



*Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"  
Facultad de Geología-Minas  
Departamento de Minería*

***TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS.***

**Título:** *Proyecto de Apertura Yacimiento Camoa.*

**Autor:** *Yoandris Lorenzo Suárez*

**Tutores:** *Dr.C. Rafael Noa Monjes*

*Ing: Lázaro Ruíz Batistapau*

**Curso 2010-2011  
Año 53 de la Revolución**

## *Declaración de autoridad*

*Yo: Yoandris Lorenzo Suárez*

*Autor de este trabajo de Diploma tutorado por el Dr.C. Rafael Noa Monjes, el Ing. Lázaro Ruíz Batistapau, certifico la propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.*

---

**Yoandris Lorenzo Suárez**

(Autor)

---

**Dr.C. Rafael Noa Monjes,**

(Tutor)

---

**Ing. Lázaro Ruíz Batistapau**

(Tutor)

## **AGRADACIMIENTO**

Para la realización de este trabajo he contado con el valioso apoyo de varias personas en aras a que la investigación tuviera la mejor calidad posible, por tanto agradezco.

A mis tutores: Lázaro Ruiz Batistapau y Rafael Noa, por la confianza y ayuda depositada.

A mis padres, hermanos y familia en general por haberme apoyado y educado en los buenos y malos momentos de mi vida.

También a mis amigos y compañero de aula como es el caso de Ismael Terrero Aguirre, Yasmani Cala Peraza, Caridad Multan Anaya y demás amigos del ISMM por su ayuda incondicional y haber compartido estos años.

Especialmente: a mi instructora en la beca Vilma que fue y será como una madre para mí, a la secretaria de la facultad mi hada madrina. En fin a todo aquel que de una forma u otra contribuyo en la llegada de este momento.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos y familia en general por haberme apoyado y educado en los buenos y malos momentos de mi vida.

También está dedicada a nuestra Revolución Cubana por darle sentido a nuestras vidas como futuros profesionales y como personas cultas.

## **PENSAMIENTO.**

Dondequiera que el hombre se afirma el sol brilla

José Martí

## **RESUMEN.**

En el presente trabajo de diploma se realizó el proyecto de apertura del yacimiento de Arenisca Camoa, perteneciente a la empresa de materiales de construcción de la provincia Ciudad de La Habana. Se trazaron tres objetivos fundamentales, los cuales fueron: Estudio de las condiciones ingeniero - geológica de la zona de estudio y del yacimiento. Determinar los índices técnico-económicos durante el proceso de apertura y Evaluar el impacto ambiental y por último proponer las medidas Correctoras. El trabajo de cuenta con una memoria escrita de 5 capítulos, donde se incluyen además introducción, conclusiones y recomendaciones. Finalmente se obtienen resultados adecuados en los índices técnicos – económicos; lo que permitirá una extracción anual de la cantera de 36 145 m<sup>3</sup>. El costo total de todo el mineral extraído para la apertura, en el quinto año, tomado por cálculo, es de 52 771,70 \$/m<sup>3</sup> y el costo total por tonelada será de 53 100,00 \$/t.

## **SUMMARY**

Presently diploma work was carried out the project of opening of the location of Gritty Camoa, belonging to the company of materials of construction of the county City of Havana. Three fundamental objectives were traced, which were: I study of the conditions engineer - geologic of the study area and of the location. To determine the technician-economic indexes during the opening process and to Evaluate the environmental impact and lastly to propose the measures Proofreaders. The bill work with a written memory of 5 chapters, where they are also included introduction, conclusions and recommendations. Finally results are obtained adapted in the technical indexes - economic; what will allow an annual extraction of the quarry of 36 145 m<sup>3</sup>. The total cost of the whole mineral extracted for the opening, in the fifth year, taken by calculation, is of 52 771,70 \$/ m<sup>3</sup> and the total cost for ton will be of 53 100,00 \$/ t.



**INDICE**

–	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
–	<b>CAPITULO I. ESTADO ACTÚAL DE LA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>5</b>
	I.1 - ESTADO ACTÚAL DE LA PROBLEMÁTICA EN EL MUNDO.....	5
	I.2. ESTADO ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA EN CUBA:.....	8
–	<b>CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>10</b>
	II.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN .....	10
	II.2.1 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO .....	13
	II.2.2- TECTÓNICA.....	15
–	<b>II.2.3 Trabajos de perforación.....</b>	<b>15</b>
	II.2.4 -TRABAJOS HIDROGEOLÓGICOS E INGENIERO – GEOLÓGICOS.....	16
	II.2.5 CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS Y TECNOLÓGICAS DEL MINERAL Y DE LAS ROCAS ENCAJANTES. .....	17
	II.2.6 PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL YACIMIENTO .....	17
	II.4 CONDICIONES TÉCNICO – MINERAS DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO. ....	19
	II.4.1 DESARROLLO DE LOS FENÓMENOS Y PROCESOS INGENIERO – GEOLÓGICOS.....	19
–	<b>CAPÍTULO III- APERTURA DEL YACIMIENTO .....</b>	<b>20</b>
	III.1 ANTECEDENTES DEL YACIMIENTO. ....	20
	III.2 -APERTURA.....	21
	III.3 -DESTAPE.....	22
	III.3.2 TALUD GENERAL DE LA CANTERA.....	24
	III.3.CAMINOS MINEROS.....	25
	III.3.3 RESERVAS DE MINERAL.....	26
	III.3.4 PÉRDIDAS Y DILUCIÓN MINERA.....	26
	II.3.5 RESERVAS CALCULADAS .....	26
	III.3.6 APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS.....	26
	III.3.7 CAPACIDAD DE EXTRACCIÓN. ....	27
	III.3.8 VIDA ÚTIL DE EXPLOTACIÓN.....	27
	III.4 -TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN .....	27
	III.4.1- ARRANQUE.....	27
	III.4.2- TRABAJOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURAS. ....	28
	III.4.3 CARGA .....	31
	III.4.4 TRANSPORTE .....	31
	III.4.5 RÉGIMEN DE TRABAJO .....	31
	III.4.6 PLANIFICACIÓN MINERA.....	32
	(EN EL ANEXO 2 APARECE LOS PLANOS DE LA EXTRACCIÓN POR AÑOS).....	33
	III.4.7 DEPÓSITOS Y ESCOMBRERAS .....	33
	III.4.8 DESAGÜE DE LA CANTERA.....	35



III.4.9 EQUIPOS MINEROS .....	36
III.4.10 CÁLCULO DE BULDÓZER.....	36
– <b>CAPÍTULO IV- EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SEGURIDAD MINERA.....</b>	<b>38</b>
IV .1- PRINCIPALES CONSUMOS.....	38
IV.1PERSONAL. ....	38
IV .2 COSTOS DE OPERACIÓN. ....	39
IV .2.1 COSTOS DE OPERACIÓN EN LA ACTIVIDAD DE ARRANQUE. ....	39
IV.3 SEGURIDAD MINERA.....	39
– <b>CAPÍTULO V- Medio Ambiente.....</b>	<b>41</b>
V.1 IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO .....	41
V.2 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.....	43
V.3 PLAN DE MONITOREO.....	44
V.4 PLAN DE CIERRE.....	44
– <b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>46</b>
– <b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
– <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>48</b>
– <b>ANEXOS .....</b>	<b>49</b>



## INTRODUCCION

La minería es una actividad determinante en el progreso de la sociedad humana, pues es la fase inferior del desarrollo desde tiempos remotos y está dada por los nombres de las diferentes edades en la historia antigua (Edad de piedra, de Bronce y de Hierro).

La Revolución Cubana ha dedicado grandes esfuerzos humanos y materiales en la consolidación de la educación, cultura y mejoramiento de las coediciones de vida de nuestro pueblo, aspecto este de un peso esencial para nuestro desarrollo socioeconómico.

Como la provincia Ciudad Habana, no se excluye de estos programas, se construyen grandes obras para el beneficio del pueblo como son: las viviendas, instalaciones culturales, deportivas y de comercio, entre otras. Debido a la gran demanda de materiales que estas obras tienen, el yacimiento Camoa ubicado en el municipio Guanavacoa de la provincia Ciudad de La Habana, es el encargado de suministrar parte de estos materiales a estas construcciones para ejecutarla en tiempo y con gran calidad.

Teniendo en cuenta lo anterior y la situación de la industria de materiales de construcción, con este trabajo se pretende resolver el siguiente **problema**: Necesidad de un proyecto de apertura para el yacimiento de arenisca Camoa, para preparar las reservas de los nuevos horizontes de explotación.

Para darle cumplimiento al problema anterior, nos hemos planteados la siguiente **Hipótesis**: Si se tienen en cuenta las condiciones ingeniero – geológicas del yacimiento Camoa, es posible realizar el proyecto de apertura del mismo, con adecuados índices técnicos - económicos.

Es por ello, que teniendo en cuenta lo anterior, el **objetivo general** de este trabajo es: Realizar el proyecto de apertura del yacimiento de Arenisca Camoa, perteneciente a la empresa de materiales de construcción de la prov. Ciudad de La Habana.

### Objetivos específicos:

1. Estudio de las condiciones ingeniero - geológica de la zona de estudio y del yacimiento.



2. Determinar los índices técnico-económicos durante el proceso de apertura.
3. Evaluar el impacto ambiental y proponer las medidas Correctoras.

**Objeto de estudio:** Yacimiento Camoa.

**Campo de acción:** Materiales de la construcción.

Para ello utilizaremos los siguientes **Métodos de investigación:**

1. Histórico-lógico: Para estudiar y valorar cronológicamente la situación geográfica del yacimiento y establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.
2. Análisis-síntesis: En el estudio de las actividades mineras a desarrollar en la empresa de Materiales de Construcción de Ciudad 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 minero ambientales.
3. Inducción-deducción: Con la finalidad de interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los mapas topográficos.
4. Observación: Para visualizar el área donde se encuentra el yacimiento y los elementos geomorfológicos y topográficos, además para identificar los impactos provocados por las actividades mineras al medio ambiente.



## *CAPITULO I. ESTADO ACTÚAL DE LA PROBLEMÁTICA.*

### ***1.1 - Estado actual de la problemática en el mundo.***

Hasta la llegada de la cultura occidental hace unos 500 años atrás, la explotación de los recursos minerales que efectuaban los primitivos pobladores de Cuba, tenía un carácter circunstancial y de bajo impacto, aprovechando las rocas duras, oro, arcillas, etc. en la medida de sus necesidades, constituyendo una actividad artesanal o de pequeña minería.

Después del encuentro la nueva cultura mas tecnificada y ávida de riquezas, impuso sus “necesidades” e inició su desenfrenada carrera de agresiones y mutilaciones al entorno, en contraposición con la precedente mas compenetrada con la naturaleza.

La propia naturaleza geológica de Cuba, condiciona que los depósitos de rocas y minerales útiles aprovechables sean de pequeñas dimensiones. Estos depósitos están asociados a diferentes zonas estructuro formacionales como: Relictos de Corteza Continental, Plataformico, Margen Continental, Corteza Oceánica, Basamento del Arco Volcánico Cretácico, Arco Volcánico del Cretácico, Cuenca Superpuesta Basal, Arco Volcánico del Paleógeno, Cuenca Superpuesta Oriental, Colisión, Cobertura Paleógeno Medio- Neógeno Tardío, Cobertura Plio- Cuaternaria, muchas veces afectados por procesos tectónicos, intemperismo y metamorfismo local y regional, que condicionana geología muy compleja y variada, donde con frecuencia afloran solamente franjas estrechas y alargadas o pequeños parches. principalmente de calizas, arcillas y arenas que pueden alcanzar cierta importancia. Así como el cromo en la región de Moa. La historia de la explotación minera en Cuba, comienza con los talleres de silex de la región Levisa, provincia Holguín, la cual se remonta según los expertos a 5000 – 6000.

No se consideran con estas características las explotaciones mineras de lateritas ferro niquelíferas, portadoras de níquel y cobalto al noreste de Holguín, en la región de Moa las calizas, margas y arcillas asociadas a las seis fabricas de cemento con que cuenta el país en la actualidad y las minas de cobre de Matahambre y El Cobre hoy cerradas o muy próximo a cerrar por el agotamiento de sus menas más ricas y la caída de los precios del metal lo que hace irrentable su explotación. Además muchas canteras de materiales de construcción.

La minería de superficie es el sector más amplio de la minería, y se utiliza para más del 60% de los materiales extraídos. Puede emplearse para cualquier material. Los distintos



tipos de mina de superficie tienen diferentes nombres, y, por lo general, suelen estar asociados a determinados materiales extraídos. Las minas a cielo abierto suelen ser de metales; en las explotaciones al descubierto se suele extraer carbón; las canteras suelen dedicarse a la extracción de materiales industriales y de construcción, y en las minas de placer se suelen obtener minerales y metales pesados (con frecuencia oro, pero también platino, estaño y otros).

Son minas de superficie que adoptan la forma de grandes fosas en terraza, cada vez más profundas y anchas. Los ejemplos clásicos de minas a cielo abierto son las minas de diamantes de Sudáfrica, en las que se explotan las chimeneas de kimberlita, depósitos de mineral en forma cilíndrica que ascienden por la corteza terrestre. A menudo tienen una forma más o menos circular.

La extracción empieza con la perforación y voladura de la roca. Ésta se carga en camiones con grandes palas eléctricas o hidráulicas, o con excavadoras de carga frontal, y se retira del foso. El tamaño de estas máquinas llega a ser tan grande que pueden retirar 50 m<sup>3</sup> de rocas de una vez, pero suelen tener una capacidad de entre 5 y 25 m<sup>3</sup>. La carga de los camiones puede ir desde 35 hasta 220 toneladas. Un avance de la minería moderna consiste en que las palas descarguen directamente en una trituradora móvil, desde la que se saca de la mina la roca triturada en cintas transportadoras.

El material clasificado como mineral se transporta a la planta de recuperación, mientras que el clasificado como desecho se vierte en zonas asignadas para ello. A veces existe una tercera categoría de material de baja calidad que puede almacenarse por si en el futuro pudiera ser rentable su aprovechamiento.

Muchas minas empiezan como minas de superficie y, cuando llegan a un punto en que es necesario extraer demasiado material de desecho por cada tonelada de mineral obtenido, se empiezan a utilizar métodos de minería subterránea.

Las explotaciones al descubierto se emplean con frecuencia, aunque no siempre, para extraer carbón y lignito. En el Reino Unido se obtienen más de 10 millones de toneladas de carbón anuales en explotaciones al descubierto. La principal diferencia entre estas minas y las de cielo abierto es que el material de desecho extraído para descubrir la veta de carbón, en lugar de transportarse a zonas de vertido lejanas, se vuelve a dejar en la cavidad creada por la explotación reciente. Por tanto, las minas van avanzando poco a



poco, rellenando el terreno y devolviendo a la superficie en la medida de lo posible el aspecto que tenía antes de comenzar la extracción. Al contrario que una mina a cielo abierto, que suele hacerse cada vez más grande, una explotación al descubierto alcanza su tamaño máximo en muy poco tiempo. Cuando se completa la explotación, el foso que queda se puede convertir en un lago o rellenarse con el material procedente de la excavación realizada al comenzar la mina.

Parte del equipo empleado en las explotaciones al descubierto es el mismo que el de las minas a cielo abierto, sobre todo el utilizado para extraer el carbón. Para obtener las rocas de desecho situadas por encima, la llamada sobrecarga, se emplean los equipos más grandes de toda la minería. En Alemania existe una excavadora de cangilones que puede extraer 250.000 m<sup>3</sup> de materiales diarios. La máquina va montada sobre orugas y es automotriz. Otra máquina de gran tamaño que se emplea sobre todo en explotaciones al descubierto es la excavadora de cuchara de arrastre; una de estas máquinas, empleada en el Reino Unido en el pasado, extraía 50 m<sup>3</sup> de sobrecarga cada vez.

Las canteras son bastante similares a las minas a cielo abierto, y el equipo empleado es el mismo. La diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. En general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que hay bastante menos material de desecho. A su vez, esto significa que al final de la vida mayoría de los placeres son graveras de ríos actuales o graveras fósiles de ríos desaparecidos. No obstante, los depósitos de playas, los sedimentos del lecho marino y los útiles de la cantera queda una gran excavación. No obstante, debido a los bajos precios que suelen tener los productos de la mayoría de las canteras, éstas podrían hacer que la cantera no fuera rentable. Por esta razón, muchas se encuentran cerca de aglomeraciones urbanas. También supone que las cavidades creadas por muchas canteras adquieren un cierto valor como vertederos de residuos urbanos.

En las cercanías de las grandes ciudades, puede ser que la excavación creada por la cantera tenga un valor superior al del material extraído. Debido al bajo coste actual del transporte marítimo, se están abriendo nuevos tipos de grandes canteras costeras. Estas canteras pueden servir a mercados alejados porque los gastos de transporte son lo bastante bajos como para que sus productos sigan siendo competitivos.



### ***1.2. Estado actual de la problemática en Cuba:***

En la región de Cortes al sudeste de Pinar del Río, se extraen bio- calcarenitas de la formación litoestratigráfica Vedado  $N_2^2 - Q$  inf. En pequeñas canteras en forma circular con escalones de menos de 0.5 m, se extraen bloques máximo 0.5x 0.5 m por medio de serrote, barreta y hachas que después son tallados para conformar los filtros de agua, Anteriormente estos filtros eran muy utilizados pero hoy están casi en desuso con la aparición de los refrigeradores domésticos y la llegada de los servicios del acueducto a casi todas las comunidades de más de 200 habitantes. Esta explotación es de bajo impacto solo altera el paisaje. Desde la región de Madruga al este de La Habana hasta Jagüey Grande en Matanzas, se explotan calizas blandas de la formación litoestratigráfica Colón. Estos bloques se extraen de forma artesanal por medio de serrote, barreta y hachas.

Se utilizan para conformar paredes y muros que no soportan carga debido a su baja resistencia a la compresión (promedio por debajo de los 100 kg/cm<sup>2</sup>). El uso de estos bloques está muy difundido desde la ciudad de La Habana hasta las provincias centrales, con más de un siglo de experiencia. Estas explotaciones pueden llegar a alcanzar grandes dimensiones con graves afectaciones al paisaje natural y con peligro de contaminación del manto freático, ya que en muchas ocasiones, los pobladores utilizan el hueco de la zona extraída para basureros de productos industriales y (estado domésticos la práctica en Cuba es muy frecuente).

En la actualidad estos bloques se extraen de antiguas canteras de material para relleno de caminos y recebo, donde la capa superior menos consolidada al ser utilizada deja al descubierto la caliza blanda más consolidada y apta para ser aserrada, muchas veces estas explotaciones se combinan.

En varios lugares del país se explotan areniscas, calizas finamente estratificadas, formaciones litoestratigráficas como Capdevila  $P_2^{inf-a}$ , Vía Blanca  $K_2^{cp} - K_2^m$ , Puerto Boniato  $P_2^2$ , serpentinas, otras rocas magmáticas y volcánicas. Existen varias localidades en el país de donde se extraen, lajas, fragmentos y chinás pelonas.



Estas explotaciones en muchos casos traen una gran afectación al medio ambiente ya que se efectúan en medios muy vinculados con la vida y que afectan a la sociedad de una forma muy directa como lo son los ríos y playas.



## **CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **I.1- Ubicación del yacimiento**

El yacimiento se encuentra ubicado en el municipio de Guanabacoa, provincia C. Habana.

Las coordenadas Lamber del yacimiento son:

Coordenadas norte	Coordenadas este
363 300	371 200
363900	371 800

### **II.2 Características geológicas de la región**

El yacimiento se encuentra ubicado en la región oriental de la provincia C. Habana y forma parte del anticlinorium Habana – Matanzas, cuyo núcleo está formado por rocas del Cretácico y los flancos por rocas del paleógeno y neógeno, la longitud de la estructura es aproximadamente de 150.0 Kilómetros y su ancho de 17 Kilómetros.

En la región se manifiestan fundamentalmente formaciones del Eugeosinclinal alóctono y su cobertura sinorogénica: Chirino, La Trampa, Vía Blanca, Bacuranao, Peñalver, Apolo y Alkazar de las cuales a continuación describiremos sus características principales.

Formación Chirino: Cretácico inferior. (Pre Cenomaniano). Compuesta por rocas vulcanógenas sedimentarias representada por 5 paquetes litológicos: 1.- pedernal tobáceo gris – verde a verde, 2.- toba cristalina y vítrea, 3.- toba lítica carmelita de grano medio a grueso, 4.- andesita y Lava vesicular, 5.- grauvaca, argilita tobácea y caliza arcillosa. Las rocas de esta formación están escamadas e imbricadas entre escamas de vitrabasitas, gabros, diabasas, secuencias del grupo La Trampa y de la formación Vía Blanca. Por estas razones, sus relaciones originales son difíciles de reconstruir. Del estudio del mapa geológico y de sus posiciones mutuas se puede deducir que la formación Chirino yacía sobre el complejo gabro – serpentinitico y se encontraba cubierto por el Grupo La Trampa, o la formación Vía Blanca, en forma discordante. La potencia puede llegar a los 1000 m.



*\* Grupo La Trampa: Cretácico superior (cenomaniano – turoniano).*

Se compone de conglomerados y gravelitas tobáceas, estratificadas en capas medias con clastos de mármol gris de grano grueso, porfiritas y otros con diámetro menor que 5 centímetros. La matriz es de arenisca tobácea gruesa con fragmentos sud – angulares. Su posición no se puede precisar con seguridad. La presencia de clastos de porfiritas y la existencia de grauvacas en el grupo

Puede interpretarse como índice de un contacto discordante con la formación Chirino infrayacente. La presencia de clastos del grupo La Trampa en la formación Vía Blanca, sugiere igualmente la existencia de una discordancia entre ambas.

*\* Vía Blanca: Cretácico superior (campaniano – maestrichtiano).*

Esta formación esta fuertemente tectonizada. En sentido general se compone de argilitas, aleurolitas y areniscas de composición grauvaca de color rojizo – verdoso y carmelitos, con intercalaciones finas de margas blancas. Presenta capas de conglomerados polimícticos en diferentes niveles. Se destaca dentro de ella el miembro Bacuranao que constituye una intercalación de areniscas y aleurolitas polimícticas con cemento calcáreo. En sentido general, la formación Vía Blanca yace en discordancia sobre las secuencias pre – campaniano de las que contienen abundantes clastos. A su vez es cubierta por la formación Peñalver otras formaciones más jóvenes la cubren con evidente concordancia. Su potencia posee valores de 500 – 1 200 metros.

*\* Formación Camoa: Cretácico superior (maestrichtiano).*

Se trata de un ciclo clástico calcáreo de gradación singular. La porción basal es de grano grueso (rudítica), masiva y la porción superior es de grano muy fino (aleurítica), algo estratificada. El material clástico en general es biógeno o construido por fragmentos de caliza y rocas ígneas en menor grado, y varía desde redondeado hasta sub - angular. El color de la formación es blancuzco cuando está alterada, gris – azulosa cuando está fresca. La porción basal tiene, generalmente, abundantes inclusiones de fragmentos sub – angulares de arcilla derivadas de Vía Blanca. En la base el grano es de 5 milímetros a varios centímetros. En el tope encontramos aleurolita calcárea dura. Su espesor es de 20 a 120 metros. En diversas áreas falta el techo de la formación, producto de la erosión subsecuente. Yace en discordancia sobre la Formación Vía Blanca.



El yacimiento Camoa – MINFAR está compuesto por rocas de la formación Peñalver y Vía Blanca, ambas del Cretácico Superior.

*\* Formación Apolo: Paleoceno Superior temprano.*

Secuencia de arcillas, aleuolitas, grauvacas arenosas con cemento calcáreo e intercalaciones ocasionales de calcarenitas con estratificación gradacional y margas nodulares. Hay sedimentación rítmica. Las arcillas y aleuolitas son carmelita oscuro a rojizo, las grauvacas carmelitas a grisáceas y verdosas, y las calcarenitas y margas amarillo - blancuzcas a ocre. Estas rocas alcanzan una potencia de 100 metros y yacen de modo transgresivo sobre la formación Camoa y otras más antiguas, en tanto que se cubre en concordancia con la formación Alkazar.

*\* Formación Alkazar: Paleoceno superior tardío.*

Margas verdosas y calizas cretosas intercaladas con calizas fragmentarias y rocas calcáreas clásticas, bien cementadas, de colores

Claros ocasionalmente silicificadas, con potencia de 10 a 50 metros cubre en concordancia la formación Apolo y, a la vez, es parcialmente sincrónica y transicional con la formación Capdevila suprayacente.

Las rocas del cretácico están ampliamente distribuidas y bastante dislocadas. Los buzamientos oscilan entre 40° y 60°, afectados por la acción de esfuerzos tectónicos, representados fundamentalmente por fallas, de rumbo noreste – sureste y como consecuencia se dividieron en grabens y horts. Los bloques altos presentan una morfología típica, suave debido a su poca resistencia a la erosión. Los bajos no afloran, encontrándose recubiertos por sedimentos paleógenos y neógenos. Los sedimentos de la región se describen como un gran deslizamiento submarino de una masa carbonatada, acumulándose en el borde y que caería en forma de alud sobre la cuenca maestrichtiana.

Se debe señalar la presencia de fallas sublatitudinales que provocan la existencia de grietas de plumaje y fallas sub – longitudinales de desplazamiento oblicuo.

En el área existen diversas manifestaciones de magmatismo en las que predominan las ultrabasitas de edad pre - neocomianas a las que se asocian gabros vinculados a mantos de sobrecorrimientos por lo que es admisible atribuirles un desplazamiento tectónico.



### **II.2.1 Geología del yacimiento**

Minas se desarrolla en dos El yacimiento formaciones: Vía Blanca y Camoa, ambas del cretácico superior. En el yacimiento las rocas de la Formación Camoa se encuentran al sur y Vía Blanca al norte. El contacto tiene carácter facial. En concreto, en nuestro yacimiento, la Formación Vía Blanca está representada por las areniscas que se encuentran al norte o sea las de grano más grueso y argilitas, arcillas y margas que están por debajo de Camoa. La ormación Camoa está representada por areniscas carbonatadas.

Las rocas que componen el yacimiento en su gran mayoría son areniscas de diferente granulometría desde la fina hasta la gruesa.

En ocasiones la arenisca que se encuentra en la superficie aparece alterada, producto del intemperismo, esta situación no afecta porque son potencias muy pequeñas que no influyen ni determinan su calidad.

También existen en menor grado variedades areno – arcillosa, arcillo – arenoso, arcilla, argelita, marga y caliza.

Las areniscas están constituidas por un material clástico que en general es biogénico o constituido por fragmentos de calizas y rocas ígneas en menor grado y varía desde redondeado hasta sub – angular.

Las rocas útiles son las areniscas que no se encuentran afectadas por intercalaciones estériles.

Las rocas encajantes están representadas por las arcillas, argilitas, margas y calizas. Estas rocas no se cortan en el yacimiento en la totalidad de los pozos, ya que muchos de ellos se quedan en el material útil. Excepcionalmente existen en los pozos PBD-6 y PEO-26 argilita de color pardo oscuro, poco plástico, muy compacta. Y en el PBD-7 existe caliza gris de granos finos, compactos, muy agrietados con impurezas de hierro.

La Formación Vía Blanca se depositó sobre secuencias pre - campanianas durante el campaniano y maestrichtiano, después de sufrir intensas dislocaciones tectónicas esta formación fue cubierta discordantemente por la formación Peñalver en el Maestrichtiano. Por lo que la edad de las rocas que componen el yacimiento es cretácico superior desde el campaniano al maestrichtiano.



La potencia útil promedio en todo el yacimiento es del orden de los 20 metros aproximadamente. Es necesario aclarar que muchos pozos quedaron en material útil, o sea que no contaron con todo el material útil debido a las exigencias de la tarea técnica de la exploración geológica, por lo que la zona mineralizada continua por debajo de la cota de explotación, por lo que concluimos que existen potencias de mineral útil que aún no se han cortado, entonces éstas sobrepasan el valor de 20 metros.

La estructura interna del cuerpo mineral es detrítica. Los granos finos, medios y gruesos, con una forma que va desde sub - anguloso hasta redondeados la composición de los granos es generalmente carbonatada (calcita) y en menor grado basaltos, andesitas, serpentinitas, cuarzo, que están bien cementados por material calcáreo, aportándole al material gran compatibilidad, la forma espacial del cuerpo es de un monoclinal suave.

Dentro de los tipos morfológicos de depósitos que existen el yacimiento se enmarca dentro de los planos representados por grandes estratos que no están afectados por intercalaciones estériles siendo estos estratos la materia útil. La estructura tiene un rumbo de noroeste – sureste. El cuerpo se alarga en la dirección del buzamiento y se estrecha por el rumbo.

Muy pocas veces se observa inclinación en las capas, por lo que consideramos que el yacimiento es masivo.

Dentro de las potencias de areniscas no se localizan intercalaciones estériles desde el punto de vista litológico. Aunque existe un único caso en el (pozo 53) donde existe 4 m de arenisca que no cumplen con la calidad de la materia que se consideran como intercalación dentro del material útil.

No es posible zonalizar las areniscas por su granulometría en superficie ni en profundidad porque los cambios granulométricos son muy bruscos, esta situación es característica en la Formación Camoa.

El comportamiento de la materia prima tanto por el rumbo como por el buzamiento es homogénea y estable ya que las variedades litológicas cumplen con las exigencias de la tarea técnica, las marcas son mayores que 200.



### **II.2.2- Tectónica**

Las dislocaciones tectónicas no se aprecian en el yacimiento. El levantamiento geológico regional y los trabajos realizados en el yacimiento no evidencian afectaciones tectónicas en la zona.

Se observan pequeñas grietas que no afectan la estructura del yacimiento. La mayor zona de agrietamiento está en la parte que se está explotando y pensamos que no tienen nada que ver con la tectónica del yacimiento.

### **II.2.3 Trabajos de perforación**

Los trabajos de perforación se realizaron según el proyecto de prospección detallada y exploración orientativa, detallada en el yacimiento Minas.

La red obtenida se puede considerar de 200 x 200 metros, aunque tienen ligeras variaciones que a nuestro juicio no afecta el objetivo de la prospección, con esta estrategia se pudo perforar las dos elevaciones en la cima y se abarcó en gran proporción el área del yacimiento. La red de perforación se estableció de manera que sea estudiado el yacimiento en su totalidad y sobre la base de los resultados los recursos pudieran ser evaluados en categoría C<sub>2</sub>. En la prospección detallada se realizaron pozos intermedios con el objetivo de que una red de 100 x 100 metros dar reservas en categoría C<sub>1</sub>; por último en la exploración detallada se realizaron pozos intermedios a distancia de 50 metros, pudiendo contonear las reservas en categoría B con esa red y garantiza la red necesaria para recursos medidos e indicados. El número total de pozo y su metraje viene reflejado en la tabla # 1, que se muestra a continuación.

**Tabla #1-** Número total de pozos y su metraje por estadio de exploración geológica.

Estadio	Pozos	Metraje(m)
Búsqueda Detallada	7	181
Exploración Orientativa	19	487
Exploración Detallada	33	745
Total	59	1 412,2



De los 1 412,2 metros perforados fueron recuperados 1 394,0 metros que representan el 98,7 % de recuperación general del testigo, en la zona mineral corresponde al 99% y en las rocas encajantes al 98 %.

Los trabajos de perforación se realizaron por el método rotario a columna, utilizando un equipo SBUD-150 con coronas de aleaciones duras. Como líquido de enfriamiento se uso agua.

Todos los pozos fueron perforados con un ángulo de 90 ángulos (o sea, verticales con sondeos de 0,50 – 3,0 metros y diámetros de 127, 108 y 89 milímetros.

#### **II.2.4 -Trabajos hidrogeológicos e ingeniero – geológicos.**

Primeramente como trabajos hidrogeológicos se realizaron las observaciones hidrogeológicas durante la perforación, se midieron 19 pozos para un total de 25 mediciones, regularmente se hicieron con la culminación de los turnos de trabajo en unos casos y al inicio en otros, para ello se utilizó una campana con cable y una cinta métrica.

Después de perforados, se realizaron mediciones simultaneas en 23 pozos, a algunos de ellos se le repitieron las mediciones.

Durante estos trabajos hidrogeológicos iniciales no fueron medidos todos los pozos perforados, por lo que se dificultó la confección del plano hidroisohipsas, por no disponer de suficientes datos para poder interpolar.

Inicialmente se perforaron 4 pozos hidrogeológicos el PH-15, PH-10, PH- 21 y PH-25, pero por deficiencias, los cubeteos de estos pozos se extraviaron. Posteriormente para subsanar estos errores se perforó el PH-25 para posteriormente ser cubeteado, igualmente se hizo con el P-20 que de un inicio no era hidrogeológico este fue cubeteado, pero no se le hicieron las mediciones del régimen lo que constituye una deficiencia de los trabajos de campo.

Se repitió el cubeteo del PH-15 y se hizo un cubeteo en el PH-50 que no estaba considerado como hidrogeológico.

Se hicieron las mediciones del régimen en los pozos PH-25 (reperforado), PH-50 y PH-15, pero se tuvieron en cuenta también, las mediciones del régimen anterior PH-10, PH-21, PH-25 y PH-15.



### **II.2.5 Características cualitativas y tecnológicas del mineral y de las rocas encajantes.**

En la zona del yacimiento, como resultado de la documentación geológica se detectó el material útil de areniscas de la formación Peñalver, este mineral útil se encuentra acompañado de material arcilloso que fue analizado en algunos pozos y se consideró como material estéril.

Cuando nos referimos a estas propiedades nos apoyamos fundamentalmente en los ensayos básicos y hacemos un análisis de los resultados obtenidos en todo el yacimiento.

### **II.2.6 Propiedades físico – mecánicas del yacimiento**

Se hizo un análisis de todas las propiedades en el yacimiento.

Con respecto al ensayo de triturabilidad en el cilindro cuyo ensayo es fundamental para la evaluación de los áridos en la construcción se obtuvieron valores desde marca menor que 200 hasta marca 800 siendo los valores más frecuentes de 200 y 300 siguiéndoles los de 400, 600 y 800, los materiales de marca menor que 200 se consideran material no útil que son en total 8 muestras para un 2.3 %

El % de absorción de agua en las muestras de todo el yacimiento varía dentro del rango de 1-8 encontrándose un valor de absorción más frecuente en el intervalo de 3-4 % siguiendo los valores de 4-5, 2-3, 5-6, 1-2, 6-7 y 7-8 %, como esta materia prima se utilizará para arena artificial la propiedad de absorción no es un parámetro limitante para evaluar la calidad de la misma y no se encuentra limitada por la tarea técnica.

Los resultados de masa volumétrica arrojaron valores de 2,10 hasta 2,78 g/cm<sup>3</sup>. La mayor frecuencia la tiene el valor 2,50 g/cm<sup>3</sup> con 46 muestras, 2,46 g/cm<sup>3</sup> con 34 muestras y 2,48 g/cm<sup>3</sup> con 33 muestras.

Haciendo un análisis de los resultados arrojados de la resistencia a la compresión vemos que los resultados reportados en estado saturado son menores que en estado seco no cumpliéndose así en el pozo PBD-1 muestra # 4 en estos resultados encontramos los valores de resistencia en estado seco máximo de 694 kgf/cm<sup>2</sup> en el pozo PEO-15-1, mínimo de 204 kgf/cm<sup>2</sup> en el pozo PEO-23-1 y en estado seco el valor máximo es de 423 kgf/cm<sup>2</sup> con el pozo PEO-20-5, mínimo de 162 kgf/cm<sup>2</sup> en el pozo PEO-23-1.

En este yacimiento el material útil de areniscas de la formación Camoa viene acompañado de material arcilloso considerado como estéril, el cual se le realizó el análisis de



plasticidad del que se puede decir que es una arcilla muy plástica de color pardo en presencia de granos finos.

La arena producida a partir de la formación Camoa tiene un módulo de finura beneficiado que cumple con lo establecido en la norma.

Analizando los resultados granulométricos de las muestras tomadas de los testigos de perforación podemos decir que en los análisis realizados al nivel de laboratorio detectamos que algunas cumplen con las calidades I y II existiendo otras muestras que no cumplen con determinados tamices. El criterio asumido para la evaluación fue que considerando que estas muestras se molieran en un molino de laboratorio que en general se diferencia de la molienda industrial, se consideran como positivas las muestras que tienen una marca mayor que 200 aún cuando no cumplieran con algunos retenidos en tamices según con la NC-054-256.

De los resultados obtenidos de dos arenas del producto terminado estas cumplen en todas sus consideraciones con la calidad, lo que corrobora la decisión tomada con las preparadas en el laboratorio. En la carta de calidad procedente del laboratorio central de construcciones militares; el análisis granulométrico de estas muestras quedan dentro de la calidad III aunque el análisis realizado en este período no se comportó estable, no obstante, de este resultado se han estado elaborando hormigones de hasta 300 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la comprensión.

No se realizaron análisis mineralógicos, de los análisis petrográficos efectuados a 5 muestras podemos decir que la roca es una caliza organógena fragmentaria en algunas de estas muestras, no estamos seguros de estos resultados, pensamos que esta descripción pueda ser del contenido de material calcáreo contenido en la roca, este análisis se mandó a repetir.

Las muestras de la cantera fueron tomadas de diferentes puntos de esta, en el análisis granulométrico podemos apreciar que estas muestras cumplen con las calidades I y II, la materia orgánica reporta resultados menores que el patrón, aclaramos que fueron procesadas en el laboratorio de la EGM.

De los resultados arrojados de las muestras tecnológicas podemos decir que se obtienen valores de marca muy similares en las 4 muestras analizadas, así como en los resultados



granulométricos existiendo algunas diferencias en la absorción, estos resultados son uniformes por cada variedad litológica arenisca de grano medio y fino.

Existe un solo tipo de mineral útil que cumple con la tarea técnica, o sea, tener más de 200 en la triturabilidad en el cilindro. A partir de los resultados de los ensayos físico - mecánicos se llega a la conclusión que todo el mineral se va a tratar según un mismo esquema tecnológico por lo que hay un mismo tipo tecnológico, esto puede ser apreciado en la zonalización realizada por marcas más frecuentes por pozos.

## **II.4 Condiciones técnico – mineras de explotación del yacimiento.**

### **II.4.1 Desarrollo de los fenómenos y procesos ingeniero – geológicos.**

El yacimiento Camoa pertenece a una formación ingeniero – geológica carbonatada – terrígena que se caracteriza por ser rocas parcialmente masivas que no presentan calcificación.

En el pozo PED-53 es donde único aparece una potencia considerable de intercalación estéril con un valor de 4 metros.

El yacimiento se está explotando a cielo abierto con escalones de 10 metros, utilizándose buldózer para la apertura de nuevos frentes y explosivos para el avance de los escalones.

Para la explotación del yacimiento por debajo de la cota + 61 se recomienda que el drenaje sea por gravedad.



## **CAPÍTULO III- APERTURA DEL YACIMIENTO**

### ***III.1 Antecedentes del yacimiento.***

La explotación en el yacimiento se realiza a cielo abierto, se desbroza y destapa el mineral con uso de buldózer; el arranque se hace con explosivos y en ocasiones con martillo rompedor; el material extraído es apilado y cargado a camiones con una excavadora frontal sobre esteras. Los bancos de extracción tienen una altura de 10 metros excepto los que acoplan con la topografía.

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

Se propone continuar la explotación a cielo abierto para realizar la extracción del mineral. Se establece como piso de explotación la cota +60 hasta donde serán calculadas las reservas de mineral. La cantera desarrollará 4 niveles de explotación en toda su vida útil, definidos por las cotas de sus respectivos pisos: +90, +80, +70 y +60. La apertura de los niveles se efectuará partiendo de la correspondiente curva de nivel.

La secuencia de actividades básicas en la explotación será: desbroce, destape, perforación y voladuras, carga y transporte. Las actividades de aseguramiento serán: formación de depósito, escombrera y desagüe.

De acuerdo a las condiciones geológico minero y característico físico – mecánicas de las rocas presentes en el yacimiento, se continuará haciendo el arranque de material con perforación y explosivos; el material arrancado será apilado con el buldózer.

Se conformarán bancos con altura máxima de 10 metros y talud de 750, una berma de seguridad de 3 metros, para un talud general de unos 630.

Para la carga del material extraído se utilizará una excavadora tipo pala directa y un cargador en dependencia de la disponibilidad de frentes abiertos para la explotación.

El transporte del material se efectuará con uso de camiones de volteo que trasladarán hasta la planta de proceso que se encuentran al sur de la cantera.



La capa vegetal y el material estéril se almacenarán en un depósito y una escombrera respectivamente, construidas para ese objetivo.

El desagüe de la cantera será natural, es decir, por método gravitacional, aprovechando las condiciones morfológicas del relieve, además el piso de explotación de los distintos niveles, tendrá una pendiente para que el drenaje se realice sin dificultad.

En el anexo gráfico No 1 se presenta el estado final de la cantera proyectada.

### **III.2 -Apertura**

El yacimiento está en explotación en la actualidad, por lo que existen laboreos mineros activos. Los niveles +80 y +70 (intermedios) están abiertos, es necesario rectificar sus pisos de extracción, sobre todo el nivel +70. Estos se les hizo la apertura por la parte sur y flanco oeste del yacimiento.

En los diferentes planos sobre la planificación minera se muestra claramente el acceso a cada área donde se planifica la explotación.

Los criterios básicos considerados para realizar la apertura en el yacimiento, fueron los siguientes:

- Garantía de un desagüe natural de la zona de explotación minera.
- Aprovechamiento de las obras mineras que existen.
- Volumen de preparación mínimo.

El acceso a los diferentes niveles a desarrollar, se mantendrá en sentido general por el flanco oeste del yacimiento para poder aprovechar lo que existe.

La apertura del nivel superior de la cantera +90, comprende un área al sur (7 858 m<sup>2</sup>) y otra al norte (19 462 m<sup>2</sup>) del yacimiento. Para ambos casos se accede por el flanco oeste a la curva de nivel +90; estos accesos desaparecerán en la medida que avanza la explotación. El nivel +80 también tiene 2 áreas una al norte con 44 834 m<sup>2</sup> y otra al sur (en laboreo) con 9 749 m<sup>2</sup>. Al área norte se accede y se le hace la apertura por el flanco oeste y norte partiendo de la propia curva de nivel +80 por el entorno del perfil 15200N. En el caso del área sur ya está abierta y se mantendrá el acceso por el perfil 68900E.



El nivel +70 está abierto ya, tiene dos frentes de extracción que avanzan en sentido contrario, es decir, uno hacia el norte y el otro hacia el sur. Su acceso se hará por el entorno del perfil 15350N para la parte norte y del perfil 14950N para la parte sur.

El nivel inferior +60, se le hace la apertura por el norte y flanco oeste en el entorno de los perfiles 15350N y 68750E, partiendo de la curva de nivel +60. Se construye una trinchera con las siguientes características:

- Largo..... 114 metros
- Ancho..... 8 metros
- Pendiente..... 0,5 %
- Angulo de talud..... 75 °
- Volumen..... 6 042 m<sup>3</sup>

### III.3 -Destape

El destape comprende el retiro de la capa vegetal que yace sobre el mineral, utilizando un bulldózer. Esta actividad se realizará antes que la de extracción y el avance de una con respecto a la otra deberá ser mayor a los 8 metros.

La capa vegetal extraída se cargará y transportará a un depósito donde será almacenada. Por su importancia ecológica, dicha capa vegetal debe ser recuperada al máximo.

En el área de la escombrera, se retirará igualmente en un inicio la capa vegetal, lo cual se considera también como destape.

De acuerdo a las condiciones geólogo mineras presentes en el yacimiento, ya en explotación, así como de la tecnología de extracción a desarrollar, se calculan y establecen los parámetros constructivos, que definen la proyección de la futura cantera. Estos parámetros son los que se introducen como datos en el software utilizado (MicroLynx).



### Piso de explotación.

Se estimaron recursos medidos e indicados hasta la cota +30. Se establece la cota +60 como piso de explotación, teniendo en cuenta fundamentalmente que el nivel freático oscila (según bombeos hechos) entre las cotas +58 y +60. Niveles de explotación.

En el campo minero se han definido 4 niveles de extracción ó explotación: +90, +80, +70 y +60 para toda la vida útil del yacimiento. La distancia entre niveles será de 10 metros.

### Bancos de explotación.

Los bancos de explotación se diseñan con una altura de 10 m máxima, al tenerse en cuenta las condiciones físicas mecánicas, requisitos del mineral, la extracción planificada, tipo de equipamiento a usar y las reglas de seguridad. Sobre la misma base, el ángulo del banco será: para banco activo  $80^{\circ}$  y para banco final  $75^{\circ}$ . El banco superior por estar acoplado a la topografía alcanzará como máximo los 10 m pero como promedio 8 m.

### Bermas.

Bermas de seguridad, su ancho mínimo se calcula como:

$$b = 1/3 h \dots m$$

donde:

h: altura de los bancos..... 10 m.

Sustituyendo:

$$b = 3,3 \text{ metros.}$$

### Plataforma de trabajo.

La plataforma de trabajo se ha determinado según las dimensiones del equipamiento a operar en los frentes, características del mineral y de la tecnología de extracción a utilizar.

De acuerdo a:

$$B = b_s + 2^a_c + c_1 + R_g + l_c + c_2$$

donde:

B: ancho mínimo de la plataforma de trabajo.

$b_s$ : berma de seguridad.



$a_c$ : ancho del camión.....2,65 m

$c_1$ : distancia de seguridad entre camiones.....0,75 m

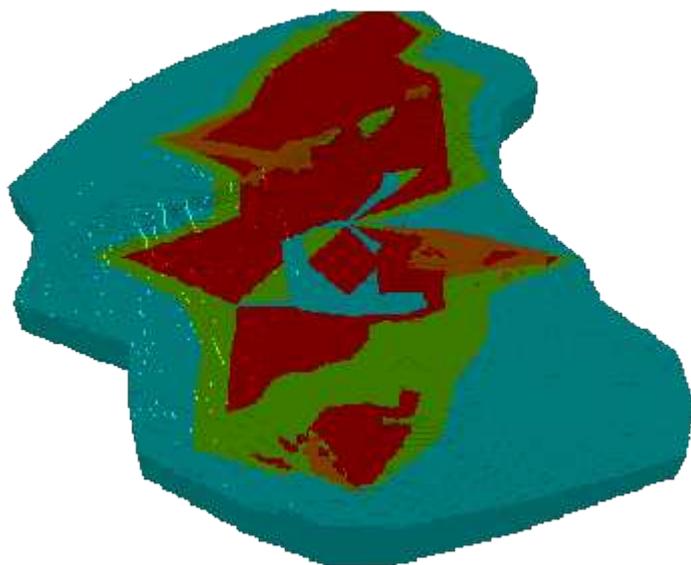
$R_g$ : radio mínimo de giro del camión..... 8 m

$l_c$ : largo del camión.....6 m

$c_2$ : distancia de seguridad entre el camión y el talud del banco superior.....1 m

Sustituyendo por los valores:

B =25 metros



**Figura No. 1** Plataforma de trabajo.

### III.3.2 Talud general de la cantera.

Determinación del talud general de la cantera (método analítico):

$$\alpha = \arctan \left( \frac{\sum h_i}{\sum b_i + \sum h_i \cot \beta} \right)$$

donde:



$\alpha$  : ángulo del talud general de la cantera..... grados

h: altura de los bancos..... 10 m.

b: ancho de las bermas de seguridad..... 3 m.

$\beta_i$  : ángulo de talud de los bancos.....  $75^{\circ}$

Sustituyendo por los valores:

$$\alpha = 63^{\circ}$$

### III.3.Caminos mineros

El camino existente por el flanco oeste será rectificado y prolongado para crear las condiciones de acceso necesarias, en dependencia a la magnitud de la explotación, las características del equipamiento y la dinámica de la producción.

Este camino de acceso capital al yacimiento deberá ser ampliado hasta los 8 metros de ancho de vía. Su pendiente longitudinal promedio será de un 5%, solo en 3 tramos de vía que dan el acceso a los niveles +90 y +80 la pendiente es de 13%; 11% y 14% en longitudes de 43,5 m; 123 m y 94 m respectivamente.

A partir de este camino saldrán el resto de los caminos que darán acceso a los diferentes niveles de explotación, en la medida que vaya avanzando la explotación, se replantea y construye el camino hasta la zona de extracción y se comienzan las actividades mineras (desbroce, destape, extracción, etc.).

*La distancia de acceso hasta el inicio de cada nivel a explotar se estimó en:*

- Nivel +90 (norte)\_\_\_\_\_ 653 m
- Nivel +90 (sur)\_\_\_\_\_ 239 m
- Nivel +80 (norte)\_\_\_\_\_ 625 m
- Nivel +80 (sur)\_\_\_\_\_ 191 m
- Nivel +70 (norte)\_\_\_\_\_ 770 m
- Nivel +70 (sur)\_\_\_\_\_ 221 m
- Nivel +60\_\_\_\_\_ 793 m



El ancho de los caminos a los niveles diseñados será de 8 m.

### **III.3.3 Reservas de mineral**

Las reservas son determinadas partiendo de los recursos de mineral estimados en la parte de geología y del diseño realizado de la cantera.

### **III.3.4 Pérdidas y dilución minera**

Durante la explotación del yacimiento considerando las características y condiciones geólogo – mineras, el método de extracción seleccionado y la tecnología de extracción a utilizar, se estiman las pérdidas y dilución por concepto de operación minera (arranque y transporte fundamentalmente).

Las pérdidas y la dilución se han estimado en un 2% respectivamente, considerándose que parte del material estéril puede mezclarse y ser manipulado con el material útil, básicamente en las operaciones de arranque sobre todo en las zonas de contacto entre los distintos tipos de materiales y en los límites o contornos de la cantera proyectada.

### **II.3.5 Reservas calculadas**

Dentro de los contornos de explotación diseñados se determinan las reservas de mineral, que afectadas por los parámetros estimados de pérdidas y dilución, determinan las reservas que se extraerán en la cantera proyectada. Estas reservas estimadas corresponden a Probadas y Probables.

### **III.3.6 Aprovechamiento de los recursos**

Se determinaron los recursos que no se extraen según diseño de la cantera, debido fundamentalmente a la geometría del modelo de bloques y a la no efectividad económica de su explotación.

Los recursos de mineral medidos + indicados estimados hasta la cota +30 alcanza un total de 2 408 488 m<sup>3</sup>; los recursos de mineral sobre la cota +60 es de 1 806 920 m<sup>3</sup> y entre las cotas +60 y +30 es de 601 568 m<sup>3</sup>.

Las reservas de mineral calculadas probadas + probables (1 762 802,2 m<sup>3</sup>) representan un 73 % de los recursos de mineral totales estimados y un 98 % de los recursos de mineral estimados sobre la cota +60.



### **III.3.7 Capacidad de extracción.**

La capacidad de extracción planificada en la cantera es de 90 000 toneladas ó 36 145 m<sup>3</sup> de mineral en el año; capacidad estimada según:

- la capacidad de producción de la planta de proceso, 42 700 t/año ó 17 150 m<sup>3</sup>/año.
- la alimentación necesaria a la planta para el proceso, 85 400 t/año ó 34 297 m<sup>3</sup>/año.
- consideración de un 5% de humedad.

Para realizar los cálculos mineros se consideró un peso volumétrico “in situ” promedio de 2,5 t/m<sup>3</sup>. El peso volumétrico suelto o disgregado, de acuerdo al coeficiente de esponjamiento estimado de 1,4, resulta de 1,7 t/m<sup>3</sup>.

### **III.3.8 Vida útil de explotación.**

Sobre la base de la capacidad de extracción y la cantidad de reservas de mineral calculadas, resulta que la vida útil de explotación será de:

$$Vu = \frac{R}{Pc}, \text{ donde:}$$

Vu – años de vida útil de la cantera

R – reservas de mineral

Pc – productividad de la cantera.

$$Vu = 48,7 \text{ años}$$

## **III.4 -Tecnología de extracción**

### **III.4.1- Arranque.**

La capa vegetal se arrancará de forma directa utilizando un buldózer. Por las propiedades físico mecánicas y entorno geológico que presenta el mineral y el estéril, el arranque se efectuará utilizando sustancias explosivas, por tanto, será necesario realizar trabajos de perforación y voladuras.

El sentido de avance por lo general será hacia el norte y hacia el sur.

Durante el desarrollo del arranque se prestará especial atención, a la pendiente del piso que deberá favorecer el drenaje en sentido contrario al sentido del avance para evitar las acumulaciones de agua en los frentes de trabajo.



La tecnología de arranque en resumen, comprende 3 pasos:

Para capa vegetal.- escarificación, arranque y apilado.

Para mineral y estéril.- perforación, carga de los barrenos y voladura.

### **III.4.2- Trabajos de perforación y voladuras.**

El ciclo general de estos trabajos es el siguiente:

- Replanteo para perforaciones.
- Perforación. de barrenos
- Revisión de barrenos.
- Carga y conexión de los barrenos
- Revisión de la red para disparo.
- Avisos reglamentarios.
- Disparo.
- Revisión en el frente volado.

El cálculo del pasaporte de perforación se realiza teniendo en cuenta las propiedades físico mecánicas de las rocas a arrancar (dureza, homogeneidad, agrietamiento, etc.) y la granulometría en la fragmentación requerida en la alimentación a la planta estimada como máxima en 400 mm.

Perforación de barrenos con diámetro de 85 mm teniendo en cuenta el equipamiento existente, con una inclinación que deberá estar entre los 80° y 75° y se dispondrán al tresbolillo, para buscar una mejor y uniforme fragmentación del material.

Para el relleno o taco del barreno después de cargado, se usará el detritus de la perforación. Tanto la carga como el relleno, deben ser bien atracadas para que se logre una buena densidad y resistencia respectivamente.

El volumen de material sobre tamaño, no deberá ser mayor al 5% del volumen total arrancado, para que una voladura sea evaluada de buena.



El material sobre tamaño, será separado del frente y acumulado para que posteriormente sea fragmentado con el uso de un martillo hidráulico ó con retaqueo.

Se utilizarán detonadores microrretardados Nonel para garantizar uniformidad de fragmentación y la disminución de las vibraciones del terreno.

En el esquema de encendido propuesto, se busca que cada barreno posea la mayor cantidad de caras libres con vistas a lograr una mayor fragmentación de los pedazos de roca.

Los cálculos fueron realizados para el año 5 de extracción.

En la tabla # 2 se muestran los datos para el cálculo del pasaporte de perforación y voladura.

**Tabla No. 2- Datos para el cálculo del pasaporte de perforación y voladura.**

Altura de banco	H	10	M
Inclinación de la perforación	a	80	Grados
Diámetro de perforación	d	85	Mm
Coeficiente de aproximación de los taladros	n	0,83	
Extracción de mineral al año	W	36 145	m <sup>3</sup> /año
Volumen de arranque con explosivo	Aa	44 918	m <sup>3</sup> /año
Velocidad de perforación	Vp	0,11	m/m
Tiempo emboquillado y desemoquillado	ted	8,6	minutos
Tiempo traslado y posicionamiento	ttp	2	minutos
Longitud del tubo	Ltu	2	M
Explosivo principal	Tipo	Tecnitrón	
Explosivo iniciador	Tipo	Tectrón	
Densidad del explosivo principal	D	0,80	kg/dm <sup>3</sup>
Densidad del explosivo de fondo	Df	1,10	kg/dm <sup>3</sup>
Consumo específico de explosivo	q	0,40	kg/m <sup>3</sup>
Velocidad de detonación del explosivo principal	Vdet	3 000	m/s
Horas en un turno	t	8	H
Número de turno al día	nt	1	Turnos
Días laborables al año	dl	266	D
Peso volumétrico	g	2,49	t/m <sup>3</sup>
Potencia del compresor	P	105	Hp

**Tabla No. 3- Características de las voladuras**

Parámetros	Valor	UM
Volumen de arranque por voladuras	2 064	m <sup>3</sup>



Taladros por voladuras	19	Taladros
Cantidad de explosivos por voladuras	775	Kg
Cantidad de voladuras al año	18	voladuras
Tiempo entre voladuras	12	Días

**Tabla No. 4- Distancias de seguridad calculadas de acuerdo a la realización de la voladura.**

Parámetros	Valor	UM
Para la acción sísmica	22	m
Para la onda expansiva s/construcciones	1392	m
Para la onda expansiva s/hombre	135	m

**Tabla No. 5- Índices anuales de los trabajos de perforación y voladuras.**

Índices	Valor	U.M.
Volumen de extracción de mineral	36 145	m <sup>3</sup>
Volumen de arranque con explosivos	44 918	m <sup>3</sup>
Metros de perforación necesarios	4 546	m
Cantidad de voladuras a realizar	18	voladuras
Cantidad de taladros a perforar	406	taladros
Cantidad de explosivo necesaria	16 865	kg
Explosivo para columna	16 195	kg
Explosivo para fondo	670	kg
Cantidad de perforadoras requeridas	1	unidad
Horas de operación	760	horas

**Tabla No. 6- Índices generales según planificación minera.**

Índices	Años				
	1	2	3	4	5
Volumen de arranque (m <sup>3</sup> )	38 615	59 913	36 167,8	36 355,1	44 918,2
Perforadoras	1	1	1	1	1
Metros perforación	3 908	6 063	3 660	3 679	4 546
Tiempo operación	654	1 014	612	615	760
Coefic. de utilización	28	43	26	26	32
Cantidad de voladuras	19	29	18	18	22
Taladros a perforar	349	542	327	329	406



### III.4.3 Carga

La carga del material arrancado y apilado, se hará utilizando una excavadora ó un cargador frontal sobre neumáticos la/el cual descargará en un camión de volteo. El cargador garantiza una mayor operatividad durante la explotación de la cantera.

### III.4.4 Transporte

Para trasladar el material se usarán camiones de volteo con capacidad de 10 t. Los puntos de transporte para el traslado de material:

- Cantera - Planta de proceso.
- Cantera – Escombrera.
- Cantera – depósito de capa vegetal.

La distancia de tiro promedio general, teniendo en cuenta la longitud de la cantera diseñada (665 m), así como la distancia entre ella y la planta (352 m), será de 520 m, comprendidos entre la cantera y la planta de proceso que recibirá el material.

### III.4.5 Régimen de trabajo

La cantera en dependencia de las operaciones necesarias para la extracción, los volúmenes de material a mover, así como de la experiencia práctica que existe, el régimen de trabajo se establece de la siguiente manera:

- Días calendarios.....	365
- Domingos.....	52
- Sábados .....	26
- Menos días feriados.....	6
- Menos días perdidos por lluvias.....	15
- Días efectivos al año.....	266
- Turnos al día.....	1
- Horas del turno.....	8



- Horas efectivas del turno..... 6,4
- Horas efectivas al año..... 1 702
- Aprovechamiento del turno %..... 80

#### Régimen de producción

- Extracción de mineral al año..... 36 145 m<sup>3</sup>
- Extracción de mineral al mes..... 3 012 m<sup>3</sup>
- Extracción de mineral al día..... 135,8 m<sup>3</sup>
- Extracción de mineral por hora..... 17 m<sup>3</sup>

#### Régimen de extracción

	Mineral	Estéril
- Extracción anual.....	36 145 m <sup>3</sup>	17 756 m <sup>3</sup>
- Extracción mensual.....	3 012 m <sup>3</sup>	1 480 m <sup>3</sup>
- Extracción diaria.....	135,8 m <sup>3</sup>	66,8 m <sup>3</sup>
- Extracción horaria.....	17 m <sup>3</sup>	8,3 m <sup>3</sup>

#### III.4.6 Planificación minera

El plan de extracción de la cantera se diseña para 5 años. Se extraerán unos 36 145 m<sup>3</sup> de mineral cada año.

La cantera se encuentra en explotación en la actualidad. La materia prima necesaria para garantizar la extracción en los 5 años planificados, se extraerá de los niveles +90; +80 y +70; estos niveles se encuentran aperturados, pero se trabajará en su correcta conformación puesto que no están bien definidas las cotas de sus pisos. De esta manera se aprovechan los laboreos existentes, pero además se optimiza el área de explotación y por tanto se reduce, en parte, el impacto ambiental que se provoca.



Tabla No. 7 Plano de extracción por años.

años	labores
	- Se retira la capa vegetal en el nivel +90_2 (sur)
	- Se hace la extracción de mineral en la parte sur en los niveles +90_2 (sur) completo y +80_2 (sur).
año 1	- Retiro de capa vegetal en nivel +90_1 (norte).
	- Se extrae mineral en los niveles +90_1 (norte) y +80_2 (sur) ambos completos, además en el +80_1 y en el +70_2.
	- Se retira capa vegetal en los niveles +90_1(norte) y +80_1(norte).
	- Extracción de mineral en los niveles +80_1 (norte) y +70_2 (sur).
	- Se retira capa vegetal del nivel +80_1 (norte).
	- Se retira capa vegetal en el nivel + 80_1 (norte).
	- Extracción de mineral en nivel +80_1 (norte).
	- Extracción de mineral en nivel +70_2 (sur).
	- Extracción de mineral en nivel +70_1 (norte) y +70_2 (sur).
	- Retiro de capa vegetal en nivel +80_1 (norte) liquidando el nivel.

(En el anexo 2 aparece los planos de la extracción por años)

### III.4.7 Depósitos y escombreras

Para almacenar la capa vegetal y el estéril que se extraerán durante la explotación, se construirá un depósito y una escombrera respectivamente. Estas construcciones se ubicarán lo más cercano posible a la cantera y deberán garantizar la mínima afectación del entorno.

El depósito y la escombrera se ubicarán al oeste del yacimiento, selección argumentada por:

- Características topográficas en los alrededores.
- Apertura y acceso de la mina diseñada.
- Mínima afectación del entorno.

Los volúmenes de capa vegetal y estéril para almacenar, se presentan a continuación en la siguiente tabla:



**Tabla No. 8- Resumen de materiales para almacenar.**

Zona de Extracción	Volumen Extraído (m <sup>3</sup> )		Volumen Para Almacenar (m <sup>3</sup> )		
	Capa Vegetal	Estéril	Capa Vegetal	Estéril	Total
Mina	36 895	148 492	40 585	170 766	211 351
Escombrera	3 200	-	3 520	-	3 520
Total	157 434,1	221 808,2	173 177,5	255 079,4	214 8771

Los coeficientes de esponjamiento residual considerados para la capa vegetal y el estéril fueron de 1,1 y 1,15 respectivamente.

#### Depósito

El depósito de almacenaje de la capa vegetal, tendrá un carácter temporal, ya que este tipo de material no estará almacenado más de 5 años porque perdería su bioactividad. Esta capa vegetal será utilizada posteriormente en los trabajos de restauración, enriquecimiento o mejoramiento de suelos.

Las características básicas de diseño del depósito son:

- Capacidad de almacenaje de 27500 m<sup>3</sup>.
- Angulo de talud de 45°.
- Terraza con altura máxima de 5 m.
- Área abarcada de 5 500 m<sup>2</sup>.

#### Escombrera.

Dentro de los contornos de la cantera hay un total de 148 492 m<sup>3</sup> de estéril, el mayor volumen aparece en el nivel +70 con 67 523 m<sup>3</sup>. En los 5 primeros años de explotación, hay un total de 32 244,5 m<sup>3</sup> de estéril, el mayor volumen aparece en el año 2 en el nivel +80 (sur) con 17 900 m<sup>3</sup>.

Considerando las características del estéril y las del relieve en el entorno del yacimiento, se construirá una escombrera de ladera. El material transportado por los camiones se irá vertiendo y con el buldózer se distribuirá en el área.

Las características básicas de diseño de la escombrera son:



- Capacidad de almacenaje 255 000 m<sup>3</sup>.
- Dos niveles con altura máxima de 8 m cada uno.
- Talud máximo de 55°.
- Área total estimada de 16 000 m<sup>2</sup>.

Tanto en el depósito como en la escombrera operarán en calidad de equipos básicos el camión y el bulldózer.

#### **III.4.8 Desagüe de la cantera**

La morfología del área y la tecnología de extracción a desarrollar, propician condiciones favorables para hacer el desagüe de la Mina por gravedad. Aunque al sur del yacimiento hay una presa (La Palma), el desagüe natural de la zona es hacia el norte, por lo que se deberá mantener en general ese sentido para el drenaje durante la explotación.

El área de explotación no tiene aguas subterráneas, por tanto, la afectación será fundamentalmente por las precipitaciones atmosféricas.

Para garantizar el drenaje durante la extracción, se deberá conformar el piso de los niveles de explotación con una pendiente de un 0,8 % como mínimo, de manera tal que el agua escurra en sentido contrario al avance de los frentes de extracción y así evitar la acumulación en las áreas de trabajo. Cuando el sentido del avance de la extracción sea hacia el norte, entonces la pendiente del piso se hará hacia el este, de manera que el sentido del drenaje sea al oeste, como es el caso principalmente del nivel +70 que producto de la explotación que existía, es necesario reconformarlo.

Todos los niveles de explotación tienen accesos que parten desde su correspondiente curva de nivel, con lo que se garantiza que las aguas drenen de forma natural fuera de la zona de extracción.

La afluencia de aguas a la cantera proyectada por precipitación atmosférica se calcula según:

$$Q_A = W \times F$$

donde:

Q<sub>A</sub>: volumen de agua de precipitación; m<sup>3</sup>.



W: precipitación máxima en un día, 0,0033 m/día

F: área 171 648 m<sup>2</sup>

Sustituyendo por los valores obtenemos el volumen esperado de la afluencia de aguas por precipitación atmosférica para la cantera.

$Q_A=566,4 \text{ m}^3/\text{día}$

### III.4.9 Equipos mineros

El cálculo de los parámetros de operación de los equipos, para la explotación de la cantera diseñada, se ha hecho de modo automatizado, utilizando una aplicación confeccionada en Microsoft Excel, que garantiza ese objetivo.

Como año base seleccionado para realizar los cálculos, se consideró el 5.

### III.4.10 Cálculo de buldózer

Las actividades en las que operará el buldózer son:

- Desbroce de áreas de explotación y depósitos.
- Extracción de capa vegetal.
- Acarreo de material arrancado.
- Apilado de material para ser cargado.
- Limpieza y mantenimiento de caminos y pisos de explotación.
- Construcción de depósitos y escombreras.

Como volumen de operación se consideró la masa minera del año 5.

Los datos necesarios para realizar el cálculo de los parámetros técnicos para la operación del buldózer se encuentran en la tabla que sigue:

**Tabla No. 8- Resumen de materiales para almacenar.**

Denominación	Simbología.	Valor	U.M.
Potencia	Po	180	hp
Longitud de la cuchilla	Lcu	2,5	m
Altura de la cuchilla	hcu	1,10	m
Tangente del ángulo de reposo del material	tanq	0,5774	s/u
Coefficiente según tipo de material	M	0,8	s/u
Coefficiente de esponjamiento	Ke	1,40	s/u



Rendimiento general	R	80	%
Longitud de traslado del material	Lt	40	m
Longitud de excavación	Lex	10	m
Velocidad del equipo con carga	Vc	45	m/m
Velocidad del equipo vacío	Vv	55	m/m
Tiempo de cambio de velocidades	Tcv	0,35	m
Extracción diaria en Cantera	W	202,6	m <sup>3</sup> /d
Días laborables al año	dl	266	d
Cantidad de turnos al día	n	1	turnos
Duración del turno	t	8	h
Volumen total a mover	V <sub>T</sub>	53 901	m <sup>3</sup>
Peso volumétrico	g	2,5	t/m <sup>3</sup>

Seguidamente, el resultado de estos cálculos definió los parámetros técnicos básicos:

**Tabla No. 9 Parámetros técnicos básicos de la operación con buldózer.**

Denominación	Valor	U.M.
- Longitud de excavación	10	m



## CAPÍTULO IV- EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SEGURIDAD MINERA.

### IV.1- principales Consumos.

Tabla No. 1 Consumos de materiales.

N <sub>o</sub>	Material	Canti- dad	U. M.
1	Combustible	84 172	l
2	Grasas	2 395	kg
3	Lubricantes	4 865	l
4	Neumáticos	3	u
5	Explosivo principal	16 195	kg
6	Explosivo iniciador	670	kg
7	Explosivo total	16 865	kg
8	Cordón detonante	4 546	m
9	Detonadores Nonel	418	u
10	Detonadores eléctricos	21	u
11	Dientes	1	u

*Desglosado los consumos básicos por cada equipo en producción será:*

Tabla No. 2 Consumos básicos por equipo.

Material	Cargador	Excavad.	Buldózer	Camión	Perforad.	Total
Combustible	4 330	6 271	14 718	48 198	10 655	4 330
Grasas	130	188	442	1 446	320	130
Lubricantes	303	439	1 030	3 374	22	303
Neumáticos	2	-	-	3	-	2

### IV.1Personal.

Denominación	Cantidad
J' Grupo (Ing. o Téc. en Canteras)	1
Operador de Buldózer	1
Operador de Cargador	1
Operador de Excavadora	1
Operador de Martillo Hidráulico	1
Perforador	1
Chofer de Camión	1
Ayudante	2



## IV .2 Costos de Operación.

### IV .2.1 Costos de operación en la actividad de arranque.

Costo de operación con buldózer.

Los costos fueron calculados, al igual que todos los cálculos realizados en el proyecto, para el quinto año de explotación.

*Los datos para realizar el cálculo, se muestran en las tablas # 9 y # 10 que se muestran a continuación y en las tablas de la 1 a la 10 del anexo I.*

*Tabla No. 3 Datos de costos para el buldózer.*

Denominación	Símbolo	Valor	U.M.
Precio de adquisición	Pa	65585,00	\$
Tiempo de depreciación	Td	15 900	h
Precio del combustible	Pcom.	0,55	\$/l
Precio de grasa	Pgr	0,75	\$/kg
Precio de lubricante	Plu	1,80	\$/l
Precio de dientes	Pdi	48,93	\$/diente
Salario del operador	So	3 180,00	\$/a
Horas de trabajo por año	Top	781	h/a

*Tabla No. 4 Costos de operación con buldózer.*

Costos		\$/h	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
-Costo de depreciación	Cd	0,01	0,0001	0,00003
-Costo de materiales	Cm	13,21	0,19	0,07688
-Costo de reparaciones y mantenimientos	Crn	5,88	0,09	0,03421
-Costo del operador	Co	4,07	0,06	0,02369
-Costo total	Cop	23,16	0,34	0,13

El costo total de todo el mineral extraído para el quinto año, tomado para el cálculo, es de 52 771,70 \$/m<sup>3</sup>.

El costo total por tonelada será de 53 100,00 \$/t.

## IV.3 Seguridad minera.



Se debe cumplir el “Reglamento de protección e higiene del trabajo y técnica de seguridad de minas y canteras”, en especial las siguientes medidas que consideramos de mayor importancia:

- Se debe chequear por el técnico de protección e higiene del trabajo el cumplimiento en el terreno de todas las medidas de seguridad establecidas por el Reglamento.
- Los equipos mineros y de transporte deben encontrarse en buenos estados técnicos y equipados con los dispositivos de señalamiento, frenos, recubrimientos de las partes móviles, baterías, medios contra incendios, luces, juegos completos de instrumentos y aparatos de medición y control.
- Se prohíbe dejar el bulldózer sin control con el motor en funcionamiento y con la cuchilla levantada.
- Está prohibido permanecer en el radio de acción de la cuchara cuando la excavadora se encuentra en funcionamiento.
- Durante el cargue de los barrenos en el frente, se prohíbe el trabajo con los equipos de acarreo, carga y transporte en la zona de voladura.
- Está prohibido realizar las voladuras sin la existencia de refugios adecuados para esta tarea.
- No se permite la entrada a la zona de voladura al personal no autorizado.
- El material sobrante de las voladuras debe ser destruido teniendo en cuenta las especificidades de cada caso.
- En la ejecución de los trabajos de voladura es necesario mantener las distancias de seguridad a las cuales debe permanecer el personal, las obras y los mecanismos.
- No fumar en las zonas de voladura.
- No caminar por los taludes de la cantera.
- Los camiones que trabajan en la cantera deben estar en buen estado técnico, tener espejos retrovisores, focos y señalamientos lumínicos y sonoros.
- En los caminos de la cantera el tráfico de los camiones debe ser sin pasarse unos a otros.



## **CAPÍTULO V- Medio Ambiente**

La actividad minera genera cambios y la destrucción parcial o total de ciertos ecosistemas. Hay que restablecer el equilibrio ecológico y evitar o disminuir así, las pérdidas económicas.

### **V.1 Identificación del impacto**

Es necesario identificar y predecir los posibles impactos o alteraciones que se producen en el entorno de la cantera, para poder dictaminar los efectos y establecer las medidas que hagan posible la explotación minera, sin perjudicar o perjudicando lo mínimo posible al medio ambiente.

En este caso, se establecen en el Proyecto los parámetros de explotación en el yacimiento, así como la estrategia de extracción a desarrollar. En el siguiente cuadro se identifican y predicen los posibles impactos producidos por la actividad minera en el yacimiento "Arenisca Camoa.



ACTIVIDADES	ELEMENTOS AMBIENTALES											
	AIRE	RUIDO	AGUA SUPERF.	SUELO	VEGETACION	FAUNA	INUNDACION	EROSION	SEDIMENTAC.	VIBRACION	NATURAL NAJE	Y MORFOLOGIA
• Viales y Construcción.	X	X	X	X	X			X			X	X
• Arranque y Carga.	X	X	X		X	X				X		
• Transporte y tráfico de maquinarias.	X	X	X		X	X		X				X
• Creación de huecos.			X	X	X	X		X			X	X
• Escombreras y depósitos.	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
• Desagües y drenajes.				X						X		

Tabla V.1 posibles impactos producidos por la actividad minera en el yacimiento "Arenisca Camoa.

**Algunos de los impactos negativos sobre el medio:**

- Se afectan las propiedades físico - mecánicas de las rocas.
- Cambio del relieve por movimiento de tierra.
- Emisión de gases de combustión a la atmósfera.
- Aumento de los niveles de ruido.



- Agotamiento de los recursos minerales.

Algunos de los impactos positivos:

- Generación de empleos.
- Mejoramiento de los viales.
- Ingresos a la economía nacional.
- Rehabilitación del área.

## **V.2 Medidas preventivas y correctivas.**

Como medidas que puedan reducir, compensar y cambiar la condición del impacto producido en el yacimiento, se recomienda:

- Retiro, acopio y mantenimiento de la capa vegetal extraída, durante el destape de las áreas (minas, depósitos y escombreras). Esta capa vegetal ya caracterizada se utilizará posteriormente, en la restauración de la producción biológica del suelo. Para su mantenimiento se prevé la revegetación.
- Control del polvo generado por las operaciones de arranque, acarreo, carga y transporte, se disminuirá mediante el riego de agua. También se puede realizar la revegetación de áreas ya minadas, lo que funcionaría como un filtro no solo para el polvo, también para los gases emitidos por los equipos.
- Saneamiento y estabilización de taludes durante y después de la explotación. Se controlarán los parámetros de los taludes, que al llegar al límite final proyectado se explanarán y revegetarán para disminuir los efectos de la erosión, así como garantizar la estabilidad.
- Control de la erosión de los suelos y la contaminación de las aguas.
- En caso de huracanes mantenerse informados, concebir medidas para enfrentar situaciones de riesgo, limpieza que garantice la circulación de las aguas para evitar inundaciones, etc.
- En caso de incendios cumplir con lo reglamentado para protección contra incendio, tener habilitado los puntos contra incendios, tener medidas para enfrentar situaciones de riesgo, etc.
- Establecer un control a pie de obra sobre el cumplimiento de estas medidas propuestas.



Es importante llevar estas medidas a la práctica lo antes posible y así evitar impactos secundarios.

### **V.3 Plan de monitoreo.**

El plan de monitoreo para la comprobación del efecto de las medidas preventivas y correctoras:

- Control químico de la calidad del aire (partículas de polvo, gases contaminantes, etc).
- Control de los niveles de ruido.
- Control de la calidad del agua superficial y subterránea.
- Control de la vegetación.

### **V.4 Plan de cierre.**

El terreno minado debe ser reacondicionado, para realizar una recuperación del área. Teniendo en cuenta las características de la zona y de la explotación (área y profundidad básicamente), se considera debe hacerse una restauración para lograr las condiciones originales del terreno.

- Aplanamiento de taludes en minas y escombreras.
- Construcción de terrazas intermedias para lograr el aplanamiento del talud.
- Uso de vegetación para consolidar el suelo con una red de raíces.
- Eliminación o tratamiento de las fuentes de contaminación después del abandono.
- Todos los equipos serán retirados.

Como equipamiento para desarrollar estos trabajos de reacondicionamiento y restauración, se utilizarán los mismos equipos de la mina, fundamentalmente el buldózer que lleva el mayor peso de los trabajos a ejecutar.



Áreas a restaurar (solo para los cinco años de ejecución del presente proyecto):

1. Depósito..... 5 500 m<sup>2</sup>
2. Cantera..... 171 648 m<sup>2</sup>
3. Escombrera..... 16 000 m<sup>2</sup>



**CONCLUSIONES:**

- 1- Teniendo en cuenta las condiciones ingeniero – geológicas del yacimiento Camoa, fue posible realizar el proyecto de apertura del mismo, con adecuados índices técnicos – económicos; lo que permitirá una extracción anual de la cantera de 36 145 m<sup>3</sup>.
- 2- El costo total de todo el mineral extraído para la apertura, en el quinto año, tomado por cálculo, es de 52 771,70 \$/m<sup>3</sup> y el costo total por tonelada será de 53 100,00 \$/t.
- 3- En el proyecto están concebidas todas las medidas correctoras para mitigar el impacto ambiental.
- 4- Dentro de los trabajos de preparación se incluye además como una necesidad, eliminar las rocas sobredimensionadas que existen en la actual cantera.



## **RECOMENDACIONES**

1. Evaluar sistemáticamente la topografía en las áreas requeridas, para precisar y detallar elementos o parámetros necesarios durante la ejecución del proyecto.
2. Utilización de un martillo rompedor hidráulico para la fragmentación de las rocas fuera de medida.



## BIBLIOGRAFIA

1. A. De Cunha Reboucas; « Le grand basin geologique du Maranhao, Brasil », p. 448, 1978.
2. Colectivo de autores. Manual de Perforación y voladura del instituto geólogo de España para el caso de excavaciones en trincheras. España. 1997.
3. Colectivo, “World water balance and water resources of the earth”, 1974-79, Stud. And Report Hyd., 25, 1978.
4. Empresa de materiales de la Construcción. Proyecto de explotación minera del yacimiento Camoa.
5. Información sobre la experiencia práctica en los trabajos de extracción que se realizan en el yacimiento.
6. Informe final sobre la Búsqueda y Exploración Orientativa y Detallada del yacimiento de arenisca “Camoá”. 1992, Empresa de Geología y Minería, MIMC.
7. Informe de estimación de los recursos dentro de la concesión “Minas”, aprobado en el 2008.
8. J. Forkaiserwicz, J. Margat, « L’exploitation des reserves d’eau souterraine en zones arides et semiarides », 1982M. A. Habermehl, “The artesian basin”; 1980.
9. Levantamiento topográfico de la concesión a escala 1:1000.
10. Manual de procedimiento de la ley No. 76 ó ley de minas.
11. M. Ezzat; “The development of the egyptian western desert”, 1975, p. 205.
12. M. I. L’Vovich; « Les resources en eau du globe terrestrials et leur avenir ». Izv. An. SSSR, Ser. Geogr. 6, 1967.
13. M. I. L’V’vovich, “World water resources and their future”, 1974-79.
14. R. L. Nace; “Water of the world”, Natural History, LXXIII, 1964, p. 10.
15. Tarea técnica para la elaboración del Proyecto minero del yacimiento.



## ANEXOS

### Anexo I

Costos de operaciones

**Tabla No. 5** Datos de costos para perforación y voladuras.

Denominación	Símbolos	Valor	U.M.
- Precio de adquisición	Pa	2 868,00	\$
- Tiempo de depreciación	Td	15 900	h
- Precio del combustible	Pcom.	0,55	\$/l
- Precio de grasa	Pgr	0,75	\$/kg
- Precio de lubricante	Plu	1,80	\$/l
- Precio de broca	Pbr	232,00	\$/u
- Salario del operador	So	3 180,00	\$/a
- Salario del ayudante	Sa	2 820,00	\$/a
- Horas de trabajo por año	Top	970	h/a

**Tabla No. 6** Costos de operación con perforación.

Costos		\$/h	\$/m	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
Costo de depreciación	Cd	0,0002	0,00004	0,000004	0,000001
Costo de materiales	Cm	7,06	1,45	0,15	0,06
Costo reparaciones y mantenimientos	Crm	0,21	0,04	0,004	0,002
Costo del operador	Co	6,19	1,32	0,13	0,05
Costo total	Cop	13,45	2,82	0,29	0,12

**Tabla No. 3-** Costos de operación con voladura.

Costos		\$/h	\$/m	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
Costo de materiales	Cm	21,08	3,53	0,36	0,14
Costo del operador	Co	15,69	2,62	0,27	0,11
Costo total	Cop	36,76	6,15	0,62	0,25

**Tabla No. 7** Costos total perforación y voladuras.

Costos		\$/h	\$/m	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
Costo de depreciación	Cd	0,0002	0,00004	0,000004	0,000001
Costo de materiales	Cm	28,14	4,98	0,51	0,20
Costo reparaciones y mantenimientos	Crm	0,21	0,04	0,004	0,002
Costo del operador	Co	21,88	3,94	0,40	0,16
Costo total	Cop	50,23	8,96	0,91	0,38



**Costos de operación en la actividad de carga.**

**Tabla No. 8 Datos de costos para la excavadora.**

Denominación	Símbolo	Valor	U.M.
Precio de adquisición	Pa	65 000,00	\$
Tiempo de depreciación	Td	15 900	h
Precio del combustible	Pcom.	0,55	\$/l
Precio de grasa	Pgr	0,75	\$/kg
Precio de lubricante	Plu	1,80	\$/l
Salario del operador	So	3 180,00	\$/a
Horas de trabajo por año	Top	479	h/a

**Tabla No. 9 Datos de costos para el cargador.**

Denominación	Símbolo	Valor	U.M.
Precio de adquisición	Pa	59 800,00	\$
Tiempo de depreciación	Td	15900	h
Precio del combustible	Pcom.	0,55	\$/l
Precio de grasa	Pgr	0,75	\$/kg
Precio de lubricante	Plu	1,80	\$/l
Salario del operador	So	5 600,00	\$/a
Horas de trabajo por año	Top	285	h/a

**Tabla No. 10 Costos de operación en la actividad de carga.**

Costos	Símbolo	\$/h	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
- Costo de depreciación	Cd	0,01	0,0001	0,00003
- Costo de materiales	Cm	9,14	0,08	0,03
- Costo de reparaciones y mantenimientos	Crn	0,65	0,01	0,00
- Costo del operador	Co	6,63	0,06	0,02
- Costo total	Cop	16,43	0,15	0,06

**Tabla No. 11 Datos para costo de operación del transporte.**

Denominación	Símbolo	Valor	U.M.
Precio de adquisición	Pd	27 934,00	\$
Tiempo de depreciación	Td	15 900,0	h
Precio del combustible	Pcom.	0,55	\$/l
Precio de grasa	Pgr	0,75	\$/kg
Precio de lubricante	Plu	1,80	\$/l
Salario del operador	So	2 466,00	\$/a
Horas de trabajo por año	Top	1 919	h/a



**Tabla No. 12 Costos de operación en la actividad de transporte.**

Costos	Símbolo	\$/h	\$/km	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
- Costo de materiales	Cm	0,0009	0,0002	0,00004	0,00002
- Costo de reparaciones y mantenimientos	Crm	17,54	4,09	0,78	0,31
- Costo del operador	Co	1,02	0,25	0,05	0,02
- Costo total	Cop	1,29	0,32	0,06	0,02

**Tabla No. 13 Costos totales de operación.**

Costos	Símbolo	\$/h	\$/m	\$/km	\$/m <sup>3</sup>	\$/t
-Costo Total	Cop	91,11	8,96	0,32	1,46	0,59



## Anexo 2 Planos de extracción por años

Figura 1 Plano para el primer año de explotación.

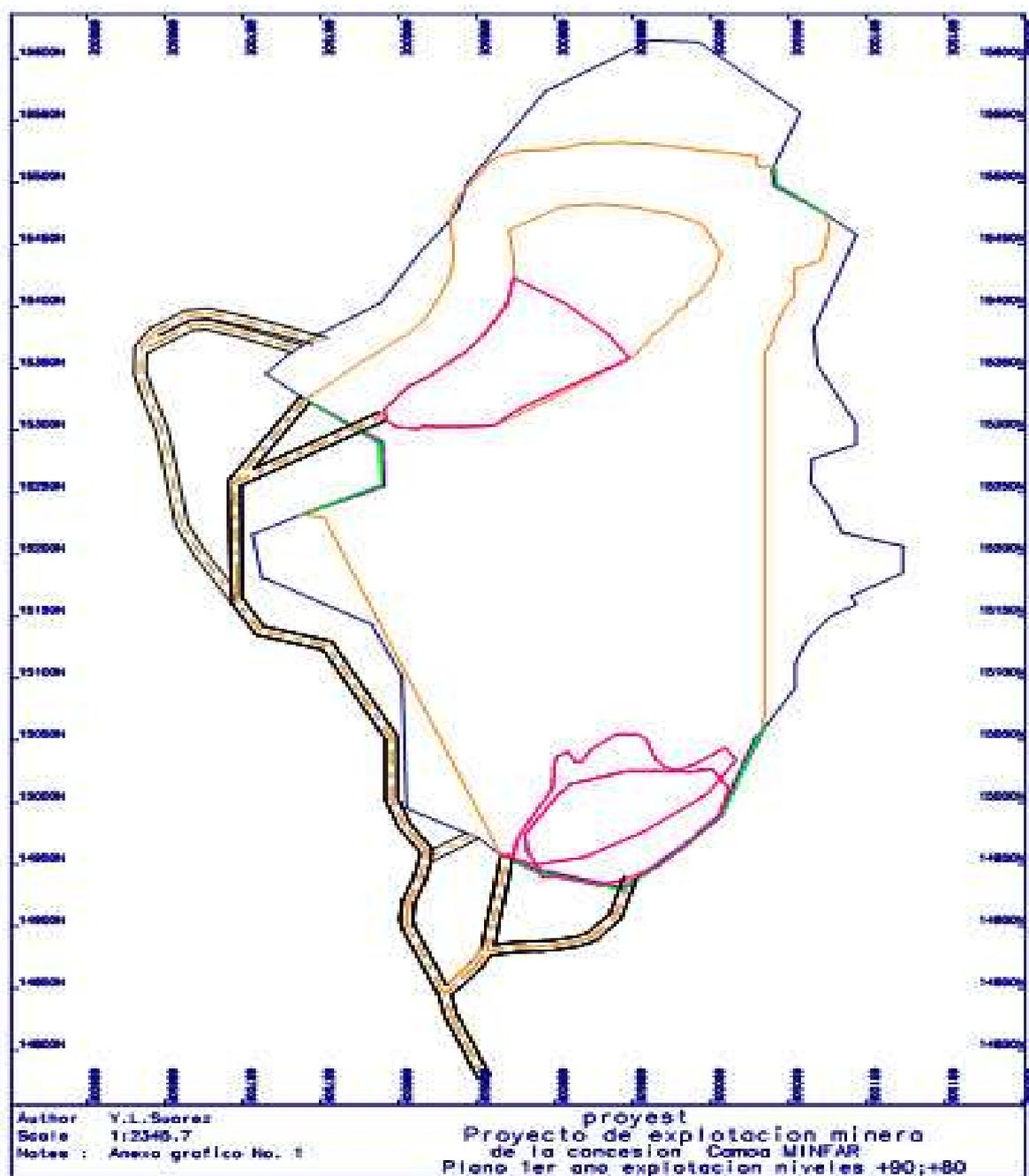




Figura 2: Plano para el segundo año de explotación.

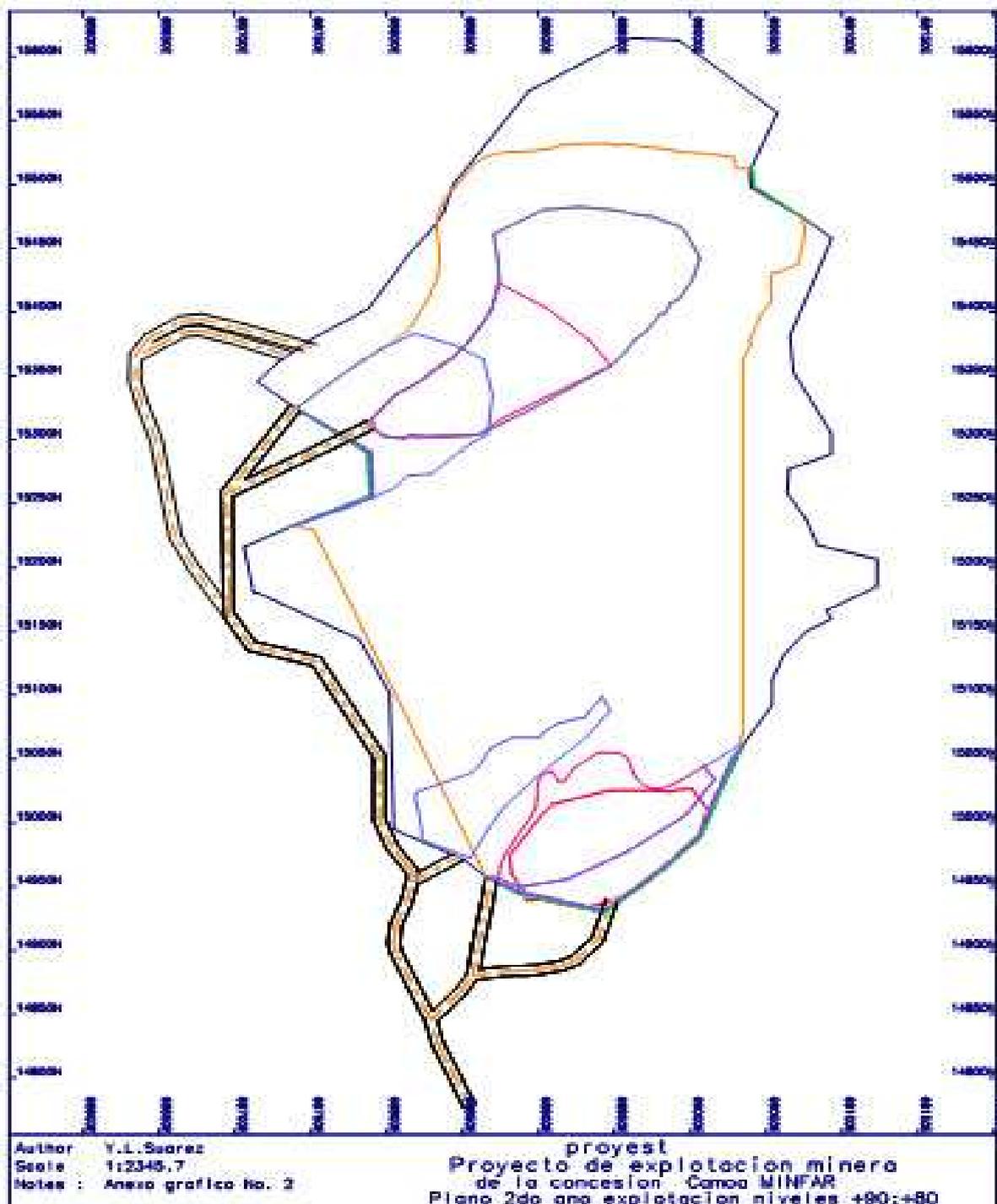
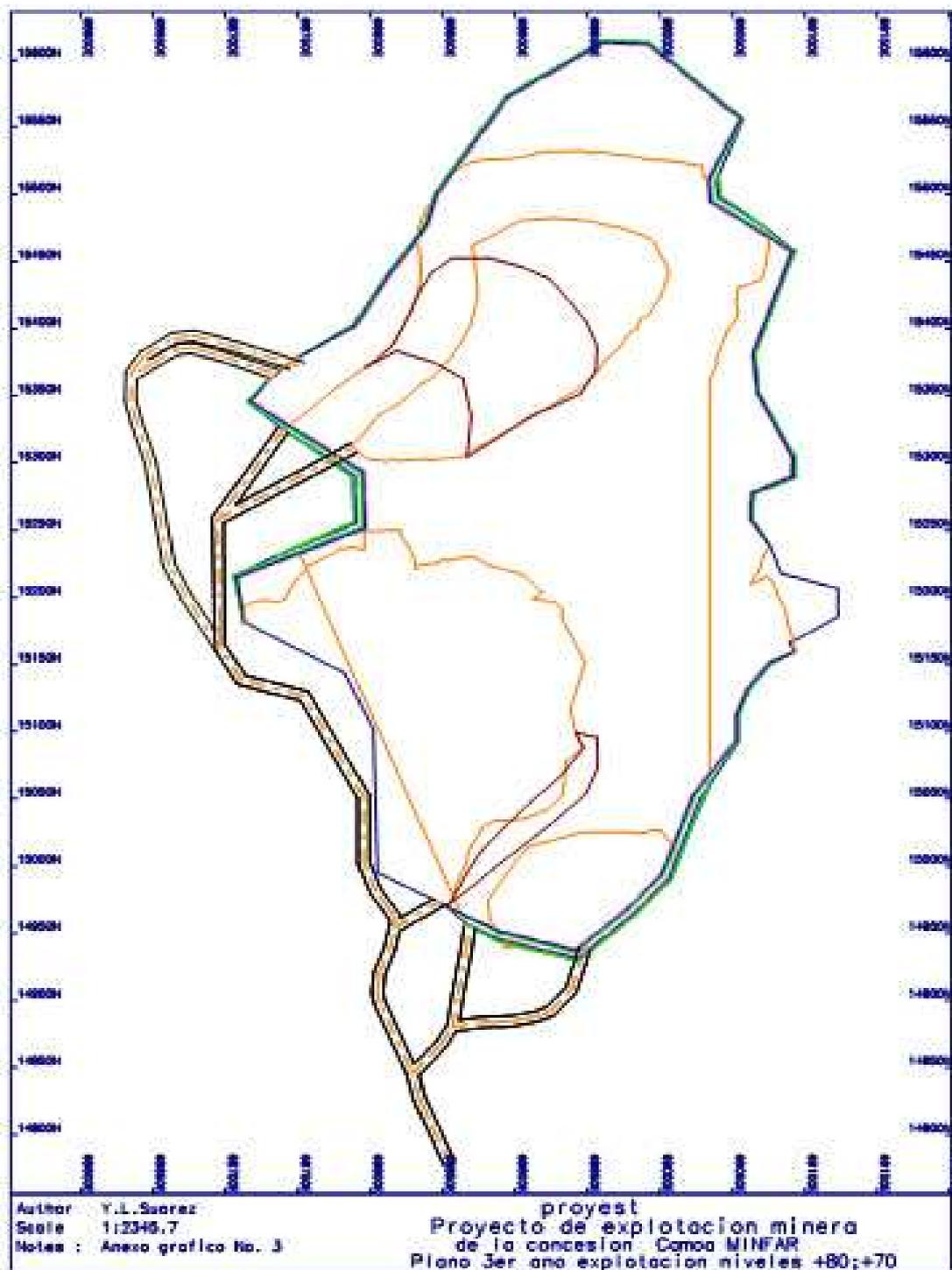


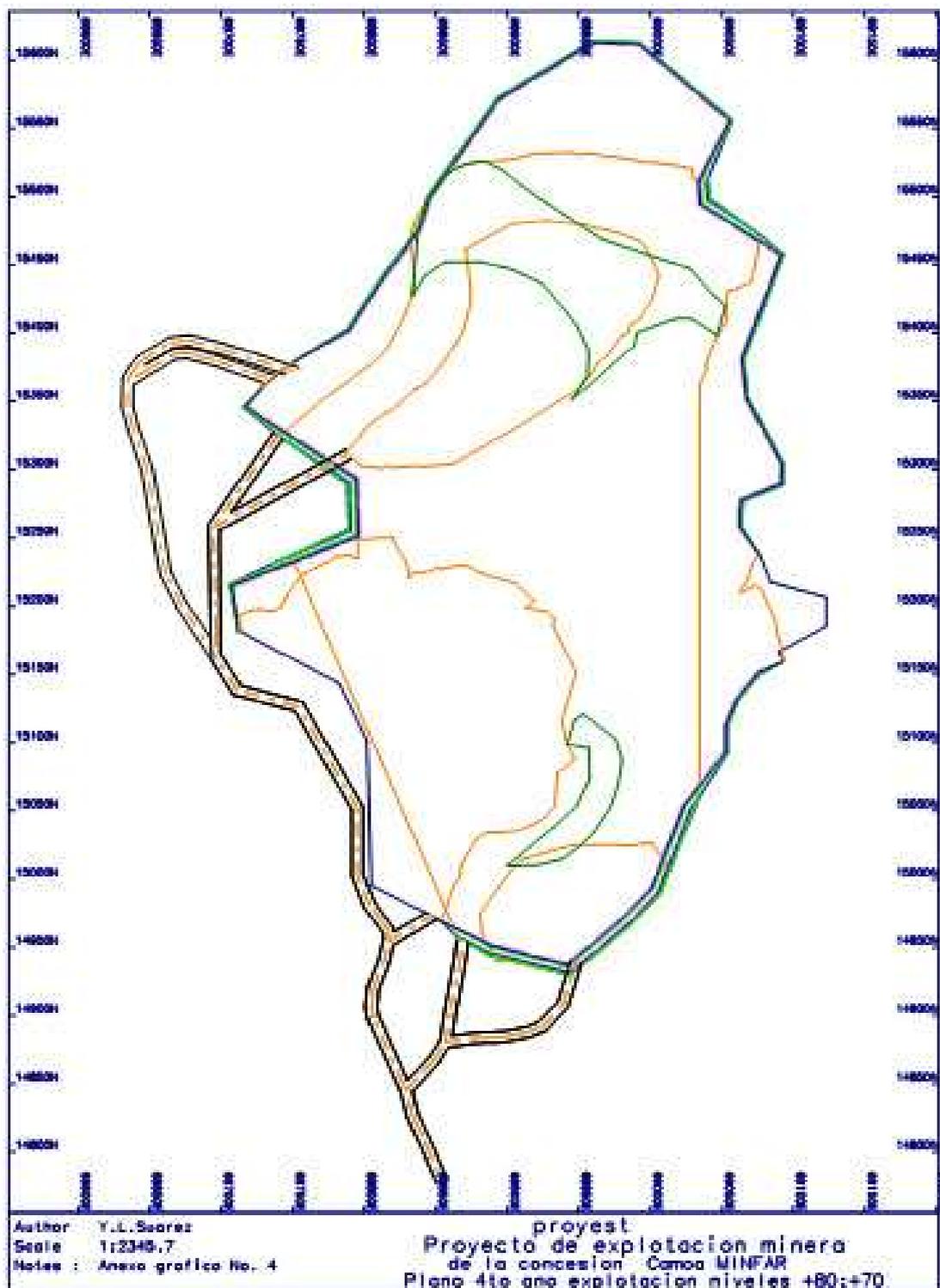


Figura 3: Plano para el tercer año de explotación





Anexo 4: Plano para cuarto año de explotación





Anexo 5: Plano para el quinto año de explotación

