

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE MINAS

**DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE ROCA ORNAMENTAL TIPO LAJA DEL
FRENTE 2 EN CANTERAS TACARIGUA. C.A UBICADA EN LA
LOCALIDAD DE GAÑANGO, SECTOR MAR AZUL, ESTADO
CARABOBO**

INFORME DE MINERÍA DE CAMPO

Autor Br. Anieska J. Rivero M.

MINERÍA DE CAMPO (3230)

CARACAS, DICIEMBRE DE 2017

MINERÍA DE CAMPO

**DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE ROCA ORNAMENTAL TIPO LAJA DEL
FRENTE 2 EN CANTERAS TACARIGUA. C.A UBICADA EN LA
LOCALIDAD DE GAÑANGO, SECTOR MAR AZUL, ESTADO
CARABOBO**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José Luis Contreras

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Cristian Sánchez

CARACAS, DICIEMBRE DE 2017

**DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE ROCA ORNAMENTAL TIPO LAJA DEL
FRENTE 2 EN CANTERAS TACARIGUA. C.A UBICADA EN LA
LOCALIDAD DE GAÑANGO, SECTOR MAR AZUL, ESTADO CARABOBO**

Tutor Académico: Prof. José Luis Contreras.

Tutor Industrial: Ing. Cristian Sánchez.

Autor: Br. Anieska J. Rivero M.

Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de
Venezuela

Palabras Claves: Roca ornamental, minería a cielo abierto, explotación de canteras

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo establecer un diseño de explotación de roca ornamental en el Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A, debido al agotamiento del recurso mineral en el Frente 1, área donde actualmente se realiza la extracción. La roca ornamental consiste en un Esquisto cuarzo anfibolítico micáceo del cual se genera un producto que se le designa con el nombre de Lajas. Estas labores mineras se realizan de manera artesanal por parte de la Cooperativa Mar Azul utilizando como instrumento martillo y cincel.

El diseño de explotación propuesto cuenta con una altura de banco de 10 m, ángulo de talud de 70°, ancho mínimo operativo de 13,41 m, ancho de berma de 6,5 m y ángulo de *Pit* Final de 45°, definiendo un total de 8 bancos desde la cota 95 hasta la cota 15. Las vías tienen un ancho de 12,5 m y poseen una pendiente de inclinación que no supera los 10° permitiendo facilitar el acceso del equipo de acarreo y garantizando la seguridad de las operaciones mineras. El volumen de recurso mineral estimado del esquisto cuarzo anfibolítico es 95.269 m³ y se espera una producción anual de 4.283 m³, de acuerdo a este ritmo la vida útil de la mina es de 22 años.

Es necesaria la implementación de las recomendaciones mencionadas en el menor tiempo posible con el fin de poner la propuesta en marcha.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Canteras Tacarigua C.A, por permitirme realizar mi trabajo de pasantías en sus instalaciones brindándome para ello todo su apoyo. A su personal conformado por Ing. Cristian Sánchez, Sr Pedro Goncalvez, Ing. Ángel Mercado, Departamento de recursos humanos, departamento de despacho, departamento de mecánica y demás trabajadores por todo el apoyo y atención brindada.

Al Ing. Cristian Sánchez, Jefe de Operaciones de Canteras Tacarigua C.A en su condición de tutor industrial por brindarme sus conocimientos contribuyendo en mi formación profesional y crecimiento personal.

Al Ing. Ángel Mercado por todo el apoyo, comprensión, paciencia y tiempo invertido durante todo el periodo de pasantías.

A Gineska Mellado, Aníbal Rivero y Gianceska Rivero por ser mi fortaleza y mayor motivación para cumplir todas mis metas.

A DIOS y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron en este logro.

A USTEDES MIS AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
I.1 Planteamiento del problema.....	12
I.2 Objetivos de la investigación	13
I.2.1 Objetivo General	13
I.2.2 Objetivos específicos	13
I.3 Justificación.....	13
I.4 Alcance y limitaciones	14
CAPITULO II: GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	15
II.1 Ubicación y Acceso	15
II.2 Reseña histórica	16
II.3 Visión.....	17
II.4 Misión	18
II.5 Valores	18
II.6 Organigrama	19
II.7 Aspectos físicos natural de la zona de estudio.....	19
II.7.1 Relieve.....	19
II.7.2 Geología y suelos.....	20
II.7.3 Clima.....	20
II.7.4 Hidrografia.....	20
II.7.5 Vegetación.....	21
II.8 Areas bajo regimen de administracion especial (ABRAE).....	21
II.8.1 Parque Nacional San Esteban.....	21
II.9 Geología de la zona.....	23
II.9.1 Geología Regional	23
II.9.2 Geología local	24
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO	26

III.1 Antecedentes de la investigación.....	26
III.2 Bases teóricas	27
III.2.1 Rocas ornamentales	27
III.2.1.1 Tipos de rocas ornamentales.....	28
III.2.1.2 Operación extractiva de la roca ornamental tipo laja en canteras tacarigua.....	29
III.2.2 Minería a cielo abierto	33
III.2.2.1 Métodos mineros	33
III.2.2.2 Sistema de explotación	34
III.2.2.3 Criterios de explotación a cielo abierto	36
III.2.2.4 Principales parámetros geométricos	36
III.2.2.5 Principales parámetros operativos	38
III.2.2.6 Operaciones básicas en minería a cielo abierto	39
III.2.2.7 Arranque indirecto.....	40
III.2.2.8 Disponibilidad de los equipos.....	44
CAPITULO IV:MARCO METODOLÓGICO	45
IV.1 Tipo de investigación.....	34
IV.2 Diseño de la investigación.....	45
IV.3 Población y muestra	45
IV.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
IV.5 Procedimiento experimental.....	47
CAPITULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS	49
V.1 Correlación geológica de roca ornamental	49
V.2 Diseño de explotación.....	51
V.3 Estimación de reservas	56
V.4 Escenarios de producción	60
V.5 Patrón de perforación y voladura.....	55
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación relativa de Canteras Tacarigua C.A.....	15
Figura 2: Logo de la empresa	17
Figura 3: Organigrama de la empresa	19
Figura 4: Ubicación del Parque Nacional San Esteban.....	22
Figura 5: División comercial de las rocas ornamentales	28
Figura 6: Proceso extractivo de roca ornamental tipo laja en Canteras Tacarigua C.A.....	29
Figura 7: (A y B) Actividad de separación de lajas haciendo uso de martillo y cincel. (C) Muestra de piedra bruta, (D) Muestra de las lajas.	31
Figura 8: Clasificación de los recursos y reservas según (JORC, 2012).....	32
Figura 9: Explotación de cantera en áridos	35
Figura 10: Explotación de cantera en roca ornamental	35
Figura 11: Terminología utilizada en minería a cielo abierto	37
Figura 12: Principales parámetros operativos	38
Figura 13: Parámetros geométricos de la perforación.....	41
Figura 14: A: Malla de perforación cuadrada o rectangular B: Malla de perforación tres bolillos	43
Figura 15: Metodológico para el diseño de explotación	47
Figura 16: Modelo geológico 3D del esquistos cuarzo anfibolítico micáceo.....	50
Figura 17: Evidencia de la ensilladura de falla (N40W).....	51
Figura 18: Diseño geométrico final de la explotación	53

Figura 19: A) Topografía actual del Frente 2 B) Modificación de la topografía de acuerdo al diseño propuesto	55
Figura 20: Diseño final con representación de roca ornamental y estéril.	56
Figura 21: Roca ornamental tipo laja formateada	59
Figura 22 : Vía de acarreo	64
Figura 23: Distribución de carga de explosivos.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM / Regven del área de concesión de Canteras Tacarigua C.A.	16
Tabla 2: Disponibilidad de los equipos que Canteras Tacarigua C.A designa a la cooperativa mar azul del mes de Mayo 2017	44
Tabla 3: Levantamiento geológico del Frente 1 y el Frente 2	49
Tabla 4: Parámetros geométricos definidos en el diseño de explotación.....	51
Tabla 5: Determinación del ancho mínimo requerido.....	52
Tabla 6: Anchuras mínimas recomendadas para vías mineras.....	54
Tabla 7 : Volúmenes de estimación de recursos	57
Tabla 8: Volumen de remoción de estéril	57
Tabla 9: Comparación de ganancia (lajas) / remoción de estéril.....	58
Tabla 10: Productividad de cargador frontal CAT 980F.....	62
Tabla 11: Escenario de producción del cargador frontal CAT 980F.....	62
Tabla 12: Tiempo de llenado del camión CAT 730	63
Tabla 13: Descripción de vía de acarreo	63
Tabla 14: Descripción de los tiempos de ciclo.....	64
Tabla 15 : Productividad de camión CAT 730.....	65
Tabla 16: Volumen de remoción de estéril.....	65
Tabla 17: Parámetros geométricos de perforación	66
Tabla 18: Características de los explosivos.....	66
Tabla 19: Distribución de carga de explosivos.....	67

Tabla 20: Características de la voladura..... 68

Tabla 21: Descripción de la cantidad de explosivos y accesorios requeridos 68

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo establecer un diseño de explotación de roca ornamental que consiste en un esquisto cuarzo anfibolítico micáceo donde a partir de sus foliaciones se genera un producto que se le designa con el nombre de Lajas, realizado en el Frente 2 de la empresa Canteras Tacarigua ubicada en localidad de Gañango, sector Mar Azul, estado Carabobo con la finalidad de permitir a la Cooperativa Mar Azul continuar con el proceso extractivo de manera artesanal de esta roca, operación que se lleva realizando desde hace 40 años, lo que ha acarreado como consecuencia el agotamiento del recurso mineral por lo que la empresa propone continuar con esta actividad en el Frente 2 donde existe una continuidad geológica con el Frente 1, lugar donde actualmente se realiza el proceso extractivo.

Para dar cumplimiento al objetivo principal de la investigación explicado en el apartado anterior, es necesario que se cumpla con un diseño explotación donde se establezcan criterios ingenieriles aplicados a la minería a cerca del diseño bancos, ángulo de *pit* final, cálculo de reservas, determinación de productividad/hombre ya que al ser una labor artesanal su productividad no depende de una maquinaria sino del rendimiento del trabajador, cálculos de escenarios de producción y definir un patrón de perforación y voladura.

Este trabajo está estructurado en generalidades de la investigación y de la empresa, por consiguiente, el marco teórico donde se sustentan las bases teóricas de la investigación luego el marco metodológico en cual se menciona el proceso experimental para cumplir con los objetivos propuestos seguido por los resultados y el análisis de los mismos y por último conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se menciona el planteamiento de problema, los objetivos planteados, la justificación y los alcances y limitantes de la investigación

I.1 Planteamiento del problema

La empresa Canteras Tacarigua C.A desde el momento en que fue concedido su derecho minero por la Gobernación del estado Carabobo, ha venido extrayendo mármoles de sus frentes de explotación, denominados Frente 1 y Frente 2. Sin embargo, tomando en consideración el aporte social que la empresa debe proporcionar a la comunidad debido a la operación minera realizada, permite a la Cooperativa Mar azul conformada en su totalidad por personas de la comunidad de Gañango extraer de manera artesanal otro recurso mineral no metálico, el cual consiste en un esquisto cuarzo anfibolítico micáceo donde a partir de sus foliaciones se genera un producto que se le designa con el nombre de roca ornamental tipo Laja, utilizando como instrumentos para su obtención el martillo y el cincel.

Esta actividad minera se ha vendido efectuando desde hace aproximadamente 40 años por lo que el recurso mineral se ha venido agotando, por lo tanto, la empresa buscando otras alternativas para el desarrollo de la Cooperativa Mar Azul propone continuar esta operación minera en el Frente 2, ya que existe una continuidad geológica en relación al afloramiento del Frente 1 lugar donde actualmente se realiza la operación artesanal.

Tomando en consideración lo último mencionado con un diseño de explotación se obtendrían los aspectos técnicos-operativos necesarios para el aprovechamiento racional del recurso no metálico, lo que permitiría a la Cooperativa Mar Azul continuar con el desarrollo de sus actividades mineras permitiendo el crecimiento económico de la comunidad de Gañango.

I.2 Objetivos de la investigación

I.2.1 Objetivo General

Establecer un diseño de explotación de la roca ornamental tipo laja del Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A ubicada en la localidad de Gañango, Sector Mar Azul, estado Carabobo.

I.2.2 Objetivos específicos

- Correlacionar el afloramiento geológico de esquisto cuarzo anfibolítico micáceo del Frente 1 con el afloramiento geológico de esquisto cuarzo anfibolítico micáceo del Frente 2.
- Establecer diseño de explotación del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo en el Frente 2.
- Estimar reservas del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo presente en el Frente 2.
- Evaluar escenarios de producción
- Definir un patrón de perforación y voladura.

I.3 Justificación

Esta investigación está dirigida directamente a Canteras Tacarigua C.A los cuales les fue concedida la ejecución de la actividad minera, no obstante, a pesar de que la empresa no percibe un beneficio económico por la actividad minera realizada por la Cooperativa Mar Azul, tiene bajo su responsabilidad cumplir con el aporte social que le ha ofrecido a la cooperativa desde hace aproximadamente 40 años mediante la extracción artesanal de la roca ornamental tipo laja.

Dado que el afloramiento de esta roca ha dejado de ser desde el punto de vista de la seguridad en las explotaciones un riesgo, la empresa ha llevado a cabo un proyecto orientado a la búsqueda de nuevas fuentes de esta roca para continuar con el aprovechamiento del recurso mineral no metálico permitiendo a la cooperativa extender sus recursos, logrando alargar la vida de las operaciones trayendo como beneficio empleos directos a la comunidad de Gañango logrando continuar con su desarrollo económico así como también le permitiría a la empresa Canteras Tacarigua C.A cumplir con el aporte social que le ha ofrecido por años a la cooperativa.

I.4 Alcance y limitaciones

A través de la recopilación de datos geológicos, programas informáticos de hojas de cálculo y programas computacionales especializados en minería se estima obtener un modelo geológico del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo que permita establecer el diseño de explotación del recurso mineral determinando el volumen aprovechable y logrando obtener el ritmo de producción del mismo.

Entre las limitantes de esta investigación se encuentra la falta de perforaciones o realización de calicatas que permita corroborar la extensión del yacimiento, así como también la realización de ensayos geomecánicos para garantizar la estabilidad de los taludes además el limitante factor económico debido a la inversión que conllevaría empezar esta actividad minera en el Frente 2 y por último el condicional tiempo ya que la investigación fue realizada en 8 semanas imposibilitando cumplir todas las actividades mencionadas anteriormente.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se describe la ubicación, acceso y aspectos físicos- naturales de la zona de estudio así como también las generalidades de la empresa.

II.1 Ubicación y acceso

El área minera de extracción y procesamiento corresponde a la concesión minera “Los Viejos”, la cual se encuentra en el sector La Ensenada Mar Azul vía Patanemo, en el Municipio Puerto Cabello del estado Carabobo, específicamente a ambas márgenes de la Carretera Nacional.



Figura 1: Ubicación relativa de Canteras Tacarigua C.A
Fuente: Google Maps

La concesión minera de Canteras Tacarigua C.A está definida por un polígono irregular teniendo un área de 121,33 Has, cuyos vértices están definidos por las coordenadas presentes en la Tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas UTM / REGVEN del área de concesión de Canteras Tacarigua

Punto	Norte	Este
1	1.156.334,82	614.578,93
2	1.156.171,82	615.788,93
3	1.155.202,82	615.646,93
4	1.155.360,82	614.434,93
5	1.156.334,82	614.578,93

Fuente: (Tacarigua, 2015)

El acceso al área operacional, se realiza desde la autopista Valencia-Puerto Cabello, tomando la carretera que conduce a Puerto Cabello, para luego seguir por la vía hacia la población de Gañango recorriendo aproximadamente 3 Km hasta encontrar la entrada de la planta en su margen derecha en el sector Mar Azul.

II.2 Reseña Histórica

La empresa “Canteras Tacarigua, C.A”, se encuentra localizada al Noreste del estado Carabobo, el área actual de explotación, originalmente denominada concesión minera “Los Viejos”, posee antecedentes de la extracción de minerales no metálicos en la zona desde 1955 y bajo la modalidad de concesión otorgada por el Ministerio de Energía y Minas desde 1969; lo cual ha generado una tradición de presencia y resguardo de un área en recuperación, altamente degradada en el pasado, especialmente, debido a la presencia de un antiguo basurero municipal que en oportunidades se ha visto sometido a una presión constante por las invasiones anárquicas.

Contrario a muchas de las industrias, las cuales pueden escoger su sitio de asentamiento, las empresas extractivas mineras, deben situarse justo en las cercanías de la localización del yacimiento tomando en consideración los servicios como energía eléctrica, vías de acceso, etc.

Debido a la composición mineralógica de este yacimiento resaltando el alto contenido de magnesio, carbonatos (96%) y bajo contenido en sílice (3%), hace que el mineral extraído sea una materia prima de excelente calidad para la elaboración de productos en la industria

de la construcción, siderúrgica agricultura, plástico, farmacéutica, pinturas y vidrio, entre otras. Esto ha generado el establecimiento de plantas procesadoras de dicho mineral, las cuales generan empleos e inversión de capital privado, junto al incremento del aporte impositivo ante las entidades administrativas correspondientes.

Durante el período de más de 45 años de extracción continua que se ha realizado, parte del material extraído ha sido empleado en la construcción de obras de infraestructura de relevancia regional como: Los muelles de la refinería El Palito, base de los transformadores de Planta Centro, rehabilitación de las autopistas Puerto Cabello- Valencia, El Palito – Dist. El Cangrejo, El Palito-Morón, carretera Puerto Cabello-Patanemo, ampliación del paseo del malecón, Marina Deportiva de Puerto Cabello, Puerto Pesquero y otras obras de infraestructura realizadas en Diques y Artilleros Nacionales C.A (DIANCA), destacamento Nro. 25 de la Guardia Nacional Bolivariana (GNB), CAVIM, PEQUIVEN, empresas mixtas, IPAPC, CEDIMAGUE, Aviación Naval, Base Naval, resaltando los aportes continuos para el saneamiento de las comunidades de Patanemo, Gañango y Borburata, junto al de materia prima para las industrias procesadoras de minerales. En la Figura 2 se ilustra el logo de la empresa.



Figura 2: Logo de la empresa

Fuente: Departamento de Recursos Humanos

II.3 Visión

Canteras Tacarigua, C.A., es una empresa minera que opera con eficiencia en sus inversiones; cuenta con reservas de mármoles calcíticos-dolomíticos dentro de su área de concesión que garantizan su desarrollo sustentable en el mediano y largo plazo, siempre

realizando las labores mineras con responsabilidad hacia el entorno urbanístico y el medio ambiente.

II.4 Misión

Producir agregados para construcción, garantizando la creación de valor para la gerencia, asegurando la continuidad del proceso de explotación del mineral, brindando oportunidades de desarrollo para nuestros trabajadores y las comunidades vecinas. Mantener el compromiso de operar y desarrollar nuestros proyectos con eficacia, seguridad, responsabilidad social y ambiental.

II.5 Valores

Los miembros de Canteras Tacarigua, C.A. mantienen que para la consecución de la Visión y Misión se vivirá y se difundirán los siguientes valores:

- Respeto a la vida de nuestros trabajadores.
- Trabajar en Canteras Tacarigua, C.A. es un orgullo y una responsabilidad.
- Reconocimiento a los trabajadores responsables que poseen valentía y liderazgo.
- Fomento del trabajo en equipo e interdisciplinario.
- Perseguir la excelencia.
- Apoyar la innovación para defender los principios de Canteras Tacarigua, C.A. como empresa creativa.
- Compromiso con el desarrollo sustentable en nuestras labores.

II.6 Organigrama

La empresa Canteras Tacarigua, C.A., posee un organigrama cuya estructura se muestra en la Figura 3.

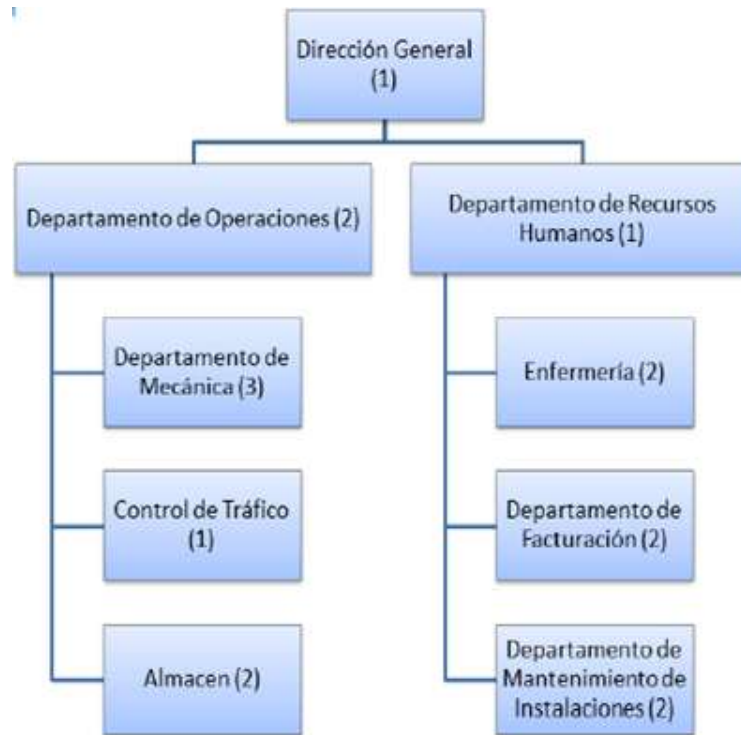


Figura 3: Organigrama de la empresa

Fuente: Departamento de Recursos Humanos

II.7 Aspectos físicos -natural de la zona de estudio

De acuerdo al (INE,2011) el Municipio Puerto Cabello presenta las siguientes características físicas:

II.7.1 Relieve

El tipo de paisaje predominante es el de montaña, con relieves propios de estas unidades, el cual generalmente es quebrado y con topografía de pendientes predominantes entre 20% y 30%. También es posible encontrar amplios valles como el de los ríos Patanemo y Borburata, en donde se observan medios depositacionales generalmente de pendientes menores al 5%, donde se desarrollan las localidades con iguales nombres. La localidad de

Puerto Cabello se desarrolla en una pequeña franja litoral, característica de un medio depositacional de litoral marino, con tierras generalmente planas aunque ligeras inclinaciones y pendientes.

II.7.2 Geología y suelos

La unidad geológica predominante data del Mesozoico. La litología está constituida principalmente por un esquisto cuarzo micáceo, de granulación gruesa a fina; con capas de conglomerados duros intercaladas, gneises microclínicos y calizas; también se encuentran afloramientos de orto-gneises graníticos de Sebastopol, bastante diaclasados y meteorizados en superficie, formando un suelo caolinítico por la descomposición de los feldespatos. El suelo es de textura arenosa en la franja litoral, franco arcillosa en el valle del río San Esteban y residuales de poca profundidad hacia el sistema montañoso litoral de la Cordillera de La Costa.

II.7.3 Clima

La temperatura media anual es de 27° C, teniendo como mínima 23° C y máxima en 30° C. La precipitación promedio es de 475 mm anuales (estación Puerto Cabello), tiene un patrón de distribución temporal con régimen bimodal con máximos en Agosto y Noviembre. En los meses de Enero y Febrero se manifiesta la sequía.

II.7.4 Hidrografía

Entre los ríos más importantes se encuentran el Urama, Morón, Sanchón, Goaigoaza, Aguas Calientes, San Esteban, Patanemo, Borburata y Valle Seco. En la extensión de costa porteña se ubican lagunas litorales de las cuales se destacan Bocaína y Yapascua.

II.7.5 Vegetación

La cobertura vegetal predominante es la de bosques tropófilos basimontanos deciduos (entre 300- 600 msnm); con altura del dosel de baja a media (10-20 mts), de uno a dos estratos arbóreos y un sotobosque denso. Por debajo de los 300 msnm., se desarrollan arbustales xerófilos litorales, y sobre los 600 msnm., se desarrollan bosques ombrófilos sub mónicos; bosques ombrófilos sub montanos y semideciduos estacionales que presentan de dos a tres estratos arbóreos, densos, de altura media.

II.7.6 Sismicidad

Según el mapa de Zonificación Sísmica de FUNVISIS, el municipio se emplaza en una región con peligro sísmico medio-alto (zona 4), esto debido a la influencia directa de la falla de Morón.

II.8 Áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE)

II.8.1 Parque Nacional San Esteban

El Parque Nacional San Esteban está ubicado en el estado Carabobo, tramo occidental de la Serranía del Litoral de la Cordillera de la Costa Central, entre los municipios Naguanagua, San Diego, Guacara y Puerto Cabello. Posee una superficie de 43.500 hectáreas por decreto N° 1714 de fecha 27 de junio de 1991 y publicado en Gaceta Oficial N° 34759 el 19/09/1991. En la Figura 4 se ilustra la ubicación del mismo.



Figura 4: Ubicación del Parque Nacional San Esteban

Fuente: ((INE), 2011).

Este Parque Nacional se crea con el fin de proteger y preservar recursos biológicos, culturales, históricos y escénicos de importancia y relevancia nacional e internacional. Así como también, la preservación de las cuencas altas de importantes ríos esenciales para el consumo del agua de la región y la recuperación del Lago de Valencia. También se encuentran importantes recursos arqueológicos precolombinos. Son importantes los petroglifos y menhires de Vigirima, Piedra Pintada y petroglifos de la Josefina. Se han preservado importantes cementerios indígenas pertenecientes a los grupos étnicos Araguas y Caribes que se encuentran en el sector Tronconero y Borburata.

San Esteban contiene una gran variedad de ecosistemas dentro de sus límites. Abarca la vertiente Sur y Norte de la Cordillera de la Costa e incluye una zona marino-costera en el Caribe con lagunas, playas e islas con arrecifes coralinos. Aproximadamente el 68% de la cobertura vegetal del parque corresponde a bosques de diversos tipos, de los cuales menos del 2% se considera intervenido o alterado.

El relieve es accidentado de pendientes pronunciadas y alturas que varían desde el nivel del mar hasta los 1.830 m.s.n.m., en el cerro Villalonga. Estas variaciones de altitudes determinan los cambios importantes en el paisaje, clima y vegetación, existiendo formaciones vegetales y especies animales de gran valor científico por su carácter

endémico. El parque posee un valioso recurso hídrico, de él nacen numerosos ríos tales como: Los Guayos, Cabriales, Agua Linda, Trincheras, Miquija, Goaigoaza, San Esteban, Borburata, entre otros, que drenan sus aguas hacia el Lago de Valencia.

Con respecto a la fauna se pueden mencionar, Avifauna: Paují, soisola, guacharaca, paloma montañera, loro, guaro, nicotibio gris, tucuso, lechuza de montaña, el conoto aceituno, el campanero, el querrequerre y el arrendajo. Mamíferos: la danta, el puma, el cunaguaro, el oso melero, el venado maticán, cuerpoespin, el zorro guache. Ofidios: mapanare, la tigrá mariposa, la coral y cascabel.

II.2.9 Geología de la zona

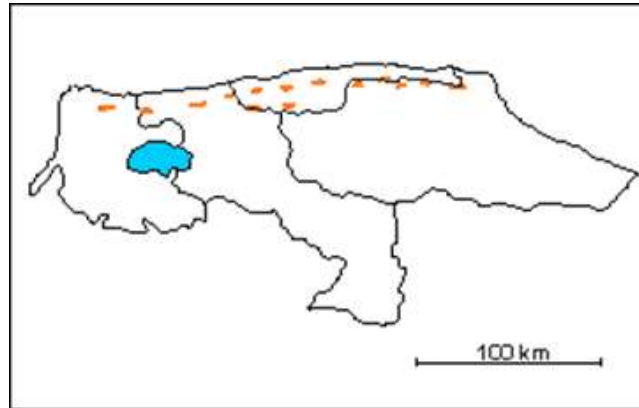
II.2.9.1 Geología Regional

El estado Carabobo cuenta con una geología compleja y heterogénea debido al emplazamiento geotectónico al cual pertenece la región; muestra estructuras como anticlinales, sinclinales, y fallas, que le confieren aproximadamente un 75% a todo lo largo de su territorio condiciones de un relieve montañoso propio de la Cordillera de la Costa. Dengo (1951).

Regionalmente, el yacimiento de mármol otorgado bajo la figura de Concesión Minera a la empresa “Canteras Tacarigua CA”, forma parte de la provincia metamórfica de la Fase Antímáno, Formación Las Brisas y Formación Las Mercedes, una importante unidad que conforma la parte inferior del Grupo Caracas, la cual atraviesa toda la Cordillera de la Costa y aflora extensamente entre el estado Miranda y el estado Yaracuy. En la zona de la concesión se observan secciones y un gran bloque de rocas metamórficas pertenecientes a las mismas formaciones indicadas anteriormente.

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela se tiene a continuación la descripción de la Formación Antímáno la cual se correlaciona con las rocas presentes en la Cantera.

Formación Antímano



Dengo (1951) describe esta Formación como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de pirita, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceos, y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage". El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%).

En la región del Camino de los Españoles, Parque Nacional El Avila, Ostos (1981) describe su Unidad de esquisto cuarzo-muscovítico y mármol cuarcífero equivalente a esta Fase, encontrando los siguientes tipos litológicos: esquisto cuarzo-muscovítico, mármol y esquistos calcáreos, esquisto cuarzo-feldespático y feldespático, cuarcita muscovítica-feldespática, epidocita y glaucofanita granatífera.

Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes. En la zona de Antímano y Mamera, los lentes de mármoles y rocas anfibólicas, que alcanzan a veces grandes dimensiones longitudinales, se hallan embutidos en esquistos de diversos tipos, especialmente los correspondientes a la Formación Las Brisas (Cantisano, 1989).

II.2.9.2 Geología Local

Localmente el material que se presenta en el área de operaciones minera de “Canteras Tacarigua C.A”, está constituido por Calizas, dolomitas y un gneis muy meteorizado, casi

disgregado en su superficie y muy friable en zonas más frescas y superficiales. Está laminado horizontalmente hasta el punto donde la delgadez de las láminas, dan un aspecto de paquetes esquistosos.

Sin embargo, para el caso de el afloramiento de roca ornamental, la litología presente es esta área está constituida por la unidad de esquistos cuarzo anfibolitico micáceo.

La roca fresca es de color gris clara a oscuro con tonalidades rojizas debido a la presencia de materiales oxidados, es de grano fino a medio, con tamaño promedio 0,2mm, mostrando planos de foliación bien desarrollados, presentando alternancias con capas blanquecinas de cuarcitas. Además se observa localmente la presencia de grafito moteado en esquistos, el grafito se presenta en motas de hasta 7 cm, en contacto con capas que presentan cristales de pirita de hasta 0,3mm y granate de hasta 2 cm de longitud (Gomez & Mayora, 2006).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollan los antecedentes y bases teóricas que sustentan la investigación.

III.1 Antecedentes de la investigación

Sánchez, Marcos (2015) *Diseño de un nuevo sistema de explotación y laminación de rocas dimensionales del Ejido de Chapantongo, Hidalgo*. TESIS. “Tiene como objetivo prestar asesoría a la pequeña minería de la comunidad de Chapantongo, los cuales dedican parte de sus actividades a la extracción de roca ornamental por lo cual se propone un sistema de explotación y el diseño de una planta de laminación para aumentar la producción y el valor de producto final”.

Álvarez, Iván (2006) *Plan de explotación minero de la cantera “C.A Cantera Yaracuy”, municipio la trinidad, Sector Las Casitas, estado Yaracuy*. TESIS. “Se propone un método de extracción basado en las características y estructuras del macizo rocoso así como también modelos de las operaciones de carga, acarreo, voladura para la puesta en marcha de las operaciones”.

Mercado, Ángel (2016). *Evaluación económica de las actividades mineras del Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A ubicada en la localidad de Gañango, estado Carabobo*. TESIS. “Se determinó a través de la correlación geológica realizada en el Frente 1 y Frente 2, que ambos frentes de extracción corresponden a la misma unidad litológica, denominada unidad de mármol.”

Gómez, Alexis; Mayora, Milagros (2006). *Caracterización geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, distrito Puerto Cabello*. TESIS. “Se definió las unidades litológicas presentes en el sector además el área que ocupa cada una de ellas”.

III.2 Bases teóricas

III.2.1 Rocas ornamentales

El término “roca ornamental” se define comúnmente como una piedra natural que ha sido seleccionada y sometida a un proceso industrial por el que ha sido desbastada o cortada a determinadas formas o tamaños con o sin o algunas superficies labradas mecánicamente. Esta definición acoge un amplio rango de piedras, desde la más basta hasta la más procesada. Sin embargo, generalmente se acepta que la definición se refiera a bloques, planchas y materiales pulidos usados principalmente en los edificios construcción de monumentos y arte funerario.

Según (Herrera, 2006) las rocas ornamentales son un grupo especial de la Piedra natural que adquieren un mayor interés comercial y económico debido a:

- Su vistosidad.
- Belleza.
- Características físicas-mecánicas (textura, durabilidad,etc).
- Aptitud para el pulido (salvo en el caso de la pizarra donde se considera la actitud al lajado).

Gracias a esas propiedades y su atractivo, constituyen la materia prima de una industria que, después de un proceso de elaboración, permite su comercialización y utilización en aplicaciones tan variadas como son:

- Materiales nobles de construcción.
- Materia prima de trabajos de cantería.
- Elementos de ornamentación.
- Arte funerario y escultórico.
- Objetos artísticos y variados.
- Proyectos urbanos que siguen tradiciones locales.

III.2.1.1 Tipos de Rocas Ornamentales

De acuerdo a (Herrera, 2006) la división comercial de rocas ornamentales más comúnmente aceptada se hace atendiendo a su dureza o resistencia al corte y cizalladura y a sus aplicaciones, las mismas se ilustran en la Figura 5.



Figura 5: División comercial de las rocas ornamentales

Fuente: Elaboración propia

- Grupo de las pizarras: Está constituido por materiales relativamente blandos, cuya génesis ha sido sedimentarias, evaporítica y en algunos casos metamórfica, pero en general con unas resistencias a la compresión menores de 400 kg/cm^2 (40 MPa).
- Grupo de los mármoles, calizas marmóreas y similares: Se trata de materiales de origen mayoritariamente metamórfico y con unas resistencias inferiores a los 1.000 kg/cm^2 y superiores a los 400 kg/cm^2 .
- Grupo de los granitos y similares: Está constituido por granitos poco alterados, pórfidos, dioritas sienitas, gabros, dunitas, etc., en general rocas de origen ígneo, y con unas resistencias que pueden ser superiores a los 2000 kg/cm^2

- Otras piedras: Areniscas, cuarcitas, calizas fosilíferas, serpentinitas, alabastros, etc.

III.2.1.2 Operación extractiva de la roca ornamental tipo laja en Canteras Tacarigua

Mediante la observación de campo la operación de extracción consiste en obtener en principio bloques primarios (piedra bruta) generalmente de formas prismáticos, siendo posteriormente subdivididos en bloques secundarios a partir de las foliaciones presentes en el esquistos cuarzofanítico micáceo, obteniendo la denominada roca ornamental tipo laja utilizando como instrumento el martillo y el cincel. En la Figura 6, se ilustra el proceso de extracción artesanal realizada por la cooperativa Mar Azul.



Figura 6: Proceso extractivo de roca ornamental tipo laja en Canteras Tacarigua

Fuente: Elaboración propia

La primera fase consiste en obtener un bloque primario (piedra bruta) mediante un arranque indirecto realizado a través de perforación y voladura, esta operación se fundamenta en la disposición de los barrenos de acuerdo a una malla de perforación 4 x 4, teniendo estas dimensiones con la finalidad de obtener bloques de roca de gran tamaño que permita realizar por consiguiente la operación artesanal de obtención de lajas.

Posteriormente los barrenos son cargados con explosivos, utilizando como iniciador Booster de Pentolita, emulsiones y ANFO como carga de fondo y carga de columna respectivamente, logrando la fragmentación de la roca obteniendo finalmente el bloque primario (piedra bruta). La empresa Canteras Tacarigua C.A es la encargada de realizar la operación unitaria de arranque indirecto y cubrir con los costos asociados a la misma.

Una vez se ha realizado la perforación y voladura se procede a efectuar la remoción del material estéril haciendo uso de maquinarias que forman parte de la flota de equipos de Canteras Tacarigua C.A, específicamente el cargador frontal CAT 980F, equipo que se presta a la Cooperativa Mar Azul para realizar esta operación, siendo el equipo de carga con mejor disponibilidad física y utilización efectiva así como también la retroexcavadora CAT 350, sin embargo, en el momento en que realizó esta investigación no se encontraba operativa.

Luego de haber realizado la remoción de estéril, la Cooperativa Mar Azul organizadas en cuadrillas integradas de 6 a 15 personas, procede a realizar de manera artesanal, haciendo uso de martillo y cincel como instrumentos el proceso de separación en capas (foliaciones) del bloque primario (piedra bruta), obteniendo lajas de aproximadamente 3cm de espesor. Una vez lograda la separación de las lajas se proceden a realizar cortes de manera que tengan unas dimensiones aproximadas de 30-40 cm de largo y 15-20 cm de ancho. En la Figura 7, se muestra la actividad mencionada y el producto final.



Figura 7: (A y B) Actividad de separación de lajas haciendo uso de martillo y cincel. (C) Muestra de piedra bruta, (D) Muestra de las lajas.

Fuente: Elaboración propia

III.2.2 Recursos y Reservas

El Código *JORC* o Código de Australasia para la presentación de informes de resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena (2012) establece la relación general entre los resultados de la exploración y los recursos y reservas minerales, tomando en cuenta los niveles de confianza en los conocimientos geológicos y consideraciones técnicas y económicas (JORC, 2012) citado por (Méndez, 2017). Esta relación se muestra en la Figura 8.

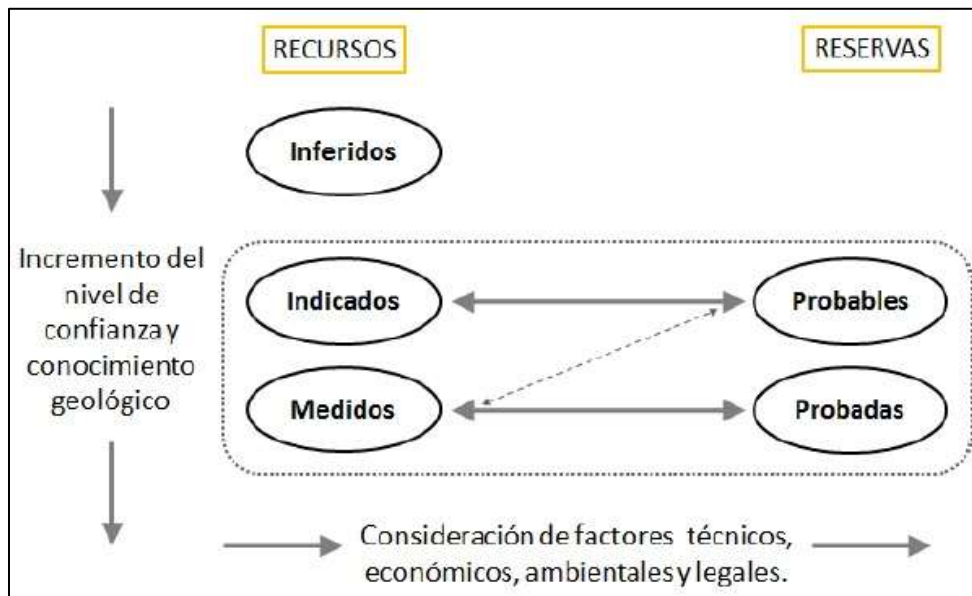


Figura 8: Clasificación de los Recursos y Reservas según (JORC, 2012)

Fuente: (Mendez, 2017)

Recurso mineral: Es una concentración u ocurrencia de material sólido en la corteza terrestre, de tal forma, cantidad, y calidad que existe una perspectiva razonable acerca de su potencial técnico-económico. La ubicación, tonelaje, continuidad, entre otras características geológicas de un recurso mineral, son determinadas a partir de evidencias geológicas, metalúrgicas y tecnológicas. Los recursos minerales se subdividen en orden creciente de confianza geológica en: Inferidos, indicados y medidos.

- **Recurso mineral inferido:** Es aquel donde se determina el tonelaje, ley y contenido de mineral a base de muestreos limitados. La evidencia geológica es suficiente para asumir pero no para certificar la continuidad geológica ni la ley del yacimiento.
- **Recurso mineral indicado:** Es aquel donde puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. La evidencia geológica, deriva de la exploración superficial, sondeos, toma de muestras.
- **Recurso mineral medido:** Es aquel donde puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de

mineral. Se basa en la exploración detallada y sondeos bastante cercanos entre sí, suficientes para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.

Reserva mineral: Es la porción económicamente explotable de un recurso mineral medido o indicado, demostrada por un estudio de pre-factibilidad o factibilidad. Dicho estudio, debe considerar los factores técnicos, de procesamiento metalúrgico, infraestructura, ambientales, legales, entre otros, que garanticen que la extracción es económicamente justificable.

- **Reserva Probable:** Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral indicado donde se han realizado evaluaciones apropiadas para la fecha y así justificar razonablemente que la extracción puede efectuarse.
- **Reserva Probada:** Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido donde se han realizado evaluaciones apropiadas para la fecha y así justificar razonablemente que la extracción puede efectuarse.

III.2.3 Minería a Cielo Abierto

III.2.3.1 Métodos mineros

Según (Herrera, 2006) el método minero es un proceso iterativo que permiten llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistema, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria.

En principio existen tan solo existe actualmente tres métodos, en su sentido más amplio que son:

- El método de explotación por minería a cielo abierto.
- El método de explotación por minería de interior o minería subterránea.
- El método de explotación por sondeos.

La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben remover, la disposición del yacimiento y recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/ mineral con que se debe extraer ese último.

III.2.3.2 Sistema de explotación

(Herrera, 2006) Menciona que una selección de los submétodos clásicos de minería a cielo abierto (MCA) es:

- Cortas
- Transferencia
- Descubiertas
- Terrazas
- Contornos
- Canteras
- Graveras

Canteras

Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción (minerales no metálicos). Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

Antiguamente, debido al valor relativamente pequeño que tenían los materiales extraídos, las canteras se situaban muy cercanas a los centros de consumo y poseían unas dimensiones generalmente reducidas.

Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

El primero, donde se desea generar un todo en uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de

áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se desarrollan en grandes alturas de banco.

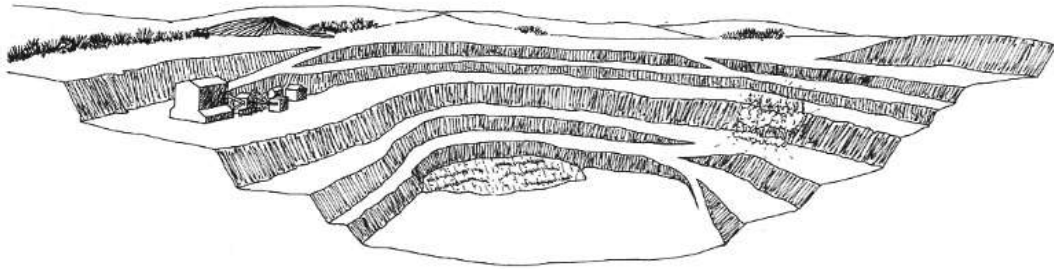


Figura 9: Explotación de Cantera en áridos

Fuente: (Herrera, 2006)

El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

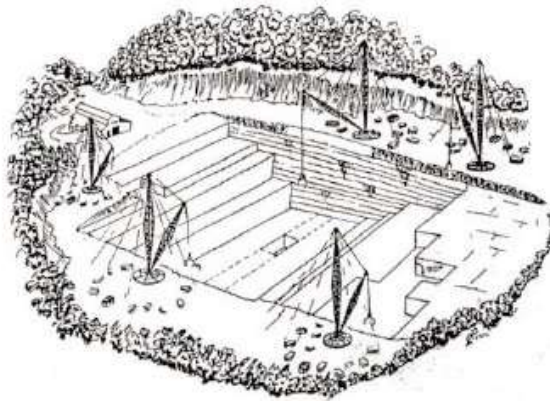


Figura 10: Explotación de Cantera en Roca Ornamental

Fuente: (Herrera, 2006)

III.2.3.3 Criterios de explotación a cielo abierto

De acuerdo a (Bustillo & Lopez, 1997) para el diseño de una mina a cielo abierto se tiene que haber cubierto la etapa de investigación geológica, del cual se obtendrá todas las características litológicas y estructurales, que permitirán determinar la geometría de la fosa final y establecer la planificación de las labores, el control, la revisión de la calidad de los minerales y, en suma, la rentabilidad del negocio.

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se deben tener en cuenta 4 grupos de parámetros:

- Geométricos: Función de la estructura morfológica del yacimiento, pendiente del terreno, límites de propiedad, etc.
- Geotécnicos: Pendientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento cambios litológicos, secuencia estratigráfica, etc.
- Operativos: Dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad.
- Medioambientales: Aquellos que permiten la ocultación a la vistas de los huecos o escombreras, facilitando la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

III.2.3.4 Principales parámetros geométricos

En la Figura 11, se ilustra los principales parámetros de diseño que configuran el diseño de una explotación a cielo abierto de acuerdo a (Bustillo & Lopez, 1997).



Figura 11: Terminología utilizada en minería a cielo abierto

Fuente: (Bustillo & Lopez, 1997)

Dónde:

- Banco: Es el modulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril o mineral.
- Altura de banco: Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es igual, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.
- Talud del banco: Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea máxima pendiente de la cara del banco.
- Talud de trabajo: Es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra algunos de los tajos o plataformas de trabajo. Es, pues, una pendiente provisional de la excavación.
- Berma: Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la explotación sobre los taludes finales que contribuyen a mejorar la estabilidad y las condiciones de estabilidad.
- Talud final de explotación: Es el ángulo de talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie de banco inferior y la cabeza superior.

III.2.2.5 Principales parámetros operativos

Los parámetros operativos de diseño de explotación a cielo abierto de acuerdo a (Bustillo & Lopez, 1997) son:

- Altura del banco: Se establece en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga y de las características del macizo rocoso.
- Anchura de tajo: Se define como la anchura mínima de banco de trabajo la suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquina a que trabaja en ellos simultáneamente.

En la Figura 12, se representan los tres procesos básicos que tienen lugar en el interior de una mina: perforación, carga y transporte, y que pueden o no simultanearse en el mismo banco.

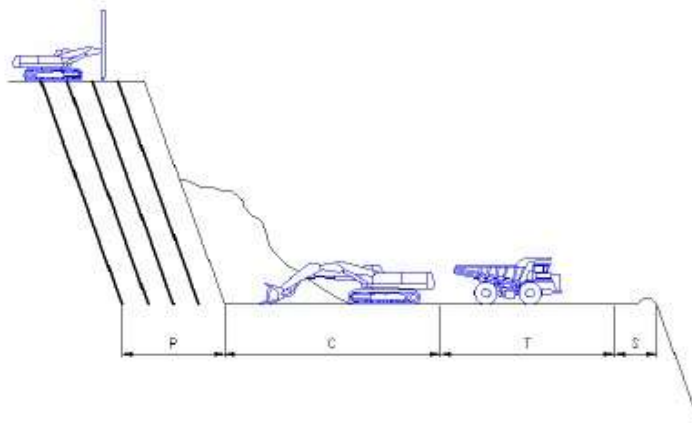


Figura 12: Principales parámetros operativos

Fuente: (Bustillo & Lopez, 1997)

Dónde:

P: Medida correspondiente a la perforación, será la que ocupe la máquina perforadora.

C: Anchura de la zona de maniobras de la máquina que realiza la carga.

T: Anchura correspondiente al equipo de acarreo.

S: Anchura de seguridad hasta el borde del banco.

- Ángulo de la cara del banco: Este valor va en función de dos factores: tipo de material y altura de banco.
- Bermas: Son áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los frentes de los bancos superiores. La altura o separación entre bermas así como su anchura, son función de las características geotécnicas del macizo de explotación.
- Pistas y rampas: Las pistas son caminos por los cuales se realiza el transporte habitual de materiales dentro de la explotación, es decir, por los que circulan las unidades de acarreo. También las rampas se utilizan exclusivamente como acceso a los tajos de las máquinas que realizan el arranque y su servicio esporádico.

III.2.2.6 Operaciones básicas en minería a cielo abierto

El ciclo de explotación minera se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas, tanto al material estéril como al mineral. Según las condiciones del proyecto que se está llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión es hacer que se cumplan con la mayor eficiencia posibles las operaciones básicas pertinentes.

Las fases que engloban el ciclo minero son generalmente las siguientes:

Arranque: Es la primera de las operaciones para el movimiento de los materiales, y consiste en fragmentar estos a un tamaño adecuado para su posterior manipulación por los equipos de fases subsiguientes.

La fragmentación de la roca puede efectuarse fundamentalmente por dos métodos bien definidos:

- Indirectos: Por medio de la energía liberada por los explosivos colocados en el interior de macizo rocoso a través de barrenos.
- Directo: Por la acción mecánica de un equipo.

Carga: Consiste en la recogida del material ya fragmentado para depositarlo seguidamente, en la mayoría de los casos, sobre otro equipo o instalación adyacente.

Acarreo: Se basa en el desplazamiento de los diferentes materiales hasta la planta de tratamiento, en el caso de los minerales, o hasta los vertederos, en el caso de los estériles.

La carga y acarreo representan las operaciones básicas necesaria para alcanzar la producción en un una mina, por ello es necesario establecer los siguientes criterios tomados de SME, 1992.

1. Productividad teórica de la pala

$$PT = \text{Volumen por pase} * \text{factor de llenado} * \text{pase por hora} * \text{eficiencia} \quad \text{Ecuación 1}$$

1. Tiempo de acarreo y retorno

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{longitud del tramo}}{\text{velocidad}} \quad \text{Ecuación 2}$$

2. Numero pases

$$N^{\circ} \text{ de pases} = \frac{\text{Capacidad del camion}}{V.pase} \quad \text{Ecuación 3}$$

3. Tiempo de ciclo

$$T_{tc} = T_{Ubic} + T_{carga} + T_{acarreo} + T_{descarga} + T_{retorno} \quad \text{Ecuación 4}$$

4. Productividad teórica del camión

$$PT = \text{Capacidad de la caja} * \text{factor de llenado} * \text{ciclo por hora} * \text{eficiencia} \quad \text{Ecuación 5}$$

5. Productividad real de equipos de carga y acarreo

$$PR = PT * \text{Utilización efectiva} * \text{disponibilidad física} \quad \text{Ecuación 6}$$

III.2.2.7 Arranque indirecto

Perforación: Es la primera operación de la explotación de una mina o cantera, el propósito de la misma en las operaciones minera, lo constituye la apertura de un hueco para

la colocación de explosivos (Contreras,2009). La perforación está condicionada de acuerdo a unos parámetros geométricos, los cuales se ilustran en la Figura 13.

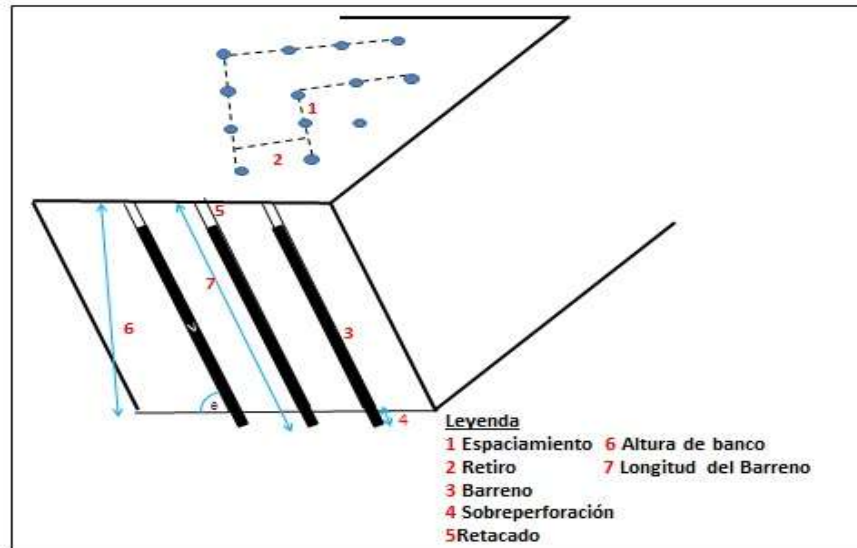


Figura 13: Parámetros geométricos de la perforación

Fuente: Elaboración propia

- Altura de banco: Se establece en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga y de las características del macizo rocoso.
- Longitud del Barreno: Longitud de perforación realizada en el área a volar definida por la altura del banco.

$$L=H +Sp \quad \text{Ecuación 7}$$

- Diámetro del Barreno: Definido por el diámetro de la broca de perforación, diseñado según las características del macizo rocoso, el grado de fragmentación deseado, la altura del banco, configuración de las cargas y por el equipo de perforación seleccionado.
- Burden o retiro: Distancia más corta a la cara libre, en una malla de perforación, esta variable depende del diámetro de la perforación, de las propiedades de la

roca, de los explosivos a utilizar, de la altura del banco y el grado de fragmentación y desplazamiento del material deseado.

$$B_{\max} = \frac{D}{33} \sqrt{\frac{dS * RWS}{C * F * (\frac{S}{B})}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

Bmax: Burden máximo (m).

D: Diámetro del barreno (mm).

dS: Densidad del explosivo en g/cm³

RWS: Potencia relativa en peso del explosivo.

C: Constante de roca.

F: Constante que depende de la inclinación de los barrenos, siendo F=1 para barrenos verticales, F=0.90 para barrenos inclinados 3:1 y F=0,85 para barrenos inclinados 2:1.

- Espaciamiento: Distancia más larga entre barrenos de una misma fila en una malla de perforación, así como en el cálculo del Burden, esta variable depende del retiro.

$$S = 1,25B \quad \text{Ecuación 9}$$

- Malla de Perforación: Representa la disposición de los barrenos en el terreno definida por el espacial Burden o retiro y espaciamento. Esta disposición puede realizarse de acuerdo a 2 esquemas: cuadrado o rectangular y tresbolillos, el cual replantea los barrenos en forma de triángulos rectángulos. Estas configuraciones se ilustran en la Figura 14.

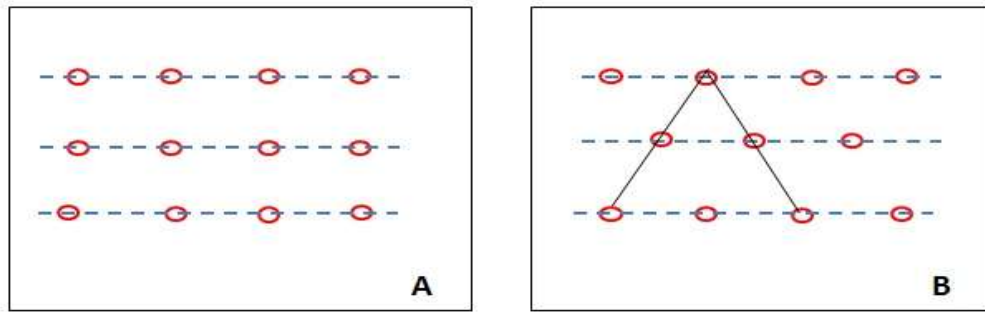


Figura 14: A: Malla de perforación cuadrada o rectangular B: Malla de perforación tres bolillos

Fuente: Elaboración propia

- Retacado: Volumen del barreno relleno de material inerte generalmente en superficie.

$$T=0,7 B$$

Ecuación 10

- Sobreperforación: Es la longitud del barreno por debajo del nivel del piso que se necesita para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista.

$$Sp=0,3 B$$

Ecuación 11

- Ángulo de Inclinación del Barreno: Corresponde al ángulo (β) que se le da a la perforación respecto a la vertical y que se encuentra relacionado con los parámetros geotécnicos de la roca.

Voladura: Esta precede a la perforación, la cual está asociada a la fragmentación del material consolidado (generalmente roca) in situ. Al igual que la perforación está condicionada por variables geométricas tales como propiedades del macizo rocoso, esquemas de perforación, tipo de explosivo, consumo específico o factor de energía, tiempos de retardos y secuencia de encendido (Contreras,2009). Para ello es necesario realizar el cálculo de la distribución de cargas, empleando los criterios y fórmulas de Konya, 1998, tales como:

$$1. \text{ Concentración de carga lineal } q_f = \frac{(\partial EXP * (Db)^2)}{1276} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$1. \text{ Altura de carga de fondo } h_f = 1,3 * B_{\max} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$2. \text{ Altura de carga de columna } h_c = L_b - T - S_p - h_f \quad \text{Ecuación 14}$$

$$3. \text{ Factor de carga } F_C = \frac{(q_f * h_f) + (q_c * h_c)}{B * S * H} \quad \text{Ecuación 15}$$

III.2.2.8 Disponibilidad de los equipos

Los equipos de carga y acarreo presentes en Canteras Tacarigua, C.A, pasan por un control diario de sus actividades, el cual es registrado indicando su disponibilidad física, disponibilidad mecánica y disponibilidad de uso, todo esto con la finalidad de llevar registros de su funcionamiento real.

Para la obtención de la roca ornamental tipo laja la empresa Canteras Tacarigua C.A le suministra a la Cooperativa Mar Azul dos equipos de carga para que hagan la operación de remoción de estéril, los cuales son: el cargador frontal CAT 980F y retroexcavadora CAT 350. En la Tabla 2, se presenta la disponibilidad de dichos equipos de carga.

Tabla 2: Disponibilidad de los equipos que Canteras Tacarigua C.A designa a la Cooperativa Mar Azul del mes de mayo 2017

EQUIPO	DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MAYO 2017		
	Mecánica	Física	Uso
Retroexcavadora CAT 350	2%	7%	33%
Cargador frontal CAT 980F	92%	92%	94%

Fuente: Departamento de Producción

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se especificará el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra de estudio, las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos y el procedimiento experimental para dar cumplimiento a los objetivos.

IV.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es Correlacional-Descriptivo ya que busca la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

IV.2 Diseño de la investigación

El tipo de investigación es No experimental- Transaccional. Es no experimental ya que se realiza sin manipular deliberadamente variables; lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos y transaccional ya que la recolección de datos se realizará en un solo tiempo.

IV.3 Población y muestra

La población de estudio de esta investigación es el área de concesión de Canteras Tacarigua C.A, la cual está integrada por dos frentes de trabajo, denominadas Frente 1 y Frente 2. Más específicamente la muestra de estudio de la investigación, es el Frente 2, en donde se espera realizar el diseño de explotación de la roca ornamental tipo laja.

IV.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación se describen las técnicas e instrumentos empleados para el diseño de explotación de la roca ornamental tipo laja

Técnicas

- Revisión bibliográfica en informes técnicos de Canteras Tacarigua C.A.
- Revisión bibliográfica concerniente a rocas ornamentales y minería a cielo abierto.
- Salida de Campo al Frente 1 y Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A.
- Observación del proceso extractivo de roca ornamental realizado por la Cooperativa Mar Azul.
- Revisión de la producción de roca ornamental tipo laja en la base de datos del departamento de Despacho de Canteras Tacarigua C.A.
- Medición del tiempo de carga y acarreo de los equipos designados a la Cooperativa Mar Azul para determinar la productividad de los mismos.
- Construir modelo tridimensional del diseño de explotación de la roca ornamental en el Frente 2.

Instrumentos

- Mapa topográfico de Canteras Tacarigua C.A.
- Brújula Brunton.
- GPS.
- Cronómetro.
- Cinta métrica.
- Piqueta.
- Libreta de campo.
- Hojas de cálculo.
- Programa de diseño asistido por computadora.
- Software especializado para Minería.

IV.5 Procedimiento experimental

El proceso metodológico para dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación, muestra en la Figura 15.

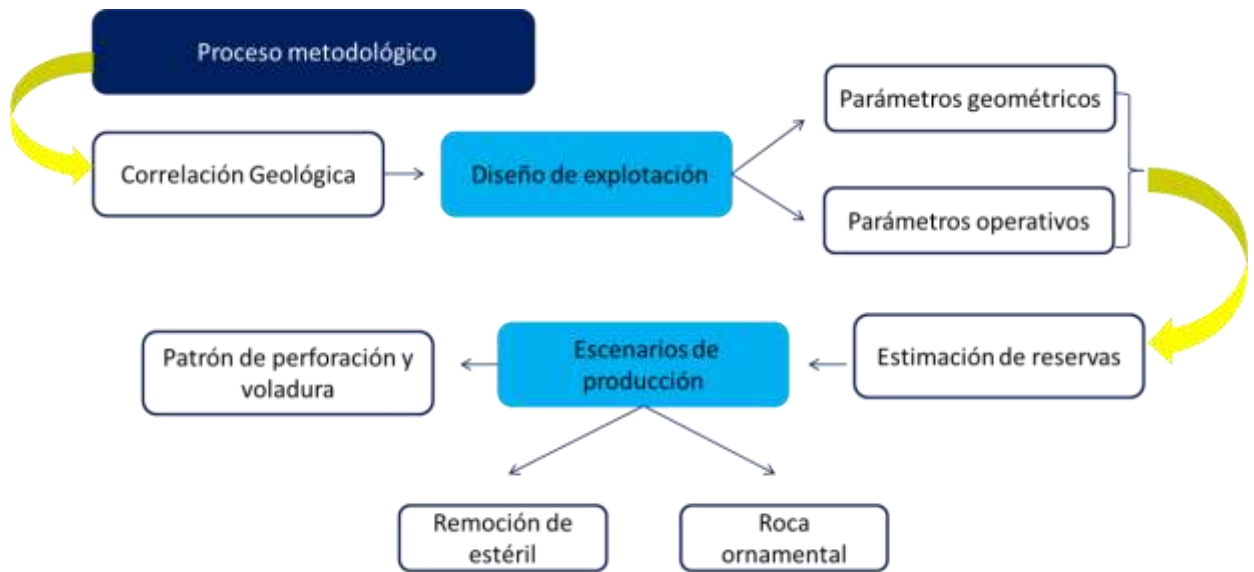


Figura 15: Metodológico para el diseño de explotación

Fuente: Elaboración propia

- Correlación geológica

Se procedió a realizar salida campo en ambos frentes de Canteras Tacarigua C.A con el fin de realizar el levantamiento geológico, que consistió en medir rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en el área, la descripción de la roca, medición de espesores y la determinación de contactos geológicos del afloramiento, mediante el uso del sistema de posicionamiento global (GPS)

Todos estos datos fueron procesados en un software minero especializado para generar modelo geológico 3D.

- Diseño de explotación de roca ornamental

Para establecer el diseño de explotación, se tomaron en consideración los criterios de explotación a cielo abierto descrito por (Bustillo & Lopez, 1997). En los parámetros geométricos y parámetros operativos se definirá la altura de banco, ancho de berma, talud final de explotación, ancho mínimo operativo e inclinación de las vías.

- Estimación de reservas

Mediante el uso de software minero especializado y hojas de cálculos computacionales se procedió a calcular el volumen total de mineral a extraer de acuerdo al diseño de explotación propuesto así como también el volumen de estéril a remover

- Escenarios de producción

A partir de los registros de despacho de material de la empresa Canteras Tacarigua C.A se estimó la producción anual, mensual y diaria de la roca ornamental tipo laja, además se calculó el volumen de material a remover anual mediante el uso de las fórmulas (SME, 1992) evaluados a partir de la producción pala/camión utilizando el cargador frontal CAT 980F y el camión CAT 730.

- Patrón de perforación y voladura

Mediante el uso de fórmulas de perforación y voladura de (Kihlstrom & Langerfors, 1976), hojas de cálculo computacionales se realizó el patrón de perforación y voladura para la extracción de esquisto cuarzo anfibolítico micáceo.

CAPITULO V

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestran los resultados y análisis de los objetivos propuestos en la investigación con la finalidad de establecer el diseño de explotación de la roca ornamental tipo laja en Frente 2.

V.1 Correlación geológica de roca ornamental

De acuerdo al procedimiento experimental mencionado en la sección IV.5, en la Tabla 3 se muestran las orientaciones de rumbo, buzamiento y coordenadas UTM del contacto mineral (caliza)/ estéril (esquisto calcáreo micáceo) además del paquete de esquisto cuarzo anfibolítico micáceo obtenido en el Frente 1 así como también la evidencia y línea marcadora en el Frente 2, con la finalidad de establecer la correlación geológica existente entre ambos afloramientos.

Tabla 3: Levantamiento geológico del Frente 1 y el Frente 2

Punto	Orientación	Este	Norte	Espesor (m)	Descripción
P1-F1	N66E42N	614.862,00	1.155.727,00		Contacto estéril/ mineral del Frente 1
P2-F1	N60E44N	614.880,00	1.155.793,00		Contacto estéril/ mineral del Frente 1
L1-F1	N65E54N	614.720,00	1.156.058,00	16,3	Esquisto cuarzo anfibolítico micáceo de color verde, foliación laminar , pequeñas grietas de oxidación en todo el paquete
P1-F2		615.645,00	1.156.455,00		Drenaje
L2-F2	E-W70N	615.645,00	1.156.452,00		Esquisto cuarzo anfibolítico micáceo

Fuente: Elaboración propia

A través de los datos obtenidos en la Tabla 3 se generó mediante un software especializado en minería el modelo geológico 3D del esquistos cuarzo anfibolítico micáceo presente en ambos frentes ilustrado en la Figura 16, observando que en el medio de ellos existe una falla con aparente movimiento dextral y una discontinuidad geológica.

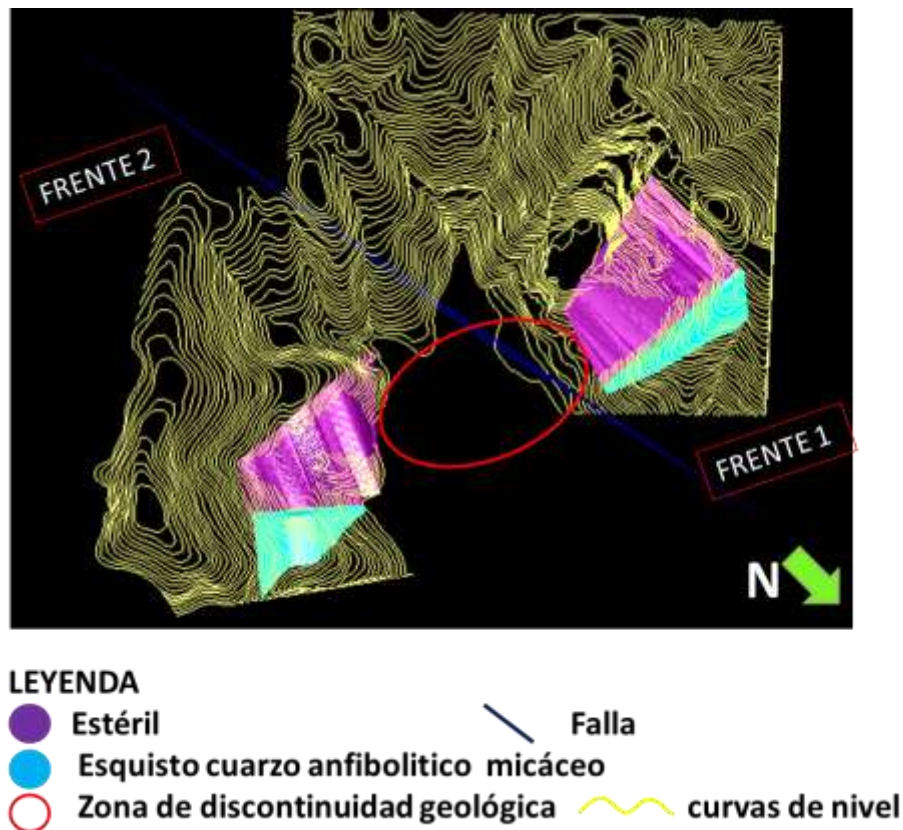


Figura 16: Modelo geológico 3D del esquistos cuarzo anfibolítico micáceo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo (Mercado, 2016) a través de un análisis del mapa regional de la zona de estudio, se pudo inferir que hubo un movimiento dextral producto de una falla con orientación N40W, si bien no existe evidencia ni los indicios cinemáticos de la falla, la certeza de la misma se obtuvo mediante una fotointerpretación la cual se ilustra en la Figura 17. Además, menciona que entre ambos frentes también existe una discontinuidad

geológica, la cual se vio afectada por la depositación de sedimentos, generando la discontinuidad producto de la erosión y la meteorización.

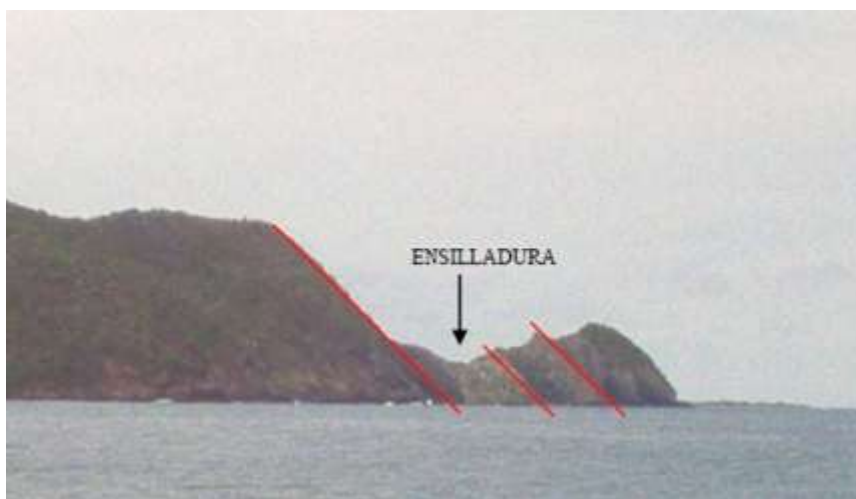


Figura 17: Evidencia de la ensilladura de falla (N40W)

Fuente: Elaboración propia

V.2Diseño de explotación

De acuerdo (Bustillo y Lopez , 1997) los parámetros geométricos y operativos a considerar en el diseño de minas a cielo abierto están definidos por altura de banco, ángulo de banco, ancho mínimo operativo, ángulo de *pit* final, ancho de berma, inclinación y ancho de las vías. En la tabla 4 se muestran los parámetros empleados en el diseño de explotación.

Tabla 4: Parámetros geométricos definidos en el diseño de explotación

Parámetros Geométricos y operativos	
Altura de banco (m)	10
Ángulo de Talud (°)	70
Ancho mínimo operativo (m)	13,41
Ángulo de <i>pit</i> final (°)	45
Berma (m)	6,5
Inclinación de las vías (°)	10
Ancho de las vías (m)	12,5

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó una altura de banco de 10 mts definido en función de los equipos de carga empleados por la cooperativa Mar Azul, específicamente, la retroexcavadora CAT 350 el cual tiene un máximo de alcance de excavación 11,63 mts, por lo tanto, no representa una limitante para el equipo ya que estaría trabajando por debajo de su capacidad. Tiene como ventaja un mayor control sobre la desviación de los barrenos en la perforación y permite generar mejores condiciones para la restauración y control de los taludes finales.

El ángulo de talud definido para este diseño es de 70°, coincidiendo con el empleado por la empresa y por lo que se refiere a lo observado en campo se mantiene estable. Además al ser similar al ángulo de buzamiento del esquisto cuarzo anfibolítico calcáreo, se puede evitar posible falla planar (Θ talud $< \beta$ de la discontinuidad) y falla de cuña (Θ talud $> \beta$ de la discontinuidad).

El ancho mínimo operativo es de 13,41 m, el cual fue obtenido de acuerdo a las dimensiones de los equipos de carga y acarreo, en la Tabla 5 se especifica la suma de los espacios necesarios para que la operación de carga se haga de manera eficiente.

Tabla 5: Determinación del ancho mínimo requerido

Especificaciones	
Radio de giro del cargador frontal CAT 980F	7,962m
Ancho de camión CAT 730	2,95m
Seguridad desde el pie del talud	1m
Seguridad hasta el borde del banco	1m
Distancia entre equipo	0,5m
Ancho mínimo operativo	13,41 m

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, empleando los parámetros anteriormente descritos tales como altura de banco, ángulo de talud, ancho de berma definido en función de la altura de banco dando un ancho de 6,5 m se obtuvo un ángulo de talud final de 45° . En la Figura 18 se ilustran los criterios mencionados.

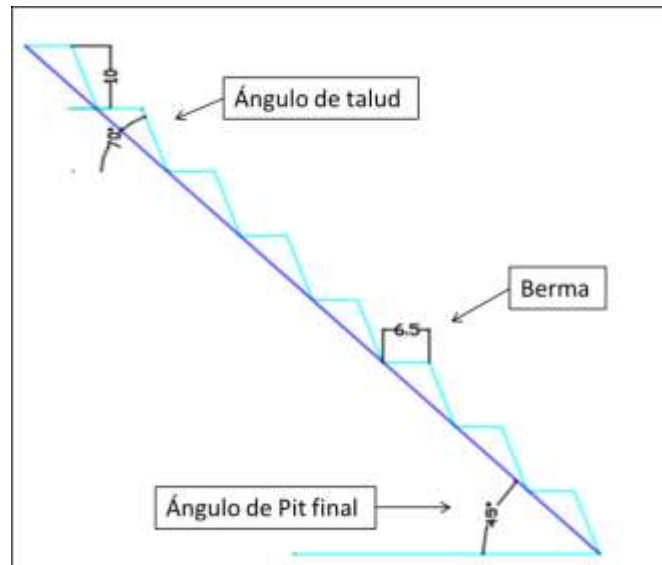


Figura 18: Diseño geométrico final de la explotación

Fuente: Elaboración propia

El ancho de vías fue definido de acuerdo a las dimensiones del equipo de acarreo, empleando las anchuras mínimas recomendadas para vías mineras según (Bustillo y Lopez , 1997), ilustradas en la Tabla 6, las cuales están definidas en función de la carga máxima del equipo, el radio de giro y el número de carriles.

Para el diseño se empleó el camión CAT 730, el cual tiene una capacidad de carga de 28 Ton, radio de giro 45° presentando unas dimensiones de radio externo de 7,605 m y definiendo un solo carril de vía. A partir de los parámetros descritos el ancho recomendado es de 12,5 m, permitiendo que la operación se lleve a cabo con continuidad y en condiciones de seguridad.

Tabla 6: anchuras mínimas recomendadas para vías mineras

Categoría	Radio externo (m)	Número y ancho			
		1	2	3	4
P1 (30-45 Ton)	10	12.5	22.5	33.0	43.0
	20	10.5	19.0	27.5	36.0
	30	9.5	17.0	24.5	32.0
	Recta	9.0	15.5	22.5	29.0
P2 (46-70 Ton)	12	13.5	24.0	35.0	46.0
	25	11.5	20.5	29.5	38.5
	60	10.5	18.5	26.5	34.5
	Recta	10	17.0	24.5	32.0
P3 (71-100 Ton)	14	16.0	29.0	40.0	54.5
	40	13.5	24.0	34.5	45.0
	80	13.0	22.5	32.5	42.0
	Recta	12.0	21.5	30.5	39.5
P4 (101-160 Ton)	16	18.0	33.0	47.5	62.0
	50	15.5	27.5	39.5	51.0
	120	14.4	26.0	37.0	48.0
	Recta	14.0	25.5	35.5	46.0

Fuente: (Bustillo y Lopez , 1997)

El ángulo de inclinación de las vías no supera el 10° de manera que el equipo de acarreo pueda desarrollar su máxima potencia en una forma eficiente, con pendientes mayores el equipo comienza a perder eficiencia además facilita el acceso del equipo de acarreo y tránsito de equipos livianos garantizando la productividad y la seguridad de las operaciones mineras.

En relación a los parámetros geométricos y operativos descritos se generó mediante un software especializado en minería el modelo tridimensional del diseño propuesto. El método de explotación a cielo abierto, consiste en un sistema extractivo donde cada nivel se

llevara a cabo por el método de terrazas, caracterizado por un banqueo unidireccional, definido por una pared alta en la cota 95, siendo esta el límite ya que a partir de la cota 100 se encuentra el Parque Nacional San Esteban, al ser una zona ABRAE se prohíbe la extracción en esta área y finalmente teniendo una pared baja la cota 15 siendo está el límite de la concesión minera otorgada a Canteras Tacarigua C.A, generando una disposición de 8 bancos.

En la Figura 19 se muestra la topografía inicial del Frente 2 y la modificación de la topografía con el diseño propuesto y por último en la Figura 20 se muestra el diseño final con la representación de mineral y estéril.

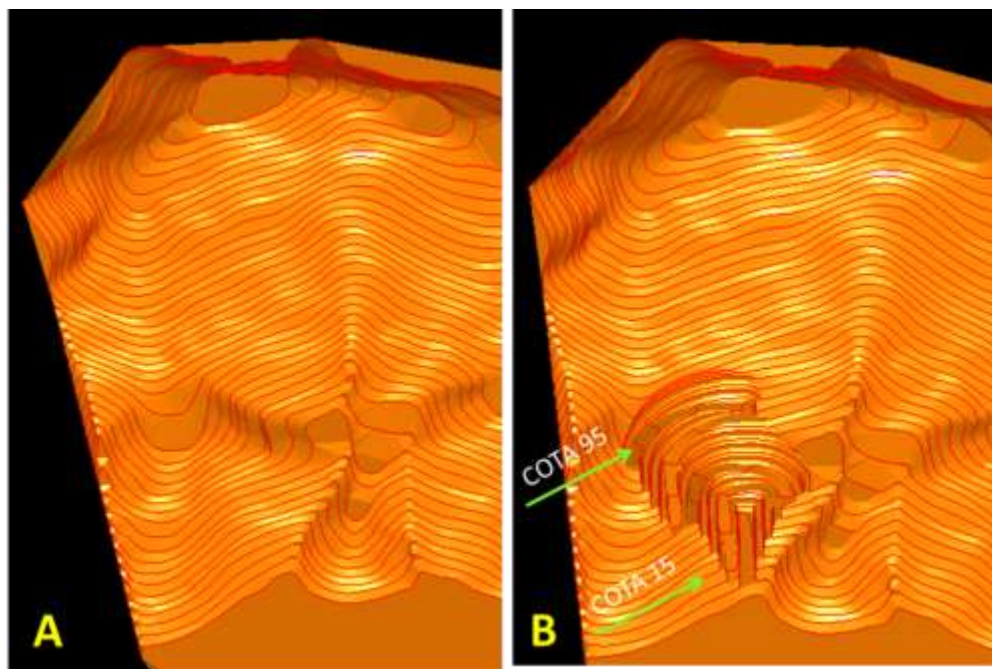
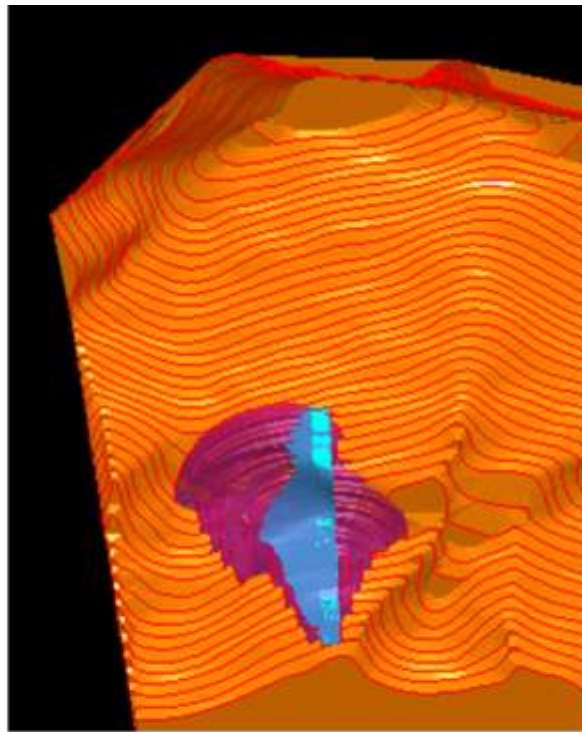


Figura 19: A) Topografía actual del Frente 2 B) Modificación de la topografía de acuerdo al diseño propuesto

Fuente: Elaboración propia



LEYENDA

● Estéril

● Esquisto cuarzo anfibolítico micáceo

Figura 20: Diseño final con representación de roca ornamental y estéril.

Fuente: Elaboración propia

V.3 Estimación de Reservas

A través de la metodología mencionada en la sección IV.5, en la Tabla 7 se muestran el volumen de material a extraer por cada nivel propuesto en el diseño de explotación así como también el volumen total del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo.

Tabla 7 : Volúmenes de estimación de recursos

Estimación de reservas	
Cota	Mineral m ³
95.00	923
85.00	3.791
75.00	7.912
65.00	20.886
55.00	22.742
45.00	19.443
35.00	9.701
25.00	6.150
15.00	3.721
TOTAL	95.269

Fuente: Elaboración propia

Igualmente se estableció el volumen de material a remover para la extracción del mineral no metálico, en la Tabla 8, se muestra dichos valores.

Tabla 8: Volumen de remoción de estéril

Remoción de estéril	
Cota	Estéril m ³
95.00	61.044
85.00	85.970
75.00	85.375
65.00	73.254
55.00	86.051
45.00	83.162
35.00	66.814
25.00	38.734
15.00	17.615
TOTAL	580.404

Fuente: Elaboración propia

Al evaluar la relación de remoción se pudo observar que los valores obtenidos de esta proporción son muy altos, en promedio se alcanzó una relación 6:1, se infiere que este

resultado es producto del angosto espesor que posee la capa del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo en comparación al espesor del estéril.

Si bien dentro de los objetivos de esta investigación no se encuentra un estudio económico del diseño de explotación, se realizó un cálculo somero del costo asociado al volumen de material estéril a remover en relación a los ingresos obtenidos por la extracción del mineral no metálico. En la Tabla 9 se muestra el costo que acarrea esta operación tomando como precio de remoción el suministrado por la empresa y las ganancias respecto el precio de venta por la Cooperativa Mar Azul.

Tabla 9: Comparación de ganancia (lajas) / remoción de estéril

	m ³	Bs	total
LAJA	95.269	100.000	9.526.900.000
ESTERIL	580.404	36.000	20.894.544.000

Fuente: Elaboración propia

En vista de la gran inversión que tendría que hacer la empresa Canteras Tacarigua C.A en remoción de estéril en comparación a las ganancias que obtendría la Cooperativa Mar Azul por generar roca ornamental tipo laja, se establecen 2 propuestas. La primera de ellas ofrecer otro producto que tenga un mayor beneficio económico para la cooperativa.

Este producto es la roca ornamental tipo laja formateada, operación que consiste en convertir la roca ornamental tipo laja (materia prima) en bloques con forma de paralelepípedo teniendo unas dimensiones variadas (5 x 5), (5 x 10), (10 x 10) cm. Los equipos utilizados para realizar estos cortes son variados entre ellos se encuentran el *corte con disco* los cuales son máquinas dotadas de una cuchilla que permite realizar un corte longitudinal a la laja, *Las troqueladoras* son máquinas en las que se ha adaptado un troquel

con la forma y medida deseada. Normalmente, estas máquinas son semiautomáticas por lo que el tiempo y el esfuerzo requerido para realizar el trabajo se reduce considerablemente y por ultimo *Las cortadoras semiautomáticas*, máquinas capaces de producir varios miles de piezas diarias ya que están dotadas con discos de cortes y que realizan un ciclo continuo. En la Figura 21 se ilustra la laja formateada.



Figura 21: Roca ornamental tipo laja formateada

Fuente: Elaboración propia

La segunda propuesta consiste en evaluar este proyecto a partir de otro frente de explotación de mármol de Canteras Tacarigua C.A, considerando que actualmente la empresa en trámites administrativos con el fin de modificar su polígono de concesión actual permitiéndole aprovechar completamente los recursos minerales que se encuentran en sus actuales frentes de extracción así como también la puesta en marcha de un nuevo frente de explotación, los cuales presentan relaciones de remoción menores tales como 1:2 en comparación a las proyectadas en la extracción del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo siendo 6:1, permitiendo que la inversión realizada sea compensada por las ganancias generadas a partir de los productos obtenidos, en este caso lajas y piedra picada.

V.4 Escenarios de producción

El cálculo de escenarios de producción de la roca ornamental tipo laja se basó en la productividad registrada por la empresa Canteras Tacarigua C.A a partir del despacho de material en el periodo de Mayo 2016-Abril 2017, generando 4.283 m³ anual y 357 m³ mensual, dichos valores de producción representan poco volumen de material, sin embargo, hay que tomar en consideración que es una operación artesanal realizada únicamente por hombres sin la utilización de maquinarias. En el Gráfico 1, se muestra la productividad respecto al periodo estudiado.

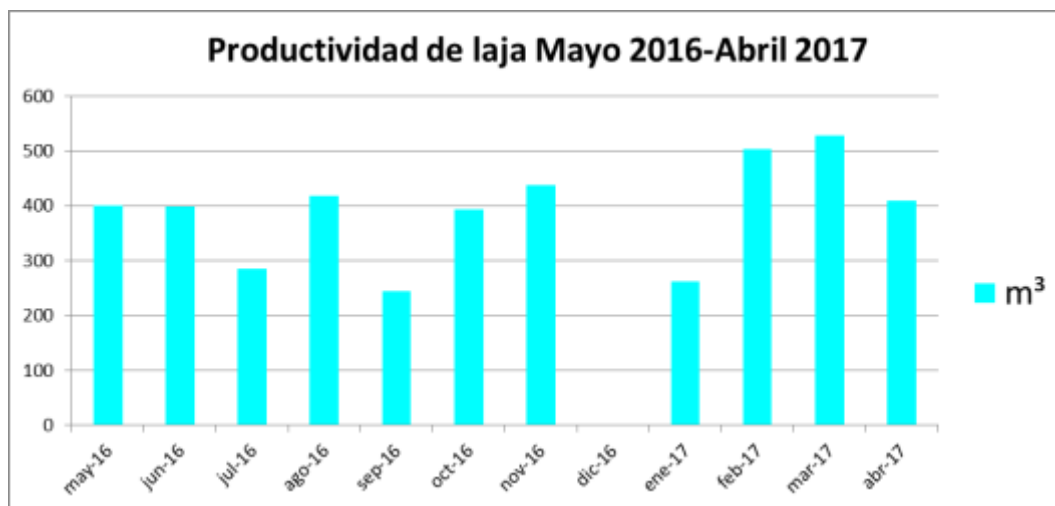


Grafico 1: Productividad Anual de roca ornamental tipo laja

Fuente: Departamento de Despacho de Canteras Tacarigua C.A

Igualmente se determinó la productividad diaria de la roca ornamental tipo laja registrado por la empresa en el periodo de Abril 2017, donde se obtuvo en promedio 20,53m³/diario de mineral no metálico. En la Gráfica 2 se ilustran los datos de producción para dicho mes.



Grafico 2: Productividad de roca ornamental tipo laja en el mes de Abril 2017

Fuente: Departamento de Despacho de Canteras Tacarigua C.A

Una vez definido el volumen del recurso mineral y el ritmo de producción anual, se estima la vida de la mina, la cual viene dada por la expresión

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{volumen de material aprovechable}}{\text{produccion anual requerida}}$$

Realizado el cálculo anterior se estima una vida útil de 22 años para realizar la extracción del esquistos cuarzo anfibolítico micáceo en el Frente 2.

Por otra parte, en el proceso extractivo de la roca ornamental tipo laja se realiza una etapa de remoción de estéril, por lo que se procedió a calcular los escenarios de producción de esta operación a través de la productividad pala/camión. Para efectos de estos cálculos se empleó como equipo de carga el cargador frontal CAT 980F, siendo la maquinaria que se encontraba operativa en el periodo de campo.

Haciendo uso de las ecuaciones 5 y 6 se obtuvo la productividad real del equipo de carga siendo 423,41 m³/hr. En la Tabla 10, se especifican los parámetros empleados para obtener dicha producción.

Tabla 10: Productividad de Cargador frontal CAT 980F

Descripción Cargador frontal CAT 980	Valor
Capacidad de Balde (m ³)	3,2
Factor de Llenado (%)	90,0%
Volumen por Pase(m ³ /pase)	2,88
Tiempo por Pase(min/pase)	0,30
Pases por Hora (pase/hr)	200
Eficiencia (%)	85,0%
Productividad Teórica(m ³ /hr)	489,60
Utilización (%)	94,0%
Disponibilidad Física (%)	92,0%
Productividad Real(m ³ /hr)	423,41

Fuente: Elaboración propia

Así mismo con la producción horaria del equipo de carga, los días laborables, eficiencia tomada según las condiciones de trabajo según (I.T.G.E, 1995) clasificada como “Buena” y horas turno se obtuvo la producción mensual y anual del cargador frontal CAT 980F, en la Tabla 11 se muestran las especificaciones de los criterios mencionados.

Tabla 11: Escenario de producción del cargador frontal CAT 980F

Producción del Cargador frontal CAT 980F	
Turno (Hrs)	8
Eficiencia (I.T.G.E, 1995)	0,83
Producción por Día (m ³ /día)	2.811,42
Días laborales mensual	22
Días laborales anual	264
Producción por Mes (m ³)	61.851,16
Producción Anual (m ³)	742.213,92

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en la Tabla 12 se muestra la descripción del camión CAT 730 empleado para el cálculo de productividad del camión, el mismo presenta una capacidad real de

11,7m³ y en combinación con el cargador frontal CAT 980F se necesitan 4 pases para su llenado.

Tabla 12: Tiempo de llenado del Camión CAT 730

Descripción Camión CAT 730	
Descripción	Valor
Capacidad de Caja (m ³)	13
Factor de Llenado %	90,0%
Capacidad Real	11,7
Pases por Camión (pases/camión)	4,06
Tiempo de Llenado (min/camión)	1,22

Fuente: Elaboración propia

Para poder definir la producción del camión, es necesario determinar el tiempo de acarreo y retorno, por ello se determinó la velocidad del camión CAT 730 a través de las curvas características presente en su respectivo catálogo y la distancia desde el frente de explotación hasta el área depositación de material, los cuales están especificados en la Tabla 13 y en la Figura 23 se ilustra la vía de acarreo.

Tabla 13: Descripción de vía de acarreo

	vía		
	Distancia Km	V acarreo (Km/hr)	V retorno (Km/hr)
Camión CAT 730	0,62	15	23

Fuente: Elaboración propia

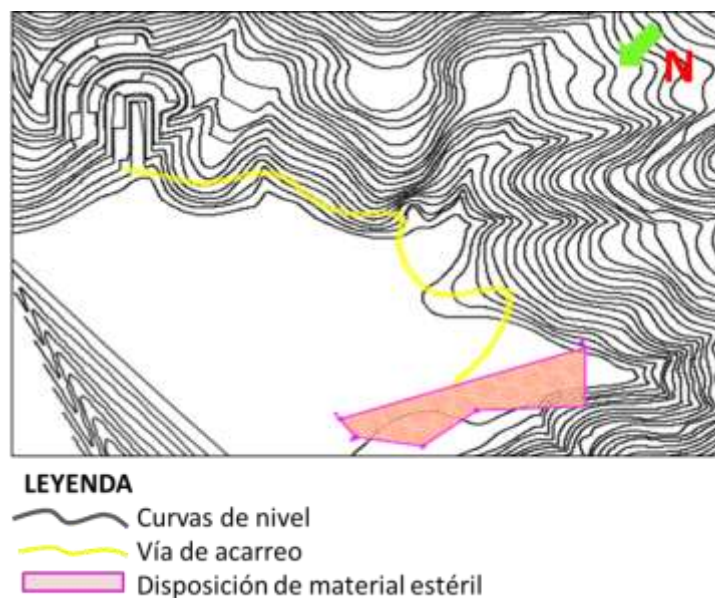


Figura 22 : Vía de acarreo

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, con el tiempo de acarreo, tiempo de retorno, tiempo de carga y tiempo de ubicación y descarga definido según I.T.G.E, 1995, se estimó el tiempo de ciclo con la finalidad de establecer el ciclo por hora del equipo. En la Tabla 14 se describe la justificación de los tiempos

Tabla 14: Descripción de los tiempos de ciclo

Justificación de tiempos	
Tiempo de Ubicación I.T.G.E, 1995	1 min
Tiempo de Carga	1,22 min
Tiempo de Acarreo	2,48 min
Tiempo de Descarga I.T.G.E, 1995	0,15min
Tiempo de Retorno	1,62 min
TIEMPO TOTAL DE CICLO	6,47min

Fuente: Elaboración propia

Habiendo definido el tiempo de ciclo, la capacidad real, eficiencia, disponibilidad física y utilización se determinó la productividad real por hora del camión CAT 730. Ver en tabla 15 los valores obtenidos.

Tabla 15 : Productividad de Camión CAT 730

Productividad camión CAT 730	
Ciclos Teóricos por Hora (ciclo/hr)	9
Eficiencia (%)	90,00%
Capacidad real m ³	11,7
Producción Teórica por Hora (m ³ /hr)	94,77
Disponibilidad Física %	90,0%
Utilización %	50,0%
Producción Real por Hora (m ³ /hr)	42,65

Fuente: Elaboración propia

A través de la producción horaria del equipo, los días laborables, eficiencia tomada según las condiciones de trabajo según (I.T.G.E, 1995) clasificada como “Buena” y horas turno se obtuvo el volumen de remoción mensual y anual, los cuales se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Volumen de remoción de estéril

Remoción de estéril	
Productividad Real(m ³ /hr)	42,65
turno	8
Eficiencia (I.T.G.E, 1995)	0,83
Producción por Día(m ³ /dia)	283,17
días laborales mensual	22
días laborales anual	264
Remoción por Mes (m ³)	6.229,80
Remoción Anual(m ³)	74.757,61

Fuente: Elaboración propia

V.5 Patrón de perforación y voladura

Para efectuar el arranque indirecto del mineral no metálico es necesario realizar la fragmentación de la roca por lo que se propone un patrón de perforación y voladura considerando parámetros geométricos de diseño tales como altura de banco de 10 m, diámetro de perforación de 3 ½", siendo este el diámetro de broca disponible por la empresa encargada de realizar dicha operación y una malla de perforación donde el retiro y espaciamiento es de 4 m con la finalidad de generar bloques de roca de gran tamaño necesarios para realizar la operación artesanal de obtención de lajas. En la Tabla 17 se especifican los demás criterios a considerar en el diseño de perforación

Tabla 17: Parámetros geométricos de perforación

Parámetros	Valores	unidad
Diámetro Perforación ($\emptyset b$)	0,0889	m
Retiro (B)	4	m
Espaciamiento (S)	4	m
Sobre-Perforación (Sp)	1,2	m
Taco (T)	3,2	m
Altura Banco (H)	10	m
Longitud Perforación (L)	11,2	m

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para realizar la fragmentación de la roca es necesario establecer los explosivos a emplear para efectuar dicha operación, en la Tabla 18 se especifican los mismos.

Tabla 18: Características de los explosivos

Explosivo	densidad (gr/cm ³)	Presentación	Peso	Unidades
ANFO	0,8	saco	20kg	1
Emulsión Senatel Ultrex (65x400)	1,16	caja	25kg	17
Booster de Pentolita	1,6	pieza	0,45 kg	1

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los parámetros de perforación y los explosivos a emplear, se calcula través de las formulas de (Konya, 1998) la concentración de carga de explosivos por barreno, los cuales se describen en la Tabla 19 y se ilustran en la Figura 23.

Tabla 19: Distribución de carga de explosivos

Parámetro	Valor	Unidad
Taco	3,2	m
Longitud Perforación (L)	11,2	m
Altura Columna (h_c)	7,6	m
Altura Fondo (h_f)	0,4	m
Carga Lineal (Q)	4,95	kg/m
Carga Columna (Q_c)	37,62	kg (anfo)
Carga Fondo (Q_f)	1,47	kg (emulsión)
Carga Total (Q_t)	39,09	kg

Fuente: Elaboración propia

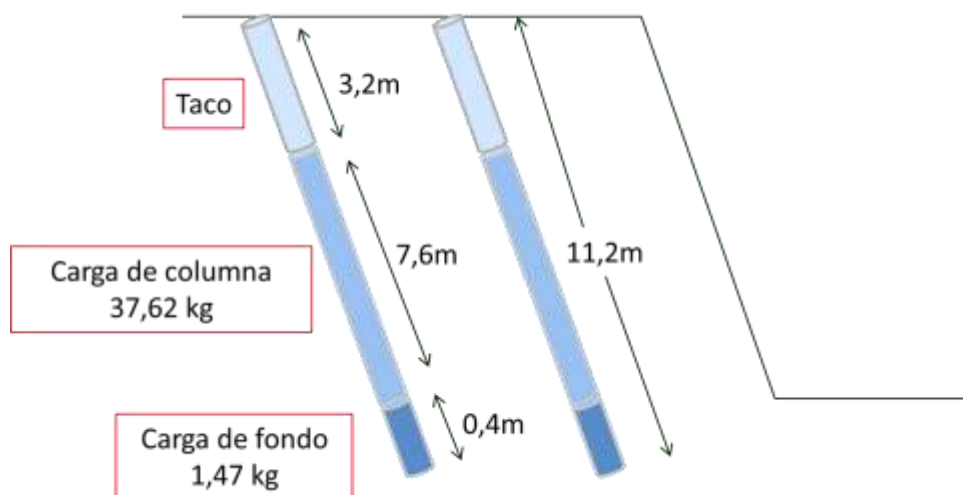


Figura 23: Distribución de carga de explosivos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la carga total de explosivos y el volumen de cada barreno, se estima para el diseño propuesto un factor de carga de 0,24kg/m³.

La estimación de número de barrenos necesarios para alcanzar la producción anual requerida de 4283 m³, se calcula a través del volumen de cada barreno condicionado por el espaciamiento, retiro y altura de banco, en la Tabla 20 se muestran los respectivos valores.

Tabla 20: Características de la voladura

Parámetro	Valor	Unidad
Retiro (<i>B</i>)	4	m
Espaciamiento (<i>S</i>)	4	m
Altura Banco (<i>H</i>)	10	m
Volumen Barreno (<i>Vb</i>)	160,0	m ³
Volumen Voladura (<i>Vv</i>)	4.283	m ³
Número de Barrenos (<i>N° b</i>)	27	-

Fuente: Elaboración propia

Considerando que son pocos los barrenos requeridos para cumplir con la producción anual se propone realizar 1 voladura al año, en la Tabla 21 se especifican la cantidad de explosivos y accesorios para poder llevar a cabo la misma

Tabla 21: Descripción de la cantidad de explosivos y accesorios requeridos

Materiales	cantidad
Booster 450 gr	27
Sacos de Anfo 20 (kg)	51
Emulsión (caja)	2
Conector Exel conectadet 17 Ms	4
Detonador de corriente N·8	4
Handidet 17/350 x 50ft	27
Mecha de Seguridad (m)	5

CONCLUSIONES

- Se generó un modelo geológico 3D del esquisto cuarzo anfibolítico micáceo presente en tanto en el Frente 1 como el Frente 2 los cuales están separados por una falla con orientación N40W y una discontinuidad geológica producto de la depositación de sedimentos.
- Se estableció un diseño de explotación con los siguientes parámetros: altura de banco de 10 m, ángulo de Talud de 70°, ancho operativo de 13,41 m, ancho de berma de 6,5 m y ángulo de *Pit* final de 45°, las vías tienen un ancho de 12,5 m y no superan los 10° de inclinación. De acuerdo a estos criterios se constituyeron 8 bancos desde la cota 95 hasta la cota 15.
- El volumen de reservas del esquisto cuarzo anfibolítico es 95.269 m³ mientras el volumen de material estéril a remover es de 580.404 m³.
- Se calculó que la relación de remoción es 6:1, siendo una proporción muy alta acarreando un costo de remoción de estéril elevado para la empresa en comparación a las ganancias obtenidas por venta del producto, por lo que se proponen 2 alternativas, la primera de ella es considerar ofrecer un producto que tenga un valor de venta más elevado como lo es la roca ornamental tipo laja formateada y la segunda evaluar el proyecto desde otro frente de explotación de mármol de la empresa.
- Se estimó una producción anual de roca ornamental tipo laja de 4.283 m³ y volumen de remoción anual de estéril es 74.757,61 m³.
- La vida útil de la mina es de aproximadamente 22 años.
- Se propone un diseño de perforación y voladura con una malla de perforación en 3 bolillos de con dimensiones (4 x4), diámetro de perforación 3 ½" y altura de banco de 10 m con la finalidad de generar poca fragmentación de la roca y bloques de gran tamaño, necesario para realizar posteriormente la operación artesanal. El factor de carga para este diseño es de 0,24 kg/m³.

- Se requieren únicamente 27 barrenos para cumplir con la producción requerida por lo que se planificó una voladura al año.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios geofísicos para determinar la continuidad litológica entre ambos frentes explotación que no se encuentra visible producto de la depositación de sedimentos.
- Realizar perforaciones de roca o calicatas en el Frente 2 que permita corroborar la extensión del yacimiento así como también estudios geomecánicos para garantizar la estabilidad de los taludes.
- Evaluar otra área para la disposición del material estéril considerando que los ciclos de acarreo fueron calculados a partir del lugar donde actualmente la empresa sitúa sus estériles.
- Se recomienda efectuar un estudio de factibilidad económico del diseño de explotación y de las propuestas planteadas considerando que la factibilidad técnica del proyecto está condicionada por una variable sensible como lo es el precio y volumen de venta, la cual en el tiempo podría variar y modificar la viabilidad del mismo.
- Establecer la productividad de la roca ornamental tipo laja a través de estadística contemplando horas operativas y cantidad de hombres laborando considerando que los únicos registros que se tiene sobre la producción es a través de los registros de ventas del departamento de despacho de la empresa.
- Evaluar la concentración de carga y consumo de explosivos mediante los productos que se encuentran actualmente en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

Bustillo, M., & Lopez, C. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras* . Madrid .

Contreras, J. L. (2009). *Manual de perforacion y voladura*. Caracas.

España, I. T. (s.f.). *Manual de arranque, carga y transporte en mineria a cielo abierto* . Madrid .

Gomez, A., & Mayora, M. (2006). *Caracterización geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, distrito Puerto Cabello*. Caracas.

Herbert, J. (2001). *Curso de evaluación y planificación minera* .

Herrera, J. (2006). *Métodos de Minería a cielo abierto* . Madrid .

Kihlstrom, & Langerfors. (1976). *Tecnicas modernas de voladuras de rocas*. Bilbao: Urma.

Konya, C. (1998). *Diseño de voladuras (Primera ed)* . Mexico .

Mercado, A. (2016). *Evaluación económica de las actividades mineras del Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A ubicada en la localidad de Gañango, Estado Carabobo*. CARACAS.

Sánchez, Marcos (2015) *Diseño de un nuevo sistema de explotación y laminación de rocas dimensionales del Ejido de Chapantongo, Hidalgo*. MEXICO

SME. (1992). *Mining Engineering Handbook* .