

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

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN  
DEL YACIMIENTO DE  
ARENISCA VICTORIA III**

*Autora: Gisel Columbié González*

*Moa, 2018  
Año 60 de la Revolución*

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

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN  
DEL YACIMIENTO DE  
ARENISCA VICTORIA III**

*Autora: Gisel Columbié González*

*Tutor: Dr.C. José Antonio Otaño Noguel*

*Moa, 2018  
Año 60 de la Revolución*

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Yo: Gisel Columbié González, autora de este trabajo de diploma, que tiene como título: “**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE ARENISCA VICTORIA III**” y el tutor, Dr.C. José Antonio Otaño Noguel, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.

Para que así conste, firmamos la presente a los 20 días del mes de junio del año 2018.

---

Firma dela autora: Gisel Columbié González

---

Firma del tutor.Dr.C. José Antonio Otaño Noguel

## **DEDICATORIA**

Este Trabajo de Diploma va dedicado en primer lugar a Dios por guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir adelante cuando todo parecía haber acabado y por ayudarme a encarar los problemas sin nunca perder la dignidad.

A mi familia por ser parte de lo que soy, en especial a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de todo mi desarrollo.

A mi novio por estar a mi lado, por no dejarme sentir sola nunca y porque su apoyo ha sido fundamental en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a mis padres por todo su apoyo y confianza, en especial a mi madre por enseñarme a luchar por mis sueños, porque ella significa todo lo que soy en la vida.

A mi novio por su paciencia, su gran comprensión.

A mi tutor el Dr.C. José Antonio Otaño Noguel por ayudarme en la realización de este trabajo de diploma.

Al Dr.C.Julio Montero Matos por su ayuda y sus buenos consejos.

A todos los profesores que han formado parte de mi formación en estos cinco años.

A todos mis compañeros de aula en especial a Yasmany Medina.

A la técnica de laboratorio Yanisleydis Alpajón.

A mis amigas Yanet González Tabares y Dailyn Peña Roche por su gran apoyo.

## PENSAMIENTO

La fuerza del pueblo está en su unión, la fuerza del pueblo está en su mayoría.



Fidel Castro

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño del proyecto de explotación del yacimiento Victoria III para la obtención de arenisca con los menores costos de explotación, en él se hace una caracterización ingeniero geológica del área de estudio y se calculan los parámetros necesarios para realizar su explotación, el material extraído se envía al Centro de Producción "Victoria IV", puesto que su uso en el país es de gran beneficio en las disimiles obras que se construyen .Al realizar los cálculos económicos se puede evidenciar que el costo por m<sup>3</sup> de mineral extraído es de 7.68\$/m<sup>3</sup>, por lo que su explotación resulta económicamente factible , además de identificar los principales impactos ambientales se proponen las principales medidas para mitigarlos y para mantener la buena seguridad del trabajo.

## **SUMARY**

The objective of this diploma paper is to design the exploitation project of the Victoria III deposit to obtain sandstone with the lowest operating costs, in which an engineer-geological characterization of the study area is made and the necessary parameters are calculated to achieve its exploitation, the extracted material is sent to the Production Center "Victoria IV", since its use in the country is of great benefit in the different works that are built. When carrying out the economic calculations it can be proved that the cost per m<sup>3</sup> of ore extracted is \$ 7.68. In regards, we can ensure that its exploitation is feasible, in addition to the main environmental hit apart from that main measures are proposed in order to keep the security work.

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| Introducción.....  | 1         |
| <b>CAPITULO I: CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO VICTORIA III.....</b>                  | <b>3</b>  |
| <b>1.1. Introducción .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>1.2. Breve descripción de las investigaciones precedentes en el yacimiento.....</b>                   | <b>3</b>  |
| <b>1.3. Ubicación geográfica.....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.3.1. Condiciones climáticas.....   | 4         |
| 1.3.2. Relieve .....   | 5         |
| <b>1.4. Características geológicas del yacimiento.....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.4.1. Condiciones hidrogeológicas del yacimiento.....   | 5         |
| 1.4.2. Condiciones de yacencia del yacimiento.....   | 5         |
| 1.4.3. Tectónica.....  | 9         |
| 1.4.4. Grado de complejidad del yacimiento .....   | 11        |
| 1.4.5. Propiedades físico- mecánicas de la materia prima .....   | 11        |
| <b>1.5. Estimación de los recursos y reservas para el proyecto de explotación .....</b>                  | <b>12</b> |
| <b>1.6. Actividades socioeconómicas e infraestructura .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>CAPÍTULO II. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS EN EL YACIMIENTO VICTORIA III. ....</b> | <b>15</b> |
| <b>2.1. Introducción .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2.2. Condiciones minero-técnicas del yacimiento .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2.3. Estado actual de las labores mineras en el yacimiento .....</b>                                  | <b>15</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2.4. Régimen de trabajo.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.5. Capacidad anual de producción y vida útil .....</b>   | <b>16</b> |
| 2.5.1. Tiempo de explotación del yacimiento .....   | 17        |
| <b>2.6. Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos en la zona .....</b>                          | <b>17</b> |
| 2.6.1. Características técnicas del equipamiento minero .....   | 17        |
| <b>2.7. Apertura.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>2.7.1. Método de apertura.....</b>   | <b>19</b> |
| 2.7.2 Labores de apertura .....   | 19        |
| <b>2.8. Plan Calendario de Minería .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.9. Tala, desbroce y destape .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>2.10. Tecnología de los trabajos mineros.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>2.12. Sistema de laboreo .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>2.13. Escombreras .....</b>  | <b>25</b> |
| <b>2.14. Método y sistema de explotación.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.15. Labores de extracción del mineral útil.....</b>  | <b>29</b> |
| 2.15.2. Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil.....                            | 36        |
| <b>2.16. Caminos Mineros.....</b>   | <b>40</b> |
| 2.16.1. Criterios y recomendaciones para el mantenimiento de los caminos. .   | 40        |
| <b>2.17. Drenaje.....</b>   | <b>42</b> |
| 2.17.1 Medidas propuesta para el drenaje .....  | 43        |
| <b>CAPITULO III. CÁLCULO ECONÓMICO, SEGURIDAD MINERA Y SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO .....</b> | <b>44</b> |
| <b>3.1. Introducción .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>3.2. Determinación de los costos .....</b>   | <b>44</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.3. Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción</b><br>.....                               | <b>45</b> |
| <b>3.4. Gastos de perforación y voladura</b> .....   | <b>46</b> |
| <b>3.5. Costo de producción en las labores de Extracción</b> .....   | <b>47</b> |
| <b>3.6. Situación ambiental y seguridad minera del yacimiento</b> .....  | <b>48</b> |
| <b>3.6.1 Identificación de los principales impactos producidos por la explotación minera</b> .....                       | <b>48</b> |
| <b>3.6.2. Medidas generales a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera Victoria III</b> ..... | <b>49</b> |
| <b>3.6.3. Medidas generales de seguridad del trabajo</b> .....   | <b>50</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>53</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>54</b> |
| <b>ANEXOS</b> .....  | <b>57</b> |

## Introducción

Desde sus comienzos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha hecho uso de todo tipo de materiales naturales que con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, se han ido transformando en distintos productos. La minería juega un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad, dentro de ella, la extracción y uso de materiales de construcción favorece el avance tanto económico como social.

En la actualidad, la producción de áridos mantiene la tendencia de realización de manera responsable, procurando obtener productos de calidad con la mayor consideración y cuidado del medio ambiente y la prevención de riesgos laborales.

En los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados el 18 de abril de 2011 se plantea la necesidad de recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción de modo tal que se aseguren los programas inversionistas priorizados de Cuba y se declara, que se debe definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial del país.

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 .En la provincia de La Habana, como principal centro económico del país, se construyen grandes obras para el beneficio del pueblo como son: viviendas, instalaciones culturales, deportivas, industriales ,transporte, turismo y de comercio, entre otras. Debido a esta gran demanda de materiales, el yacimiento Victoria III ubicado en el municipio Guanabacoa, es uno de los encargados de suministrar parte de la materia prima utilizada en las construcciones para su ejecución en tiempo y con la calidad requerida , por lo que se hace de suma importancia continuar con la explotación de dicho yacimiento y de esta manera constituye el **problema de investigación** la necesidad de diseñar

un proyecto de explotación para el yacimiento arenisca Victoria III que permita los menores costos de explotación y mayor protección del medio ambiente.

De este problema se desprende como **objeto de estudio** el diseño del proyecto de explotación del yacimiento Victoria III para la obtención de arenisca con los menores costos de explotación.

El **objetivo general** del trabajo consiste en diseñar un proyecto de explotación para el yacimiento de arenisca Victoria III que permita los menores costos de explotación y mayor protección del medio ambiente.

El **campo de acción** lo constituye el yacimiento de arenisca Victoria III.

La **hipótesis** de este trabajo es que si se realiza la caracterización ingeniero geológica del yacimiento y se diseña tanto la apertura como el sistema de explotación y se realizan los cálculos económicos entonces se puede realizar la explotación segura del yacimiento de arenisca Victoria III.

Para alcanzar el objetivo general se desarrollaron los siguientes **objetivos específicos**:

- 1- Realizar la caracterización ingeniero geológica del yacimiento.
- 2- Realizar el diseño y cálculo de los parámetros necesarios para la explotación del yacimiento.
- 3- Calcular los índices técnico-económicos.
- 4- Proponer medidas generales para mitigar los impactos ambientales y garantizar la seguridad del trabajo.

# **CAPITULO I: CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO VICTORIA III.**

## **1.1. Introducción**

En este capítulo se describen las investigaciones realizadas con anterioridad, así como las características ingeniero geológicas del yacimiento.

## **1.2. Breve descripción de las investigaciones precedentes en el yacimiento.**

En los últimos tiempos el desarrollo del sector de la construcción dado por el crecimiento del consumo de áridos convierte a la industria de materiales de la construcción como la industria minera más importante del momento en términos de volumen de producción ya que extrae más del 69% del total de materia primas minerales, además que el consumo por habitantes/año es superior a toda la minería.

En años antecedentes se han realizado diferentes informes del yacimiento dentro de los que se destacan los siguientes:

1. Informe sobre los Resultados de los Trabajos de Búsqueda y Exploración Orientativa y Detallada en el yacimiento de Arenisca Victoria III, por M. Aguilar en el año 1986.
2. Balance de recursos actualizado. Confeccionado por la Empresa de Canteras.
3. Plano geológico de la región. Confeccionado por el Instituto de Geología y Paleontología, a escala 1:100000.

## **1.3. Ubicación geográfica**

El área Victoria III, está situada a 2 Km al sureste del poblado de Arango, en el municipio Guanabacoa provincia La Habana, según coordenadas Lambert que limitan el yacimiento:

|            |           |
|------------|-----------|
| X: 376 200 | Y: 360200 |
| 378 800    | 361000    |

Y sus coordenadas geográficas correspondientes al centro del yacimiento son:

N: 23 ° 03''

E: 82 ° 07''

De la hoja cartográfica 3785-II, del mapa de la república de Cuba escala 1:50000, del Instituto de Geodesia y Cartografía de Cuba (ICGC) de 1978. En la figura 1 se puede ver la imagen satelital del lugar de ubicación del yacimiento Victoria III, ver anexo 1 imagen satelital de la cantera

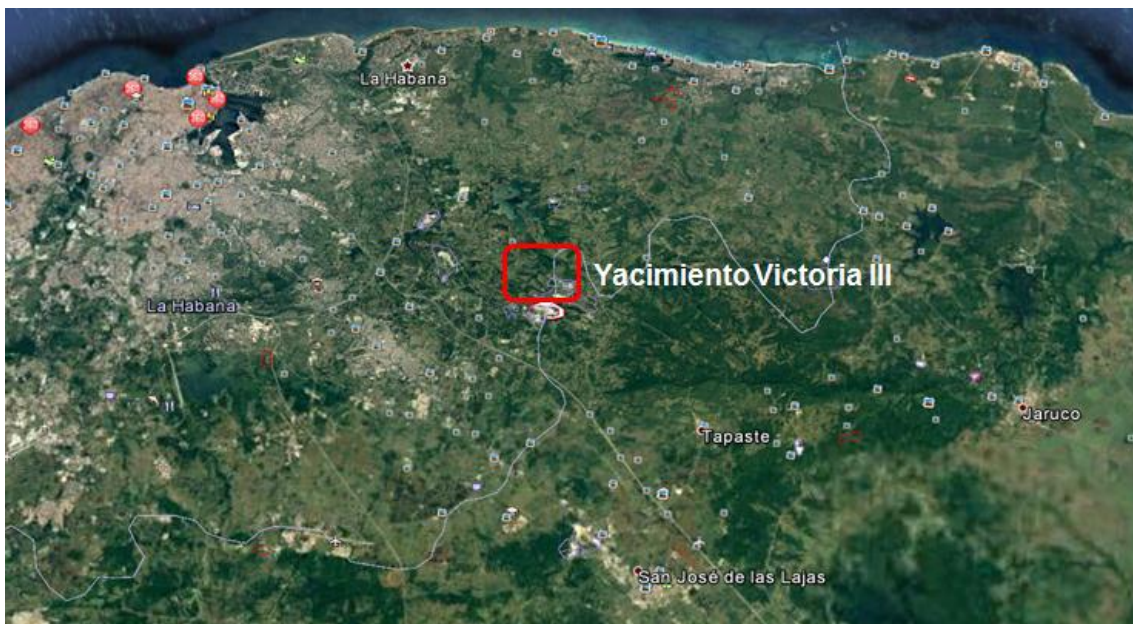


Figura 1 Imagen satelital del lugar de ubicación del yacimiento Victoria III

### 1.3.1. Condiciones climáticas

El clima para el área del yacimiento, al igual que para el resto del territorio, es un clima subtropical húmedo, con temperaturas medias de 22°C para los meses de invierno y de 27°C para los meses de verano, donde las temperaturas promedio alcanzan los 25 °C.

La precipitación anual para la zona está dada por un período de seca que comprende los meses de noviembre a abril con precipitaciones entre 200–400 mm, en tanto para los meses de mayo a octubre se presenta un período de lluvia

con precipitaciones de 1000–1200 mm. La mayor precipitación media de los últimos 50 años fue de 180.5 mm en el mes de octubre, siendo febrero el mes más seco con 41.4 mm.

### **1.3.2. Relieve**

La zona objeto de estudio se encuentra ubicada en el sistema montañoso de alturas de la Habana– Matanzas, observándose en la zona un relieve ondulado representado por colinas rodeadas de valles, donde las alturas máximas no sobrepasan la cota +130.0 m. Las pendientes en estas colinas son suaves y cubiertas en general por la vegetación.

### **1.4. Características geológicas del yacimiento**

El núcleo del yacimiento está compuesto por rocas del Cretácico Superior (K 2), y la de los flancos pertenece al Paleógeno y el Mioceno. Los depósitos del Maestrichtiano tienen características de flysch. Las rocas del yacimiento pertenecen a la formación Peñalver (Cretácico Superior – Maestrichtiano).

#### **Litología diagnóstica:**

Litológicamente diferenciada como una serie sedimentaria casi rítmica, donde se intercalan estratos finos y medios de lutitas-calcáreo-margosas, lutitas limosas, grausacas de limonitas, aleurolitas, areniscas y areniscas grausacas con pequeñas inclusiones de guijarro de derivados ígneas, margas arcillosas-táceas e intercalaciones de calcilutitas y radiolaritas.

#### **1.4.1. Condiciones hidrogeológicas del yacimiento**

La red hidrográfica de la zona está ampliamente desarrollada, representada por pequeños ríos y arroyos de poco curso y pequeño caudal, que son los afluentes de los ríos Bacuranao y Guanabo. Estos ríos y arroyos por lo general son intermitentes y dependen principalmente de las precipitaciones. Se observan, además, en los alrededores del área varias presas, pero que no afectan directamente al yacimiento.

#### **1.4.2. Condiciones de yacencia del yacimiento**

El yacimiento de areniscas Victoria III está formado por rocas del cretácico

Superior (Maestrichtiano), pertenecientes a la Fm Peñalver representada por areniscas de grano muy fino, medio y grueso. Se observan intercalaciones de lentes de arcillas areniscas y lutitas.

En la base de la clasificación macroscópica de las areniscas se tuvo en cuenta la realizada por Virgina y Papi (1860):

|                  |          |
|------------------|----------|
| Conglomerado     | 2.0      |
| Grano muy grueso | 2.0-1.0  |
| Grano grueso     | 1.0- 0.5 |
| Grano medio      | 0.5-0.25 |
| Grano fino       | 0.25-0.1 |
| Grano muy fino   | 0.1-0.05 |

### **Arenisca de grano grueso**

Los granos de esta arenisca oscilan entre 0.5–1 m. Esta arenisca por lo general presenta un color gris cenizo, en caso de no estar alterados, y de estarlo el color es crema. Son masivas con estructura polimítica de grano grueso. Estas areniscas no son muy abundantes en el yacimiento y fueron cortadas en algunos lugares solamente.

### **Areniscas de grano medio**

Las dimensiones de los granos oscilan entre 0.5–0.25 mm. Según la descripción petrográfica estas rocas al igual que las areniscas de grano fino están constituidas por elementos calcáreos representados por calizas organógenas, pelitomórficas, organógenas-fragmentarias y recristalizadas, con abundantes microorganismos. Se observan además elementos terrígenos (fracción alertica), efusivos alteradas. En general se observan cristales de cuarzo. Estas areniscas fueron cortadas en la mayoría de los pozos perforados.

### **Arenisca de grano fino**

Estas areniscas están formadas por granos cuyas dimensiones oscilan entre 0.1-

0.25 mm. Tienen coloración gris cenizo en estado fresco y gris verdoso cuando están intemperizadas. En general tienen idéntica composición que las areniscas de grano medio, aunque tienen un aumento en el componente arcilloso. La masa intersticial está representada por calcita finamente recristalizada con microorganismos bien conservados, formando un cemento de relleno de poros de hasta un 30 %.

### **Arenisca intemperizada**

Tiene idéntica composición que las areniscas, aparecen formando una cubierta en la parte superior del yacimiento. Tiene más o menos contenido de material arcilloso. Se diferencia de las restantes areniscas por su poca compacticidad y su fácil deleznablez. En la mayoría de los pozos aparecen descritas como cubierta arena-arcillosa en ocasiones margosas. Abundan en la porción norte del yacimiento. Estas constituyen la roca estéril del yacimiento.

En la figura 2 se muestra el plano geológico esquemático del área del yacimiento confeccionado a escala 1:2000.

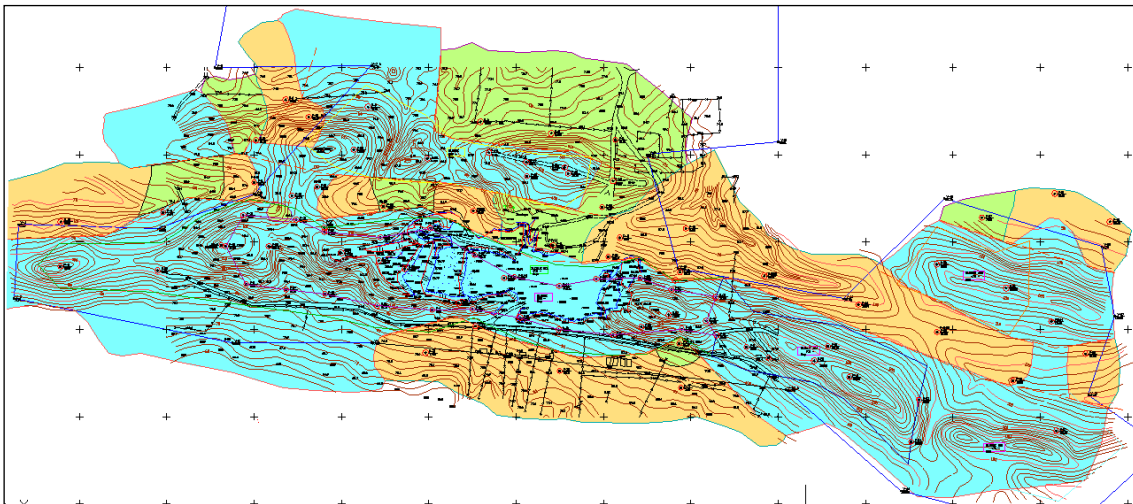


Figura 2 Plano geológico esquemático del yacimiento

### **Rocas encajantes**

No se detectaron en el yacimiento otras rocas que no fueran las areniscas, que constituyen la roca útil del yacimiento y las arcillas y las arenas que constituyen las intercalaciones estériles. No fueron detectadas otras rocas que puedan

considerarse como rocas encajantes.

### **Extensión de los cuerpos minerales por el rumbo y buzamiento**

Las areniscas, que representan la roca útil del yacimiento, se extiende en dirección noroeste–sureste, ocupando la parte sur del yacimiento, aunque en el centro del yacimiento aparecen también hacia la zona norte. En general aparecen ocupando las cotas altas en todo el yacimiento. A continuación en la figura 3 se muestra la vista en tres dimensiones del cuerpo mineral.

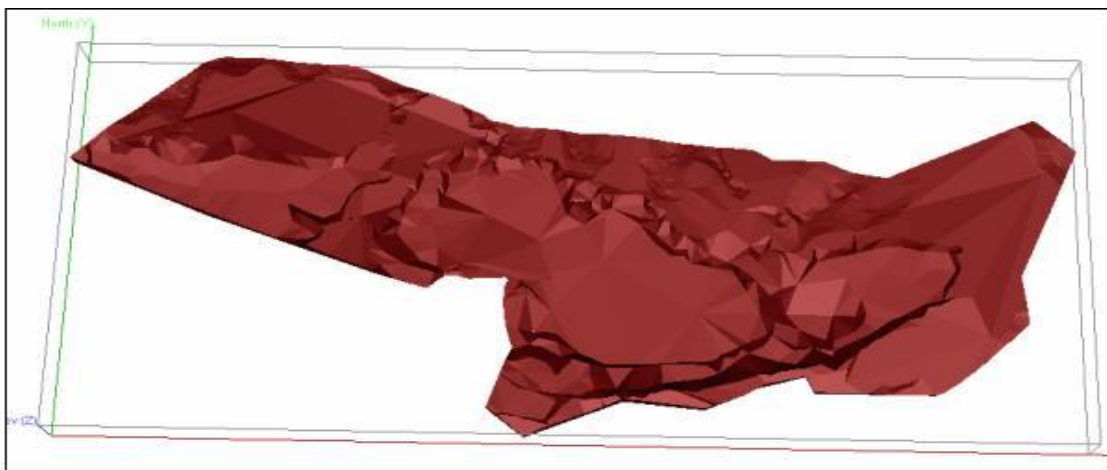


Figura 3 Vista en 3D del cuerpo mineral

### **Tipo y variedades de los minerales útiles**

Este yacimiento, en toda su extensión y profundidad, está compuesto por un solo tipo de mineral útil, las areniscas de la Fm. Peñalver. Dichas areniscas se presentan como una sola litología pero de tres granulometrías diferentes, de granos finos, medios y gruesos, apareciendo en mayor extensión las areniscas de granos gruesos, según resultados de las muestras tecnológicas. Analizando los resultados de muestras básicas (roca fresca), observándose desfavorables características físico-mecánicas, en el caso de la absorción no se debe utilizar como árido por lo que se propone su utilización como arena artificial que en este caso no se pide restricciones para la absorción.

### **1.4.3. Tectónica**

El área del yacimiento se ubica en la zona tectónica facial nororiental, que se extiende sobre 2700-2800 km<sup>2</sup> de la fase inicial eugeosinclinal alóctono. Según sus rasgos se divide en dos conjuntos principales: Anticlinal Habana–Matanzas y Anticlinal Bejucal– Madruga–Limonar que están separados por el Sinclinal Almendares San Juan.

En el plano estructural se destacan las unidades tectónicas:

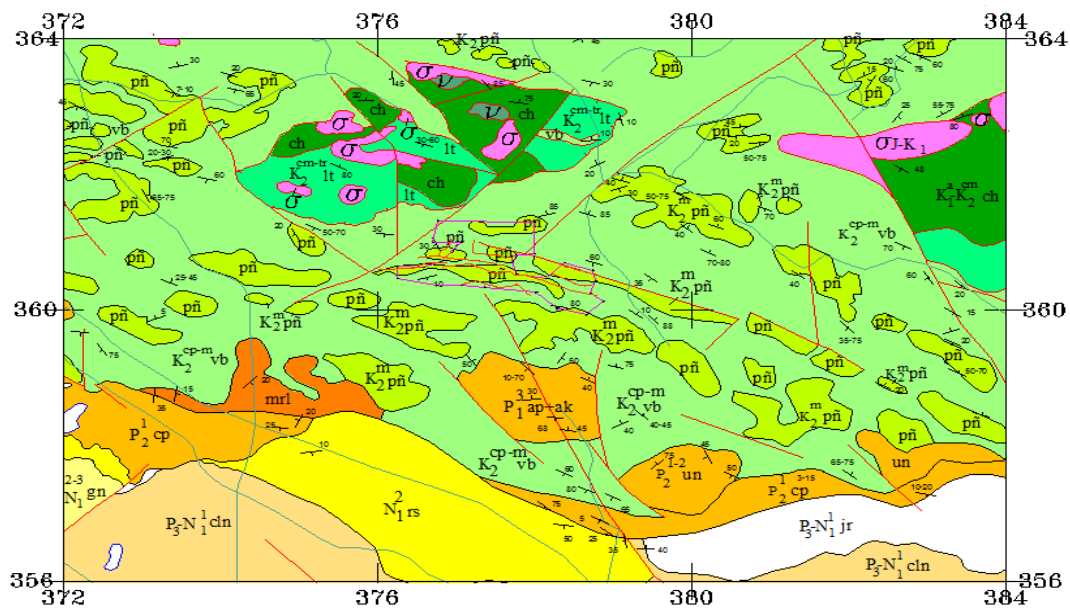
1. Horst–Anticlinal Habana
2. Semigraben Caraballo
3. Horst–Anticlinal Matanzas
4. Sinclinal Almendares San Juan
5. Horst–Anticlinal Manpostúa
6. Horst–Anticlinal Madruga
7. Horst–Anticlinal Bejucal

La zona objeto de estudio se ubica específicamente en el área donde se desarrolla la unidad tectónica Horst–Anticlinal Habana, que constituye una de las expresiones estructuro-faciales mejor definidas donde se observan dislocaciones principales y sistemas de fallas predominantes. En la mitad occidental de la unidad predominan las secuencias rítmicas características del Campaneano–Maestrichtiano Inferior de la Fm. Vía Blanca en las porciones más bajas a suavemente onduladas, mientras que la Fm. Peñalver (Maestrichtiano Superior) con sus capas carbonatadas se destaca fácilmente, ya que casi siempre ocupa las lomas y proyecciones de mayor relieve.

En estas zonas los sedimentos aparecen suavemente dislocados y generalmente con pliegues pronunciados, además de la complicación de fallas sublatitudinales y el nordeste con pocas fallas pequeñas transversales o submeridionales de ajuste. En general después de pasar la Vía Monumental y la falla de Trampa las formaciones mantienen un contorno sumamente arqueado y convexo hacia el

nordeste y donde solo se observan formaciones Paleocénicas y del Eoceno Inferior bajo en las menas meridionales y un predominio absoluto de las Fm. Vía Blanca y Peñalver (que siempre ocupan las partes elevadas).

En general se puede apreciar que en el yacimiento existe un sistema de fallas de dirección NW-SE a E-W, que atraviesa el centro del yacimiento en toda su extensión E-W y la divide en dos bloques y que a su vez debe haber originado un sistema de fallas o grietas (que aparecen rellenas de arcilla) de dirección NE-SW a N-S. Ver figura 4 plano geológico esquemático de la región.



Leyenda



Figura 4 Plano geológico esquemático de la región

#### **1.4.4. Grado de complejidad del yacimiento**

El yacimiento de areniscas calcáreas Victoria III, según la clasificación para las reservas de rocas carbonatadas, se ubica en el grupo II de yacimientos medianos, con estructura, potencia y calidad de la materia prima variable, características estas, que fueron comprobadas por los trabajos de campo ejecutados.

El yacimiento es de complejidad geológica media debido a la presencia de rocas arcillosas en el yacimiento que divide al mismo en dos sectores (norte y sur), apareciendo estas como una franja alargada en su parte central en las zonas bajas.

#### **1.4.5. Propiedades físico- mecánicas de la materia prima**

Para todo el yacimiento el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas es el siguiente:

Resistencia a la triturabilidad en el cilindro de diámetro 150 mm, a la fracción 10-20 mm en estado saturado, para las muestras básicas, se tiene que:

- El 96.1 % de las muestras arrojan valores por encima de la marca 200 (límite inferior según tarea técnica).
- Los valores más frecuentes de la resistencia corresponden al de la suma de la marca 400 para un 46.1 %.
- Los valores de resistencia que con menor frecuencia aparecieron y que constituyen el límite superior para la marca es 1200 y se presentó en una sola muestra, la marca 800 en 6 muestras y la 600 en 65 muestras.
- Los valores de resistencia obtenidos para la marca 200 (representan el 4.2%).
- No se obtuvieron valores de resistencia para la marca 1000.
- Según los valores de resistencia obtenidos para la marca, se observa una media de 400 con una varianza de 136.4 y un coeficiente de variación  $CV=0.3$ .

De los resultados obtenidos de las muestras básicas por el peso volumétrico se tiene que:

La masa volumétrica se mueve según valores comprendidos en el intervalo (2.03 - 2.58) g/cm<sup>3</sup>. En el intervalo de (2.03–2.08) g/cm<sup>3</sup> existen solamente 3 muestras. El 70 % de las muestras sus valores de masa volumétrica se encuentran entre los valores 2.43 y 2.53 g/cm<sup>3</sup>.

### 1.5. Estimación de los recursos y reservas para el proyecto de explotación

El balance de recursos actualizado y entregado por la Empresa de Canteras como base para la realización del proyecto de explotación se puede ver en la tabla 1

Tabla 1 Recursos del yacimiento Victoria III

| <b>Recursos del yacimiento Victoria III</b> |               |                                 |  |                      |                                  |
|---|---------------|---------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|
| <b>Categoría</b>                            | <b>Bloque</b> | <b>Volumen (Mm<sup>3</sup>)</b> | <b>Peso Volumétrico (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Absorción (%)</b> | <b>Marca (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
| <b>Medido</b>                               | 1 B           | <b>3790.74</b>                  | <b>2.46</b>                                | <b>3.89</b>          | <b>400</b>                       |
| <b>Indicado</b>                             | 2C1           | 3840.74                         | 2.45                                       | 3.85                 | 400                              |
|   | 3C1           | 2214.52                         | 2.46                                       | 3.95                 | 400                              |
|   | 4C1           | 3367.30                         | 2.45                                       | 3.80                 | 400                              |
|   | 5C1           | 2077.61                         | 2.48                                       | 3.54                 | 400                              |
| <b>Total Indicados</b>                      |               | <b>11500.17</b>                 | <b>2.46</b>                                | <b>3.83</b>          | <b>400</b>                       |
| <b>Total Medido+Indicado</b>                |               | <b>15290.91</b>                 | <b>2.46</b>                                | <b>3.84</b>          | <b>400</b>                       |
| <b>Inferido</b>                             | 6C2           | <b>3630.08</b>                  | <b>2.45</b>                                | <b>4.33</b>          | <b>400</b>                       |

El balance de reservas actualizado y entregado por la Empresa de Canteras como base para la realización del proyecto de explotación se puede ver en la tabla 2

Tabla 2 Reservas del yacimiento Victoria III

| <b>Reservas del yacimiento Victoria III</b> |               |                                 |  |                      |                                  |
|---|---------------|---------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|
| <b>Categoría</b>                            | <b>Bloque</b> | <b>Volumen (Mm<sup>3</sup>)</b> | <b>Peso Volumétrico (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Absorción (%)</b> | <b>Marca (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
| <b>Probadas</b>                             | 1 B           | <b>3670.03</b>                  | <b>2.46</b>                                | <b>3.89</b>          | <b>400</b>                       |
| <b>Probables</b>                            | 2C1           | 3648.70                         | 2.45                                       | 3.85                 | 400                              |
|   | 3C1           | 2103.79                         | 2.46                                       | 3.95                 | 400                              |
|   | 4C1           | 3198.94                         | 2.45                                       | 3.80                 | 400                              |
|   | 5C1           | 1973.73                         | 2.48                                       | 3.54                 | 400                              |
| <b>Total probables</b>                      |               | <b>10925.16</b>                 | <b>2.46</b>                                | <b>3.83</b>          | <b>400</b>                       |
| <b>Total: probadas+probables</b>            |               | <b>14595.19</b>                 | <b>2.46</b>                                | <b>3.85</b>          | <b>400</b>                       |

Para la estimación de las reservas se consideró como pérdidas esperadas el 5.0 %, según lo establecido para el yacimiento Victoria III. No se consideraron criterios de dilución. Para la clasificación se consideró como reservas probadas los recursos medidos y como probables los indicados, una vez aplicados los criterios de pérdidas.

Para la planificación minera en el periodo 2019-2023, se usarán solo los recursos del Bloque 1B que están en categoría Medidos.

### **1.6. Actividades socioeconómicas e infraestructura**

En la región del yacimiento la actividad económica principal es la agricultura, dedicada principalmente al cultivo de frutas tropicales y planes ganaderos. La distribución de la población es muy irregular, encontrándose hacia el noroeste el poblado de Peñalver, hacia el noreste los poblados de Arango y la Sepultura y

hacia el Sur la comunidad Pedro Pi.

Al yacimiento se llega a través de un camino que se intercepta con la carretera asfaltada que une los poblados de la Sepultura y Pedro Pi, interceptándose en este último con la Autopista Nacional en el Km 18. Del yacimiento se llega a través de caminos rurales a los yacimientos Victoria I y II.

La energía eléctrica para la región procede de la línea de alta tensión (33 000 voltios), localizada en el poblado de Guanabacoa y que abastece a los yacimientos antes mencionados.

## **CAPÍTULO II. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS EN EL YACIMIENTO VICTORIA III.**

### **2.1. Introducción**

El objetivo del presente capítulo es realizar el análisis de las labores mineras para la explotación del yacimiento Victoria III.

### **2.2. Condiciones minero-técnicas del yacimiento**

El yacimiento de areniscas Victoria III tiene condiciones minero-técnicas favorables para continuar su explotación a cielo abierto, está formado por areniscas de grano muy fino, medio y grueso. Se observan intercalaciones de lentes de arcillas areniscas y lutitas. No fueron detectadas otras rocas que puedan considerarse como rocas encajantes, por lo que las areniscas tienen continuidad en profundidad. El yacimiento presenta una forma bastante regular de yacencia, lo que se aprecia en el relieve de la zona que no es muy complicado representado por una zona de elevaciones alargadas y estrechas de aproximadamente 2.0 km, donde las cotas alcanzan valores de hasta 138.0 m.

### **2.3. Estado actual de las labores mineras en el yacimiento**

El yacimiento Victoria III se encuentra actualmente en explotación, con niveles anuales de producción de alrededor de 58 300m<sup>3</sup>/año. El material se envía al Centro de Producción CP-303 "Victoria IV" ubicado a 1.3 Km del yacimiento.

Cuenta con la infraestructura necesaria para la continuidad de la explotación: Centro de Producción donde procesar el material, varios frentes abiertos con espacio suficiente para la operación de los equipos, acceso a los frentes, a la planta e interconexión hacia el yacimiento Victoria II, condiciones apropiadas para el drenaje natural.

Existen 3 bancos de explotación activos en el Bloque 1B, los cuales se explotan de este a oeste, estos son: + 90.0 m, + 96.0 m y +108.0 m. Estos frentes son estables y garantizan la continuación de las labores sin grado de dificultad alguna. Por lo que en este proyecto se tiene previsto continuar con la explotación de estos tres bancos. El yacimiento cuenta con dos zonas para el depósito del escombros y

la materia prima extraída será utilizada para la producción de piedra triturada para arena artificial .A continuación en la figura 5 se muestra los frentes actuales de explotación:

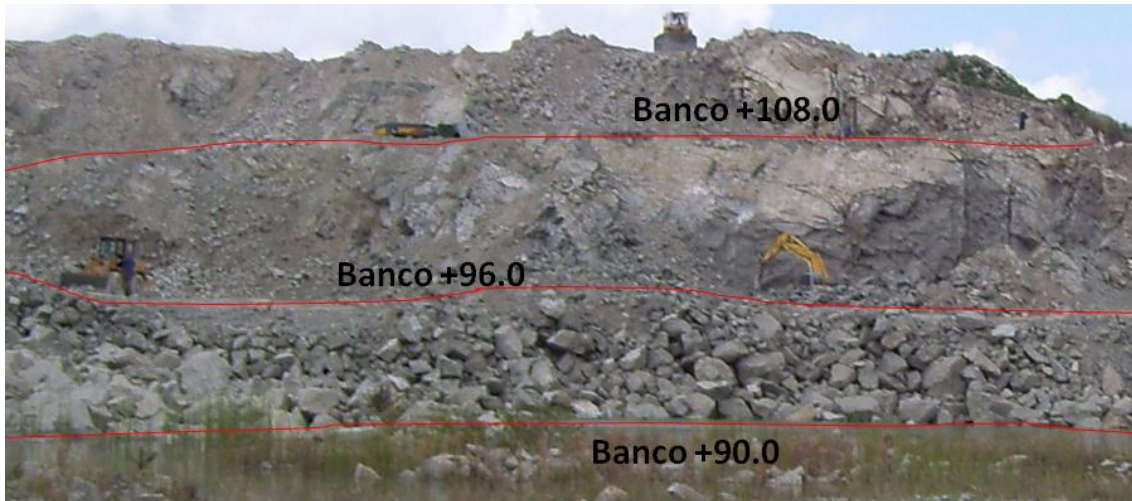


Figura 5 Frentes actuales de explotación

#### 2.4. Régimen de trabajo

El régimen de trabajo para la operación en el yacimiento Victoria III será el siguiente:

Tabla 3 Régimen de trabajo para las operaciones en el yacimiento Victoria III

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Días calendarios               | 365  |
| Días feriados y domingos       | - 58 |
| Días estimados de lluvias      | - 27 |
| Días laborables o efectivos    | 280  |
| Turnos de trabajo al día       | 1    |
| Horas de un turno              | 8    |
| Aprovechamiento del tiempo (%) | 80   |

#### 2.5. Capacidad anual de producción y vida útil

El estimado de reservas en el yacimiento Victoria III, es de 14 595 190.0 m<sup>3</sup> de material útil (In situ) en la categoría de Medido + Indicado. Para cumplir con el plan

anual de producto final (arena) que es de 70 000 m<sup>3</sup>/año es necesario extraer del yacimiento 58 300 m<sup>3</sup>/año que al considerar un coeficiente de esponjamiento de 1,5 representan 87 500 m<sup>3</sup>de rajón por año, se tiene un estimado de pérdidas del 20 %, de esta manera se cumple el plan de producción de la planta.

### **2.5.1. Tiempo de explotación del yacimiento**

Tiempo de vida útil tomando como base los recursos existentes en el bloque1B.

$$T_{\text{exp}} = \frac{V_{\text{est}}}{V_{\text{tm}}} = \frac{3790740}{58300} = 65 \text{ años}$$

Donde:

$V_{\text{est}}$ : Volumen estimado de recursos del área

$V_{\text{tm}}$ : Volumen total de material útil extraer en un año

### **2.6. Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos en la zona**

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

El equipamiento disponible para esta actividad es:

Bulldozer Shantui SD-23

Cargador Volvo L180

Camiones Volvo A40D

Además, se cuenta con una retroexcavadora con martillo rompedor, como auxiliar para sanear los frentes y reducir el tamaño de las rocas sobremedidas.

#### **2.6.1. Características técnicas del equipamiento minero**

Ver tablas (4, 5,6) Características técnicas del equipamiento a utilizar

### **Bulldozer Shantui SD-23**

Tabla 4 Características del bulldozer Shantui SD-23

| Características | Símbolo        | Valor   |
|-----------------|----------------|---------|
| Largo           | L              | 8553 mm |
| Ancho           | A              | 2140 mm |
| Alto            | H              | 3734 mm |
| Consumo horario | C <sub>h</sub> | 25 l/h  |

### **Cargador Volvo L180**

Tabla 5 Características del Cargador Volvo L180

| Características         | Símbolo | Valor              |
|-------------------------|---------|--------------------|
| Consumo de combustible  | Cc      | 22 l/h             |
| Capacidad de la cuchara | E       | 4,1 m <sup>3</sup> |

### **Camión Volvo A40D**

Tabla 6 Características técnicas del Camión Volvo A40D

| Características                 | Símbolo | Valor             |
|---------------------------------|---------|-------------------|
| Capacidad                       | Q       | 22 m <sup>3</sup> |
| Consumo de combustible          | Cc      | 18 l/h            |
| Costo de mantenimiento          | Cm      | 10,58 \$/h        |
| Velocidad de traslación cargado | Vc      | 25km/h            |
| Velocidad de traslación vacío   | Vv      | 30km/h            |
| Largo                           | L       | 11,31 m           |
| Ancho                           | X       | 3,4 m             |
| Radio de giro                   | R       | 8,86 m            |

## **2.7. Apertura**

### **2.7.1. Método de apertura**

La apertura del yacimiento se realiza para asegurar el enlace del transporte entre los puntos de carga de la masa minera y los de descarga en el depósito y la escombrera. Esta debe garantizar el funcionamiento normal de los flujos de carga que se tendrán en la cantera.

Para poner en explotación un nuevo banco o escalón es necesario crear una vía de transporte hacia él y un frente inicial de trabajo con su correspondiente plazoleta de trabajo. Para eso es necesario aperturar el escalón, es decir, crear una excavación especial desde la superficie o desde el escalón superior. Estas excavaciones se denominan rampa de acceso y trinchera de corte.

### **2.7.2 Labores de apertura**

Los trabajos mineros para la apertura consisten en el laboreo de las excavaciones y el equipamiento para realizarlas. El tipo de excavación es el que caracteriza el método de apertura.

El yacimiento Victoria III se encuentra actualmente en explotación, con tres frentes activos con sus correspondientes accesos, por lo que las labores de apertura serán solo aplicables a la apertura de nuevos bancos a partir del nivel +90.0 m.

## **2.8. Plan Calendario de Minería**

### **Plan calendario**

La actividad de extracción para la producción se planifica realizarla en tres áreas constituidas por los bancos +108,+96,+90 .Ver figura 6 vista en planta de la extracción planificada en las tres áreas.

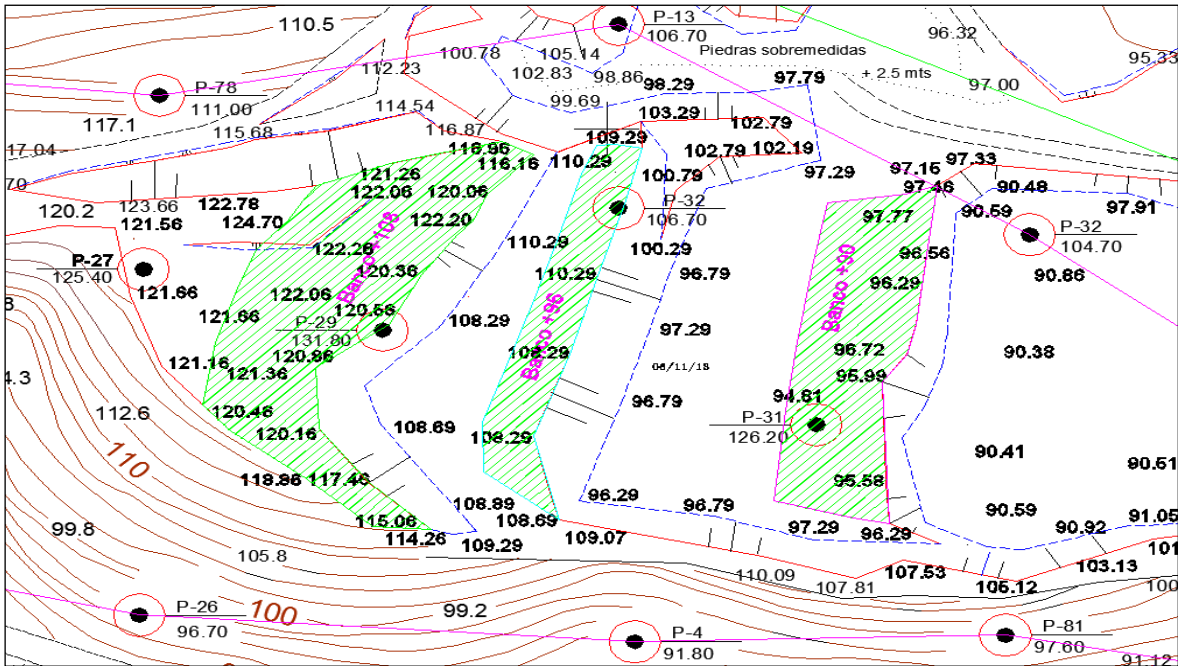


Figura 6 Vista en planta de la extracción planificada en las tres áreas

**Área 1:** Esta se encuentra al este del pozo geológico P-29, con cota promedio de +108m, con una potencia promedio de 12 m, una extensión de 3672 m<sup>2</sup> que equivale a 44064 m<sup>3</sup>. Esta área abarca las reservas que se encuentran en el bloque geológico 1B.

**Área 2:** Esta se encuentra en el área de influencia del pozo geológico P-32, con cota promedio de +96 m, con una potencia promedio de 6 m, una extensión de 2916.5 m<sup>2</sup> que equivale a 17499 m<sup>3</sup>. Esta área abarca las reservas que se encuentran en el bloque geológico 1B.

**Área 3:** Esta se encuentra en el área de influencia del pozo geológico P-31, con cota promedio +90 m, con una potencia promedio de 10 m, una extensión de 1538.4 m<sup>2</sup> que equivale a 15384 m<sup>3</sup>. Esta área abarca las reservas que se encuentran en los bloques geológicos 1B.

Con la explotación de las dos primeras áreas se cumple el plan de producción del año 2019 y quedan material útil que pasaran a formar parte del plan para el año 2020 continuando así con la explotación en el área 3.

Para los años 2020-2023 se continúa la extracción en los bancos +108, +96 y +90 m. La extracción será en el bloque geológico 1B y el avance será de este a oeste.

La estrategia de extracción será avanzar el Banco +108 todo lo posible para crear plataforma suficiente para avanzar los restantes frentes, igualmente con el Banco +96.

## **2.9. Tala, desbroce y destape**

La tala consiste en el corte de los arbustos presentes en el área del yacimiento. El desbroce se basa en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, troncos, malezas, basura y cualquier otro objeto no deseable del área del yacimiento. Los productos del desbroce se retirarán de la zona del yacimiento y se ubicarán en el depósito localizado en la escombrera.

### **Destape**

Los trabajos de destape para el año 2019 se planifican al Este del yacimiento como en los últimos años, con un área de 2343 m<sup>2</sup> y una potencia promedio de escombros de 2.00 m lo que representa un volumen de destape de 4680 m<sup>3</sup>.

### **Año 2020**

En el año 2020 se planifica destapar un área de 8728.42 m<sup>2</sup> con potencias de escombros de 2.0, 0.5 y 2.0 m respectivamente, para un promedio de 1.5 m por lo que el volumen de destape está representado por 13092.63 m<sup>3</sup>.

El destape en este año debe iniciarse de sureste a noroeste, para dejar destapada las reservas del área sur del propio año 2020 por lo se garantiza área disponible para avanzar el Banco +108.0 m y por consiguiente, una vez avanzado éste, quedan frentes abiertos para avanzar los subsiguientes.

### **Año 2021**

En este año se planifica destapar un área de 4483.53 m<sup>2</sup>, las potencias de escombros son de 2.0 y 3.4 m respectivamente, para un promedio de 2.7 m por lo que el volumen de escombros es de 12105.53 m<sup>3</sup>.

## **Año 2022**

En el año 2022 se planifica destapar un área 10546.87 m<sup>2</sup>, con potencias de escombros de 1.0, 2.0 y 0.5 m respectivamente, para un promedio de 1.16 m y el volumen de escombros es de 12234.36 m<sup>3</sup>.

## **Año 2023**

En este año el área de destape es de 4023.16 m<sup>2</sup>, con potencias de escombros de 2.8 y 3.6 m respectivamente, para un promedio de 3.2 m y el volumen de destape es de 12874.11 m<sup>3</sup>.

### **2.10. Tecnología de los trabajos mineros**

Los trabajos en la cantera consisten en el arranque, traslado del material útil y el estéril de destape. Para ello se deben realizar los siguientes procesos básicos: la preparación de las rocas para la excavación, la excavación-carga, el traslado del material (las rocas estériles hacia las escombreras y el material útil a la planta) y la preparación primaria del material y su beneficio. Además se realizarán otros procesos auxiliares como el drenaje, el mantenimiento y reparación de los equipos, construcción y mantenimiento de los caminos de acceso, etc.; que aseguran la ejecución óptima de las labores principales.

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 del material, 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.

#### **Los trabajos de excavación-carga**

Estos trabajos contemplan la excavación y carga del material a los medios de transporte. Se realizarán con cargador frontal, una vez explosionados. Con el bulldozer se realizará el apile del material cuando se requiera.

En los trabajos a cielo abierto existe lo que se conoce con el nombre de estructura de mecanización compleja, la cual es un conjunto de máquinas y mecanismos desde los frentes hasta la planta y la escombrera, incluyendo el transporte, que

aseguran el cumplimiento de los índices planificados en los trabajos de extracción y destape. La máquina base en esta estructura es la de excavación-carga.

La explotación se realizará mayormente en dirección transversal, se iniciará en las cotas superiores (Banco +108.0) del yacimiento y descendiendo hasta los niveles inferiores de la cantera. La extracción se hará a según las área y volúmenes planificado para garantizar las condiciones óptimas de operación y seguridad en la cantera, la calidad del material útil favorece este sistema de extracción. La dirección de ataque puede cambiar cuando se requiera siempre que no atente contra la seguridad de los equipos y la cantera en general.

## **2.11. Trabajos de arranque, carga y transporte**

### **Arranque**

Teniendo en cuenta las características físico-mecánicas de las rocas del yacimiento el arranque se hará con explosivos.

### **Carga**

La actividad de carga tanto en el material útil como en el estéril, se realizará con el uso del cargador frontal.

### **Transportación del material útil y del estéril**

Esta labor es una actividad importante en los trabajos en la cantera, a través de la cual se traslada el material útil hacia la planta para su procesamiento y el estéril para las escombreras.

La transportación del mineral y el estéril se realizará usando camiones Volvo Articulado A40D 22 m<sup>3</sup> de capacidad .El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad, flexibilidad y en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes, etc. En la figura 7 se puede ver el esquema de circulación de los camiones en la cantera, representándose en color amarillo el acceso al banco +96 , en color rojo el acceso al banco +90 y el acceso al banco +108 se encuentra representado en color azul.



Figura 7 Esquema de circulación de los camiones en la cantera

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 la escombrera, en el período evaluado, son las siguientes:

*Distancia promedio a la planta (km):1.33*

*Distancia promedio a la escombrera (km):0.42*

## **2.12. Sistema de laboreo**

Debido a la yacencia del cuerpo mineral, el incremento de la altura de la zona laboral de la cantera a medida que se desarrollan los trabajos mineros en profundidad y la necesidad de realizar trabajos preparatorios durante todo el período de explotación para realizar la apertura de nuevos horizontes para crear frentes de destape y arranque estable estamos en presencia de un sistema de laboreo con profundización, donde la situación de la zona laboral es variable.

Teniendo en cuenta la forma de trasladar las rocas de destape, debido a su gran volumen, se usará un sistema de laboreo con transporte.

El sistema de laboreo a usar será transversal, donde el frente de destape y arranque se desplaza perpendicular al eje largo del campo de cantera (en dirección perpendicular al rumbo). Este sistema de laboreo puede ser unilateral o bilateral donde se avanza en profundidad por un solo lado o por los dos. En este yacimiento se usará el sistema de laboreo transversal con profundización bilateral, realizando el laboreo hacia la dirección este y oeste. En este período (2019-2022) será necesaria una profundización unilateral.

### **2.13. Escombreras**

El material a depositar en las escombreras está formado por capa vegetal, material areno-marga-arcilloso, fragmentos de areniscas intemperizadas, fragmentos de rocas carbonatadas, calizas margosas deleznales con nódulos de marga más compacta.

Durante la planificación y proyección de las escombreras se consideraron los siguientes factores:

- Garantizar una geometría estable, para lo cual deben definirse los parámetros técnicos de diseño.
- Capacidad del almacenamiento suficiente, ubicación a una mínima distancia de la cantera, estar situadas en áreas sin mineral útil, que no obstaculicen el desarrollo de los trabajos mineros y que faciliten la creación de las condiciones de seguridad del trabajo.
- Que el método de escombreado y los medios de mecanización garanticen el almacenamiento continuo de rocas, la capacidad de recibimiento, los gastos mínimos y la productividad máxima de los trabajos.
- Proporcionar un sistema de drenaje eficaz que impida las acumulaciones e infiltraciones en las escombreras.
- Mínima afectación al entorno paisajístico, ciñéndolas lo más posible al relieve original.
- Uso de criterios de escala: tamaño de la escombrera y entorno donde se ubica.

- Ubicación en lugares ocultos, aprovechando obstáculos naturales del terreno y alejamiento de focos principales de observación, no tapando vistas panorámicas, etc.

Por el lugar de ubicación de las escombreras se recomienda usar las exteriores a los bloques geológicos; las cuales se ubican fuera de la cantera durante la explotación del yacimiento y es preferible situarlas en las laderas de las montañas o en depósitos naturales. Para este caso ambas escombreras están ubicadas en las laderas de la montaña.

Por la tecnología de mecanización se laborearán las escombreras con el bulldozer, debido a que los materiales serán transportados por camiones. La tecnología de construcción de ambas es clásica en estos tipos de entornos de montaña; los camiones vierten el estéril y con bulldozer se esparce el material en el área.

El laboreo de escombreras con bulldozer incluyen los siguientes trabajos:

- Descarga de las rocas en el talud o en la plazoleta de descarga
- Traslado de las rocas por el talud con los bulldozer (nivelación del borde)
- Trabajos viales y de nivelación.

Como método de laboreo de las escombreras se propone el de plazoleta; donde las rocas se descargan sobre toda el área de la escombrera, después se nivela con el bulldozer y se apisona con cilindros o rodillos, aquí queda lista para la segunda capa. La distancia de transportación de las rocas por el bulldozer no sobrepasa los 15 m. En este método primeramente se ocupa toda el área de la escombrera y luego se va ganando altura poco a poco, por capas, hasta conformar los niveles.

Antes de iniciar los trabajos de deposición del estéril en las escombreras se debe retirar toda la vegetación y el suelo de la zona donde se asentarán las mismas. Las malezas serán ubicadas en una zona de almacenamiento para su quema o uso posterior.

En el yacimiento se cuenta con dos escombreras ya conformadas ubicadas en un área de material no útil, entre los bloques 2C1 y 3C1, en el caso de la escombrera 1 esta tiene posibilidades de ampliación hacia el noroeste en una primera etapa y luego en altura a partir de la cota +95.0 m con un nivel de 3.0 m. Las escombreras para el proyecto estarán localizadas en dos zonas, que a la vez, se nombrarán por el lugar de ubicación respecto a los frentes actuales de extracción y se le asignará un número consecutivo para una fácil identificación por los trabajadores. Estas son: Escombrera1 (Noreste) y Escombrera 2(Noroeste) .Ver tabla 7 características de las escombreras del yacimiento.

Tabla 7 Características de las escombreras del yacimiento

| <b>Características</b>                      | <b>Escombrera 1</b> | <b>Escombrera 2</b> |
|---|---------------------|---------------------|
| Ubicación                                   | Noreste             | Noroeste            |
| Área (m <sup>2</sup> )                      | 7487.20             | 11226.23            |
| Volumen semi-compactado (m <sup>3</sup> )   | 30098.31            | 45758.79            |
| Cota inicial (m)                            | 85.00               | 96.00               |
| Cota final (m)                              | 98.00               | 106.00              |
| Altura (m)                                  | 13                  | 10                  |
| Altura promedio en base a la topografía (m) | 4.01                | 4.07                |
| Cantidad de pisos                           | 3                   | 2                   |

El llenado de las mismas durante la operación será: primeramente la Escombrera 1 y después la Escombrera 2.El volumen de escombros depositado en la etapa actual de explotación, debe trasladarse operativamente por etapa, hacia las escombreras, de manera que no obstaculice las labores de extracción. Ver figura 8 vista en tres dimensiones de las escombreras.

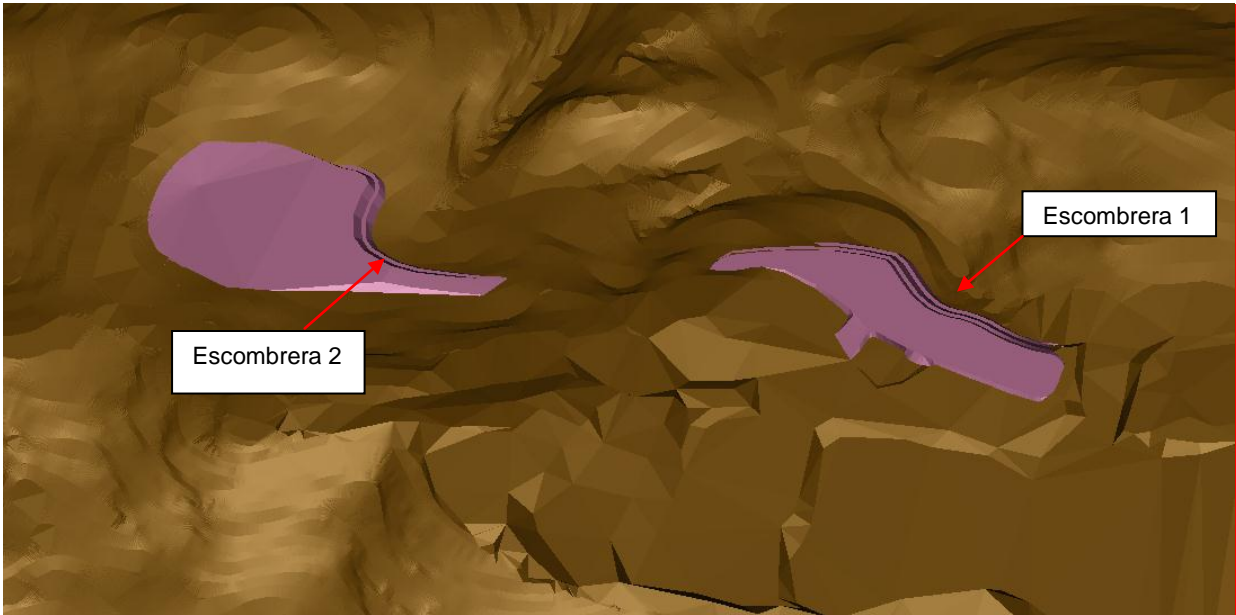


Figura 8 Vista 3D de las escombreras

#### 2.14. Método y sistema de explotación

Dadas las características y condiciones que presentan el yacimiento Victoria III, se continuará explotando por el método a cielo abierto.

El sistema de explotación define el orden de formación de la zona de trabajo en la cantera en tiempo y espacio, y se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos en los escalones, forma de los frentes y dirección de desplazamiento.

En cuanto al sistema de explotación a emplear, será el sistema con profundización. El desarrollo de la explotación será con profundización por bancos o escalones de 12, 6 y 10 m de altura y por bloques de explotación que dependerá del tamaño de la voladura (perpendicular al rumbo en la generalidad de los casos), los cuales se dispondrán en dirección transversal con respecto al campo de la cantera.

Los principales elementos del sistema de explotación son: escalones de trabajo, trincheras de apertura, plazoletas de trabajo, escombreras exteriores, etc. Los parámetros del sistema de explotación dependen del tipo de equipamiento utilizado y a su vez influyen en la efectividad del trabajo de estos.

## **2.15. Labores de extracción del mineral útil**

En el yacimiento se efectuara el arranque con explosivos, donde el material se cargará por un cargador VOLVO a los camiones VOLVO A40D que posteriormente lo trasladarán hacia la planta de beneficio con que cuenta la cantera.

### **Trabajos de perforación y de voladuras**

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 para las etapas planificadas. Las labores de perforación serán realizadas por la Empresa de Servicios Geólogo-Minera (EXPLOMAT) con sus equipos y personal calificado.

La selección de las sustancias explosivas (S.E) y los medios de explosión (M.E) forman una parte importante del diseño de la voladura y por consiguiente de los resultados a obtener.

Para la selección se debe tener en cuenta el precio de los explosivos, diámetro de la carga, características de la roca, volumen de roca a volar, presencia de agua, el clima de la zona, etc.

En el caso que nos ocupa y las características medio ambientales, trabajaremos con los productos principales ofrecidos por la Unión Latinoamericana de Explosivos S. A (ULAEX SA). Se trabajará con Senatel Magnafrac- Fortel y la

sustancia de fondo será el Senatel Magnafrac y el relleno se realizará con detrito de roca producto de la barrenación.

Partiendo de la metodología establecida se determinaron los parámetros para el pasaporte típico del yacimiento teniendo en cuenta las diferentes alturas de banco y los periodos de lluvia o seca se trabajara con los equipos con que cuenta Explomat y a continuación en las tablas (8 y 9) se muestran algunas características técnicas:

### **Equipo de perforación: Rock 460 PC**

Tabla 8 Características del equipo de perforación

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Diámetro de perforación  | 115 mm      |
| Longitud del Martillo    | 1 m         |
| Productividad            | 14.5 m / h  |
| Longitud de las barrenas | 3 m         |
| Firma                    | Atlas Copco |
| Estado técnico           | Bueno       |

### **Compresor: XAHS – 416**

Tabla 9 Características del compresor XAHS-416

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| Capacidad      | 16 m <sup>3</sup> /h |
| Estado técnico | Bueno                |
| Consumo Diesel | 30 – 35 lts/h        |
| Firma          | Atlas Copco          |

La ejecución de los trabajos de perforación voladura de las rocas está previsto que se realice en los bancos (+108, +96 y +90) m.

### **Metodología para la confección de los pasaportes de perforación y voladura**

#### **Línea de menor resistencia por el piso**

$$W = 53 \times K_t \times d_c \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}}$$

Donde:

$K_T$ : Coeficiente de agrietamiento de las rocas: 0.9

$d_c$ : Diámetro de la carga: 85 mm

$\Delta$ : Densidad de la sustancia explosiva en la carga: 1.15 g/cm<sup>3</sup>

$\gamma$ : Densidad de las rocas: 2.46 t/m<sup>3</sup>

$e$ : Coeficiente de la capacidad de trabajo: 1

### **Distancia entre taladros en la fila y entre filas**

$$a = b = m \times W$$

Donde:

$m$ : Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

$W$ : Línea de menor resistencia por el piso

### **Longitud de sobreperforación**

$$L_s = 0,2 \times W$$

Donde:

$W$ : Línea de menor resistencia por el piso

### **Longitud de relleno**

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

Donde:

$W$ : Línea de menor resistencia por el piso

### **Magnitud de la carga de los taladros**

$$Q = q \times a \times W \times H_b$$

Donde:

$H_b$ : Altura del banco:

$q$ : Gasto específico de S.E: 0.69kg/m<sup>3</sup> (gasto real del yacimiento Victoria III)

$W$ : Línea de menor resistencia por el piso

$a$ : Distancia entre taladros en la fila

### **Longitud de los taladros**

$$L = \frac{H_b + L_s}{\text{sen}\alpha}$$

Donde:

H<sub>b</sub>: Altura del banco

L<sub>s</sub>: Longitud de sobreperforación

Senα: ángulo de inclinación de los taladros

En la figura 9 se muestra el plano geológico del área de perforación y voladura.

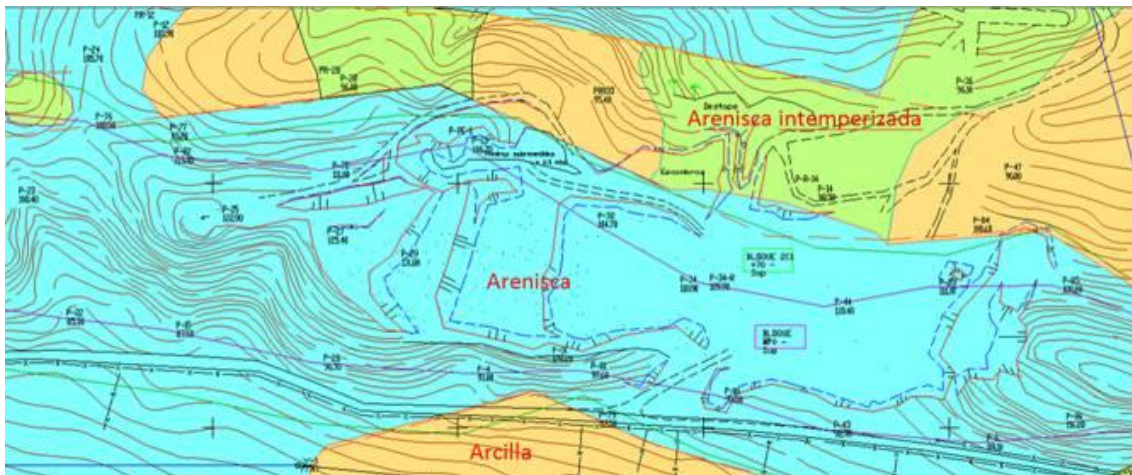


Figura 9 Plano geológico del área de perforación y voladura

### 2.15.1 Pasaportes de perforación y voladura para las cotas (108+96,+90).

A continuación en las tablas (10,11 y12) se presentan los resultados del pasaporte de perforación y voladura para las tres áreas de explotación, en las figuras (10, 11,12) se pueden observar las imágenes de los respectivos bancos con sus alturas y el ángulo de inclinación que tendrán los taladros.

Tabla 10 Resultado del pasaporte de perforación y voladura para la cota+108

| COTA: + 108 H: 12 m                               |                  |       |
|---|------------------|-------|
| S.E: Senatel Magnafrac y Fortel                   |                  |       |
| Parámetros calculados                             | Unidad de medida | Valor |
| Línea de menor resistencia                        | m                | 3     |
| Distancia entre taladros en la fila y entre filas | m                | 3     |
| Longitud de sobreperforación                      | m                | 0,6   |
| Longitud de relleno                               | m                | 2.25  |
| Magnitud de la carga                              | Kg               | 74.52 |
| Longitud de los taladros                          | m                | 12.6  |
| Carga de fondo (20%)                              | kg               | 14.90 |
| Cartuchos en el fondo                             | u                | 5     |
| Carga de columna (80%)                            | kg               | 59.2  |
| Cartuchos en la columna                           | u                | 19    |

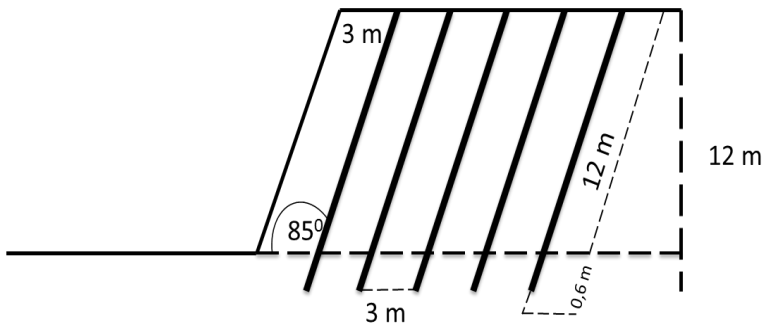


Figura 10 Pasaporte de perforación y voladura para la cota +108

Tabla 11 Resultado del pasaporte de perforación y voladura para la cota +96

| COTA: + 96 H: 6 m                                 |                  |       |
|---|------------------|-------|
| S.E: Senatel Magnafrac y Fortel                   |                  |       |
| Parámetros calculados                             | Unidad de medida | Valor |
| Línea de menor resistencia                        | m                | 3     |
| Distancia entre taladros en la fila y entre filas | m                | 3     |
| Longitud de sobreperforación                      | M                | 0,6   |
| Longitud de relleno                               | M                | 2.25  |
| Magnitud de la carga                              | Kg               | 37.26 |
| Longitud de los taladros                          | M                | 6.6   |
| Carga de fondo (20%)                              | Kg               | 7.45  |
| Cartuchos en el fondo                             | U                | 2.5   |
| Carga de columna (80%)                            | Kg               | 29.80 |
| Cartuchos en la columna                           | U                | 9.5   |

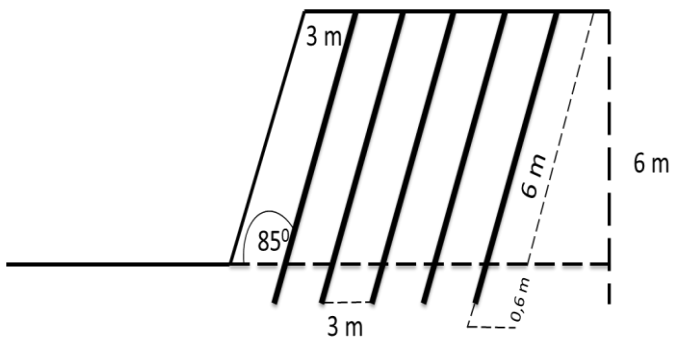


Figura 11 Pasaporte de perforación y voladura para la cota +96

Tabla 12 Resultado del pasaporte de perforación y voladura para la cota +90

| COTA: + 90 H: 10 m                                |                  |       |
|---|------------------|-------|
| S.E: Senatel Magnafrac y Fortel                   |                  |       |
| Parámetros calculados                             | Unidad de medida | Valor |
| Línea de menor resistencia                        | m                | 3     |
| Distancia entre taladros en la fila y entre filas | m                | 3     |
| Longitud de sobreperforación                      | m                | 0,6   |
| Longitud de relleno                               | m                | 2.25  |
| Magnitud de la carga                              | Kg               | 62    |
| Longitud de los taladros                          | m                | 10.6  |
| Carga de fondo (20%)                              | kg               | 12.4  |
| Cartuchos en el fondo                             | u                | 4     |
| Carga de columna (80%)                            | kg               | 49.6  |
| Cartuchos en la columna                           | u                | 16    |

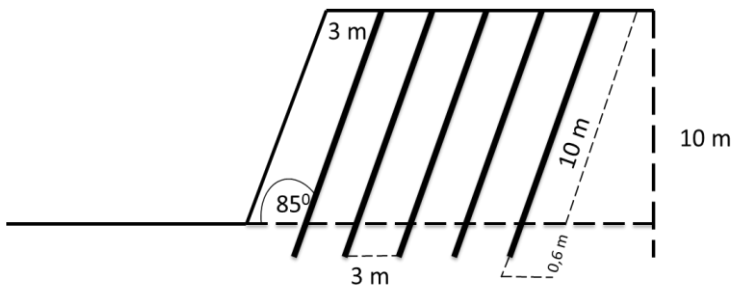


Figura 12 Pasaporte de perforación y voladura para la cota+90 m

Los taladros tendrán un ángulo de inclinación de 85 grados. Se cuidarán al máximo las labores de perforación, señalizando aquellos taladros que presenten fisuras para tenerlo en cuenta a la hora de cargar el explosivo. Deberá dejarse cada barreno bien limpio, soplado y taponado para evitar la caída de pequeñas piedras y detritus de la perforación. Las voladuras serán de semi-lanzamiento, para obtener pilas óptimas para el cargador. La configuración de la pila de material

volado está gobernada por las variables geométricas de diseño: altura del banco, inclinación de los barrenos, etc. En el anexo 2 se muestra una pila óptima para el trabajo con el cargador.

### **2.15.2. Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil**

*Cálculo del cargador VOLVO L180*

#### **Productividad horaria**

$$Q_h = \frac{3600 \times C_c \times K_{ll} \times K_u}{K_e \times T_c}$$

$$Q_h = \frac{3600 \times 4.10 \times 1.10 \times 0.80}{1.5 \times 50}$$

$$Q_h = 173 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

$K_u$ : Coeficiente de utilización del cargador: 0.80

$C_c$ : Capacidad de la cuchara: 4.10 m<sup>3</sup>

$K_{ll}$ : Coeficiente de llenado de la cuchara: 1.10

$K_e$ : Coeficiente de esponjamiento: 1.5

$T_c$ : Tiempo de ciclo: 50 s

#### **Cálculo del tiempo de ciclo**

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

$$T_c = 11 + 8 + 6 + 7 + 18$$

$$T_c = 50 \text{ s}$$

Donde:

$T_1$ : Tiempo de llenado de la cuchara: 11 s

$T_2$ : Tiempo de movimiento cargado: 8 s

$T_3$ : Tiempo de movimiento vacío: 6 s

$T_v$ : Tiempo de descarga de la cuchara: 7s

$T_m$ : Tiempo de maniobra: 18 s

#### **Productividad por turno (diaria)**

$$Q_t = Q_h \times T_t$$

$$Q_t = 173 \times 8$$

$$Q_t = 1384 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

$T_t$ : Horas de un turno de trabajo

$Q_h$ : Productividad horaria

### Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 280 \times 1384$$

$$Q_a = 387520 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

$N_a$ : Días laborables al año (280)

$Q_t$ : Productividad por turno

En la tabla 13 se muestran los parámetros de operación del cargador VOLVO:

Tabla 13 Parámetros de operación del cargador VOLVO

| Parámetros              | Unidad de medida          | Resultados |
|-------------------------|---------------------------|------------|
| Volumen de material     | $\text{m}^3$              | 87 500     |
| Tiempo de ciclo         | s                         | 50         |
| Productividad horaria   | $\text{m}^3/\text{h}$     | 173        |
| Productividad por turno | $\text{m}^3/\text{turno}$ | 1 384      |
| Productividad anual     | $\text{m}^3/\text{año}$   | 387 520    |

### Cálculo del camión VOLVO A 40D

#### Tiempo de recorrido del camión cargado

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

$$T_{rcc} = \frac{60 \times 1.33}{25}$$

$$T_{rcc} = 3.19 \text{ min}$$

Donde:

$D_{prc}$ : Distancia de recorrido del camión hasta la planta: 1.33 km

$V_{prcc}$ : Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 25 km/h

### Tiempo de recorrido del camión vacío

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

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 1.33}{30}$$

$$T_{rcv} = 2.66 \text{ min}$$

Donde:

$D_{prc}$ : Distancia promedio de recorrido del camión: 1.33 km

$V_{prcv}$ : Velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 30 km/h

### Tiempo de carga del camión

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

$$T_{cc} = \frac{50 \times 5}{60}$$

$$T_{cc} = 4.16 \text{ min}$$

Donde:

$N_c$ : Cantidad de cucharas para llenar el camión: 5

$T_{cc}$ : Tiempo de ciclo del cargador: 50 s

### Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{mc} + T_c + T_{rc} + T_{md} + T_d + T_{rcv}$$

$$T_c = 1 + 4.16 + 3.19 + 1 + 0.2 + 2.66$$

$$T_c = 12.21 \text{ min}$$

Donde:

$T_{rv}$ : Tiempo de recorrido vacío: 2.66 min

$T_{rc}$ : Tiempo de recorrido cargado: 3.19 min

$T_c$ : Tiempo de carga: 4.16 min

$T_d$ : Tiempo de descarga: 0.20 min

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

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

### **Productividad horaria**

$$Q_h = \frac{60 \times C_{cc}}{K_e \times T_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \times 22}{1.5 \times 12.21}$$

$$Q_h = 72.09 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

$Q_h$ : Productividad por hora

$C_{cc}$ : Capacidad de carga del camión: 22 m<sup>3</sup>

$K_e$ : Coeficiente de esponjamiento del material

### **Productividad por turno (diaria)**

$$Q_t = Q_h \times K_{ll} \times T_t$$

$$Q_t = 72.09 \times 0.9 \times 8$$

$$Q_t = 519.04 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Dónde:

$Q_t$ : Productividad por turno (diaria)

$K_{ll}$ : Coeficiente de llenado: 0,9

$T_t$ : Tiempo de un turno de trabajo

### **Productividad anual**

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 280 \times 519.04$$

$$Q_a = 145331 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

$N_a$ : Días laborables al año (280)

$Q_t$ : Productividad por turno (diaria)

En la tabla 14 se muestran los parámetros de operación del camión VOLVO A40D:

Tabla 14 Parámetros de operación del camión VOLVO A40D

| Parámetros              | Unidad de medida      | Resultados |
|-------------------------|-----------------------|------------|
| Volumen de material     | m <sup>3</sup>        | 87 500     |
| Tiempo de ciclo         | min                   | 12.21      |
| Productividad horaria   | m <sup>3</sup> /h     | 72.09      |
| Productividad por turno | m <sup>3</sup> /turno | 519.04     |
| Productividad anual     | m <sup>3</sup> /año   | 145 331    |
| Cantidad de Camiones    | -                     | 2          |

## 2.16. Caminos Mineros

El yacimiento Victoria III presenta los caminos de acceso al mismo y por los cuales se realiza la transportación del material hacia la Planta. Los caminos se encuentran en buen estado técnico, por lo que estos no necesitan ser rehabilitados. Todos los bancos tienen sus accesos. Ver figura 14 acceso actual al banco +108.0 m



Figura 14 Acceso actual al Banco +108.0 m

### 2.16.1. Criterios y recomendaciones para el mantenimiento de los caminos

En la construcción de un camino de transporte, la superficie está sometida a deformaciones por el constante paso de los vehículos de acarreo. 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 camino según la necesidad de seguridad y factores económicos.

En conjunto a una seguridad no satisfactoria, el deterioro del camino puede ser de alto costo desde el punto de vista de mantenimiento. Aunque el equipo minero de superficie está diseñado para aceptar condiciones severas, su vida útil puede incrementarse si el manejo defectuoso es mantenido en un mínimo. El desgaste sobre cada componente aumenta significativamente cuando un vehículo se desplaza a alta velocidad sobre una superficie irregular. Si el vehículo es sometido a un uso constante de frenos para sortear las áreas malas, acarrea un desgaste innecesario de los componentes.

Al operar sobre áreas con alto contenido de polvo, los problemas de mantenimiento se diversifican. El efecto abrasivo de este material fino obliga a realizar una limpieza o reemplazo costoso de los elementos, tales como frenos, filtros de aire, discos hidráulicos. Estos componentes de carácter crítico están sometidos a la infiltración de polvo en camiones de estas características.

Esencialmente, los factores relativos al deterioro de las superficies de acarreo son las condiciones climáticas, el tránsito por la misma parte de la vía, y el derramamiento de materiales. Debido a que estos factores son definibles, el mantenimiento de caminos debe iniciarse con un esfuerzo intenso para incorporar procedimientos preventivos en vez de correctivos.

Si los vehículos pesados usan en forma continua el mismo paso en sus respectivas vías de acarreo, la concentración de carga creará eventualmente zanjas o trochas. Para prevenir esta condición, 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 la carga 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,

estas no son una solución total. Las condiciones anormales de la superficie ocurrirán en forma periódica requiriendo procedimientos adicionales. Cuando ocurren depresiones severas en superficies de gravilla bien compactada, el área circundante podrá revolverse, rellenarse y recom pactarse hasta una consistencia pareja.

### **2.17. Drenaje**

Para el período 2019-2023 la minería se realizará en los Bancos +108, +96 y +90 m, por lo que el drenaje de las aguas pluviales y subterráneas, no tendrá dificultad alguna. Para facilitar la evacuación del agua las plataformas se conformarán con una inclinación del 2.0 % hacia el este, de manera que drenen hacia la cota +90.0 m, de ser necesario se harán zanjas en los extremos de estas.

En general en el área del yacimiento no se aprecian corrientes superficiales, ni embalses de agua, solo se aprecia el noroeste del yacimiento aproximadamente a 8.0 km el embalse Bacuranao. No se aparecían ríos importantes cercanos al yacimiento, solo arroyos intermitentes que corren en período de lluvia, por lo que no existe peligro de inundación en el área del yacimiento, al no existir corrientes superficiales en el área, no influyen en las aguas subterráneas.

El nivel de explotación actual está en la cota +90.0 y no presenta dificultades con el drenaje. El drenaje está dirigido hacia el sur del yacimiento, a través de una zanja hacia las zonas bajas. En el piso del banco +90.0 m se observa cierta acumulación de agua, para lo cual se recomienda la limpieza de la zanja o su inclinación para que facilite la evacuación de las aguas. En la figura 15 se puede ver el drenaje del banco.

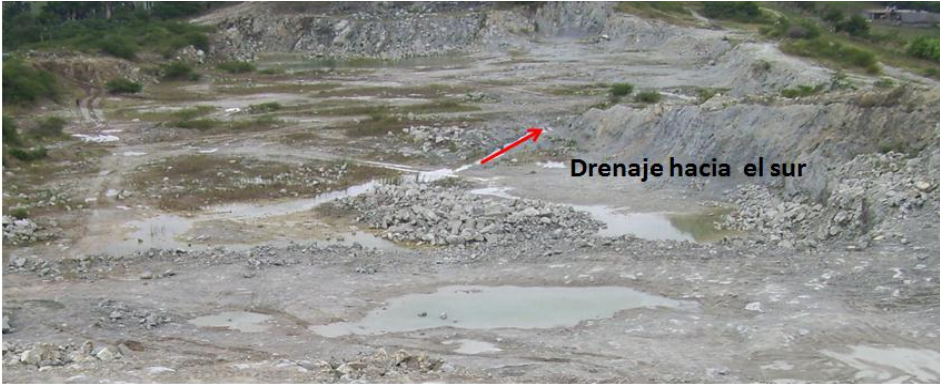


Figura 15 Drenaje Banco +90.0 m, hacia el sur

### 2.17.1 Medidas propuesta para el drenaje

Para garantizar el drenaje en la cantera de manera que no se obstaculicen las labores de explotación, aunque estas se ejecutan en períodos de seca, se plantean las siguientes medidas:

- Construir zanjas perimetrales en la medida que se avance en la minería, para evacuar las aguas hacia las depresiones o zonas colectoras previamente preparadas.
- Conformar las plataformas de trabajo, los bancos, etc., con pendientes de - 2.0 % hacia los laterales de manera que las aguas pluviales drenen con facilidad.
- Construir zanjas de drenaje en los laterales de los caminos, que a su vez tributen a otras zanjas o áreas con pendientes que favorezcan el drenaje.
- Realizar la minería, siempre que se pueda, desde las laderas hacia el interior del banco, esto permite ir dejando la plataforma inclinada y abierta hacia el exterior.
- No hacer extracciones que formen huecos donde las aguas pluviales se estanquen y se requiera de bombeo o la construcción de un canal de mayor envergadura.

## **CAPITULO III. CÁLCULO ECONÓMICO, SEGURIDAD MINERA Y SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO**

### **3.1. Introducción**

El presente capítulo tiene como objetivo realizar el análisis de los gastos económicos del yacimiento Victoria III, así como establecer las medidas de seguridad minera y definir la situación ambiental.

El costo de producción por m<sup>3</sup> de mineral extraído resulta ser el indicador fundamental para determinar la efectividad de cualquier proyecto que se vaya a ejecutar. Por lo que es de suma importancia tener en cuenta los gastos que se originan durante los procesos de desbroce, destape y arranque y la extracción del material útil.

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

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

### **3.2. Determinación de los costos**

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

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

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

- Labores de perforación y voladura

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

#### Combustible

Para el cálculo del gasto de combustible se multiplicó el consumo por el precio de un litro de combustible. Ver tabla 15 Gastos por concepto de combustible

Tabla 15 Gastos por concepto de combustible Gc

| Equipos      | Cantidad Equipos | Consumo horario (l/hora) | Horas Operación | Precio del litro (\$) | Costo Total(\$/año) |
|--------------|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Cargador     | 1                | 22                       | 2240            | 1.50                  | 73 920              |
| Bulldozer    | 1                | 25                       | 1120            | 1.50                  | 42 000              |
| Camión       | 2                | 18                       | 2240            | 1.50                  | 120 960             |
| <b>Total</b> | <b>4</b>         |                          |                 |                       | <b>236 880</b>      |

#### Neumáticos

El cálculo de los gastos en neumáticos se obtiene a partir de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario para los neumáticos para cada equipo por el total de horas de operación. Ver tabla 16 gastos por concepto de neumático

Tabla 16 Gastos por concepto de neumático Gn.

| Equipos      | Cantidad Equipos | Consumo de neumático al año (U) | Costo de neumático(US\$) | Costo total  |
|--------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------|
| Cargador     | 1                | 2                               | 320                      | 640          |
| Camión       | 2                | 2                               | 580                      | 2 320        |
| <b>Total</b> | <b>4</b>         | <b>4</b>                        |                          | <b>2 960</b> |

## Mantenimiento

El gasto de mantenimiento se obtiene de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario de mantenimiento para cada equipo por el total de horas de operación. Ver Tabla 17 Gastos totales por concepto de mantenimiento.

Tabla 18 Gastos totales por concepto de mantenimiento Gm

| Equipos      | Cantidad Equipos | Mantenimiento planificado (h) | Costo por hora | Costo total     |
|--------------|------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| Bulldozer    | 1                | 1120                          | 10,62          | 11 894.4        |
| Cargador     | 1                | 560                           | 9,65           | 5404            |
| Camión       | 2                | 1120                          | 10,58          | 23 699.2        |
| <b>Total</b> | <b>4</b>         |                               |                | <b>40 997.6</b> |

### 3.4. Gastos de perforación y voladura

Estos trabajos son realizados por la Empresa de Servicios Mineros Geológicos (Explomat), el costo del servicio es de 5,01\$/m<sup>3</sup> de roca volada, entonces se puede determinar que para un volumen de 58300m<sup>3</sup> de roca in situ el gasto total es de:

$$G_{pv} = V_{roca} \times 5,01$$

$$G_{pv} = 58\,300 \times 5,01$$

$$G_{pv} = \$ 292\,083$$

### 3.5. Costo de producción en las labores de Extracción

Tabla 19 Gastos por concepto de salario Gs

| <b>Puesto de trabajo</b> | <b>Cantidad Operadores</b> | <b>Salario mensual (\$/mes)</b> | <b>Salario total (\$)</b> |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Operario del cargador    | 2                          | 350.25                          | 6304.5                    |
| Operario del Bulldozer   | 2                          | 375                             | 6750                      |
| Operario del camión      | 4                          | 390.50                          | 14 058                    |
| <b>Total</b>             | <b>8</b>                   |                                 | <b>27112.5</b>            |

Gastos totales durante las labores de Extracción

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

$$G_{ct} = 27\ 112.5 + 236\ 880 + 2\ 960 + 40\ 997.6$$

$$G_{ct} = 307950.1\$$$

Gastos directos generales

$$G_d = G_{ct} + G_{pv}$$

$$G_d = 307950.1 + 292\ 083$$

$$G_d = 600\ 033.1$$

Gastos indirectos de la variante de apertura

$$G_i = G_d \times 0.12$$

$$G_i = 600\ 033.1 \times 0.12$$

$$G_i = 72003.9\$$$

Gastos totales

$$G_t = G_d + G_i$$

$$G_t = 600\,033.1 + 72003.9$$

$$G_t = 672037\$$$

### Costo total por m<sup>3</sup> de material extraído

$$C_t = \frac{G_t}{V_{\min}}$$

$$C_t = \frac{672037}{87\,500}$$

$$C_t = 7.68 \$/\text{m}^3$$

Donde:

Gt: Gasto total

Vmin: Volumen de mineral a extraer

### 3.6. Situación ambiental y seguridad minera del yacimiento

Todo proyecto de explotación tiene como consecuencias daños al medio ambiente y deben considerarse medidas de seguridad para la protección de los trabajadores para garantizar la explotación racional del yacimiento.

A continuación se exponen los principales impactos ambientales y las medidas de seguridad a considerar en la explotación del yacimiento Victoria III.

#### 3.6.1 Identificación de los principales impactos producidos por la explotación minera

Las principales afectaciones ambientales producidas por la explotación de la Cantera Victoria III se relacionan a continuación a partir de la evaluación de impacto realizada por el CITMA en el año 2017.

*Impactos ambientales sobre el medio físico*

Atmósfera

Emisión de gases y polvo a la atmosfera, emisión de ruidos y vibraciones provocadas por la perforación, carga, voladura y formación de escombreras

#### Paisaje

Alteraciones de la calidad visual resultado del desbroce de la vegetación, residuos de estériles, perforación, carga y voladura.

#### *Impactos ambientales sobre el medio biótico*

##### Flora

Remoción de la vegetación y deforestación provocada por la actividad de desbroce de la vegetación, perforación, carga, voladura, residuos de estéril.

##### Fauna

Alteración del hábitat natural y desplazamiento de la fauna debido a la perforación, carga y voladura, transporte de material, desbroce de la vegetación, residuos de estéril.

### **3.6.2. Medidas generales a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera Victoria III**

#### *Medidas de mitigación de carácter técnico sobre el medio físico*

##### Emisión de polvo y gases que afectan la calidad del aire

- Instalación de dispositivos adecuados de eliminación de la contaminación (filtros) en todo el equipamiento que funciona con diesel y con gasolina, y cerciorarse que estos funcionen adecuadamente.
- Colocar durante la perforación filtros de manga, que permitan la captación directa del polvo.
- Regar agua en los frentes de trabajo y en la red vial para disminuir el proceso de deflación.

##### Ruido y vibraciones

- Utilizar explosiones con microrretardos para disminuir la actividad sísmica.

- Emplear silenciadores en motores.
- Realizar análisis y monitoreo para las emisiones de ruidos al menos una vez al año dentro del yacimiento y zonas aledañas.
- Uso de protectores auditivos en las áreas que lo requieran.

#### Contaminación de las aguas

- Realizar análisis de las aguas residuales para evaluar el impacto producido en el medio receptor y tomar las medidas pertinentes de acuerdo con la afectación.

#### *Medidas de mitigación de carácter técnico sobre el medio biótico*

##### Flora

- Reforestación de la zona priorizando árboles y arbustos del mismo lugar.
- Elección correcta del área de desbroce para la apertura de los frentes.
- Estudio anterior a la explotación de las especies presentes que serán eliminadas para su posterior reposición.

##### Fauna

- Mantener vedadas aquellas especies sobre las cuales existen evidencias de peligro de extinción.
- Dar prioridad a una investigación, dirigida a evaluar el estado, la tendencia de la población de los animales presentes en el yacimiento.
- Aplicar métodos de cuidado y vigilancia, con el fin de minimizar las alteraciones sobre la vida animal en las distintas fases del sistema de explotación.

### **3.6.3. Medidas generales de seguridad del trabajo**

Para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores en la cantera se implementan medidas dirigidas a garantizar las condiciones de vida y de trabajo de los trabajadores, cumplimentando los requerimientos legales establecidos según las disposiciones legales vigentes en Cuba (Ley 13, decreto 101, Reglamento organizativo de la Protección e Higiene del Trabajo y otros).

Las medidas principales de seguridad a considerar durante la explotación del yacimiento Victoria III son las siguientes:

*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.
- En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de protección.
- 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.

*Medidas de seguridad para el trabajo con perforadora*

- Mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el traslado de la perforadora y el compresor.
- Utilización por parte del personal, de cascos anti ruidos, protecciones para los ojos y máscaras anti polvo.
- El cambio de piezas se realizará con la perforadora estacionada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará el personal calificado.

*Medidas de seguridad para el trabajo con bulldozer*

- 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.

*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 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.

*Medidas de seguridad para el trabajo con explosivos*

- El transporte de explosivos se realizará por una persona autorizada en vehículos especialmente diseñados para este propósito. Estos medios de transporte llevarán señales especiales para distinguirlos de otros vehículos.
- La carga de las sustancias explosivas debe realizarse bajo la supervisión de una persona calificada (Artillero).
- El artillero debe ser el primero en entrar a la zona después del disparo comprobando que han detonado todos los barrenos.
- En caso de fallar algún taladro se perforará un taladro paralelo y a una distancia de 30 cm, una vez cargado se disparará para detonarlo por simpatía.

## **CONCLUSIONES**

Las características ingeniero geológicas del yacimiento permitió realizar el diseño y cálculo de los parámetros necesarios para la explotación.

Con los parámetros propuestos para la explotación se obtiene un costo de 7.68\$/m<sup>3</sup> al año.

## **RECOMENDACIONES**

Actualizar el cálculo económico de este proyecto para cada año de explotación.

Tener en cuenta el cumplimiento de las medidas para mitigar los impactos ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Balance de recursos actualizado al 1/1/2017. Confeccionado por la Empresa de Canteras.
2. Cabrera Lobaina, C; Diseño del método de apertura del nivel +74,0 m del yacimiento para materiales de construcción La Molina del municipio Artemisa.
3. Catálogo Unión Latinoamericana de Explosivos (2013) Ulaex.
4. Ceproníquel. (2013) Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos metálicos "Cantera Blanca". Centro de Proyectos del Níquel. Cubaníquel.
5. Ceproníquel. (2015) Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos no metálicos "Yacimiento Victoria III". Centro de Proyectos del Níquel. Cubaníquel
6. Clases de Explotación a Cielo Abierto, curso 2017-2018.7. Dos Santo Arsenio; (2017) Proyecto de explotación de la cantera Cerro Calera Bariay. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa
7. Eduardo Vieira, P; (2017) Proyecto de explotación para el sector Hoyo del Muerto en el yacimiento San José Sur. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
8. Elementos de Minería, versión actualizada y revisada para el curso académico 2006-2007 para la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas en la Universidad Politécnica de Madrid, de Juan Herrera Herbert, mayo 2007.
9. Fellenius y Taylor. Cálculo gráfico de taludes.
10. Ficha de costos, índice de consumos, precios de combustible y lubricantes. Empresa de Canteras.
11. Hoja cartográfica 3785–II, del mapa de la república de Cuba escala 1:50000, del Instituto de Geodesia y Cartografía de Cuba (ICGC) de 1978.
12. Hojas de cálculo y banco de datos doméstica de CEPRONIQUEL.
13. Hoja de datos técnicos de las sustancias explosivas Senatel Magnafrac y Fortel
14. Informe sobre los Resultados de los Trabajos de Búsqueda y Exploración Orientativa y Detallada en el yacimiento de Arenisca Victoria III, por M. Aguilar en el año 1986.
15. Instituto Tecnológico Minero de España, Manual de ingeniería de taludes.

16. Lista de precios de ULAEX, 2017.
17. López Jimeno. 1988. Manual de Perforación y Voladuras de Rocas.
18. Levantamiento topográfico actualizado y realizado por la Empresa de Canteras, en noviembre de 2017.
19. Manuales de Operación software Gemcom.
20. Manual de procedimientos mineros. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM).
21. Manual KONYA. Cálculo y Diseño de Voladuras.
22. Mining and Mill Equipment Cost. Western MiningEngineering, Inc.
23. Moesi, D; (2012) Proyecto de explotación del yacimiento La Molina perteneciente a la empresa de canteras; La Habana. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa
24. Mulet Góngora, I; (2013) Proyecto de explotación de la Zona 1 del yacimiento de caliza Cantera Blanca. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
25. Otaño J. Curso de Diseño de Minas.
26. Otaño J. 1987. Nociones de Minería.
27. Otaño J. 1998. Perforación de Rocas con Explosivos.
28. Plano geológico de la región. Confeccionado por el Instituto de Geología y Paleontología, a escala 1:100000.
29. Resolución N° 385 del 2009. Clasificación de los Recursos y Reservas y el Banco Nacional de Recursos y Reservas (BNRR). ONRM.
30. Software Gemcom .y AutoCAD civil
31. Urbina, F. P. O. (1994), Fundamentos de Laboreo de Minas, España.
32. Urbina, F. P. O. (2003). Diseño de explotaciones mineras.

## ANEXOS

Anexo 1. Imagen satelital de la cantera Victoria III.



Anexo 2 Pila óptima para el trabajo con el cargador

