHI.
3. Instrucción inicial específica SHI.
4. Instrucción por puesto de trabajo.
5. Instrucción de seguridad.
6. Documentación técnico-operativa.

4.1.1 Medidas de seguridad para el trabajo con los cargadores

- No se permiten personas ni equipos en el área de trabajo de los cargadores en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
- No se trabajará en bancos de altura mayor de 10.0 m cuando existan grietas o zonas inestables.
- No se trabajará con cables defectuosos o de menor resistencia.
- En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de protección.



- El traslado de un cargador solo puede realizarse bajo la supervisión del jefe de turno u otra persona calificada.
- Durante el movimiento debe garantizarse el contacto visual o por radio, entre el operador y el especialista que dirige el movimiento.
- Los cargadores deben de estar provistos de señalización sonora para indicar el inicio y fin de cada operación a realizar.

4.1.2 Medidas de seguridad para el trabajo con perforadora

- Mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el traslado de la perforadora y el compresor.
- Tomar precauciones al tocar el varillaje y la broca, inmediatamente después de su utilización, ya que se corre el riesgo de quemaduras.
- Utilización, por parte del personal, de cascos anti ruidos, protecciones para los ojos y máscaras anti polvo.
- Utilizar los captadores para eliminar el polvo producido en la perforación.
- Utilizar luces de advertencia en los vehículos para aviso de sus movimientos en la cantera.
- El cambio de piezas se realizará con la perforadora estacionada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará el personal calificado.

4.1.3 Medidas de seguridad para el trabajo con buldócer

- Se prohíbe operar los equipos con fallas en sus sistemas de seguridad. Se prohíbe pasar a una distancia menor de 10,0 m por detrás de los equipos trabajando.
- Se prohíbe trabajar en los bordes de los taludes que sean inestables o con altura mayor de 10,0 m.
- No transportar personas en la cabina ni en las parrillas laterales.



4.1.4 Medidas de seguridad para el trabajo con camión

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

4.2 Generalidades sobre la protección del Medio Ambiente

En el artículo 41 c) de la Ley de Minas expresa que:

“Todos los concesionarios están obligados a preservar educadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivados de sus actividades, tanto en dichas áreas como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados”

Por eso, en este capítulo se trata de identificar, predecir y prevenir las alteraciones ambientales producidas por las actividades extractivas hasta el procesamiento de la materia prima.

La mayor parte de las actividades que desarrollan en la cantera por los trabajadores o por los medios son en mayor o menor medida agresivas para la naturaleza. La minería reviste especial interés, ya que después de proceder a la extracción de los recursos naturales si no existe una restauración posterior, los terrenos quedan en una situación de degradación sin posibilidades reales de aprovechamiento.

El reacondicionamiento de estos terrenos puede ir desde la reduplicación de las condiciones exactas originales, que es cuando se debe hablar con rigor de restauración, hasta el intento de conseguir un aprovechamiento nuevo y sustancialmente diferente al



que correspondía a la situación primitiva que es a la que vamos hacer énfasis dadas las condiciones de nuestra cantera.

4.2.1 Identificación de los principales impactos producido por la explotación minera

Se identificaron los siguientes impactos:

Sobre el suelo:

- Degradación del suelo, pérdida de la calidad o cantidad de suelo y esto puede deberse a varios procesos, principalmente por el proceso de erosión. El proceso de degradación más importante es la pérdida de suelo por la acción del agua, el viento y los movimientos masivos o, más localmente, la acción de los vehículos y el pisoteo de los trabajadores. Sólo es grave en algunas áreas, sus efectos acumulativos y a largo plazo ofrecen preocupación.

Sobre la atmósfera:

- Existencia de grandes cantidades de polvo en el ambiente producto de los camiones, por la acción del viento sobre superficies cubiertas de partículas finas, la trituración de las rocas en el molino, descarga en el molino y en la formación de escombreras.
- La acción del ruido debido al movimiento de los equipos de carga y de transporte.
- La acción del ruido debido a los trabajos de perforación y voladura.

Sobre la vegetación:

- Deforestación irreversible de la zona de cantera producto de la extracción del material útil.

Sobre el paisaje:

- Pérdida de la calidad del paisaje producto de la extracción del material útil y la conformación de la cantera al final de la explotación.



4.2.2 Medidas generales de protección y mitigación de impactos

Entre las medidas encontramos las siguientes:

1. Realizar un control del polvo en todo el establecimiento.
2. Riego de agua o estabilizante químicos a los caminos una o dos veces en el turno de trabajo.
3. Realizar pantalla rompe viento donde se pueda, para disminuir los efectos del viento en el suelo y así disminuir la erosión.
4. Los camiones de carga de mineral transitarán a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
5. Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
6. Eliminación de montículos y repies en el área de explotación.
7. Limpieza de las áreas de drenaje de la instalación y de la cantera.
8. En las explotaciones con emanaciones de gases nocivos se realizará un análisis del ambiente trimestralmente como mínimo.



CONCLUSIONES

1. La apertura del sector de trabajo oeste se realizará utilizando dos variantes, una para el periodo de seca y otra para la temporada de lluvias.
2. El drenaje durante la explotación se asegura de forma natural aprovechando el relieve del terreno.
3. El costo de producción del mineral extraído durante la explotación es 1,43 \$/m³.
4. Se establecieron las medidas para mitigar los impactos ambientales y de seguridad en el trabajo.



RECOMENDACIÓN

Realizar la exploración geológica a partir de la cota +82 m para establecer las reservas minerales definitivas del sector oeste del yacimiento Victoria II.

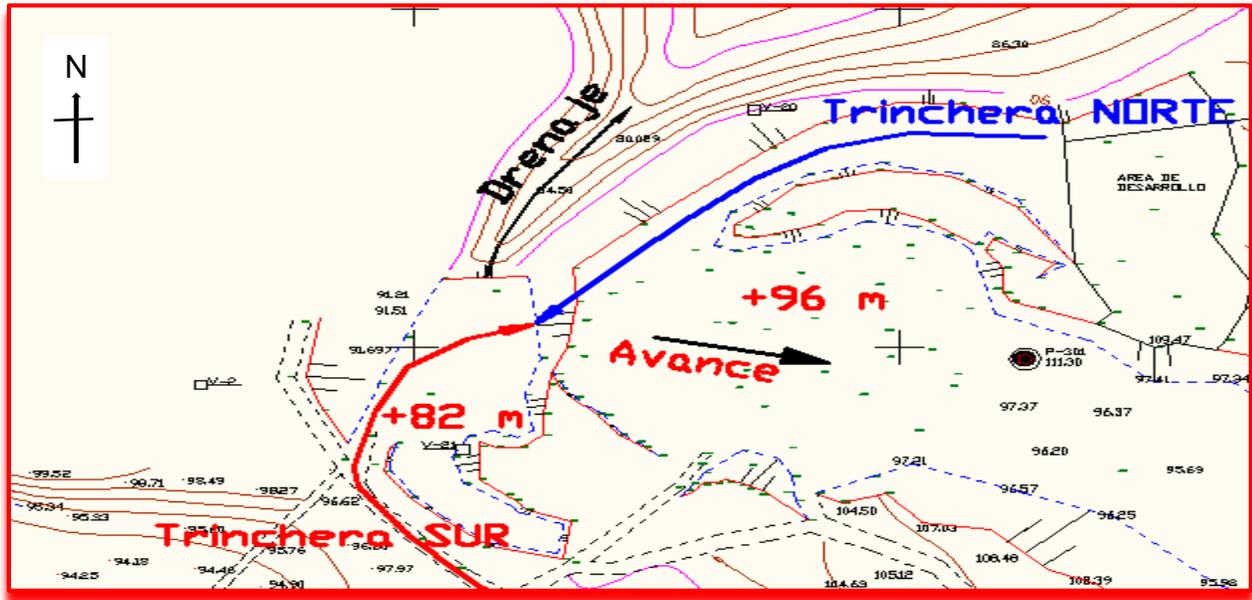


BIBLIOGRAFÍA

1. Álvaro C.A. (2000). Situación actual de la explotación de canteras en el distrito Capital.
2. Bustillo M et al. (1997) Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras, Madrid.
3. Ceproniquel (2014). Proyecto de actualización del yacimiento no metálico Victoria II.
4. Cesar A.P Diseño de voladura a cielo abierto. Manual.
5. Díaz Á. J et al. (2006) Curso de Minería a Cielo Abierto Planificación, Operación y Geomecánica Aplicada Universidad de Santiago de Chile -Departamento de Ingeniería en Minas.
6. Estudios mineros del Perú S.A.C, Manual de Minería, Lima – Perú
7. Hernández A (2012). Propuesta del incremento de los recursos en el yacimiento Nieve morejón.
8. Herrera H.J (2007). Diseño de explotaciones de canteras.
9. Jatib, N. H. (2014). Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos. minería. Moa, ISMM.
10. Jimeno, C. L. (2006). Los áridos el recorrido de minerales, Domènech e-learning multimedia, S.A.
11. Manual de procedimiento minero
12. Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo
13. Otaño Noguel. J. (1998). Fragmentación de roca con explosivos. Editorial “Felix Varela”. La Habana.
14. Otaño Noguel. J. (2013). Nociones de Minería. Editorial “Felix Varela”. La Habana.
15. Polanco Ramón Almanza Conferencia de Métodos de apertura
16. Prasad D.L.R Open pit design and scheduling-IT solution for long term planning.
17. Rathi P.D (2010) Open cast mine planning.
18. Urbina, F. P. O. (2003). Diseño de explotaciones mineras.
19. Urbina, F. P. O. (1994), Fundamentos de Laboreo de Minas, España.

ANEXOS

Anexo 1. Plano de la ubicación de las trincheras de apertura y zanja de drenaje.



Anexo 2 Trazas de caminos de acceso a construir





Anexo 3

Perfil longitudinal del camino de acceso por el norte



Perfil longitudinal del camino de acceso por el sur.



Anexo 4

Equipamiento mineros utilizados en la cantera





Anexo 5

Costos por salario de operadores de equipos mineros

Calificativo de Cargo	Cantidad	Salario (\$/mes)	Valor
Operador de Buldócer	1	540,00	448,50
Operador de Cargador	1	503,00	814,94
Chofer de camiones de Volteo	1	525,00	655,67
Subtotal	3		1.919,11
Impuesto sobre nómina			479,78
Seguridad social			268,68



Fondo de estimulación			155,72
Total	3		2.823,28

Costo de equipamiento de variante 1 período de seca

variantes		variante 1 camino por el sur			
Equipos	Cantidad	combustible	mantenimiento	neumáticos	lubricantes
Camión Volvo A40D	1	10.798,20	6.340,90	3.425,40	1.499,80
Cargador Volvo L180 (4.1 m ³)	1	18.071,90	7.927,00	2.628,60	2.053,60
Buldócer chetra	1	10.400,00	4.417,90	0,00	1.040,00
Subtotal		39.270,10	18.685,90	6.054,10	4.593,40
		78.540,20			

Costo de equipamiento de variante 2 periodo de lluvia

		variante 2 camino por el norte			
Equipos	Cantidad	combustible	mantenimiento	neumáticos	lubricantes
Camión Volvo A40D	1	13.507,90	7.932,10	4.285,00	1.876,10
Cargador Volvo L180 (4.1 m ³)	1	15.970,20	7.005,10	2.322,90	1.814,80
Buldócer chetra	1	9.125,00	3.876,30	0,00	912,50
Subtotal		38.603,10	18.813,50	6.607,90	4.603,40
		77.206,20			

Costo general de los equipos

Equipos	cantidad	combustible	lubricantes	neumáticos	mantenimiento
camión volvo A40D	1	16.185,60	2.248,00	5.134,43	9.504,54
cargador volvo l180	1	29.162,91	2.916,29	3.732,85	11.256,88
buldócer chetra	1	14.950,00	1.495,00	0,00	6.350,76
subtotal	3	60.298,51	6.659,29	8.867,28	27.112,19
total		102.937,28			



Gastos por perforación y voladura

Costos perforación y voladura	UM	Valor
metro lineal de perforación	\$	52.601,97
Senatel Magnafrac	\$	34.913,90
Fortel Tempus	\$	75.660,59
Detonadores no eléctricos Exel MS	\$	11,88
Detonadores eléctricos instantáneos	\$	17,16
Detonadores Exel Handidet	\$	5.190,42
Conector de superficie Exel Conectadet	\$	6,12
Cordón detonante	\$	4.941,72
Cable Duplex	\$	250,00
Total	\$	173.593,75