



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALÚRGICO
Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA**

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

TÍTULO: Actualización del proyecto de explotación de la cantera de materiales de la construcción “El Cacao”.

Autor: Amauris Rodríguez Mora

Tutores: M .Sc Naisma Hernández Jatib

Ing. Lisban A Fernández Jorge

2013

AÑO 55 DE LA REVOLUCIÓN

Pensamiento

“Capital Humano implica no sólo conocimiento, sino también conciencia, ética, solidaridad, sentimiento, heroísmo y la capacidad de hacer mucho con muy poco”.

Fidel Castro Rúz.

DEDICATORIA

- Esta tesis está dedicada a la Revolución Cubana por darle sentido a nuestras vidas.
- A mis Padres y mi hermana por su apoyo y dedicación incondicional y en general a mi Familia.
- A todos los profesores que de una forma u otra nos dotaron de conocimientos.
- A mis tutores que con su amabilidad y paciencia nos enseñó a percibir nuestros propios problemas y a buscar vías de solución como futuros ingenieros.
- A mis amistades que de una forma u otra hicieron posible la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo. En especial a mis profesores que me enseñaron todo lo que aplique durante el desarrollo de este proyecto, a mis Tutores y a mi familia que me brindaron todo su apoyo para que mi sueño se realizara.

Resumen

El presente trabajo de diploma consiste en realizar la actualización del proyecto de explotación de la cantera de materiales de la construcción “El Cacao” ubicada en la provincia de Granma provocando el menor impacto al medioambiente. El primer Capítulo está relacionado con la situación actual de la empresa de materiales de la construcción de Granma. El Capítulo dos nos brinda la ubicación geográfica y caracterización ingeniero geológica del yacimiento de estudio. El Capítulo tres trata sobre las labores mineras para la explotación del yacimiento y el cálculo de los equipos utilizados en la UB “El Cacao” y como Capítulo cuatro y no menos importante está el relacionado con la protección del medio ambiente, la seguridad y protección del trabajo en las labores mineras y los cálculos económicos.

Summary

The present diploma work consists on carrying out the upgrade of the project of exploitation of the quarry of materials of the construction "The Cacao" located in the county of Granma causing the smallest impact to the environment. The first Chapter is related with the current situation of the company of materials of the construction of Granma. The Chapter two offer us the geographical location and geologic characterization engineer of the study location. The Chapter three try on the mining works for the exploitation of the location and the calculation of the teams used in the UB "The Cacao" and I eat Chapter four and not less important it is the related with the protection of the environment, the security and protection of the work in the mining works and the economic calculations.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO 1. ASPECTOS GENERALES	
1.1 Situación actual de la Empresa de Materiales de la Construcción de Granma	12
1.2. Objetivos de trabajo del área de la cantera	14
1.3. Perspectivas de la industria de materiales de la construcción en el contexto del territorio	15
1.4. Características de la producción y del equipamiento minero en la cantera “El Cacao”	17
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS MINERO-GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO Y DE LA REGIÓN	
2.1. Características económicas y geográficas de la región	18
2.2. Características geológicas del yacimiento	19
2.3. Calidad de la roca útil y su uso industrial	23
2.4. Principales exigencias de las condiciones minero- técnicas	24
2.5. Recalculo de los recursos industriales	25
CAPÍTULO 3. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “EL CACAO”	
3.1. Organización general de las labores de la unidad minera	26

3.2. Trabajos de perforación y voladura	28
3.3. Trabajos de excavación carga y transporte	35
3.4. Organización de las labores mineras	51
CAPITULO 4. IMPACTOS AMBIENTALES, MEDIDAS PARA LA PORTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO Y CALCULOS DE LOS ÍNDICES TÉGNICO-ECONOMICOS.	
4.1 Identificación de los impactos ambientales y medidas para la protección e higiene del trabajo	55
4.2 Cálculo de los índices tegnicos-economicos	68
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES.	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	75
ANEXOS	76

INTRODUCCIÓN

La minería es la encargada de explotar los recursos minerales que existen en la corteza terrestre para ponerlos al alcance del hombre, estos son de vital importancia por ser una de las principales fuentes de satisfacción de las necesidades actuales de la humanidad y de su creciente desarrollo.

Teniendo en cuenta las grandes transformaciones que se realizan en Cuba, como la construcción de obras sociales para incrementar la cultura y el conocimiento de nuestro pueblo, el gobierno cubano ha puesto fundamental atención a las canteras de materiales de construcción a nivel nacional (Cardentey *et al*, 2001).

La provincia Granma es una de las que aporta gran cantidad de materiales de la construcción al territorio nacional, garantiza el envío de diversos productos que se necesitan para llevar a cabo tareas planteadas por la revolución, lo cual contribuye con el aporte socio-económico para la construcción del socialismo. Sin embargo se conoce que el actual proyecto de explotación data de varios años (2008) donde, quizás algunas variables que lo conforman pudieran ser modificadas, sustituidas o actualizadas, debido fundamentalmente a factores que inciden en la producción, como por ejemplo el deterioro de la maquinaria. El proyecto de actualización del método de explotación del yacimiento el “Cacao” abarca el periodo establecido por la norma ramal vigente NRMCM 060/86 de 5 años.

A partir de lo antes expuesto se declara como:

Problema

Necesidad de actualizar el proyecto de explotación de la cantera “El Cacao”

Objeto de estudio

Procedimiento para la elaboración del proyecto de actualización de la cantera “El Cacao”

Campo de acción

Cantera de materiales de la construcción “El Cacao”

Hipótesis

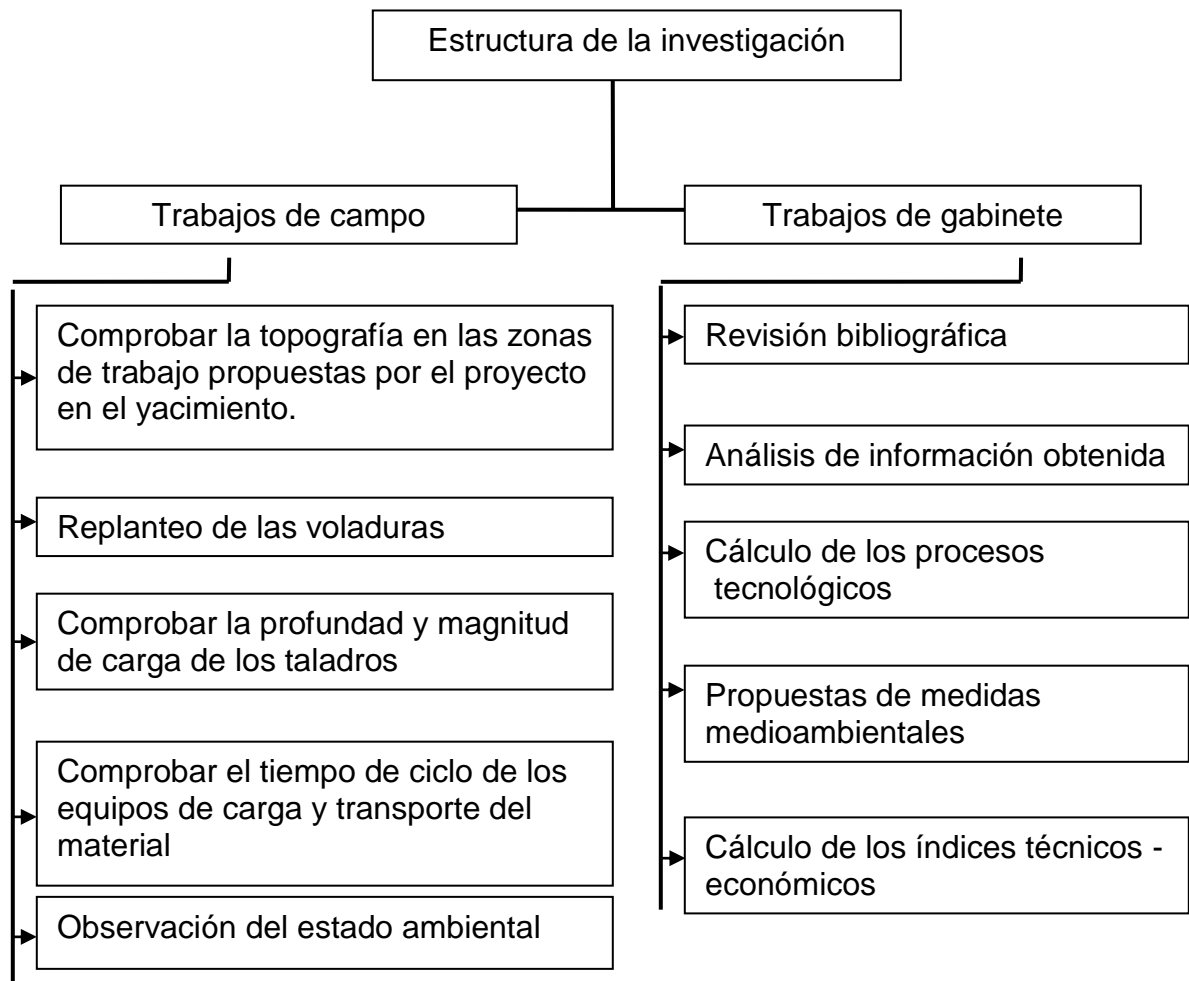
Si se conocen las características ingeniero-geológicas de la zona de estudio, las particularidades del actual proyecto de explotación, los procesos tecnológicos y del equipamiento existente, así como los índices técnico-económicos; entonces es posible realizar la actualización del proyecto de explotación del yacimiento El Cacao.

Objetivo general

Actualizar el proyecto de explotación de la cantera “El Cacao” para lograr un mayor incremento de la productividad.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el estado actual ingeniero-geológico del yacimiento.
2. Organizar, calcular y proyectar los procesos tecnológicos y las labores mineras de la cantera.
3. Identificar los impactos ambientales y proponer medidas para la protección del medio e higiene del trabajo.
4. Realizar cálculos de los índices técnico-económicos



CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Situación actual de la Empresa de Materiales de la construcción de Granma.

Los trabajos realizados se enmarcan en la Empresa de Materiales de Construcción de la provincia Granma en la UB El Cacao perteneciente al grupo GEICON.

Dirección: Calle Amado Estévez S/N; Reparto: Roberto Reyes, Bayamo, provincia **Granma**.

El objeto social que caracteriza la empresa es producir, transportar y comercializar, de forma mayorista materiales de construcción, áridos, productos de arcilla, elementos de hormigón y terrazo, aditivos, cemento cola, mezcla deshidratada, losetas hidráulicas, elementos de hierro fundido y bronce, carpintería de madera, incluyendo su montaje. Además se ofertan servicios de transporte especializado y transportación de carga general.

Estructura general de la empresa

1.1.1. La empresa está compuesta por cuatro unidades básicas (UB), de las cuales tres son de producción y una de prestación de servicios (ver tabla 1.1).

Tabla 1.1 Estructura general de la empresa

UB	OBJETO	UBICACIÓN
Cacao	Producción de áridos, bloques de hormigón y baldosas.	Municipio Jiguaní
Elementos de hormigón y barro	Producción de elementos de cerámica , pared ,piso y áridos	Jiguaní – Bayamo
Costa Sur	Producción de áridos, elementos de pared y pisos.	Región de la Costa
Equipos y Aseguramientos a la producción	Prestar servicios al equipamiento no tecnológico. Compra de piezas de repuesto y almacenes y transportación.	Bayamo – Manzanillo

La fuerza laboral de esta empresa cuenta con 854 trabajadores, divididos en cinco grupos ocupacionales ver tabla 1. 2.

Tabla 1.2. Descripción de la fuerza de trabajo.

Categoría Ocupacional	Cantidad
Operarios	547
Servicios	118
Administrativos	10
Técnicos	132
Dirigentes	47
Total	854

1.1.2. Situación actual de la explotación de yacimientos a cielo abierto en la empresa

La Empresa de Materiales de Construcción de Granma (EMC-Granma) cuenta con 9 concesiones mineras, de ellas 3 de explotación y procesamiento y las demás de explotación, incluyendo el yacimiento de Arena de Mar, único del país, ver tabla 1.3.

Tabla1.3. Concesiones mineras pertenecientes a la (EMC-Granma)

Concesión	No. Resolución	Licencia ambiental	Municipio
La Manteca	329/1999		Pilón
Ampliación La Manteca	578/2010		Pilón
Cacao	277/1999		Jiguaní
Hato abajo	637/2010	16/2003	
San Juan Viejo	295/2004		Bartolomé Masó
San Juan			Bartolomé Masó
Calambrosio	613/2010		Bartolomé Masó
La Sierrita	17/1998		Bartolomé Masó

Las concesiones antes descritas no cuentan con la licencia ambiental excepto Hato Abajo, esto se debe fundamentalmente a que las demás fueron abiertas antes de que se dictara la ley 81 de medio ambiente. Se trabaja en función de licencia para la

concesión ampliación La Manteca y Arcilla Bayamo II, en el caso de Arcilla Bayamo, Banco Madrona y Sectores Mota y Río Chiquito tienen caducado su permiso de explotación.

Debido a la depresión existente en la rama de canteras, en la década del 90 del pasado siglo, y problemas de carácter subjetivos que deben ser erradicados, son los yacimientos el área de resultado de mayor sensibilidad a las afectaciones, donde se detectaron, mediante técnicas de trabajo grupal una serie de problemas, tales como:

- Eliminación de la comisión de topografía de las áreas técnicas, donde se debe incluir, el topógrafo instrumentista y un ayudante.
- Falta de desarrollo minero en las canteras,
- Barrenación deficiente por parte del grupo *Explomat* (Empresa de explotación de materiales),
- Falta de equipamiento para barrenación secundaria, por no estar contemplado en el plan de barrenación,
- Deterioro del equipamiento de cantera,
- Falta de exigencia en el área,
- Falta de un plan de inversiones acertado para dar respuesta a la creciente demanda de materiales de construcción,
- Deficiente equipamiento de carga y transportación; y,
- Falta de silos de envejecimiento de arcilla.

1.2. Objetivos de trabajo del área de cantera en la empresa

Los principales objetivos de trabajo de la empresa en el área de cantera para este año son los siguientes:

- Producción de materiales de construcción, con calidad, satisfaciendo las necesidades de los clientes. Principalmente en los áridos finos,
- Lograr eficiencia, tanto productiva como energética,
- Incrementar la disciplina tecnológica y un ordenamiento óptimo en la explotación de los yacimientos,

- Ser exigentes con las especificaciones técnicas de cada yacimiento, así como el proceso de barrenación y voladura,
- Lograr una explotación adecuada de cada equipo que se utiliza en los frentes de explotación; y,
- Cumplir con lo legislado en las leyes de Minas y Medio Ambiente, para contribuir a obtener producciones más limpias.

1.3. Perspectivas de la industria de materiales de la construcción en el contexto del territorio

La situación en el territorio enmarcada específicamente en el municipio de Jiguaní, y motivado a que la continuidad de este trabajo está vinculada a la explotación del yacimiento de caliza “El Cacao” que se ubica en este municipio, donde no se cuenta con ninguna otra concesión minera, la cual fue aprobada por Resolución número 277 del MINBAS, tomo 01, folio 313 dado en los 29 días del mes de Noviembre de 1999 por un término de 25 años.

Las coordenadas nacionales de la zona de explotación ocupan un área de 60 ha en la cantera y son las siguientes, ver tabla 1.4:

Tabla 1.4. Coordenadas de la cantera

Vértice	Coordenadas xx° xx' xx''	
	Norte	Este
1	18 07 00	54 24 00
2	18 07 00	54 19 00
3	18 13 00	54 19 00
4	18 16 00	54 21 00
5	18 16 00	54 24 00
6	18 12 00	54 28 00
1	18 07 00	54 24 00

El procesamiento de áridos ocupa un área de 10.24 hectáreas y sus coordenadas son las siguientes, ver tabla 1.5.

Tabla 1.5. Coordenadas del procesamiento de áridos

Vértice	Coordenadas xx° xx' xx''	
	Norte	Este

1	18 04 00	54 18 24
2	18 04 43	54 16 62
3	18 05 02	54 16 54
4	18 05 22	54 17 24
5	18 05 97	54 16 90
6	18 05 57	54 16 00
7	18 08 00	54 16 00
8	18 08 00	54 19 00
9	18 04 00	54 19 00
1	18 04 00	54 18 24

El área de la escombrera cuenta con una extensión de 1.2 ha, ver coordenadas en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Coordenadas de la escombrera

Vértice	Coordenadas xx° xx' xx"	
	Norte	Este
1	18 08 40	54 29 00
2	18 08 40	54 28 50
3	18 09 60	54 28 50
4	18 09 60	54 30 00
5	18 09 00	54 30 00
6	18 09 00	54 29 00
1	18 08 40	54 29 00

El centro tiene una plantilla total de 162 trabajadores más 9 contratos, se cuenta con 161 plazas cubiertas y vacantes 1 ver tabla 1. 7.

Tabla 1.7. Plantilla total de la UB “El Cacao”

Descripción	Cantidad	Mujeres	Profesionales
Operarios	117	2	1
Servicio	14	-	-
Administrativos	4	2	-
Técnicos	19	7	5
Cuadros	7	-	-
Total	161	11	6

1.4. Características de la producción y del equipamiento minero en la cantera “El Cacao”.

La tabla 1.8 muestra las actuales características referidas a la producción y el equipamiento minero en la cantera objeto de estudio.

Tabla 1.8. Características de la producción y el equipamiento minero en la cantera

Equipos	Marca	Cantidad	Capacidad m ³	Consumo l/h	Puesta/ marcha	Estado técnico
Grúa excavadora	Hitachi UH-181	1	1.6	15	1978	Malo
Cargador S/ neumáticos	Volvo L180E	1	4.8	21	2005	Bueno
Buldozer	Shantui SD – 32	1	-	36	2013	Bueno
Camiones fuera de camino	BELAZ	4	16	15	2006	Bueno

La producción fundamental del centro es la de áridos para la construcción, además de bloques de hormigón, baldosa terrazo y losas hexagonales ver tabla 1.9.

Tabla 1.9. Producción fundamental de la EMC-Granma

No.	Producto	u/m	Fracción (mm) y característica	Precio (\$)
1	Rajón de Voladura	m ³	Hasta 1 m de arista.	11.98
2	Rajoncillo	m ³	- 175 + 19	16.76
3	Macadán	m ³	- 63 + 38	18.30
4	Hormigón	m ³	- 38 + 19	18.92
5	Gravilla	m ³	- 19 + 5	19.69
6	Granito	m ³	- 13 + 5	19.82
7	Polvo	m ³	- 5 + 0	20.29
8	Arena Artificial	m ³	- 5 + 0.15	20.41
9	Base Pétreo	m ³	- 19 + 0	19.28
10	Carbonato de Calcio	Ton	- 3 + 0	20.13
11	Bloques de Hormigón	MU	15 x 20 x 40	975.11
12	Baldosas Terrazo	m ²	40 x 40	17.72

La capacidad instalada en la planta procesadora es de 1 200 000 m³/ año pero actualmente se encuentra a un 25 % es decir 300 000 m³/ año. El régimen de trabajo de la cantera es de un turno de trabajo de 12 horas diarias.

Conclusiones

Este capítulo muestra de forma explícita las características organizativas de la EMC-Granma, y de la UB El Cacao.

CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS MINERO-GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO Y DE LA REGIÓN

2.1 Características geográficas y económicas de la región

El yacimiento se encuentra ubicado en el municipio de Jiguaní, provincia de Granma. La zona del yacimiento está comprendida en el mapa topográfico de escala 1:50,000 del I.C.G.C Hoja Baire 4976-IV.

Las coordenadas geográficas del centro del yacimiento son:

20° 16' 42" Latitud Norte

76° 26' 15" Longitud Oeste.

Las coordenadas en el sistema Lambert de los extremos del yacimiento son:

$X = 541,778 - 543,299.6$

$Y = 179,721.3 - 181,572.6$

La cantera se encuentra a 1.5 Km. al norte del poblado de Minas Harlem; siendo el centro administrativo más importante de la zona. Además se encuentra enlazada con el pueblo de Santa Rita mediante una carretera de segundo orden (asfaltada), la distancia que la separa del poblado mencionado anteriormente es de 8 Km. Desde la cantera hasta la ciudad de Bayamo hay 32 Km.

- Comunicación

El yacimiento se comunica con el poblado de Minas Harlem y Santa Rita mediante una carretera asfaltada y ésta se une con la carretera central que comunica con el municipio de Jiguaní y Bayamo siendo estos los centros administrativos más importantes de la zona.

- Economía de la región

La región es importante por sus reservas de manganeso metalúrgico, cuyos depósitos no se explotan. La población de la zona está constituida por agricultores pequeños, obreros de la cantera "El Cacao", y de empresas minoristas.

Minas Harlem además cuenta con un acueducto propio, dos plantas generadoras de corriente eléctrica, hospital, servicios de correo, banco y una red de unidades administradas por el MINCIN.

Las condiciones del transporte son favorables debido a que la cantera se encuentra próxima a la carretera que une el poblado Minas Harlem con Santa Rita y así con la carretera central.

La región posee grandes reservas de materiales de la construcción (calizas) las cuales son utilizadas en otras ramas de la industria.

- **Condiciones Climáticas**

Según observaciones de la temperatura, se obtuvieron valores medios de éstas que se pueden considerar históricos y que son aplicados en la zona. Este estudio arrojó una media anual de 24,6 °C con mínima de 21°C en el mes de Enero y máxima de 32 °C en el mes de Agosto.

Basados en datos obtenidos del Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencia, se delimitaron dos períodos de lluvia, comprendido entre Mayo - Junio - Septiembre y Noviembre, así como dos períodos relativamente secos comprendidos entre Diciembre - Abril - Julio y Agosto.

Las lluvias más frecuentes son de tipo aguaceros tropicales, y en pocas ocasiones duran tiempos prolongados.

- **Hidrografía**

Desde el punto de vista hidrográfico la presencia del río Cautillo es el de mayor caudal en la zona aunque existen otros arroyos intermediarios de menor importancia que son afluentes del mismo.

- **Relieve**

El yacimiento presenta un relieve muy accidentado con variaciones bruscas en la pendiente. Al suroeste de la cantera se encuentra una elevación de caliza de forma alargada con una longitud mayor que 1.5 Km. Las cotas absolutas de la zona alcanzan valores de 200 a 325 metros, en la superficie del área se localizan cañadas relativamente poco profundas con una dirección general Noroeste – Suroeste (NW-SW). El yacimiento drenado por varias cañadas, las cuales son de pequeñas profundidades tendiendo a aumentar en algunas zonas.

2.2. Características geológicas del yacimiento

En el yacimiento de calizas El Cacao, donde se ubica la cantera de igual nombre, aparecen formaciones vulcanógenas de edad Paleoceno-Eoceno Medio,

representadas por el grupo El Cobre, sobre las cuales yacen calizas de la formación Charco Redondo, del Eoceno Medio

El Cacao se clasifica como un yacimiento de montaña, en rasgos generales (según V.V. Shenguelia) el esquema estratigráfico de la región se presenta de la manera siguiente (ver figura II.1).

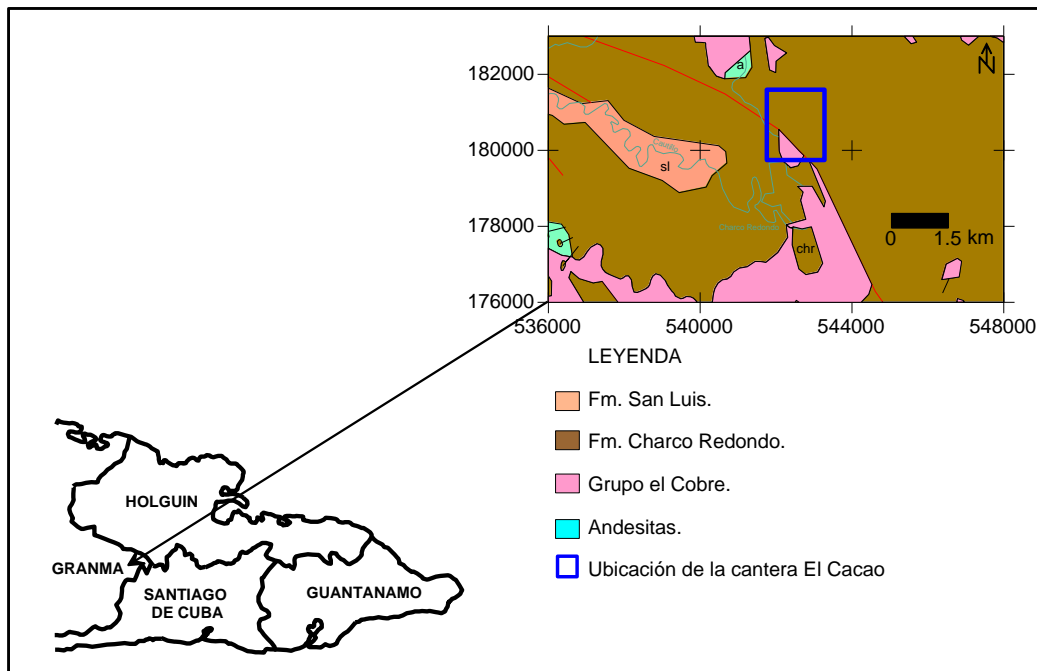


Figura 2.1: Ubicación geográfica y geológica del área.

Las calizas que componen el yacimiento presentan una variabilidad zonificada, hacia el centro son masivas y compactas de color blanco crema, llegando incluso a tener tonos rosados; también aparecen arcillas de poca potencia (2,5 m) rellenando oquedades o cubriendo las calizas en la superficie de algunas zonas. Sin embargo en la parte sur se observan calizas con características diferentes a las señaladas anteriormente debido a que pertenecen a los depósitos terrígeno-carbonatados del Eoceno Superior conocidos bajo el nombre de Formación San Luis. Estos depósitos están representados principalmente, por areniscas calcáreas estratificadas, margas y calizas de color gris y amarillo claro, en ocasiones se observan intercalaciones y lentes de conglomerados y aleurolitas; apareciendo también en otras áreas de la región enmarcada.

En los frentes de canteras existen sectores de agrietamiento de las rocas donde las aguas de infiltración han motivado una disolución parcial de los carbonatos, lo cual se manifiesta en forma de sistemas grietas con dos direcciones predominantes noroeste-suroeste, con un ángulo de inclinación de 10° , en ocasiones estas grietas se encuentran rellenas por un material arcilloso blando de color rojo intenso susceptible a ser lavado en el proceso de perforación, delimitando las zonas laterales del yacimiento. Se revelan sectores de rocas, donde se manifiesta porosidad y la presencia de cavidades vacías donde el instrumento de perforación cae libremente. Destacando que el cuerpo que se forma en la zona central del yacimiento (Bloque de categoría B) es donde se concentran las labores mineras debido a que es muy homogéneo y puro, presentando una dureza que oscila entre 5-6.

El yacimiento se presenta en superficie y profundidad, como un macizo muy homogéneo, con una potencia variable de 10,95 a 109,85 m, encontrándose las mayores potencias en el centro del mismo y las menores hacia los laterales, con buzamiento de $10-12^\circ$ en dirección suroeste y condiciones hidrogeológicas favorables. El nivel de las aguas subterráneas se encuentra por debajo del límite inferior de las reservas calculadas ($35\ 479.726\text{ m}^3$).

Fuera de los límites del área del yacimiento se localizan fallas, las cuales se hallan en la parte NW y SW, presentando una gran longitud, señalando que la ondulación del terreno observado en el área, está causado por un lento movimiento tectónico así como los fenómenos de meteorización y erosión. También es posible encontrar en el macizo las calizas yaciendo horizontalmente o con buzamientos pequeños.

Los cortes geológicos confeccionados sugieren que el yacimiento en la superficie está compuesto por potencia no uniforme de capa vegetal y en algunos casos por arcillas. Inmediatamente debajo de las rocas señaladas y en otras partes aflorando aparecen calizas que componen la materia prima del área investigada, afectada en profundidad por procesos cársticos observándose desde microcosmos hasta cavernas que en partes poseen hasta más de 2 metros de altura, así como altas o dolinas producto de los procesos cársticos que tienen lugar en la superficie, además aparecen rellenas de arcillas y en otros casos vacías, también se encuentran calizas

muy fracturadas, así como pequeñas intercalaciones (esporádicamente aisladas) de margas.

A continuación se describen las principales rocas que aparecen en la zona.

Depósitos vulcanógenos del Paleoceno – Eoceno Medio (formación El Cobre), los localizan al Noroeste y Suroeste del yacimiento de calizas “El Cacao” representadas por tobas psamíticas, brechas tobáceas calcáreas y lavas, así como lavas de porfiritas andesíticas. Durante las realizaciones de estas excavaciones fueron detectadas tobas y tufitas muy alteradas, las cuales forman partes de las rocas que infrayacen a la materia prima del yacimiento.

Depósitos del Eoceno medio (Formación Charco redondo). Las calizas investigadas corresponden a esta formación.

El yacimiento está compuesto por calizas organógenas detríticas pelitomórficas, con diferente grado de recristalización, y en algunos casos con catáclasis, en muy pocas ocasiones se observan intercalaciones de margas de color verde claro.

En algunas calizas se observan dendritas de Manganeso manchas de óxidos de hierro, grietas rellenas de calcita, geodas e impregnaciones de pirita. El yacimiento está compuesto por calizas organógenas detríticas pelitomórficas, con diferente grado de recristalización, y en algunos casos con catáclasis, en muy pocas ocasiones se observan intercalaciones de margas de color verde claro, además presentan cavernas de arcilla, aunque a veces están vacías.

El macizo que forma el área investigada se caracteriza por poseer grietas en varias direcciones, las cuales están rellenas en algunas ocasiones por arcillas y calcita recristalizada. En la parte sur del yacimiento “El Cacao” se observan calizas con características muy diferentes a las señaladas anteriormente (encontramos afloramientos de areniscas calcáreas estratificadas), las mismas pertenecen a la secuencia inferior del Eoceno Medio.

Esta secuencia está compuesta por interestratificación de calizas blancas y grises con tobas cineríticas y psamíticas, además se presentan margas, depósitos terrígeno-carbonatado del Eoceno Superior (Formación San Luis). Están representados por sedimentos no descompuestos, calizas arcillosas y margas.

- Tectónica

Según estudio de la geología general realizado en la provincia de Oriente, la región investigada se puede incluir en la zona de transición del anticlinorium de la Sierra Maestra y el sinclinorium. Este cubano compuesto por formaciones del cretácico Superior y Paleógeno-Eoceno Medio, principalmente vulcanógena hacia la depresión del Cauto, cubierta mayormente por deposiciones carbonatadas del Eoceno Mioceno.

Fuera de los límites del área investigada se localizan fallas, las cuales se hallan en la parte NE y Sureste, presentando una gran longitud. En los frentes de canteras se observan grietas con una dirección predominante NO-SE, y con un ángulo de inclinación de 10° , las mismas, aparecen rellenas por un material arcilloso de color rojo intenso.

Podemos señalar que la ondulación del terreno observado en el área, está causado por un lento movimiento tectónico y los fenómenos de meteorización y erosión.

2.3. Calidad de la roca útil y su uso industrial

Después de haberse evaluado la materia prima que compone el yacimiento se puede resumir que la caliza es masiva, dura, poco absorbente y muy resistente.

Químicamente la caliza es pura presentando los siguientes promedios para todo el yacimiento, ver tabla 2.1 y las propiedades físico – mecánicas de las rocas se recogen en la tabla 2.2.

Tabla 2.1. Calidad de la roca útil

CO_3Ca	98.28%
CO_3Mg	0.60%
SiO_2	0.27%
Al_2O_3	0.10%
Fe_2O_3	0.07%
P_2O_5	0.02% (impureza)

TiO ₂	0.007%
SO ₃	Trazas (impureza)
P. P.I	43.48%
Na ₂ O+K ₂ O	0.021%

Tabla 2.2. Propiedades físico – mecánicas

Peso específico corriente	2.62 g/cm ³
Peso específico saturado	2.66 g/cm ³
Peso específico aparente	2.71 g/cm ³
Peso volumétrico	2.64 kg/m ³
Resistencia a la compresión seca	643 kg/cm ²
Resistencia a la compresión saturado	529 kg/cm ²
Coeficiente de trituración	400 kg/cm ²
Absorción	0.56%
Porosidad	2.67%
Coeficiente de esponjamiento	1.5%

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

- Producción de áridos finos y gruesos.
- Elaboración de hormigones de alta resistencia, morteros y mamposterías.
- Producción de cal y carbonato de calcio.
- Fines ferroviarios (balastros y traviesas).
- Para la industria azucarera, metalurgia y químicas.
- Alcalización de las aguas, entre otras.

2.4. Principales exigencias de las condiciones minero – técnicas

Las principales exigencias de las condiciones minero – técnicas se relacionan a continuación:

- Potencia mínima del horizonte útil 15 m.
- Potencia máxima de las rocas de destape 5 m.
- Relación de la potencia de rocas de destape con respecto a la potencia mínima del horizonte útil no menor 1:10 m.

- Espesor de intercalaciones de estériles 1.5 m por escalón de 15 m.
- La categoría de la roca es de V según Protodiakonov (fortaleza media); $F=4$.
- Ángulo de buzamiento de las rocas 10 - 12° aunque en algunas áreas es horizontal.

2.5. Recalculo de los recursos industriales

La actualización de las reservas del yacimiento se obtiene por la actualización topográfica realizada periódicamente en el yacimiento para entregar en el balance minero a la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) siempre dentro del límite de la concesión minera. Para obtener los datos se empleó el método de perfiles paralelos lo que arrojó los siguientes datos según informe de balance del mes de enero del 2013, ver tabla 2.3.

Tabla 2.3. Volúmenes de roca estéril y mineral útil a extraer en la cantera

Categoría de reservas	u/m	Cantidad
Reservas probadas (B)	m ³	5 986 837
Reservas probables (C ₁)	m ³	43 806 352
Reservas Totales	m ³	49 793 189

Conclusiones

Mediante este capítulo podemos conocer las características y ubicación exacta de la cantera de materiales de la construcción “El Cacao”

CAPÍTULO III. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO EL CACAO

3.1. Organización general de las labores de la unidad minera

Para el diseño de una mina se tienen en cuenta múltiples facetas y procesos, entre ellos se pueden citar la elección del método de explotación el cual constituye uno de los procesos mineros más importantes, así como el cálculo de los índices técnico-económicos.

En el yacimiento objeto de estudio laboran dos turnos por días de 8 horas cada uno, el primero comprendido en los días de lunes-domingo de 7:00 am – 4:00 pm, el segundo turno trabaja de lunes-jueves de 4:00 am – 12:00 pm, estos turnos son rotativos y en cada uno se trabaja simultáneamente en el desarrollo minero y la extracción del material útil.

La cantidad de días de trabajo al año se determina por la siguiente ecuación:

$$DTA = TDA - d - df - da - di \quad (1)$$

$$DTA = 365 - 52 - 26 - 9 - 20 - 18 = 245 \text{ días}$$

Dónde:

$DTA \rightarrow$ Días de trabajo al año.

$TDA \rightarrow$ Total de días del año 365.

$d \rightarrow$ Domingos 52 y 26 sábados no laborables.

$df \rightarrow$ Días feriados 9.

$da \rightarrow$ Días de afectación por lluvia 15.

$di \rightarrow$ Otros imprevistos, considerando la posibilidad de la ruptura o mantenimiento general de algunos equipos 18 Días.

Tomado de: Departamento de Recursos Humanos UB “El Cacao”

- Productividad anual de la cantera

$$P_c = \frac{Q_p * \gamma_1}{\eta * \gamma_2 k_1 k_2 k_3} ; m^3 / \text{año} \quad (2)$$

$$P_c = \frac{350000 * 1.44}{0.8 * 2.64 * 0.98 * 0.9975 * 0.9975} = 24472861 m^3 / \text{año}$$

$P_c \rightarrow$ Productividad anual de la cantera en el macizo; $m^3/año$.

$Q_p \rightarrow$ Capacidad anual de la planta por el producto; $350\,000\,m^3/año$.

$\gamma_1 \rightarrow$ Masa volumétrica del producto terminado; $1.44\,t/m^3$.

$\eta \rightarrow$ Salida del producto final de masa rocosa; 0.8.

$\gamma_2 \rightarrow$ Masa volumétrica de la caliza en el macizo; $2.64\,t/m^3$.

$K_1 \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta la presencia de rocas estériles en las calizas; 0.98.

$K_2 \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima durante la transportación; 0.9975.

$K_3 \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima durante los trabajos de perforación y voladura; 0.9975.

Basándose en la fórmula anterior la productividad anual de la cantera será la siguiente, ver tabla 3.1.

Tabla 3.1. Productividad de la cantera

Indicadores	U/M	Productividad en el macizo
Productividad anual	m^3	244728.61
Productividad trimestre	m^3	61128.15
Productividad Mensual	m^3	20394.05
Productividad x diaria	m^3	849.75
Productividad x hora	m^3	53.11

La tabla 3.2, que se muestra a continuación está referida al volumen de material que deberá ser extraído del macizo para los cinco años que abarca el proyecto.

Tabla 3.2. Productividad para cada año de explotación de la cantera “El Cacao”.

Año del plan calendario	Productividad por año en el macizo (m^3)
Primer año	244728.61
Segundo año	244728.61
Tercer año	244728.61
Cuarto año	244728.61
Quinto año	244728.61

- Cálculo de la vida útil de la cantera

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

$$T_{vu} = \frac{P}{P_c}; \text{Años}$$

$$T_{vu} = \frac{33195459,3}{244728.61} = 135 \text{Años} \quad (3)$$

Donde:

P- Reservas de material en la zona de explotación según informe de balance enero 2013; 49 793 189 m³; 33 195 459,3 in situ.

Pc- Productividad anual de la cantera, 244728.61m³.

3.2.-Trabajos de perforación y voladura

Para los trabajos de perforación en la UB “El Cacao” se utilizan una carretilla barrenadora y un compresor ver tabla 3.3.

Tabla 3.3. Características de los equipos de perforación

Tipo de equipo	Marca y Modelo	Capacidad	Cantidad
Compresor	Altas Copco XAHS 365	12 m ³	1
Carretilla barrenadora	Altas Copco 460 PC	15 m/h	1

Nota: Estos servicios son contratados a la empresa Explomat Oriente.

- Cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora

Para este cálculo se tendrán en cuenta los siguientes factores:

Propiedades físico mecánicas de las rocas.

- Características técnicas de la carretilla.
- Diámetro de la corona de perforación.
- Régimen de perforación.

$$Pcb = \frac{Dt - (Tpc + Tpr)}{Tf + To}; m/turno$$

$$Pcb = \frac{480 - (30 + 25)}{4 + 1} = 85 m/turno$$
(4)

$Pcb \rightarrow$ Productividad de la carretilla barrenadora.

$Dt \rightarrow$ Duración del turno de trabajo; 480 min/turno.

$Tpc \rightarrow$ Tiempo de operaciones preparatorias conclusivas; 30 min/turno.

$Tpr \rightarrow$ Tiempo de paradas reglamentarias en el turno; 25 min/turno.

$Tf \rightarrow$ Tiempo fundamental para la perforación de un taladro; $Tf = 4 \text{ min}/m$.

$To \rightarrow$ Tiempo de las operaciones auxiliares en la perforación de un metro de barreno; 1.02 – 1.15 min/m.

- Cálculo de la dimensión máxima de los pedazos de la roca.

Este cálculo se establece por la dimensión máxima en la cuchara del equipo de carga y por la menor dimensión de la abertura del molino primario.

Por la capacidad geométrica del cargador.

$$Lmáx = 0.5\sqrt[3]{Ec \text{ arg.}}$$
(5)

$$Lmáx = 0.5\sqrt[3]{4.4}.$$

$$Lmáx = 0.82m.$$

Dónde:

$Ec \text{ arg} \rightarrow$ Capacidad de carga de la cuchara del cargador (m^3).

Por la menor dimensión de la apertura del molino primario.

$$Lmáx = (0.80 - 0.85) * A.$$
(6)

$$Lmáx = 0.80 * 1.2.$$

$$Lmáx = 0.96m.$$

Tomamos el valor mínimo que es igual a 820 mm de tamaño máximo de pedazos de rocas.

- Cálculo del consumo específico de la sustancia explosiva (SE)

El gasto específico de la sustancia explosiva (SE) “q” se determina por los resultados de la producción o voladura experimentales, en este caso de tenerse estos datos se

determina en base a datos empíricos teniendo en cuenta los coeficientes de conversión de las diferentes SE, ver tabla 3.4 y las características de la sustancia explosiva se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.4. Gasto específico de SE por m³ en el macizo.

Denominación de la SE	q (Kg./m ³)
ANFO	0.53
Senatel	0.48

Tabla 3.5. Características de las sustancias explosivas utilizadas en el yacimiento “El Cacao”.

Características de la sustancia explosiva	Senatel	Anfo
Densidad de carga, (g/cm ³)	1.15	0.82
Velocidad detonación, (m/s)	6200	3100-4100
Potencia relativa en peso	86	79
Potencia relativa en volumen	122	-
Trabajo idea (energía) (Kcal./Kg.)	740	912
Calor explosivo	-	-
Volumen de los gases (m ³ /Kg.)	0.783	-
Resistencia al agua	Excelente	Pobre
Balance de oxígeno	0	-
Coeficiente de conversión	1.15	1.12
Diámetro del cartucho, Mm.	100	Suelta
Peso de la caja/bolsa, Kg.	25	25
Peso del cartucho, g	4167	-
Longitud del cartucho, Mm.	460	-
Diámetro cartucho, Mm.	100	-
Cantidad de cartucho por caja, unidades	6	-

- **Cálculo de la línea de menor resistencia.**

$$Wp = 53 * Ka * dt \sqrt{\frac{\Delta^* e}{\gamma_v}}. \quad (7)$$

$$Wp = 53 * 1.1 * 0.115 \sqrt{\frac{1.076 * 0.9}{2.64}} = 4.09m$$

$Ka \rightarrow$ Coeficiente de agrietamiento (1.0 -1.2).

$dt \rightarrow$ Diámetro del taladro (m).

$\Delta \rightarrow$ Densidad de la sustancia explosiva (como utilizaremos dos SE con diferentes densidades entonces tomamos el 90% de Anfo y el 10% de Senatel ya que para la carga de un barreno se utiliza así y esta es de (1.076g/cm^3))

$e \rightarrow$ Capacidad de trabajo 0.9.

$\gamma_v \rightarrow$ Masa volumétrica de las rocas $2.64 \text{ (g/cm}^3\text{)}$.

- **Determinación de la longitud de sobre perforación.**

$$l_s = (0.1 - 0.2) * W_p. \quad (8)$$

$$l_s = 0.82m$$

- **Determinación de la longitud de los taladros.**

$$l_t = H + l_s. \quad (9)$$

$$l_t = 18.82m$$

$H \rightarrow$ Altura del banco (18m).

- **Longitud de relleno.**

$$l_r \geq 20 * d_t. \quad (10)$$

$$l_r \geq 20 * 0.115 = 2.3m$$

- **Distancia entre taladros.**

$$a = m * W_p. \quad (11)$$

$$a = 0.98 * 4.09$$

$$a = 4.0m$$

Donde m- coeficiente de aproximación de las cargas (0.9-1.1)

- **Distancia entre filas.**

$$b = 0.85 * W_p \quad (12)$$

$$b = 0.85 * 4.09 = 3.5m$$

- **Determinación de la carga para cada taladro.**

$$Q_t = q * V_m. \quad (13)$$

$$Q_t = 0.55 * V_m = 174.9kg$$

Los cuales se dividen en:

Anfo = 157.41 kg

Senatel = 17.49 por ser una carga de fondo.

$q \rightarrow$ Gasto específico de la sustancia explosiva.

- **Volumen del material obtenido con la explosión de un taladro.**

$$m = Wp * a * \frac{H + ls}{\text{sen} \alpha} \rightarrow \text{para taladros inclinados.} \quad (14)$$

$$Vm = 4.09 * 4.09 * \frac{18 + 0.82}{\text{sen} 85^\circ} = 318 \text{ m}^3$$

$\alpha \rightarrow$ Ángulo del paramento del escalón (85° a 90°)

- **Determinación de la carga por metro lineal de taladro.**

$$P = 0.785 * dt^2 * \Delta \quad (15)$$

$$P = 0.785 * 0.115^2 * 1.076 = 11.17$$

- **Determinación de la longitud de carga.**

$$lc = \frac{Qt}{P} \quad (16)$$

$$lc = \frac{174.9}{11.17} = 15.6 \text{ m}$$

- **Salida del material de un metro lineal de barreno.**

$$Sm = \frac{Wp * a * H}{lt} \quad (17)$$

$$Sm = \frac{4.09 * 4 * 18}{18.82} = 15.65 \text{ m}^3/\text{m}$$

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos por la metodología anteriormente usada en los cálculos del pasaporte de perforación y voladura.

Tabla 3.6 Parámetros de cálculo de la voladura

Simbología	Denominación del parámetro	Valor.
------------	----------------------------	--------

Wp	Línea de menor resistencia(m)	4.09
dt	Diámetro del taladro(m)	0.115
Ka	Coeficiente de agrietamiento	1.1
Δ	Densidad de la sustancia explosiva(g/cm ³)	1.076
e	Capacidad de trabajo	0.9
γ_v	Masa volumétrica de las rocas(g/cm ³)	2.64
H	Altura del banco(m)	18
lt	Longitud del taladro(m)	18.82
ls	Longitud de sobre perforación(m)	0.82
lr	Longitud de relleno(m)	2.3
a	Distancia entre taladros(m)	4
b	Distancia entre filas(m)	3.5
m	Coeficiente de aproximación de los taladros.	0.98
Qt	Carga por cada taladro(kg)	174.9
q	Gasto específico de la sustancia explosiva	0.55
Vm	Volumen del material obtenido en la explosión de un taladro(m ³)	318
P	Determinación de la carga por metro lineal(Kg)	11.17
lc	Determinación de la longitud de carga(m)	15.6
Sm	Salida del material por un metro lineal de taladro(m ³ /m)	15.65

En la tabla 3.7 tabla se resumen los parámetros de cálculo en las voladuras para los diferentes frentes de trabajo, teniendo en cuenta que la cantera cuenta con cinco frentes de trabajo de los cuales existen dos con la misma altura .

Tabla 3.7 Parámetros de cálculos para diferentes bancos.

H (m)	Wp (m)	Ls (m)	Lt (m)	Lr (m)	Lc (m)	a (m)	b (m)
18	4.09	0.82	18.82	2.3	15.6	4	3.5

14	4.09	0.61	14.61	2.3	11.88	4	3.5
12	4.09	0.53	12.53	2.3	9.68	3.8	3.5
15	4.09	0.63	15.63	2.3	11.69	3.68	3.47

Continuación

H (m)	q (kg/ m³)	P (kg)	Qt (kg)	Vm (m³)	Sm (m³/m)	S.E Senatel (kg)	S.E Anfo (kg)
18	0.55	11.17	130.6	318	15.65	17.49 % → 10	157.41 % → 90
14	0.55	11.17	132.78	241.43	15.6	13.28 % → 10	119.5 % → 90
12	0.55	11.17	108.18	196.7	14.88	10.78 % → 10	82.897.4 % → 90
15	0.55	11.17	130.6	237.6	14.4	13.06 % → 10	117.54 % → 90

Carga de fondo.....10% de Senatel.

Carga de columna.....90% de ANFO.

Medio Iniciador.....1 u de detonador NONEL de 16.8 m

Después de cargados los barrenos, los detonadores eléctricos se conectan a una línea de cordón detonante en dependencia de las líneas de cordón que se hagan.

Las voladuras se realizan por el método eléctrico con el uso del Alambre Dúplex conectado a los Detonadores Eléctricos y este a la máquina explosora que es activada a los 5 min de haber realizado el aviso de la explosión por el artillero.

La secuencia de salida de la voladura está dada por la ubicación de los detonadores NONEL distribuidos en 5 series con un retardo de 25 milisegundos en dependencia del número de la serie así será la secuencia de salida.

- **Fragmentación secundaria**

Para la fragmentación secundaria se utiliza el martillo rompedor contratado a la empresa Explomat Oriente. La práctica ha demostrado que con la entrada trimestral y en 15 días de trabajo se satisface la eliminación de la mayoría de las rocas sobre medidas originadas de las voladuras primarias en ese periodo.

3.3. Trabajos de excavación, carga y acarreo

El equipamiento previsto para realizar los trabajos de extracción y carga de los camiones volteo es un cargador frontal Volvo L180E, por lo que se calcula la productividad que éste puede alcanzar en los 5 años que abarca el presente Proyecto de Actualización comprendido en el periodo 2013-2018. Se cuenta también con una excavadora Hitachi UH-181 que se utilizará en caso de rotura del cargador o cuando se esté trabajando en dos frente a la vez.

- Productividad del cargador frontal volvo L180E

$$Q_c = \frac{3600 * E_{carg} * T_t * K_{ll} * K_u}{T_c * K_e} \text{ (m}^3\text{/turno)} \quad (18)$$

$$Q_c = \frac{3600 * 4.8 * 8 * 0.9 * 0.81}{50 * 1.5} = 1343.7 \text{ m}^3\text{/turno}$$

Donde:

E_{carg} → Capacidad de la cuchara del cargador

T_t → Tiempo del turno de trabajo

K_{ll} → Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador

K_u → Coeficiente de utilización del cargador

T_c → Tiempo de ciclo

K_e → Coeficiente de esponjamiento

- Tiempo de ciclo del cargador frontal

$$T_c = t_{ll} + t_{mc} + t_d + t_{mv} \quad (19)$$

$$T_c = 16 + 13 + 10 + 11 = 50 \text{ seg}$$

Dónde:

t_{ll} → Tiempo para llenar la cuchara del cargador.

t_{mc} → Tiempo de movimiento cargado.

t_d → Tiempo de descarga de la cuchara.

t_{mv} → Tiempo de movimiento vacío.

- Cantidad de cargadores necesario para la carga del transporte

-

$$C_c = \frac{K_{irr} * P}{Q_c * N_t * N_d} \quad (20)$$

$$C_c = \frac{1.15 * 244728.61}{1.231,7184 * 2 * 245} = 0.47 \approx 1$$

Donde:

$K_{irr} \rightarrow$ Coeficiente de irregularidad de los trabajos del cargador.

$P \rightarrow$ Productividad anual de la cantera.

$N_t \rightarrow$ Número de turnos de trabajo del cargador.

$N_d \rightarrow$ Número de días de trabajo.

- Cantidad de cucharones necesarios para la carga del transporte

$$N_c = \frac{E_{cam} * K_e}{E_{carg} * K_{ll}} \quad (21)$$

$$N_c = \frac{16}{4.8 * 0.9} = 3.7 \approx 4$$

$E_{cam} \rightarrow$ Capacidad de carga del camión (m³).

- Número de cargadores de reserva

$$N_r = C_c = 1. \quad (22)$$

- Número de cargadores en inventario

$$N_{inv} = N_r + C_c = 2. \quad (23)$$

En la tabla 3.8 se muestran los resultados de los cálculos mencionados anteriormente para el cargador frontal Volvo L180E.

Tabla 3.8.Resultados obtenidos mediante la metodología de cálculo para el cargador frontal Volvo L180E

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
Q_c	Productividad del cargador frontal(m ³ /turno)	1343.7
E_{carg}	Capacidad de la cuchara del cargador(m ³)	4.8
T_t	Tiempo del turno de trabajo(horas)	8
K_{ll}	Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador	0.9
K_u	Coeficiente de utilización del cargador	0.81

Ke	Coeficiente de esponjamiento	1.5
Tc	Tiempo de ciclo(seg)	50
tll	Tiempo para llenar la cuchara del cargador(seg)	16
tmc	Tiempo de movimiento cargado(seg)	13
td	Tiempo de descarga de la cuchara(seg)	10
tmv	Tiempo movimiento vacío(seg)	11
Cc	Cantidad de cargadores necesarios	1
$Kirr$	Coeficiente de irregularidad de los trabajos del cargador	1.15
P	Productividad anual de la cantera insitu (m ³ /año)	24472861
Nt	Número de turnos de trabajo del cargador	2
Nd	Número de días de trabajo	245
Nc	Cantidad de cucharones necesarios	6
$Ecam$	Capacidad de carga del camión(m ³)	16
Nr	Número de cargadores de reserva.	1
$Ninv$	Número de cargadores en inventario	2

Mediante esta tabla se puede observar que un solo cargador satisface la necesidad de carga de todo el material que debe ser depositado en el molino triturador.

Cálculo de la productividad de excavadora Hitachi UH-181

- Cálculo de la productividad teórica

$$Q_t = \frac{3600 * E_{ex}}{tc} \quad (24)$$

$$Q_t = \frac{3600 * 2.6}{30} = 312.$$

Donde:

$E_{ex} \rightarrow$ Capacidad de la cuchara de la excavadora (m³).

$tc \rightarrow$ Duración del ciclo de carga.

- Productividad técnica

$$Q_{tec} = \frac{3600 * E_{ex} * K_{ll}}{tc * K_e} \quad (25)$$

$$Q_{tec} = \frac{3600 * 2.6 * 0.8}{30 * 1.5} = 166.4$$

Donde:

$Kll \rightarrow$ Coeficiente de llenado.

$Ke \rightarrow$ Coeficiente de esponjamiento.

- **Productividad de explotación**

$$Q_{exp} = Q_{tec} * Ku. \quad (26)$$

$$Q_{exp} = 166.4 * 0.81 = 134.784$$

$Ku \rightarrow$ Coeficiente de utilización (0.81).

- **La productividad por turno**

$$Q_{tu} = Q_{exp} * Tt. \quad (27)$$

$$Q_{tu} = 134.784 * 8 = 1078.272(\text{m}^3/\text{t})$$

- **Productividad anual**

$$Qa = Q_{tu} * Nta. \quad (28)$$

$$Qa = 1078.272 * 490 = 528353.28(\text{m}^3/\text{a})$$

Donde:

$Nta \rightarrow$ Número de turnos de trabajo al año.

- **Cálculo de la cantidad de excavadoras**

La cantidad de excavadoras se establece teniendo en cuenta que la materia prima que se explota es caliza.

$$N_{exc} = \frac{Pc}{Qa}. \quad (29)$$

$$N_{exc} = \frac{244728.61}{528353.28} = 0.46 \approx 1$$

Donde:

$Pc \rightarrow$ Productividad anual de la cantera (m^3)

$Qa \rightarrow$ Productividad anual de la excavadora (m^3)

- **Número de excavadoras de reserva**

$$Nr = N_{exc}. \quad (30)$$

$$Nr = 1$$

- **Número de excavadoras en inventario**

$$N_{inv} = N_r + N_{exc}. \quad (31)$$

$$N_{inv} = 2$$

- **Cantidad de cucharas necesarias para la carga del camión**

$$N_c = \frac{E_{cam} *}{E_{ex} * K_{ll}}. \quad (32)$$

$$N_c = \frac{16}{2.6 * 0.8} = 7.69 \approx 8$$

$E_{cam} \rightarrow$ Capacidad de carga del camión (m^3).

En la tabla 3.9 se muestran los resultados de los cálculos realizados para obtener la productividad de la excavadora Hitachi UH-181.

Tabla 3.9. Resultados obtenidos mediante la metodología de cálculo para la excavadora Hitachi UH-181

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
Q_t	Productividad teórica (m^3/h)	312
Q_{tec}	Productividad técnica (m^3/h)	166.4
Q_{exp}	Productividad de explotación (m^3/h)	134.784
Q_{tu}	Productividad por turno (m^3/t)	1078.272
Q_a	Productividad anual (m^3/a)	52835328
E_{ex}	Capacidad de la cuchara de la excavadora (m^3).	2.6
T_c	Tiempo de ciclo(seg)	30
K_{ll}	Coeficiente de llenado de la cuchara	0.8
K_e	Coeficiente de esponjamiento	1.5
K_u	Coeficiente de utilización de la excavadora	0.81
T_t	Duración del turno (h)	8
N_{ta}	Número de turnos al año de trabajo	490
N_{exc}	cantidad de excavadoras	1
P_c	Productividad anual de la cantera insitu ($m^3/año$)	244728.61
N_r	Número de excavadoras de reserva	1
N_{inv}	Número de excavadoras en inventario	2
N_c	Cantidad de cucharones necesarios para la carga	8

<i>Ecam</i>	Capacidad de carga del camión(m ³)	16
-------------	--	----

Como se muestra en la tabla anterior con una sola excavadora se puede realizar la carga de todo el material que debe ser depositado en el molino triturador.

Transporte de la Cantera

- Transporte automotor

El transporte de todo el material se prevé realizarlo mediante los camiones de volteo Belaz 7540-B de 24 t desde los frentes de trabajo hasta el molino. Por medidas de seguridad los camiones se desplazarán a una velocidad de 12 km/h cargados y 15 km/h vacío, pues los caminos se encuentran en mal estado, estos equipos serán cargados por el cargador frontal Volvo ó la excavadora Hitachi y en ocasiones los dos equipos de carga estarán trabajando a la vez cuando se estén explotando varios frentes.

- Cálculo de la necesidad de camiones de volteo cargados por el cargador frontal volvo

- Cálculo del tiempo de recorrido total del camión

$$Trt = trc + trv + tc + td + tmc + tmd + ter. \quad (33)$$

$$Trt = 8 + 6.5 + 3 + 0.5 + 0.5 + 0.58 + 1.2 = 20.28.$$

Donde:

$Trt \rightarrow$ Tiempo de recorrido total del camión.

$trc \rightarrow$ Tiempo de recorrido cargado.

$trv \rightarrow$ Tiempo de recorrido vacío.

$tc \rightarrow$ Tiempo de carga.

$td \rightarrow$ Tiempo de descarga.

$tmc \rightarrow$ Tiempo de maniobra durante la carga.

$tmd \rightarrow$ Tiempo de maniobra durante la descarga.

$ter \rightarrow$ Tiempo de espera y retención.

- Tiempo de recorrido cargado

$$trc = 60 * \frac{dprc}{Vprc}. \quad (34)$$

$$trc = 60 * \frac{1.6}{12} = 8 \text{ min}$$

Donde:

$dprc \rightarrow$ Distancia promedio de recorrido cargado.

$Vprc \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido cargado.

- **Tiempo de recorrido vacío**

$$trv = 60 * \frac{dprv}{Vprv}. \quad (35)$$

$$trv = 60 * \frac{1.6}{14.7} = 6.5 \text{ min}$$

Donde:

$dprv \rightarrow$ Distancia promedio de recorrido vacío.

$Vprv \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido vacío.

- **Tiempo de carga de un camión**

$$Tcm = \frac{Nc}{Nciclo}. \quad (36)$$

$$Tcm = \frac{4}{1.2} = 3 \text{ min}$$

$$Nciclo = \frac{60}{Tc}. \quad (37)$$

$$Nciclo = \frac{60}{50} \cdot 1.2$$

Donde:

$Nc \rightarrow$ Cantidad de cucharas cargadas en un camión.

$Nciclo \rightarrow$ Cantidad de ciclos de excavación en un minuto.

$Tc \rightarrow$ Tiempo de ciclo del cargador.

- **Cálculo de la cantidad de viajes de un camión por turno**

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_{des})}{T_{rt}} \quad (38)$$

$$N_v = \frac{480 - (25 + 90)}{20.28} = 18.25 \approx 19 \text{ viajes}$$

Donde:

$T_t \rightarrow$ Duración del turno de trabajo.

$T_{op} \rightarrow$ Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales.

$T_{des} \rightarrow$ Tiempo de descanso en el turno de trabajo.

En el tiempo de descanso en el turno se incluyen los 60 minutos del almuerzo, 15 minutos en la merienda y 15 minutos más para habilitar los equipos.

- **Productividad del camión**

$$Q_t = V \frac{T_t}{T_v} \quad (39)$$

$$Q_t = 15.84 \frac{480}{20.28} = 374.91$$

- **Cálculo de la cantidad de camiones trabajando en el turno**

$$N_{trab} = \frac{P_{tc}}{Q_t * K_{uc}} * K_{irr} \quad (40)$$

$$N_{trab} = \frac{424.875}{374.91 * 0.81} * 0.9 = 2 \text{ camiones}$$

Donde:

$P_{tc} \rightarrow$ Productividad de la cantera por turno.

$Q_t \rightarrow$ Productividad del camión por turno

$K_{uc} \rightarrow$ Coeficiente de utilización de los camiones en el turno.

$K_{irr} \rightarrow$ Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo.

En la tabla 3.10 se muestran los resultados arrojados por la metodología de cálculo para el transporte automotor.

Tabla 3.10. Valores obtenidos por parámetros para el cargador Volvo

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
T_{rt}	Tiempo de recorrido total del camión (min)	20.28

<i>trc</i>	Tiempo de recorrido cargado (min)	8
<i>trv</i>	Tiempo de recorrido vacío (min)	6.5
<i>tc</i>	Tiempo de carga (min)	3
<i>td</i>	Tiempo de descarga(min)	0.5
<i>tmc</i>	Tiempo de maniobra durante la carga (min)	0.5
<i>tmd</i>	Tiempo de maniobra durante la descarga (min)	0.58
<i>ter</i>	Tiempo de espera y retención (min)	1.2
<i>dprc</i>	Distancia promedio de recorrido cargado (km)	1.6
<i>Vprc</i>	Velocidad promedio de recorrido cargado(km/h)	12
<i>dprv</i>	Distancia promedio de recorrido vacío (km)	1.6
<i>Vprv</i>	Velocidad promedio de recorrido vacío(km/h)	14.7
<i>Nc</i>	Cantidad de cucharas cargadas en un camión	4
<i>Tc</i>	Tiempo de ciclo del cargador (seg)	50
<i>Nv</i>	Cantidad de viajes de un camión por turno	19
<i>Tt</i>	Duración del turno de trabajo (min)	480
<i>Top</i>	Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales (min)	25
<i>Tdes</i>	Tiempo de descanso en el turno de trabajo (min)	90
<i>V</i>	Volumen de rocas que cabe en el camión (m ³)	15.84
<i>Qk</i>	Volumen de las rocas en el macizo en la cuchara del cargador (m ³)	3.96
<i>Ec arg</i>	Capacidad de carga del cargador (m ³)	4.8
<i>Kll</i>	Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador	0.9
<i>Ntrab</i>	Cantidad de camiones trabajando en el turno	2
<i>Qt</i>	Productividad del camión por turno (m ³ /turno)	374.91
<i>Ptc</i>	Productividad de la cantera por turno (m ³ turno)	424.875
<i>Kuc</i>	Coeficiente de utilización de los camiones en el turno	0.81
<i>Kirr</i>	Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo	0.9
<i>Kpt</i>	Coeficiente de preparación técnica del equipo	0.85

La tabla 3.11 y 3.12 muestran los resultados obtenidos de los cálculos de transporte automotor Belaz 7540-B para los diferentes frentes de trabajo.

Tabla 3.11. Tiempo de recorrido total del transporte automotor para los diferentes frentes de arranque.

Zonas de trabajo	Tiempo de recorrido total (min)	Velocidad cargado (km/h)	Velocidad vacío (km/h)	Distancia promedio (km)
1 ^{er} Frente	20.28	12	14.7	1.6
2 ^{do} Frente	16.821	12	14.7	1.26
3 ^{er} Frente	15.89	12	14.7	1.19
4 ^{to} Frente	12.95	12	14.7	0.97
5 ^{to} Frente	11.35	12	14.7	0.85

Tabla 3.12. Productividad del camión para los diferentes frentes de arranque

Zonas de trabajo	Volumen en un camión. (m ³)	Productividad por turno (m ³ /turno)	Número de viajes	Cantidad de camiones
1 ^{er} Frente	15.84	374.91	19	2
2 ^{do} Frente	15.84	452.006	22	2
3 ^{er} Frente	15.84	478.5	23	2
4 ^{to} Frente	15.84	587.11	20	2
5 ^{to} Frente	15.84	669.885	17	3

De esta forma queda resumido el comportamiento de los camiones volteo, demostrándose que la productividad de los camiones disminuye cuando aumenta la distancia de transportación, y la necesidad de camiones trabajando es mayor cuando aumenta la distancia de transportación.

- Cálculo de la necesidad de camiones de volteo cargado por la excavadora Hitachi uh-181

- Cálculo del tiempo de recorrido total del camión

$$Trt = trc + trv + tc + td + tmc + tmd + ter. \quad (41)$$

$$Trt = 8 + 6.5 + 2.5 + 0.5 + 0.58 + 0.5 + 1.2 = 19.78 \text{ min.}$$

Donde:

$Trt \rightarrow$ Tiempo de recorrido total del camión.

$trc \rightarrow$ Tiempo de recorrido cargado.

$trv \rightarrow$ Tiempo de recorrido vacío.

$tc \rightarrow$ Tiempo de carga.

$td \rightarrow$ Tiempo de descarga.

$tmc \rightarrow$ Tiempo de maniobra durante la carga.

$tmd \rightarrow$ Tiempo de maniobra durante la descarga.

$ter \rightarrow$ Tiempo de espera y retención.

- **Tiempo de recorrido cargado**

$$trc = 60 * \frac{dprc}{Vprc}. \quad (42)$$

$$trc = 60 * \frac{1.6}{12} = 8 \text{ min.}$$

Donde:

$dprc \rightarrow$ Distancia promedio de recorrido cargado.

$Vprc \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido cargado.

- **Tiempo de recorrido vacío**

$$trv = 60 * \frac{dprv}{Vprv}. \quad (43)$$

$$trv = 60 * \frac{1.6}{14.7} = 6.5$$

Donde:

$dprv \rightarrow$ Distancia promedio de recorrido vacío.

$Vprv \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido vacío.

- **Tiempo de carga de un camión**

$$Tc = \frac{Nc}{Nciclo}. \quad (44)$$

$$T_c = \frac{8}{2} = 4 \text{ min}$$

$$N_{ciclo} = \frac{60}{T_c} \quad (45)$$

$$N_{ciclo} = \frac{60}{30} = 2$$

Donde:

$N_c \rightarrow$ Cantidad de cucharas cargadas en un camión.

$N_{ciclo} \rightarrow$ Cantidad de ciclos de excavación en un minuto.

$T_c \rightarrow$ Tiempo de ciclo de la excavadora.

- **Cálculo de la cantidad de viajes de un camión por turno**

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_{des})}{T_{rt}} \quad (46)$$

$$N_v = \frac{480 - (25 + 90)}{19.78} = 18.45 \approx 19 \text{ viajes}$$

Donde:

$T_t \rightarrow$ Duración del turno de trabajo.

$T_{op} \rightarrow$ Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales.

$T_{des} \rightarrow$ Tiempo de descanso en el turno de trabajo.

En el tiempo de descanso en el turno se incluyen los 60 minutos del almuerzo, 15 minutos en la merienda y 15 minutos más para habilitar los equipos.

- **Cálculo de la productividad del camión por turnos**

$$Q_t = N_v * V \quad (47)$$

$$Q_t = 19 * 16 = 304$$

$V \rightarrow$ Volumen de rocas que cabe en el camión

- **Cálculo de la cantidad de camiones trabajando en el turno**

$$N_{trab} = \frac{P_{tc}}{Q_t * K_{uc}} * K_{irr} \quad (48)$$

$$N_{trab} = \frac{424.875}{304 * 0.81} * 0.9 = 1.5 \approx 2 \text{ camiones}$$

Donde:

$Ptc \rightarrow$ Productividad de la cantera por turno.

$Qt \rightarrow$ Productividad del camión por turno

$Kuc \rightarrow$ Coeficiente de utilización de los camiones en el turno.

$Kirr \rightarrow$ Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo.

- **Cálculo de la cantidad de camiones en inventario**

$$N_{inv} = \frac{N_{trb}}{K_{pt}} \quad (49)$$

$$N_{inv} = \frac{2}{0.85} = 2.3 \approx 3 \text{ camiones}$$

$K_{pt} \rightarrow$ Coeficiente de preparación técnica del equipo (0.85)

En la tabla 3.13 se muestran los resultados arrojados por la metodología de cálculo para el transporte automotor cargado por la excavadora Hitachi UH-181.

Tabla 3.13. Valores obtenidos por parámetros para la excavadora Hitachi UH-181

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
Trt	Tiempo de recorrido total del camión (min)	19.78
trc	Tiempo de recorrido cargado (min)	8
trv	Tiempo de recorrido vacío (min)	6.5
tc	Tiempo de carga (min)	2.5
td	Tiempo de descarga (min)	0.5
tmc	Tiempo de maniobra durante la carga (min)	0.58
tmd	Tiempo de maniobra durante la descarga (min)	0.5
ter	Tiempo de espera y retención (min)	1.2
$dprc$	Distancia promedio de recorrido cargado (km)	1.6
$Vprc$	Velocidad promedio de recorrido cargado (km/h)	12
$dprv$	Distancia promedio de recorrido vacío (km)	1.6
$Vprv$	Velocidad promedio de recorrido vacío (km/h)	14.7
Nc	Cantidad de cucharas cargadas en un camión	8
$Nciclo$	Cantidad de ciclos de excavación en un minuto	2
Tc	Tiempo de ciclo de la excavadora (seg)	30
Nv	Cantidad de viajes de un camión por turno	19

Tt	Duración del turno de trabajo (min)	480
Top	Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales (min)	25
$Tdes$	Tiempo de descanso en el turno de trabajo (min)	90
Qk	Volumen de las rocas en el macizo en la cuchara de la excavadora (m^3)	2.08
$Ec\ arg$	Capacidad de la cuchara de la excavadora (m^3)	2.6
Kll	Coeficiente de llenado de la excavadora	0.8
$Ntrab$	Cantidad de camiones trabajando en el turno	2
Qt	Productividad del camión por turno (m^3 /turno)	304
Ptc	Productividad de la cantera por turno (m^3 /turno)	424.875
Kuc	Coeficiente de utilización de los camiones en el turno	0.81
$Kirr$	Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo	0.9
$Ninv$	Cantidad de camiones en inventario	3
Kpt	Coeficiente de preparación técnica del equipo	0.85

- Cálculo de la productividad del Bulldozer Shantui -SD – 32

El Bulldozer cumple un papel fundamental en los trabajos a cielo abierto, en la cantera es el encargado del acarreo y repavile de todo el material, así como la separación de los pedazos de rocas sobre medias, el cálculo de la productividad de Bulldozer por turnos se determinó por la siguiente metodología.

$$Pt = \frac{3600 * Tt * V * Ka * Ku * Ki}{Ke * Tc} \quad (50)$$

$$Pt = \frac{3600 * 8 * 4.4 * 1 * 0.81 * 1}{1.5 * 80} = 855.36$$

Donde:

$Tt \rightarrow$ Duración del turno de trabajo.

$V \rightarrow$ Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla.

$Ka \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del Buldózer tiene forma de caja.

$Ku \rightarrow$ Coeficiente de utilización del Bulldozer en el turno.

$K_i \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldózer.

$K_e \rightarrow$ Coeficiente de esponjamiento.

$T_c \rightarrow$ Duración del ciclo.

- **Volumen de material en estado mullido que se arrastra con la cuchilla del buldózer**

$$V = \frac{(L * h^2)}{2} * \cot \beta \quad (51)$$

$$V = \frac{(4.3 * 1.2^2)}{2} \cot 35 = 4.4$$

Donde:

$L \rightarrow$ Longitud de la cuchilla.

$h \rightarrow$ Altura de la cuchilla.

$\beta \rightarrow$ Angulo del material durante el traslado.

- **Duración del ciclo de trabajo del buldózer**

$$T_c = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_1 + l_2}{v_3} + t_c + 2t_g. \quad (52)$$

$$T_c = \frac{5}{1} + \frac{25}{1.2} + \frac{5 + 25}{1.5} + 10 + 2 * 11 = 85$$

Donde:

$l_1 \rightarrow$ Longitud para cortar el volumen V de la cuchilla del Buldózer.

$l_2 \rightarrow$ Distancia que recorre el Buldózer cargado.

$v_1 \rightarrow$ Velocidad de movimiento durante corte.

$v_2 \rightarrow$ Velocidad de movimiento del Buldózer cargado.

$v_3 \rightarrow$ Velocidad de movimiento del Buldózer vacío.

$t_c \rightarrow$ Tiempo de cambio de velocidad.

$t_g \rightarrow$ Tiempo de giro del Buldozer.

La tabla 3.14 muestra los resultados descritos en la metodología de cálculo para el Buldozer D-155.

Tabla 3.14. Resultados obtenidos por el cálculo de los parámetros para el Buldózer Shantui SD – 32

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
P_t	Productividad de Buldozer por turnos(m^3 /turno)	855.36
T_t	Duración del turno de trabajo(h)	8
V	Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla(m^3)	4.4
K_a	Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del Buldozer tiene forma de caja	1
K_u	Coeficiente de utilización del Buldózer en el turno	0.81
K_i	Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el Buldozer	1
K_e	Coeficiente de esponjamiento	1.5
T_c	Duración del ciclo(seg)	85
l_1	Longitud para cortar el volumen V de la cuchilla del Buldozer (m).	5
l_2	Distancia que recorre el Buldozer cargado (m).	25
v_1	Velocidad de movimiento durante corte(m/seg)	1
v_2	Velocidad de movimiento del Buldozer cargado (m/seg).	1.2
v_3	Velocidad de movimiento del Buldozer vacío(m/seg)	1.5
t_c	Tiempo de cambio de velocidad(seg)	10
t_g	Tiempo de giro(seg)	11
L	Longitud de la cuchilla(m)	4.3
h	Alto de la cuchilla(m)	1.2
β	Angulo del material durante el traslado.	35^0
K_p	Coeficiente que tiene en cuenta la pérdida del material durante el traslado.	0.85

3.4.- Organización de las labores mineras

- Primer año de explotación

En este primer año de explotación se prevé trabajar en el primer frente +219, en este horizonte se trabajará en un banco de 18 metros de altura

Tabla 3.15 Volúmenes de extracción.

Horizontes de extracción	Volúmen in situ (m ³)	Volumen estéril.
+219	24472861	-
Total al año.	24472861	-

Equipamiento a utilizar para estos trabajos

- Un compresor del tipo Atlas Copo XAHS 365
- Una caretila barrenadora del tipo Atlas Copo 460 PC
- Un cargador frontal Volvo L180E
- Un buldózer del tipo Shantuí SD – 32
- Dos camiones velaz de 16 m³ de capacidad

- Segundo año de explotación

Para el segundo año de explotación la extracción se realizara del tercero (+246) y el cuarto frente (+234) por el lateral izquierdo de la cantera.

Tabla 3.16 Volumen de extracción

Horizontes de extracción	Volúmen in situ (m ³)	Volumen estéril.
+246	122364,305	-
+234	122364,305	-
Total al año.	24472861	-

Equipamiento a utilizar para estos trabajos

- Un compresor del tipo Atlas Copo XAHS 365
- Una caretila barrenadora del tipo Atlas Copo 460 PC
- Un cargador frontal Volvo L180E
- Un buldózer del tipo Shantuí SD – 32
- Dos camiones velaz de 16 m³ de capacidad

- **Tercer año de explotación**

Para el tercer año de explotación la extracción se realizara en el quinto frente (+219) por el lateral izquierdo.

Tabla 3.17 Volumen de extracción

Horizontes de extracción	Volume in situ (m ³)	Volumen estéril.
+219	24472861	-
Total al año.	24472861	-

Equipamiento a utilizar para estos trabajos

- Un compresor del tipo Atlas Copo XAHS 365
- Una caretilla barrenadora del tipo Atlas Copo 460 PC
- Un cargador frontal Volvo L180E
- Un buldózer del tipo Shantuí SD – 32
- Dos camiones velaz de 16 m³ de capacidad
- **Cuarto año de explotación**

Durante el cuarto año de arranque se extraerá el mogote ubicado en la parte derecha de la cantera con las coordenada x (54° 22' 40" – 54° 23' 30"), y (18° 07' 90" - 18° 08' 70")

Tabla 3.18 cuarto año de explotación

Horizontes de extracción	Volume in situ (m ³)	Volumen estéril.
+260,+246,+234(Mogote)	24472861	9 885
Total al año.	24472861	9 885

Equipamiento a utilizar para estos trabajos

- Un compresor del tipo Atlas Copo XAHS 365
- Una caretilla barrenadora del tipo Atlas Copo 460 PC
- Un cargador frontal Volvo L180E
- Un buldózer del tipo Shantuí SD – 32
- Dos camiones velaz de 16 m³ de capacidad

Quinto año de explotación

- La explotación para el quinto año se realizara en el cuarto frente en el lateral derecho

- Horizontes de extracción	Volume in situ (m ³)	Volumen estéril.
+243	24472861	-
Total al año.	24472861	-

Equipamiento a utilizar para estos trabajos

- Un compresor del tipo Atlas Copo XAHS 365
- Una caretilla barrenadora del tipo Atlas Copo 460 PC
- Un cargador frontal Volvo L180E
- Un buldózer del tipo Shantui SD – 32

Dos camiones veloz de 16 m³ de capacidad

- Sistema de explotación

El método de explotación que se empleará en la explotación de la cantera es el método por semi-trinchera ya que el cuerpo se encuentra en una ladera, ésta excavación se realizará a todo lo largo del cuerpo y luego se ensancha por todo su ancho hasta ser extraído todo el material útil.

Cálculos de los parámetros de la Semi Trinchera

- Ancho de la parte rodante

$$Apr = 2(a + y) + x \quad (53)$$

$$Apr = 2(4 + 0.5) + 0.66 = 9.66m$$

Donde:

$a \rightarrow$ Ancho de la cama del camión (4 m).

$y \rightarrow$ Ancho de la berma de seguridad (0.5 m).

$x \rightarrow$ Espacio de seguridad entre dos camiones en el encuentro.

$$x = 0.5 + 0.005 \cdot v = 0.66$$

$v \rightarrow$ Velocidad promedio del camión (15 km/h).

- Ancho de la cuneta del camión

Se toma $a_c = 1.2m$ a cada lado.

- **Ancho total del camino de acceso**

$$Atot = Apr + 2a_c. \quad (54)$$

$$Atot = 9.66 + 2 * 1.2 = 12.06m$$

$$Atot \approx 12m$$

- **Ancho por el piso de la excavación**

$$Apexc = Atot + 2Ap + a_1 + a_2 + a_3 + K. \quad (55)$$

$$Apexc = 12 + 2 * 1.5 + 1 + 1.3 + 0.5 + 1.2 = 19m$$

$$Apexc = 19m.$$

Dónde:

$Ap \rightarrow$ Ancho del paseo (1.5 m).

$a_1 \rightarrow$ Distancia entre la zanja y el paseo (1 m).

$a_2 \rightarrow$ Ancho de la zanja por la parte superior (1.3 m).

$a_3 \rightarrow$ Distancia entre la zanja y el borde inferior del talud (0.5 m).

$K \rightarrow$ Coeficiente de reserva (1.2 m).

Conclusiones

En el capítulo se explica detalladamente como se realizarán las voladuras en cada banco desde el punto de vista que no todos tienen la misma altura, se calcula la cantidad de equipos necesario para realizar los trabajos mineros, la productividad de cada uno de ellos y el tiempo promedio para realizar estos trabajos.

CAPÍTULO IV. IMPACTOS AMBIENTALES, MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO Y CÁLCULO DE LOS ÍNDICES TÉCNICO-ECONÓMICOS

Para la identificación y caracterización de los impactos es necesario estudiar previamente las particularidades del medio donde se desarrolla el proyecto, haciendo énfasis en cada uno de los componentes ambientales, por tratarse de la región que rodea esta cantera, de un medio especialmente frágil, lo cual se deriva de la multitud de interrelaciones existentes entre los elementos ambientales implicados y las acciones derivadas de las fases de explotación y la preparación mecánica del mineral, capaces de producir impactos sobre dichos componentes; así mismo se presenta el estudio de los índices técnico- económicos para el yacimiento El Cacao.

4.1- Identificación de los impactos ambientales y medidas para la protección e higiene del trabajo.

Reglas Generales

1. La entidad que explote a Cielo Abierto un yacimiento o canteras deberá poseer los siguientes documentos:
 - a. Documentación topográfica y geológica correspondiente.
 - b. Proyecto de explotación aprobado por el organismo competente
2. En las áreas en las que no existan los requisitos de seguridad de cuadros, solo se podrán realizar los trabajos encaminados a eliminar dichas condiciones.
3. Los requisitos de seguridad de cada puesta de trabajo y equipo serán comprobado diariamente, antes de comenzar cada turno y de modo regular, durante el transcurso del mismo.
4. Se prohíbe obstruir las áreas de trabajo o las vías de acceso a estas, con rocas u objetos que dificulten el tránsito libre de personas y equipos.
5. Al cesar las labores, los equipos utilizados en el frente de extracción y en el transporte de materiales se situaran en el lugar seguro, con la cabina serrada y la fuente de alimentación desconectada.
6. Cuando los equipos con mecanismos articulados (cuchara del cargador, cuchilla del Buldozer, etc.) no se encuentran trabajando estos mecanismos descansaran en el suelo.

7. Se prohíbe descansar en los rentes de trabajo cerca de los taludes de las terrazas y de los mecanismos en funcionamiento, en las vías de acceso y sus inmediaciones y debajo de los equipos estacionados.
8. Los equipos solo pueden ser operados por obreros calificados y autorizados para su uso.
9. Todos los trabajadores al comienzo de su labor debe revisar su puesto de trabajo para detectar cualquier deficiencia dando la información de inmediato en caso de haber dificultad.
10. Los obreros de nuevo ingreso debe pasar el curso especial de técnica de seguridad.
11. La administración está en la obligación de facilitar a los obreros los medios de protección personal en forma gratuita.

Reducir riesgos de trabajo al mínimo

La empresa ha de tomar las medidas adecuadas para reducir tales riesgos al mínimo, cuando no sea posible garantizar de este modo totalmente la seguridad y salud de los trabajadores durante la utilización de los equipos de trabajo.

Estas medidas pueden estar relacionadas con:

- Las condiciones de utilización del equipo (cambio de ubicación , uso restringido)
 - La información a las instrucciones de utilización.
 - La señalización.
 - Adiestramiento.
 - Supervisión del trabajo.
 - Utilización de medios de protección individual.
-
- **Obligaciones de los trabajadores**

El artículo de la ley de Prevención de Riesgos laborales establece las diversas obligaciones a los trabajadores en canteras de materiales de la construcción.

Cada trabajador a de velar por su propia seguridad y salud en el trabajo y por las de aquellas otras personas que se pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo

Medida adoptadas:

- Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas equipo de transporte, etc., con los que desarrollan su actividad
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitado por la empresa de acuerdo con las instrucciones recibidas.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- No poner fuera los equipos de funcionamiento y usar correctamente los equipos de seguridad.

Trabajos de perforación

- Las carretillas barrenadoras se colocarán nivelada en la plataforma de trabajo y se situará de forma que el equipo se encuentre fuera del prisma de derrumbe del talud.
- Se prohíbe nivelar las carretillas barrenadoras colocando rocas u otros materiales por debajo.
- Las carretillas se trasladan con la torre puesta en posición de taladros y la barrena desmontada o fijada con seguridad.
- Durante el traslado de las carretillas se prohíbe que personas permanezcan sobre las mismas.
- La boca de los barrenos o (tacos) se limpiará de pedazos de rocas y polvo de las perforaciones a una distancia no menor de 35 cm.
- Las perforaciones se taponarán convenientemente quedando prohibido retirar el tapón hasta que se realice el proceso de carga.

Determinación de las distancias de seguridad en los trabajos de voladura

Para este proyecto, la tarea técnica tiene como requisito determinar el radio de acción de las vibraciones sísmicas producidas por las voladuras, teniendo en cuenta las distancias a que están las instalaciones y la masa total de explosivo utilizado en las voladuras, para eso utilizaremos la NRIMC 126-49 Minería a cielo abierto. Proyecto a Cielo Abierto. Técnicas de Seguridad y Medidas de Protección del Trabajo en Minería a Cielo Abierto.

Las distancias de seguridad se determinan según los diferentes factores:

- Acción sísmica de la explosión.
- Acción de la onda expansiva.
- Vuelo de diferentes pedazos de rocas.

De las distancias de seguridad calculadas se toma la mayor y desde los límites del bloque a volar en el escalón de la cantera, se marca un radio igual a la mayor distancia de seguridad calculada, las personas, mecanismos, edificios e instalaciones deben estar fuera de la zona de peligro.

Distancia de seguridad por la acción sísmica de la explosión.

$$S_{seg} = K_s * \alpha * \sqrt[3]{Q} \quad (56)$$

$$S_{seg} = 3 * 1 * \sqrt[3]{2620.86}$$

$$S_{seg} = 3 * 1 * 13.7874$$

$$S_{seg} = 41.36 \approx 42m.$$

Dónde:

$S_{seg} \rightarrow$ Distancia de seguridad

$K_s \rightarrow$ Coeficiente que depende de las propiedades del suelo en la base de la construcción.

Valores del coeficiente K_s :

$\alpha \rightarrow$ Coeficiente que depende del índice de acción de las voladuras

Valores del coeficiente α :

$Q \rightarrow$ Carga total (kg).

El peso total de la carga se determinó por la cantidad de sustancia explosiva que se necesita para explotar un bloque de 22 taladros, el cual nos garantiza los trabajos de toda una semana.

Distancia de seguridad por la acción de la onda expansiva

$$S_{exp} = K_p * \sqrt[2]{Q} \quad (57)$$

$$S_{exp} = 5 * \sqrt[2]{2620.86}$$

$$S_{exp} = 5 * 51.19$$

$$S_{exp} = 255.95 \approx 256m.$$

Dónde:

$Kp \rightarrow$ Coeficiente de proporcionalidad cuyo valor depende de las condiciones de distribución y del valor de las cargas así como el carácter de los daños, si la carga de explosivos es menor de 20 t tomamos ($Kp = 5 - 12.$)

Distancia de seguridad por el vuelo de pedazos de rocas

El valor del radio de la zona de peligro (distancia mínima de seguridad) por el vuelo de algunos pedazos de rocas para las personas y los mecanismos de (construcción) durante la voladura de una carga unitaria se determina por la tabla 4.1 en dependencia de índice de acción de la voladura en la carga (n) y de las distancias de la línea de menor resistencia (Wp)

Tabla 4.1. Distancia mínima de seguridad para personas y construcciones en dependencia de la línea de menor resistencia

Línea de menor resistencia (Wp)	Radio de la zona peligrosa	
	Para personas	Para mecanismos y construcciones
1.5	200	100
2.0	200	100
4.0	300	150
6.0	300	150

Según la tabla antes expuesta encontramos para la línea de menor resistencia.

$Wp = 3.8m \rightarrow$ Sustancia explosiva Cenatel como carga de fondo y Anfo como carga de columna.

1. Para el personal 285 m
2. Para mecanismos 143 m

Resumiendo las distancias de seguridad determinadas por los distintos factores considerando el uso de las sustancias explosivas cenatel y Anfo lo reflejamos a continuación.

1. Según la acción sísmica de la explosión 126 m
2. Según la acción de la onda expansiva 256 m
3. Según el vuelo de los pedazos de rocas: para el personal 285 m
Para mecanismos 143 m

Al iniciar los trabajos de voladuras se deben establecer los límites de la zona de peligro, estos límites en la superficie deben ser señalados con signos

convencionales en el terreno, o sea poner puntos de seguridad en la zona, los puntos se organizan de manera que todas las vías que conduzcan al lugar de la ejecución de los trabajos de voladuras se encuentren bajo vigilancia permanente y cada punto debe encontrarse en el campo visual de los otros adyacentes, durante la ejecución de los trabajos de voladuras es obligatorio las señales acústicas al comienzo y al finalizar los mismos.

Frentes de trabajo en las minas a cielo abierto

- En el laboreo de escalones, sin trabajos previos de voladura, la altura del escalón no debe exceder la altura máxima de excavación de la excavadora que se utilice.
- En el laboreo de escalones, contrabajos previos de voladura, la altura del escalón no excederá 1.5 veces la altura de excavación de la excavadora, con una voladora de una o dos filas la altura del montón no debe superar la altura de excavación de la excavadora.
- Los ángulos de los taludes de los escalones de trabajo y los inactivos se calculan en el proyecto.
- El equipamiento minero y el personal que se encuentre en el área de trabajo deberán estar situado fuera de los límites del prisma de derrumbe.
- Las bermas de seguridad deberán tener un ancho que garantice la limpieza mecánica de las mismas.
- Se deberá realizar un control sistemático del estado en el macizo que se laboreo.

- **Trabajo en las escombreras**
- La altura de la escombrera, los ángulos de los taludes, el prisma de derrumbe, la velocidad de avances se establecen en dependencia de las propiedades físico mecánicas del escombros y de su base, del método de formación de la escombrera del relieve del lugar.
- La selección de los sectores para la localización de las escombreras deberá ser precedida por investigaciones ingenieras-geológicas, en el proyecto deberá ser dada una caracterización de las escombreras.

- La localización de las escombreras deberá realizarse en correspondencia con las exigencias de las normas sanitarias de proyección.
- De presentarse indicios de deslizamiento en las escombreras, se suspenderán los trabajos hasta que se determine las medidas de seguridad y el método de trabajo correspondiente.
- Los equipos de transporte del escombros descargarán el mismo en los lugares previstos para el pasaporte de trabajo en la escombrera, las cuales encontrarán fuera del prisma de derrumbe.
- En las escombreras formadas por Buldozer, la berma deberá tener en todo el frente de descargar una inclinación no menor de 3° , dirigido del borde del talud a la profundidad de la escombrera, y en toda la longitud del borde deberá tener un montículo del mismo material de escombrera con una altura no menos de 0.7m y un ancho no menos de 1.5m.
- En los trabajos realizados en las escombreras, los equipos solo podrán acercarse al borde del talud cuando se desplacen empujando el material hacia la escombrera.
- Queda prohibido arrojar las aguas superficiales y residuales a las escombreras.

Trabajo con excavadoras

- Durante el movimiento de las excavadoras en sentido horizontal o ascendente, su eje matriz se encontrará detrás y durante su descenso delante, el cubo de la excavadora se encontrará vacío y a una altura no mayor de 5 m del suelo, la flecha del equipo coincidirá con su dirección de marcha.
- Para realizar su trabajo las excavadoras se estacionarán en un lugar firme y nivelado, de existir inclinación esta no deberá ser superior a la establecida por los parámetros técnicos del equipo.
- Durante la carga de los medios de transporte, se utilizará un sistema de señales sonoras, esta deberá permanecer en las cabinas de los equipos en lugares visibles al operador o al chofer.
- Durante el trabajo con las excavadoras se prohíbe la permanencia de personas en el radio de acción

- En caso de amenaza de derrumbe o deslizamiento del escalón y cuando se descubran cargas de explosivos que no han sido explosionadas, los trabajos deberán ser detenidos inmediatamente y la excavadora llevada a un lugar seguro.
- Durante la carga de los camiones volteo el cubo de la excavadora cargado no deberá pasar frente al mismo.

Trabajo con cargadores frontales

- El manejo del cargador frontal solo se permite el personal que posee la licencia de conducción correspondiente, que haya pasado el curso introductorio de la técnica de seguridad durante los trabajos mineros en las canteras y que conozcan las reglas de explotación del cargador.
- Antes de arrancar el motor es necesario cerciorarse de las palancas de los mandos se encuentran en posición natural.
- Durante una larga parada es necesario bajar a tierra el cargador.
- Cuando se transporta material en pendiente y en suelos blandos u húmedos, es necesario trabajar a velocidades pequeñas.
- Se prohíbe situarse debajo del cucharón cuando este se encuentre alzado.
- El cargador deberá trabajar en una superficie lo más plana posible.
- La altura máxima del talud del horizonte cuando la extracción se hacen directamente del macizo no deberá sobrepasar la altura máxima de extracción del cargador frontal.
- Durante el llenado del cubo la velocidad de movimiento del cargador no deberá sobrepasar los 4km/h. Después de cargado, desde el frente de trabajo hasta el lugar de carga del camión deberá desarrollar una velocidad de hasta 11km/h.

Trabajo con camiones de volteo

Se prohíbe durante el trabajo con camiones de volteo lo siguiente:

- Ponerlos en movimientos con la caja de volteo levantada.
- Moverlos en marcha atrás, hacia el punto descarga a una distancia mayor de 30m a excepción de los movimientos en las trincheras.
- Pasar por encima de los cables tendidos sobre el terreno sin protectores especiales de seguridad.

- Transportar personas en el volteo y fuera de la cabina.
- Dejar los camiones de volteo estacionados en las cuestas o pendientes.
- Realizar transporte de materiales que puedan caerse sin tomar las medidas para su debido aseguramiento.
- Sobrepasar su capacidad de carga.

Cuando la parada por deficiencias técnicas tenga lugar dentro del radio de acción del cubo de la excavadora, se adoptará las siguientes medidas:

- Se avisará de inmediato al operador de la excavadora para que detenga el funcionamiento de la misma.
- Se procederá a la retirada del equipo de la zona a la mayor brevedad posible.

Cuando un terreno inclinado resulte obligada la parada de un camión por deficiencias técnicas, se adoptarán las siguientes medidas:

- Desconectar el motor.
- Frenar el equipo.
- Colocar calzados bajo las ruedas. Todos los equipos estarán previstos de los calzos adecuados.

Trabajos con Buldózer

- Cuando se realicen trabajos con Buldozer sobre esteras y durante su movimiento, queda prohibido salir o entrar a la cabina y caminar por las orugas.
- Para revisar la cuchilla del Buldozer, por su parte inferior, es necesario que la misma descansa en un apoyo seguro y que el motor permanezca desconectado.
- Se prohíbe el trabajo del Buldozer transversalmente a pendientes empinadas.
- Los ángulos máximos del talud del frente de trabajo del Buldozer no deberá ser mayor en la subida 25° y en la bajada 30° .
- No se permite abandonar el Buldozer en funcionamiento.
- Ante de ejecutar los trabajos de desbroce el operador debe recorrer la zona a pie y marcha los lugares peligrosos.

Vías de Acceso

- El ancho de las vías de acceso, en dependencia del tipo del medio de transporte, su capacidad de carga y su categoría de la vía, ver (tabla 4.2)

- Los radios de giro mínimo de las vías, según la categoría de las mismas. Se expresa en la (tabla 4.3)
- Las vías a través de trincheras de corte se construirá dejando una distancia no menor de 1.5m, del borde, a ambos lados de la trinchera.
- En las vías utilizadas para tránsito de vehículos cargados, el ángulo de inclinación longitudinal no excederá del 10%. En trabajos con tractores, dicho ángulo podrá llegar hasta el 15%.
- Cuando se trate de vínculos vacíos, el ángulo antes referido no excederá del 15%.
- En las vías inclinadas de considerable extensión se construirá secciones horizontales intermedias, de longitud no inferior a 50m, (excluyendo las curvas verticales correspondientes), y con ángulo de inclinación que no exceda del 25%. Estas secciones no estarán separadas entre sí por una distancia mayor de 500m.
- Los radios de las curvas en vía serpenteadas o en espiral, no deben ser menores de 36m, (grado de curvatura = 32^0).
- Cuando dichas vías se destinan al tránsito de tractores, dicho radio podrá ser hasta de 15m.
- Las vías en sus curvas tendrán un ángulo de inclinación transversal (súper elevación) de 6%. Esta inclinación se dirigirá hacia el origen del radio de curvatura.
- Las vías que se construyan en laderas cuya pendiente sea de 30^0 o más tendrán un ángulo de inclinación transversal de 2%. La inclinación de las vías estará dirigida hacia el lado contrario del borde de la ladera.
- Se organizará el riesgo regular de las vías con aguas u otra sustancia, con fines de atenuar el polvo.

Tabla 4.2. Ancho de las vías de acceso, en dependencia del tipo del medio de transporte, su capacidad de carga y su categoría de la vía

Ancho del equipo (m)	Capacidad de carga (t)	Movimiento en una Sola dirección.	Movimiento en dos direcciones		
			Categoría (Vías)		
			I	II	III
2.4	Hasta 7	3.5	7.5	7	6.5

2.64	10	3.5	7.5	7	7.5
2.75	16	3.75	8	7.5	7
3.22	25	4.25	9	8.5	8
3.4-3.6	27-48	4.5	9.5	9	8.5-9
Hasta 4.5	45-120	7	10.5	12	-

Tabla 4.3. Radios de giro mínimo a las vías

Camiones	Categoría del camino			Capacidad del camino
	I	II	III	
Con radio de giro mínimo del camión de 9 m.				
a) En condiciones normales	25	20	15	5-7
b) En trincheras de acceso y bermas	20	15	15	5-7
Con radio de giro mínimo del camión de 12 m.				
a) En condiciones normales	30	25	20	10-27
Con radio de giro mínimo del camión de 14 m.				
a) En condiciones normales	35	30	29	40-60
b) En trincheras de acceso y bermas	30	25	20	40-60

Desagüe y Desección

- Se garantizará el desagüe, en primer orden, de aquellas áreas de explotación que no posee un drenaje natural de las aguas superficiales o subterráneas.
- Si en el área de explotación se producen deslizamientos, la superficie del macizo que se desliza debe rodearse de zanjas protectoras que eviten el paso de las aguas superficiales.
- Las zanjas que aticen como desagüe, y que estén situadas en lugares transitables, se rodearán de barandas y tendrán avisos de prevención.
- El agua drenada debe conducirse hasta un lugar que excluya la posibilidad de su retorno por las grietas o rocas permeables, o la formación de pantanos en terrenos cercanos.
- Las tuberías sobre la superficie estarán dispuestas de forma que garanticen la perfecta circulación de las aguas.
- **Protección del medio ambiente**

Identificación y Caracterización de los impactos ambientales

Para la identificación y caracterización de los impactos fue necesario estudiar previamente las particularidades del medio donde se desarrolla el proyecto, haciendo énfasis en cada uno de los componentes ambientales, por tratarse

de la región que rodea esta cantera, de un medio especialmente frágil, lo cual se deriva de la multitud de interrelaciones existentes entre los elementos ambientales implicados y las acciones derivadas de las fases de explotación y la preparación mecánica del mineral, capaces de producir impactos sobre dichos componentes.

Identificación de los impactos

Se logra al examinar detalladamente las complejas interacciones entre las acciones del proyecto minero y los componentes del medio, así como la tecnología a emplear en la explotación del yacimiento y la preparación mecánica del mineral.

Los impactos identificados son siguientes:

- Producción de los desechos
- Deterioro paisajístico del área.
- Emisión intenso de polvo a la atmósfera
- Destrucción de habitantes de la fauna
- Emisión de ruido a la atmósfera
- Emisión de sustancias tóxicas
- Compactación y pérdida del suelo fértil
- Impactos a la salud humano
- Emisión de vibraciones
- Destrucción de vegetación
- Incremento al nivel de empleo
- Incremento de la economía de la provincia por la mercancía de materia prima
- Satisfacción de material por las obras civiles del país
- Contaminación del agua superficie y subterránea

Medidas de protección y mitigación

- Realizar un control del polvo en todo el establecimiento.
- Riesgo de agua o estabilizantes químicos a los caminos una o dos veces en le turno de trabajo.
- Realizar pantalla rompe viento donde se pueda, para disminuir los efectos del viento en el suelo y así disminuir la erosión.
- Los camiones de carga del material transitará a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
- Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
- Eliminación de montículos y repié en el área de explotación.
- Limpieza de las zanjas de drenaje de la instalación y de la cantera.
- No arrojar en las áreas del yacimiento ningún tipo de desecho u otra sustancia que puedan dañar la calidad de las aguas subterráneas.

- Los desechos sólidos domésticos serán tratados mediante soterrado rápidos y continuos.
- Los residuales líquidos serán tratados mediante fosa, muros, con limpieza antes del desbordamiento.
- Limitar la construcción de viviendas u otras instalaciones de servicios en el radio mínimo de protección sanitaria de 500 metros con respecto a la cantera, con especial énfasis en la dirección de los vientos predominantes.
- Mejorar la calidad del vial existente, garantizado capa de rodamiento que disminuye los niveles de polvo sedimentado.
- Tratar que la explotación de la fase permita el menor impacto visual durante la explotación, mediante la introducción de la vegetación, el remodelado de la forma del terreno y la construcción de pantallas visuales de ocultación (creación de franjas defensivas de bosques).

En el producto no se prevé la separación de la capa vegetal y su conservación en una escombra aparte con el fin de utilizarla posteriormente en la primera etapa de los trabajos de rehabilitación, depositándola en el piso de la cantera y escombreras.

- **Medidas para la protección del medio ambiente durante y después de la apertura.**
- Solamente se desbrozará el área prevista el plan de extracción y el material dejará almacenado en los bordes, para luego ser utilizado como la última capa del relleno para la reforestación de la propia área.
- Para el control del polvo se mantendrá un riego sistemático de los caminos.
- Los taludes de los bordes inactivos situados aguas arriba tendrán una pendiente máxima de 3: 1; para asegurar la estabilidad y disminuir la formación de cárcavas.
- En los casos en que los taludes de los bordes inactivos, coincidan con el drenaje de la cuenca superior; los mismos serán protegidos contra la erosión, de acuerdo a la magnitud de las escorrentías.
- Entre los taludes de los bordes inferiores inactivos y el relleno para la reforestación, se dejará un espacio libre; como trampa para los sedimentos.

- En los casos en que no sea posible dejar un talud inactivo en los bordes inactivos, se cavará una trinchera como trampa para los sedimentos.
- Una vez culminados los trabajos de extracción, se procederá al relleno de las áreas, con el material de destape de las nuevas áreas y finalmente se esparcirá sobre la misma el material procedente del desbroce.

4.2.- Cálculo de los índices técnico-económicos

Obtener el costo de producción de un metro de material extraído, es una necesidad que indica la efectividad de cualquier operación que se realice durante la explotación de la cantera. Para ello se tienen en cuenta los gastos directos que se originan durante el arranque, así como los gastos surgidos por concepto de depreciación, mantenimiento, reparación, fondo salarial y otros gastos directos incurridos durante la explotación. El costo de un metro cubico se puede obtener a partir de los gastos directos, gastos generales y los gastos inducidos.

- **Los gastos directos**

Son aquellos que intervienen directamente con la producción. Los parámetros que se miden son:

- Gasto por concepto de salario.
- Gasto por concepto de energía.
- Gasto por concepto de materiales.
- **Dentro de los gastos generales de la mina se encuentran:**
 - Gastos producidos por los servicios de talleres.
 - Gastos producidos en el transporte.
 - Gastos producidos en la construcción de caminos.
 - Gastos en otras actividades.
- **Los gastos inducidos**

Tienen como objetivo mejorar las condiciones de trabajo

- Gastos por servicios médicos.

- Gastos por servicios de alimentación.
- Gastos por concepto de compra de ropas adecuadas y medios de seguridad para los obreros.
- Otros.
- **Gasto por concepto de lubricantes (GL)**
 - El gasto de aceite hidráulico sale por una asignación mensual promedio por equipo y es de 40L.
 - El gasto por concepto de aceite motor depende de los mantenimientos técnicos que se la dan al equipamiento ver tabla 4.4

Tabla 4.4. Gasto de aceite anual

Equipos	Marcas	Horas de trabajo o Km Recorridos para iniciar el mantenimiento	Cantidad de aceite que utiliza el equipo en cada mantenimiento(L)	Horas de trabajo o Km recorrido al año	Cantidad de aceite anual (L)
Camión	Belaz	5000 km	40	9310	74.48
cargador	volvo	500h	50	2579,85	257,985
excavadora	Hitachi UH-181	500h	50	2579,85	257,985
Buldozer	D-155	500h	50	2579,85	257,985
				Total	848,435

El camión Belaz utiliza el aceite hidráulico del tipo BO-46, mientras que el cargador, la excavadora y el Buldozer consumen aceite motor (extraída 15w40)

- **Gastos por concepto de combustible**

Los gastos por concepto de combustible se calculan por los km recorridos o por horas trabajadas ver tabla 4.5.

Tabla 4.5. Gasto por concepto de combustible

		Índice de	Horas de trabajo o km	Precio	Importe (\$)
--	--	-----------	-----------------------	--------	--------------

Equipo	Marca	consumo	día	mes	año	del diesel (\$)	
Camión	Belaz	15L/h	10.53	-	2579,85	0.99	38310,77
Cargador	Volvo	21L/h	10.53	-	2579,85	0.99	53635,08
Excavadora	Hitachi	15L/h	10.53	-	2579,85	0.99	38310,77
Buldozer	D-155	36L/h	10.53	-	2579,85	0.99	91945,85
						Total	222202,47

- **Gasto por concepto de salario (GS)**

La cantera cuenta con una brigada de siete obreros; es decir, un jefe de cantera, un técnico, operador de buldózer, operador cargador y seis choferes ver tabla 4.6.

Tabla 4.6. Gastos por concepto de salario

Ocupación	Salarios (\$/h)	Cantidad	Salario mensual (\$)	Salario anual (\$)
Jefe de cantera	2.98	1	572.16	6865.92
Operador de buldózer	2.45	1	470.40	5644.80
Técnico	2.91	1	558.72	6704.64
Operador de cargador	2.28	1	437.76	5253.12
Chofer	2.38	6	2741.76	32901.12
		Total	4780.80	57369.60

- **Gasto por concepto de amortización**

- Este tipo de gasto es de \$ 61283.16 de acuerdo a los equipos que se encuentran depreciando los cuales se le calculan un 20% por cada equipo que se encuentre trabajando o sea al total del valor del medio.
- **Gastos por concepto de materiales**

Estos gastos salen por el presupuesto asignado para este tipo de gasto. El total se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Gasto por concepto de materiales

Materiales	Importe
Ropa de trabajo y calzado	11486.08
Medios de protección	13046.99
Total	24533.07

- **Otros gastos por concepto de materiales referidos a los utilizados en los trabajos de perforación y voladura**

Es necesario comentar que el gasto anual total como consecuencia de los trabajos de perforación y voladura es contratado a EXPLOMAT y este es de \$1283000 al año.

- **Cálculo de los gastos directos**

$$G_D = G_M + G_E + G_A + G_L + G_S + G_{\text{exp}} \quad (58)$$

$$G_D = 24533.07 + 222202.47 + 61283.16 + 848.435 + 57369.60 + 1283000$$

$$G_D = 38670265 \$/\text{año}$$

- **Cálculo del gasto inducido o gasto indirecto**

$$G_I = k * G_D \quad (59)$$

$$G_I = 0.06 * 38670265 = 2320215,9$$

Donde

G_{exp} -Gasto por concepto de perforación y voladura

G_M -Gasto por concepto de materiales

G_E -Gasto por concepto de combustible

G_A -Gasto por concepto de amortización

G_S -Gasto por concepto de salario

G_L -gasto por concepto de lubricantes

K -coeficiente que tiene en cuenta la estimación de los gastos indirectos ($k=6\%=0.06$)

- **Cálculo del gasto general (G_G)**

Para este tipo de gasto se asigna un presupuesto que es de \$15000 al año.

- **Costo total de la extracción (C_e)**

$$C_e = G_D + G_I + G_G \quad (60)$$

$$C_e = 38670265 + 2320215,9 + 15000 = 41005480,9$$

- **Costo de un metro cúbico de roca extraído por año (C_m)**

$$C_m = \frac{C_e}{P_a} \quad (61)$$

$$C_m = 41005480,9 / 24472861 = 167.5 \text{ \$ / m}^3$$

Conclusiones

En este capítulo se proponen medidas de seguridad para la protección de los trabajadores, de los medios de trabajo y al medio ambiente. También se realizan los cálculos económicos para de esta forma saber lo que invierte la UB “El Cacao” para extraer un metro cúbico de material en el macizo.

CONCLUSIONES

Si se conocen las características ingeniero-geológicas de la zona de estudio, las particularidades del actual proyecto de explotación, los procesos tecnológicos y del equipamiento existente; entonces es posible realizar la actualización del proyecto de explotación del yacimiento El Cacao.

El presente Proyecto de Actualización abarca un período de explotación de la cantera de 5 años, (2013- 2018) se puede plantear entonces que:

- Toda la proyección se realizó dentro de los límites de la concepción minera.
- Las labores mineras se podrán realizar con el equipamiento disponible en la cantera, ya que la productividad de los mismos permite acometer estos trabajos sin que peligren los planes de producción establecidos.
- La explotación de la cantera para el periodo comprendido entre 2013-2018 es económicamente rentable.
- Para el laboreo en el sistema de explotación se diseñarán bancos de 12,14,15 y 18 m de altura con ángulo de talud de trabajo de 85-90°.
- Control topográfico de todas las labores que se realicen en la cantera:
 - Replanteo de las voladuras y control de las mismas.

RECOMENDACIONES.

En el yacimiento "El Cacao" se debe garantizar la sistematicidad de las siguientes labores.

- Control de las cotas de los pisos (que sean las proyectadas).
- Actualización de los frentes.
- Trabajo de eliminación de las rocas sobre medidas en todos los frentes de la cantera.
- Es necesario continuar los trabajos de desarrollo minero en los laterales de la cantera.
- Los caminos deben ser mejorados, debido a su mal estado los camiones no logran una mayor productividad.
- Controlar la profundidad y carga de los taladros, factor fundamental en los pedazos de roca sobredimensionados y en el repié de los frentes.

BIBLIOGRAFÍA

CARRAZANA, C.A. 2008: Actualización del proyecto de explotación del yacimiento El Cacao. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Tesis de diploma] 88 p.

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ECONÓMICA, S.A., 2005. Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Proyecto de explotación minera “Santa Isabel” Puerto Barrios, Izabal. Para la Dra. Maritza Chigua Calderón.

LÓPEZ J. C. 1995: Manual de perforación y voladura.

NAGY, E. 1976: Mapa topográfico de escala 1:50,000 del I.C.G.C Hoja Baire 4976-IV, ONRM, Cuba.

NC-10:003 1990, Norma Ramal Cubana: Ministerio de la industria de materiales de la Construcción. Minería a cielo abierto. Carretilla barrenadora. Metodología de cálculo de la productividad.1p

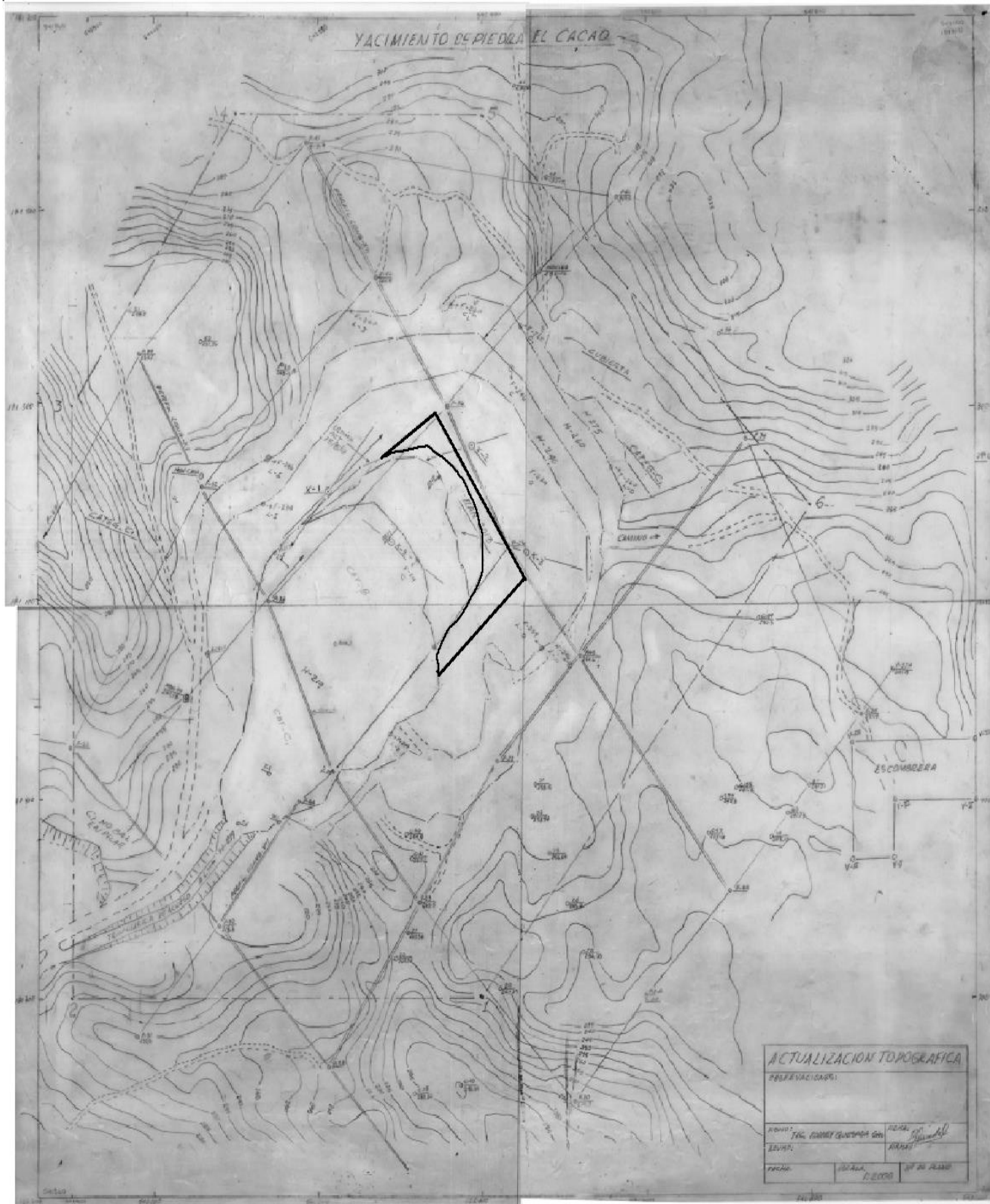
NC-126:49 1990, Norma Ramal Cubana: Ministerio de la industria de materiales de la construcción. Minería a cielo abierto. Proyecto de Explotación. Técnicas de seguridad y medidas de protección del trabajo en minería a cielo abierto. 1 p.

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA DE CHILE, 1996. Evaluación de impacto ambiental de proyectos mineros. Seminario de Explotación Minera y Medio Ambiente.

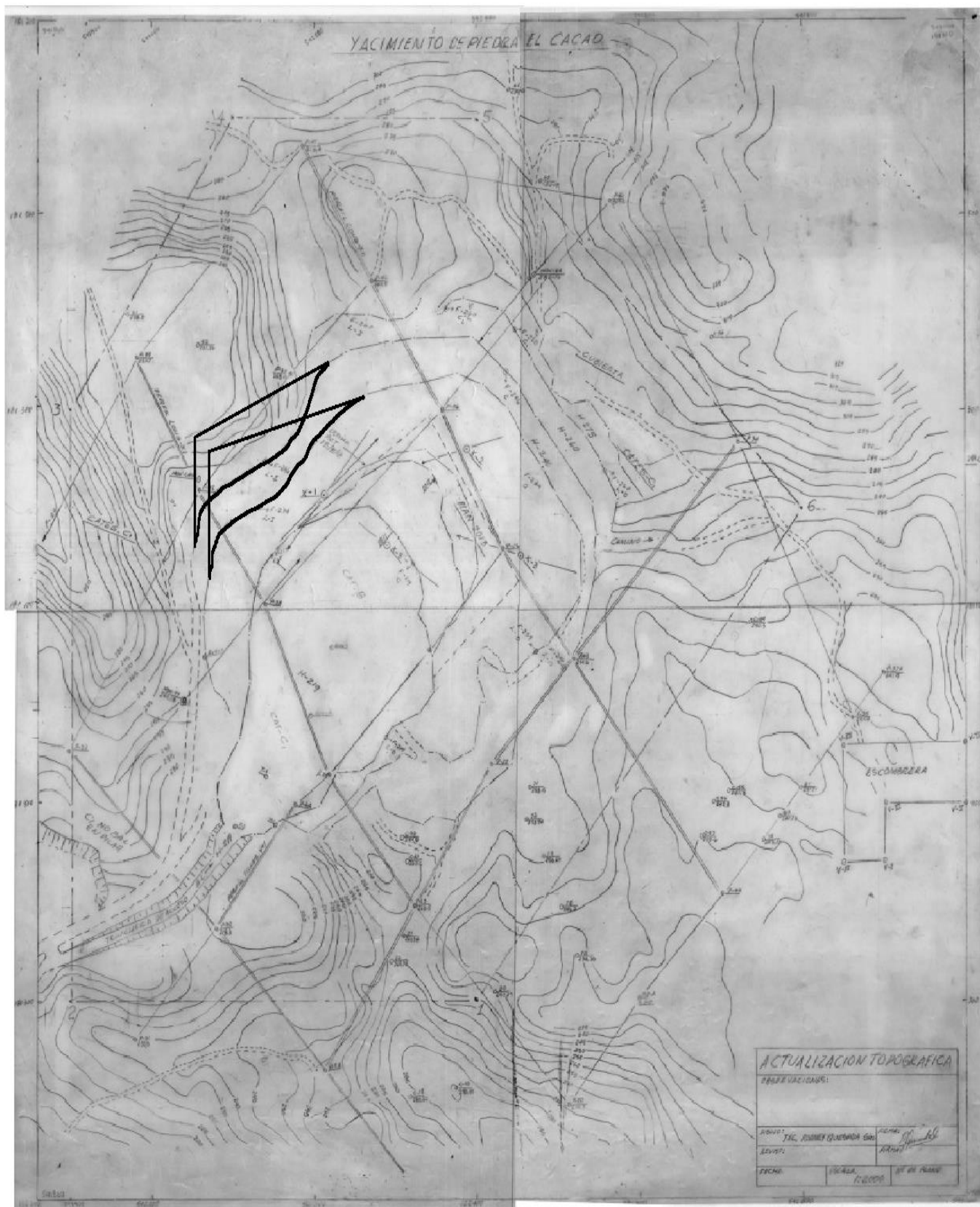
VINET, J.; & REGUEIFEROS, M. 1976: Informe geológico del yacimiento [Informe final sobre los trabajos de exploración detallada del yacimiento de calizas “El Cacao” municipio de Jiguaní provincia de *Granma*.; KALININ, G.].

ANEXOS

PRIMER AÑO DE EXPLOTACIÓN



SEGUNDO AÑO DE EXPLOTACIÓN



YACIMIENTO DE PIEDRA EL CACAH

3

6

ESCOMBERA

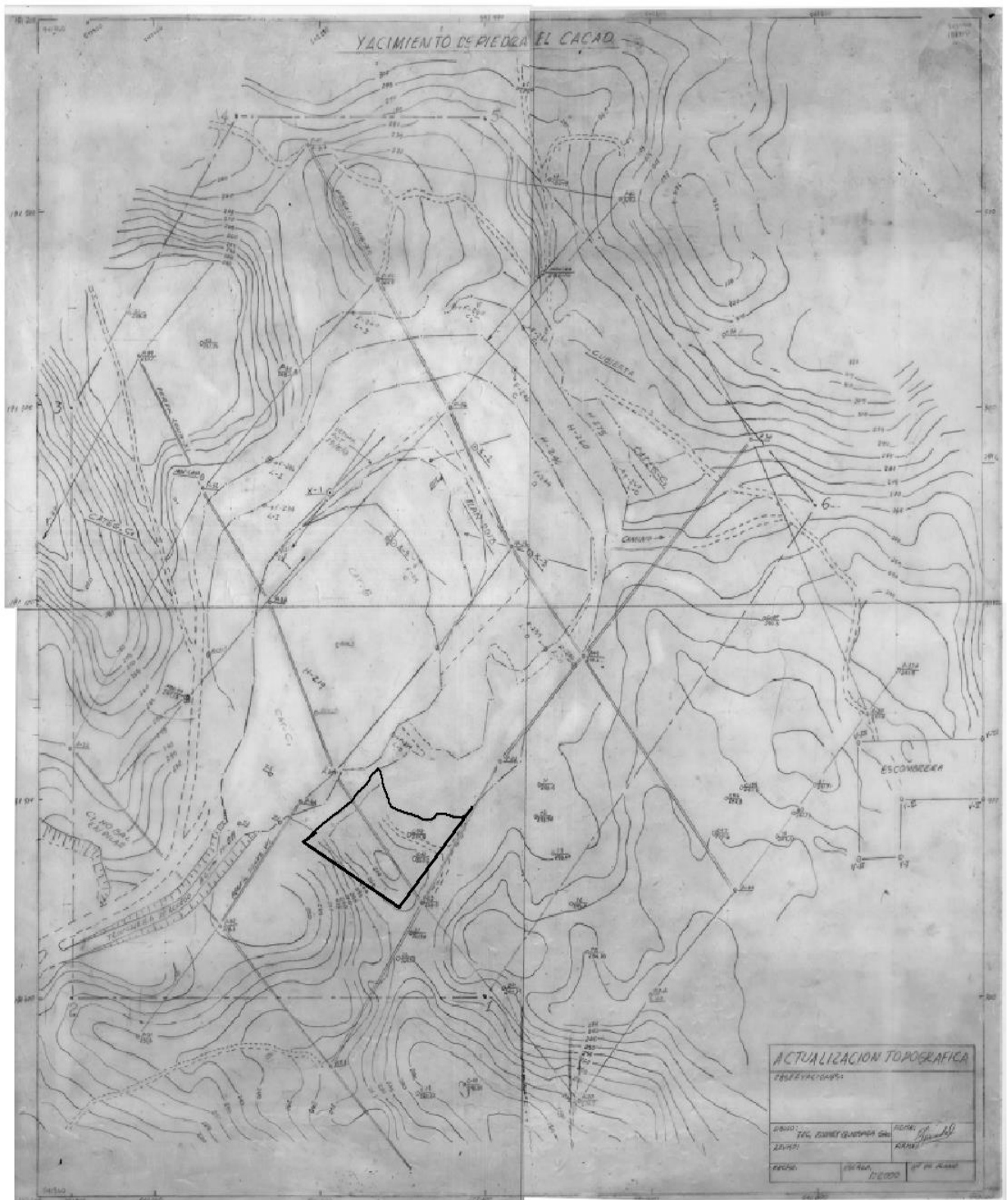
ACTUALIZACION TOPOGRAFICA

FECHA: 1/1/2000

FECHA: 1/1/2000

FECHA: 1/1/2000

CUARTO AÑO DE EXPLOTACIÓ



QUINTO AÑO DE EXPLOTACIÓN

