



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA: AGRONOMÍA
CARRERA: INGENIERÍA GEOLOGÍA Y MINAS

**“FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA MINERA DE LA EXPLOTACIÓN DE
FELDESPATO EN LA CONCESIÓN MINERA ROSARIO II CÓDIGO 100217.1”**

Trabajo de titulación presentado previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTOR:

SAGUAY DUTÁN CARLOS GIOVANNY

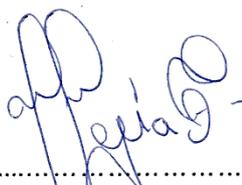
MACAS-ECUADOR

2016

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE: el trabajo de investigación técnica titulado, **“FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA MINERA DE LA EXPLOTACIÓN DE FELDESPATO EN LA CONCESIÓN MINERA ROSARIO II CÓDIGO 100217.1”**, de responsabilidad del Sr. Egresado Saguay Dután Carlos Giovanni, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

En la ciudad de Macas, a los 04 días del mes de Agosto del 2016



.....
Ing. Marco Antonio Mejía Flores.
DIRECTOR



.....
Ing. Henry Edmundo Minchala Samaniego
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Saguay Dután Carlos Giovanni, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales, los textos constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 04 de agosto del 2016



Saguay Dután Carlos Giovanni

C.I. 140059384-2

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia, en especial a mis padres; Ricardo Saguy & María Dután, por su apoyo incondicional de ver en mí un hombre con una carrera universitaria, por su apoyo incondicional que me vienen dando durante mi trayectoria de vida, la fe que han puesto en mí para poder llegar al éxito, construyendo de mí una persona soñadora.

A todos mis hermanos por su apoyo y la motivación que fortalecen en mí para afrontar los momentos más difíciles que puedo enfrentarme a la vida.

AGRADECIMIENTO

Primordialmente agradezco a Dios por fortalecerme mi fe demostrarme que podemos lograrlo si entregamos con todo el corazón a nuestras metas y su motivación para seguir avanzando enfrentándonos sin decaer a los tropiezos en nuestras vidas.

A toda mi familia por ser pilar fundamental en mis logros; a mi Padre: Ricardo Saguay por demostrarme el esfuerzo logrado en su vida encaminándome en mí un hombre responsable y respetuoso. A mi Madre: María Dután por esos consejos de madre que me ha fomentado día a día, por preocuparse y su constante apoyo que me viene dando durante mi vida.

Agradezco al Ing. Fabián Ortiz, jefe de campo de la Empresa EXPLOMINA S.A., por darme un espacio y así poder lograr construir este trabajo de titulación, y por compartir sus conocimientos durante su vida profesional fortaleciendo en mí los conocimientos adquiridos.

Agradezco a todo el personal administrativo y docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por el cariño que se viene dando durante mis periodos Universitario, compartiendo esos conocimientos profesionales.

Agradezco a mi Director de Tesis al Ing. Marco Mejía y Miembro del Tribunal Ing. Henry Minchala, por ser un gran profesional y amigo que siempre ha estado apoyando a que este trabajo sea posible realizar.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| MARCO REFERENCIAL | 2 |
| 1.1 Antecedentes. | 2 |
| 1.2 Hipótesis..... | 3 |
| 1.3 Justificación..... | 3 |
| 1.4 Objetivos | 3 |
| 1.4.1 Objetivo General. | 3 |
| 1.4.2 Objetivo Específico..... | 3 |
| 1.5 Generalidades..... | 3 |
| 1.5.1 Ubicación. | 3 |
| 1.5.2 Acceso. | 5 |
| 1.5.3 Clima..... | 6 |
| 1.5.4 Flora Y Fauna..... | 6 |
| | |
| CAPÍTULO II..... | 7 |
| MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Geología..... | 7 |
| 2.1.1 Geología Regional | 7 |
| 2.1.1.1 Formación Mera, Cuaternaria, QM. | 7 |
| 2.1.1.2 Formación Hollín, Cretáceo, KH. | 7 |

| | |
|--|----|
| 2.1.1.3 Formación Chapiza, Jurásico, JC. | 8 |
| 2.1.2 Geología Estructural..... | 8 |
| 2.2 Morfología..... | 9 |
| 2.3 Base Topográfica..... | 9 |
| 2.4 Hidrología Local. | 10 |
| 2.4.1 Calculo Del Caudal De La Quebrada Rosario. | 10 |
| | |
| CAPÍTULO III | 11 |
| PARÁMETROS GEOLÓGICOS, LITOLÓGICOS Y GEOMECÁNICOS..... | 11 |
| 3.1 Líneas De Sísmica De Refracción..... | 11 |
| 3.1.1 Descripción De Las Calicatas De Tipo Pca Del Estudio Geológico Y Geotécnico Mina El Rosario II | 12 |
| 3.1.2 Ensayos De Sísmica De Refracción..... | 17 |
| 3.1.3 Ensayos De Laboratorio Clasificación De Suelos. | 21 |
| 3.1.4 Parámetros Litológicos Según Sísmica De Refracción..... | 21 |
| 3.1.5 Registró De Afloramientos. | 23 |
| | |
| CAPÍTULO IV | 28 |
| ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DEL YACIMIENTO. | 28 |
| 4.1 Cálculo De Reservas y Selección De Método..... | 28 |
| 4.1.1 Método De Perfiles o Cortes..... | 29 |
| 4.1.1.1 Cálculo De Volúmenes..... | 29 |
| 4.1.1.2 Cálculo De Las Reservas Existentes Del Yacimiento..... | 32 |
| 4.1.1.3 Sobrecarga..... | 33 |
| 4.1.1.4 Reserva Probada..... | 34 |
| 4.1.1.5 Reservas Probables..... | 34 |
| 4.1.1.6 Modelo Digital Del Cuerpo Mineralizado..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 4.1.1.7 Porcentaje Del Mineralizado..... | 37 |
| | |
| CAPÍTULO V..... | 38 |
| DISEÑO DE SISTEMA DE EXPLOTACIÓN..... | 38 |
| 5.1 Criterios Para El Diseño De Explotación..... | 38 |
| 5.1.1 Factores Geométricos..... | 39 |
| 5.1.2 Factores Geomecánicos..... | 39 |
| 5.1.3 Factores Operativos..... | 40 |
| 5.1.3.1 Excavadora Hidráulica Cat 330CL..... | 40 |
| 5.1.3.2 Volquetes Hino Fc-2626 Serie 500..... | 41 |
| 5.1.3.3 Cargadora De Ruedas 928G - CAT..... | 43 |
| 5.1.3.4 Bulldozer D8T..... | 43 |
| 5.2 Método De Explotación..... | 44 |
| 5.2.1 Dirección Óptima De La Explotación..... | 45 |
| 5.2.2 Profundidad Límite De La Cantera (H)..... | 45 |
| 5.2.3 Altura Del Banco..... | 45 |
| 5.2.4 Número De Bancos..... | 46 |
| 5.2.5 Ángulo De Talud..... | 46 |
| 5.2.5.1 Ángulo Del Talud De Trabajo..... | 47 |
| 5.2.5.2 Ángulo Final Del Talud..... | 48 |
| 5.2.6 Ancho De Plataforma..... | 48 |
| 5.2.7 Berma De Seguridad..... | 49 |
| 5.2.8 Diseño De Rampas En Tajo Abierto..... | 50 |
| 5.2.8.1 Ancho De Rampa..... | 50 |
| 5.2.8.2 Pendiente O Gradiente..... | 51 |
| 5.2.8.3 Radio De Curvatura..... | 51 |
| 5.2.8.4 Peralte..... | 51 |

| | | |
|---|---|----|
| 5.3 | Análisis De Estabilidad De Talud..... | 52 |
| 5.3.1 | Método De Análisis De Talud..... | 53 |
| 5.3.2 | Análisis Por El Método De Bishop Y Fellenius / Petterson. | 54 |
| 5.3.2.1 | Comparación Del Método De Bishop Y Fellenius / Petterson..... | 54 |
| CAPÍTULO VI..... | | 58 |
| ANÁLISIS ECONÓMICO PARA MEDIR LA FACTIBILIDAD DE LA EXPLOTACIÓN. | | 58 |
| 6.1 | Criterio De Factibilidad De La Explotación. | 58 |
| 6.2 | Análisis De Variables Que Comprenden El Flujo De Caja Efectivo. | 58 |
| 6.2.1 | Días De Operación De La Cantera..... | 58 |
| 6.2.2 | Producción Anual..... | 58 |
| 6.2.3 | Precio Del Mineral En Cancha Mina. | 58 |
| 6.3 | Cálculo De Costos De Operación Que Se Estiman Para Obtener El Ingreso Capital.. | 59 |
| 6.3.1 | Costo De Minado, Mano De Obra. | 59 |
| 6.3.2 | Costo De Maquinaria Carga Y Transporte..... | 60 |
| 6.3.2.1 | Pala Cargadora De Ruedas Cat 3056E DIT ATAAC..... | 60 |
| 6.3.2.2 | Excavadora Hidráulica. | 61 |
| 6.3.2.3 | Volquete Hino Fc 2626 Serie 500. | 61 |
| 6.3.2.4 | Bulldozer D8T..... | 62 |
| 6.4 | Cálculo Del Costos Totales Para Las Proyecciones..... | 63 |
| 6.4.1 | Determinación De La Tasa Mínima Aceptable De Rendimiento (TMAR). | 64 |
| 6.4.2 | Cálculo Del Valor Actual Neto (VAN)..... | 65 |
| 6.4.3 | Cálculo De La Tasa Interna De Retorno (TIR)..... | 66 |
| 6.1 | Matriz De Resultados..... | 68 |

| | |
|--------------------------------|----|
| CAPÍTULO VII..... | 69 |
| 7.1 Conclusiones..... | 69 |
| 7.2 Recomendaciones. | 69 |
| 7.3 Abreviaturas Y Siglas..... | 70 |
| | |
| CAPÍTULO VIII..... | 71 |
| 8.1 Resumen. | 71 |
| 8.2 Abstract..... | 72 |
| 8.3 Bibliografía..... | 73 |
| 8.4Anexos | 74 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Coordenadas de la concesión Rosario II..... | 4 |
| Tabla 2: Resumen de ensayos de laboratorio del estudio geológico y geotécnico..... | 21 |
| Tabla 3: Criterio de ruptura del suelo residual. | 22 |
| Tabla 4: Criterio de ruptura de la roca de feldespatos. | 22 |
| Tabla 5: Criterio para requerir voladura en función de la onda Vp. | 23 |
| Tabla 6: Descripción del afloramiento AF-01..... | 24 |
| Tabla 7: Descripción del afloramiento AF-02..... | 25 |
| Tabla 8: Descripción del afloramiento AF-03..... | 26 |
| Tabla 9: Descripción del afloramiento AF-04..... | 27 |
| Tabla 10: Área de los perfiles de las reservas y sobrecarga. | 33 |
| Tabla 11: Volumen de los bloques calculados de las reservas | 35 |
| Tabla 12: Volumen de los bloques expresados en toneladas. | 35 |
| Tabla 13: Resumen de los factores geométricos. | 39 |
| Tabla 14: Factores geomecánicos del feldespatos..... | 40 |
| Tabla 15: Características principales de la excavadora hidráulica CAT-330C L. | 41 |
| Tabla 16: Gama de trabajo de la excavadora hidráulica CAT-330C L..... | 41 |
| Tabla 17: Dimensiones del volquete Hino Serie 500. | 42 |
| Tabla 18: Características principales del volquete Hino Serie 500. | 42 |
| Tabla 19: Características principales de la cargadora de ruedas CAT-928G..... | 43 |
| Tabla 20: Características principales del Bulldozer D8T..... | 44 |
| Tabla 21: Criterio para el ángulo según López Jimeno..... | 47 |
| Tabla 22: Análisis de la estabilidad del talud, método Bishop. | 56 |
| Tabla 23: Análisis de la estabilidad de talud, método Fellenius / Petterson..... | 57 |
| Tabla 24: Número de personal para labores de mina..... | 59 |
| Tabla 25: Resumen de costos de operación de la maquinaria. | 63 |
| Tabla 26: Resumen de costos de inversión en salarios del personal..... | 63 |
| Tabla 27: Cálculo del Ingreso Neto..... | 63 |
| Tabla 28: Cálculo de las proyecciones en periodos anuales. | 63 |
| Tabla 29: Cálculo del TMAR Global. | 64 |
| Tabla 30: Datos calculados para el VAN. | 65 |
| Tabla 31: Cálculo del TIR, en función de la tasa de descuento por el VAN. | 66 |
| Tabla 32: Matriz de resultados obtenidos..... | 68 |

LISTA DE ILUSTRACIÓN

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Ubicación de la concesión minera Rosario II | 4 |
| Ilustración 2: Ruta1; Cuenca - Gualaceo - Limón Indanza – Mina Rosario II | 5 |
| Ilustración 3: Ruta 2; Macas - Sucua - Logroño - Bell Unión - Mina Rosario II | 5 |
| Ilustración 4: Mapa Geológico Regional. | 7 |
| Ilustración 5: Modelo digital 3D de la pendiente de la zona de estudio | 9 |
| Ilustración 6: Mapa Topográfico Local del área de estudio. | 11 |
| Ilustración 7: Perfil de sísmica de refracción, LS-01..... | 18 |
| Ilustración 8: Perfil de sísmica de refracción, LS-02..... | 19 |
| Ilustración 9: Perfil de sísmica de refracción, LS-03..... | 20 |
| Ilustración 10: Mapa de las secciones de corte o perfil. | 28 |
| Ilustración 11: Método de perfiles para el cálculo de volúmenes | 29 |
| Ilustración 12: Sección de corte, perfil A-A' | 30 |
| Ilustración 13: Sección de corte, perfil B-B' | 31 |
| Ilustración 14: Sección de corte, perfil C-C' | 31 |
| Ilustración 15: Sección de corte, perfil D-D'..... | 32 |
| Ilustración 16: Sección de corte, perfil E-E'..... | 32 |
| Ilustración 17: Modelo digital en 3D de la sobrecarga. | 36 |
| Ilustración 18: Modelo digital en 3D del feldespato. | 36 |
| Ilustración 19: Modelo digital 3D del yacimiento. | 37 |
| Ilustración 20: Terminología empleada en una cantera a cielo abierto. | 38 |
| Ilustración 21: Criterio para calcular el ángulo del talud de trabajo..... | 47 |
| Ilustración 22: Criterio para calcular el ángulo del talud final. | 48 |
| Ilustración 23: Criterio para el cálculo de la plataforma de trabajo | 49 |
| Ilustración 24: Criterio para el cálculo de la pendiente o gradiente..... | 51 |
| Ilustración 25: Límites finales del diseño de explotación. | 52 |

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|--|----|
| Fotografía 1: Flora de la concesión Rosario II. | 6 |
| Fotografía 2: Caudal de la quebrada El Rosario. | 10 |
| Fotografía 3: Calicata PCA-01..... | 12 |
| Fotografía 4: Estado actual de la calicata PCA-01..... | 13 |
| Fotografía 5: Calicata PCA-03..... | 13 |
| Fotografía 6: Estado actual de la calicata PCA-03..... | 14 |
| Fotografía 7: Calicata PCA-04..... | 14 |
| Fotografía 8: Estado actual de la calicata PCA-04..... | 15 |
| Fotografía 9: Calicata PCA-05..... | 15 |
| Fotografía 10: Calicata PCA-06..... | 16 |
| Fotografía 11: Calicata PCA-07..... | 16 |
| Fotografía 12: Estado actual de la calicata PCA-07..... | 17 |
| Fotografía 13: Estado actual del perfil de sísmica, LS-01 | 18 |
| Fotografía 14: Estado actual del perfil de sísmica, LS-02..... | 19 |
| Fotografía 15: Estado actual del perfil de sísmica, LS-03..... | 20 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Mapa Geológico Regional | 75 |
| Anexo 2: Mapa Geológico Local | 77 |
| Anexo 3: Mapa Topográfico Local | 79 |
| Anexo 4: Mapa Perfiles de Corte | 81 |
| Anexo 5: Perfiles de corte Geológico – Cálculo de Reservas | 83 |
| Anexo 6: Mapa Limite Final de Explotación | 85 |

INTRODUCCIÓN.

La compañía de Investigación y Explotación Minera S.A. es una empresa privada que realiza las actividades de prospección, exploración, explotación y procesamiento primario específicamente en no metálicos; también realiza servicios profesionales y de operación minera en materiales para el uso de la industria cerámica y de construcción. La organización está ubicada en (Av. Héroe De Verdeloma 9-22 Francisco Tamariz).

Por la constante demanda de las Industrias dedicadas a la fabricación de cerámicas y vidrios, de materia primas como el feldespato, es necesario contar con concesiones mineras debidamente evaluadas, tal como es el caso de la concesión minera "Rosario II" que tiene como objetivo la explotación de feldespato.

Definiéndose bajo la denominación de feldespato el grupo de minerales que componen una serie de aluminosilicatos que contienen diferentes cantidades de potasio, calcio y sodio, si es un aluminio-silicato potásico se lo denomina ortoclasa, si es cálcico albita y si es sódico anortita, los minerales con composiciones intermedias poseen denominación particular.

Cada uno de los feldespatos posee su uso característico, en general se busca que sea un solo mineral puesto que la combinación de feldespatos da por resultado un producto de baja pureza y difícil de separar y concentrar en condiciones económicas.

El objetivo fundamental de los feldespatos en la pasta cerámica es el de rebajar el punto de fusión, lo que es de máxima importancia, tanto desde el punto de vista técnico como económico, produciendo las reacciones fundamentales para la construcción del producto cerámico a una temperatura más baja.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES.

La actividad minera es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y en algunos casos son necesario plantas de proceso y tratamiento del mineral. Las minas también reciben el nombre de explotaciones mineras, o simplemente, explotaciones. Los minerales se originan por procesos geológicos tanto internos (tectonismo y vulcanismo) que son extraídos del subterráneo, como externos (sedimentación) en los cuales podemos nombrar a los placeres aluviales depósitos masivos y residuales que normalmente son extraídos por el método de tajo abierto.

Para la explotación de una mina a cielo abierto, comúnmente, es necesario excavar, con medios manuales, mecánicos y/o mediante el uso de explosivos.

El material que recubre al yacimiento se denomina generalmente estéril, mientras que el material a explotar se le llama mineral. El estéril excavado es necesario apilarlo en escombreras fuera del área final que ocupará la explotación, con vistas a su utilización en la restauración de la mina una vez terminada su explotación.

Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos afloran en superficie o se encuentran cerca de la superficie, con un recubrimiento pequeño, de tal manera que la competencia del terreno no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos (como ocurre con la arena o la grava).

Cuando la profundidad del yacimiento aumenta, la ventaja económica del cielo abierto disminuye, por lo cual se hace necesario realizar la explotación mediante minería subterránea.

Las canteras son minas a cielo abierto, generalmente de pequeño tamaño, que explotan materiales que no requieren una concentración posterior, sino, como mucho, una trituración o clasificación por tamaños. Los materiales obtenidos en canteras son los áridos, las rocas industriales y las rocas ornamentales. El esquema típico de explotación es mediante bancos y bermas.

1.2 HIPÓTESIS.

La determinación de los parámetros geológicos, técnicos mineros y económicos permitirá establecer la factibilidad técnico económico de la explotación de Feldespato en la concesión minera Rosario II Código 100217.1

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La compañía EXPLOMINAS S.A., requiere tener los estudios de factibilidad técnica económica minera de la explotación de sus concesiones mineras adjudicadas; con el objetivo de optimizar y mantener sus respectivas operaciones de extracción del mineral no metálico, materia prima que ocupa para la fabricación de cerámica.

De tal manera es trascendente tener una información actualizada, concreta y precisa en la cual determine su factibilidad técnica económica minera en las condiciones vigentes del sector.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar la factibilidad técnico minero y económico de la explotación de Feldespato en la concesión minera Rosario II.

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.

- Determinar las reservas existentes en el área del estudio.
- Definir el sistema de explotación.
- Definir los parámetros del diseño de explotación.
- Realizar la valoración técnico económico de los costos operativos de la explotación del mineral a cancha mina.

1.5 GENERALIDADES.

1.5.1 UBICACIÓN.

Las coordenadas UTM del título minero de la concesión El Rosario II, Código 100217.1, referidas al Datum PSAD 56 y a la zona geográfica 17 son:

- Nombre del Área: Rosario II, Código 100217.1
- Superficie: 28,99has. Mineras
- Provincia: Morona Santiago

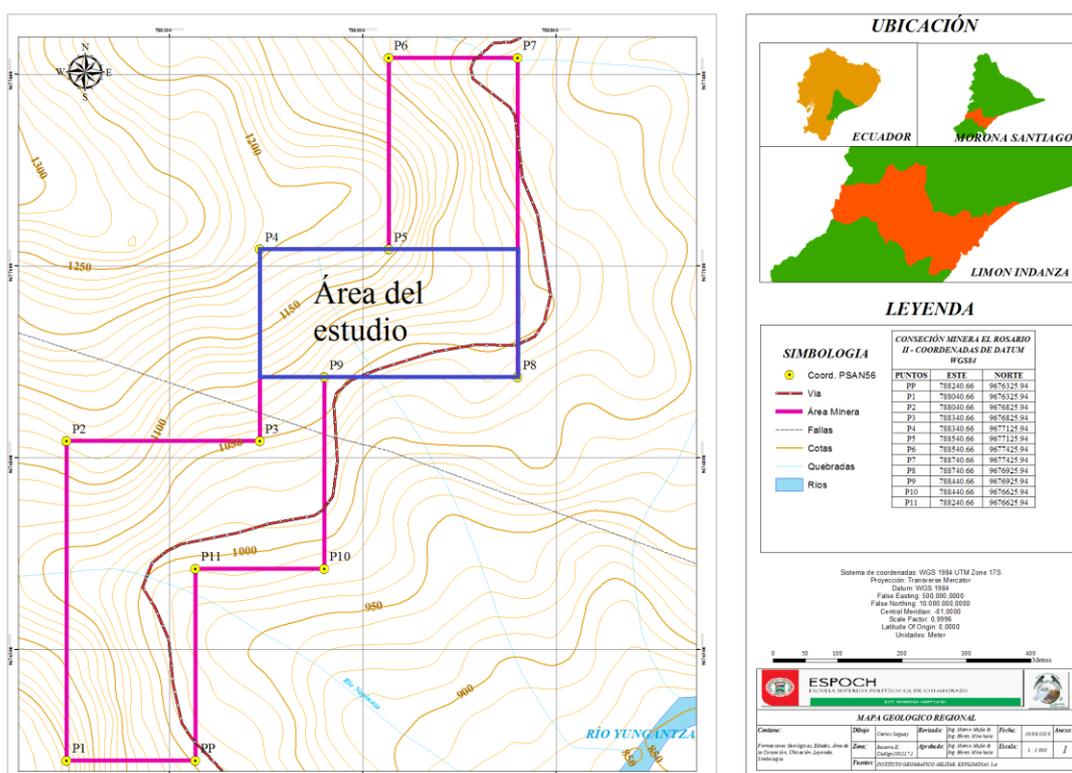
- Cantón: Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez – Limón Indanza.
- Parroquia: Yunganza, El Rosario

Tabla 1: Coordenadas de la concesión Rosario II.

| COORDENADAS UTM (PSAD56) | | | COORDENADAS UTM (WGS84) | | |
|--------------------------|-----------|------------|-------------------------|-----------|------------|
| ID | ESTE | NORTE | ID | ESTE | NORTE |
| PP | 788500,00 | 9676700,00 | PP | 788240,66 | 9676325,94 |
| P1 | 788300,00 | 9676700,00 | P1 | 788040,66 | 9676325,94 |
| P2 | 788300,00 | 9677200,00 | P2 | 788040,66 | 9676825,94 |
| P3 | 788600,00 | 9677200,00 | P3 | 788340,66 | 9676825,94 |
| P4 | 788600,00 | 9677500,00 | P4 | 788340,66 | 9677125,94 |
| P5 | 788800,00 | 9677500,00 | P5 | 788540,66 | 9677125,94 |
| P6 | 788800,00 | 9677800,00 | P6 | 788540,66 | 9677425,94 |
| P7 | 789000,00 | 9677800,00 | P7 | 788740,66 | 9677425,94 |
| P8 | 789000,00 | 9677300,00 | P8 | 788740,66 | 9676925,94 |
| P9 | 788700,00 | 9677300,00 | P9 | 788440,66 | 9676925,94 |
| P10 | 788700,00 | 9677000,00 | P10 | 788440,66 | 9676625,94 |
| P11 | 788500,00 | 9677000,00 | P11 | 788240,66 | 9676625,94 |

Fuente: Explomina S.A.

Ilustración 1: Ubicación de la concesión minera Rosario II



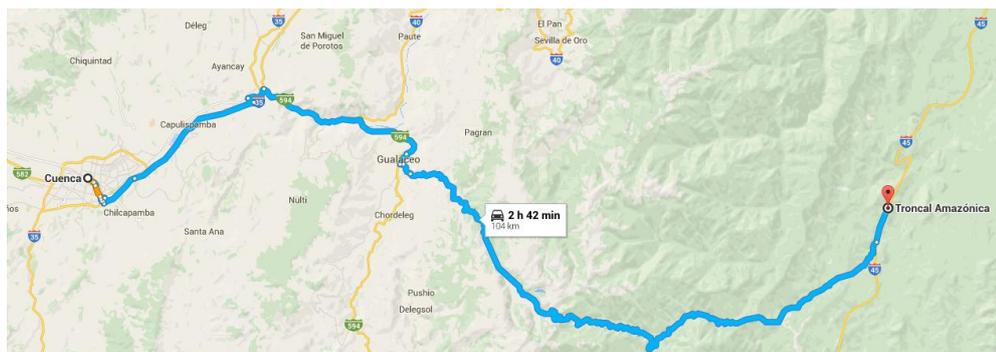
Fuente: Instituto Geográfico Militar

1.5.2 ACCESO.

El principal beneficiario del feldespato es Explomina S.A. ubicado en la ciudad de Cuenca, utilizando para el trazado del material explotado dos rutas:

- **Ruta 1.**-El acceso de la que utilizan los técnicos de EXPLOMINAS S.A. es partiendo de la provincia del Azuay, Cuenca. Por la Panamericana 35/Carr., hasta el cruce -E594 que conduce a Gualaceo y tomar la vía Cuenca – Limón y conectar con la Panamericana 45 Limón – Macas.

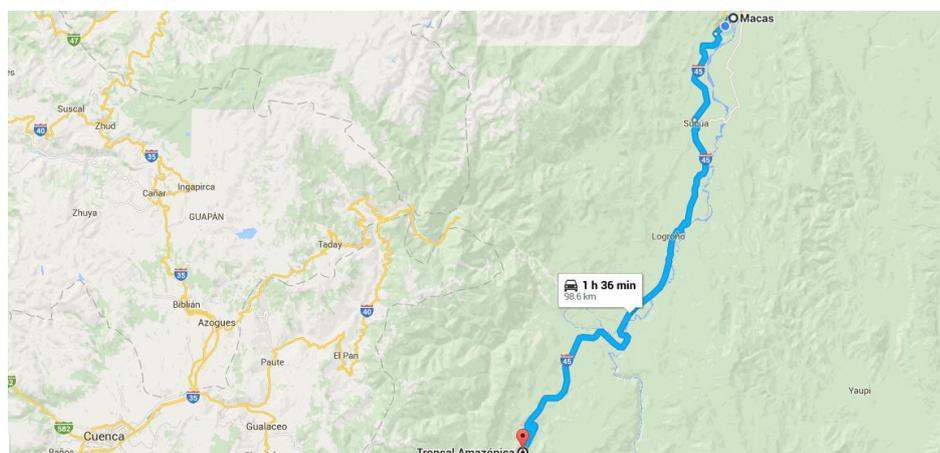
Ilustración 2: Ruta1; Cuenca - Gualaceo - Limón Indanza – Mina Rosario II



Elaborado por: Carlos Saguay, 2016.

- **Ruta 2.**-El acceso al proyecto se lo puede realizar desde la ciudad de Macas por la vía de primer orden 45, pasando por los cantones: Sucúa, Logroño, Santiago de Méndez y Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez, al ingreso del Cantón Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez se encuentra la parroquia de Yunganza en la cual está ubicada el área del estudio de la concesión el Rosario II, Código 100217.1.

Ilustración 3: Ruta 2; Macas - Sucúa - Logroño - Bella Unión - Mina Rosario II



Elaborado por: Carlos Saguay, 2016.

1.5.3 CLIMA.

La temperatura tiene una fuerte relación con la altura, sin embargo, existe una variabilidad en cuanto a la temperatura media anual. Tenemos temperaturas que oscilan desde 18 a 20°C en la zona Norte, Centro y parte Sur de la Parroquia de Indanza abarcando el mayor porcentaje de territorio; incluida la cabecera parroquial; mientras que las temperaturas más altas de 20 a 22°C se encuentran en las zona Sur y los rangos 16-18°C en la zona Norte.

El clima es tropical en Yunganza. Hay precipitaciones durante todo el año en Yunganza. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. La temperatura media anual en Yunganza se encuentra a 18,7 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 2967mm. (INAMHI, 2016).

1.5.4 FLORA Y FAUNA.

- **Flora:** De la visita insitu se han observado que el sector del proyecto El Rosario II se encuentra constituido básicamente por pastizal en su llanura, asentándose en el norte de la zona, con pendientes mayores se puede apreciar bosque remanente, compuesto por arboles q superan los 20 m. de altura, tales como guayabo, pambil entre otros.

Fotografía 1: Flora de la concesión Rosario II.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **Fauna:** Por ser una zona intervenida es propicia según el temporal climatológico como habitat de una fauna nómada, caracterizándose con las presencia de aves como gorriones silvestres, garrapateros, mirlos y chambucos. En mamíferos se encuentran raposas y roedores pequeños. En reptiles se encuentran un sub-número de especies de culebras y lagartijas.

relativamente comunes las impregnaciones de asfalto. Es parte de los reservorios petroleros principalmente del oriente. Acompañada generalmente a la formación Napo supra yacente. En el flanco este de la sierra Cutucú, en el oeste de la misma sierra yace sobre la formación Santiago y en varios ríos aparece sobre la formación Misahuallí. Alcanza hasta 200 m., de espesor. El sitio en estudio se encuentra en el borde del contacto entre esta formación y la formación chapiza, en la zona existe el hiato estratigráfico de la formación Misahuallí que por lo común se intercala entre la formación hollín y la formación chapiza, dicha ausencia se puede explicar por erosión de los materiales de la formación Misahuallí o la no depositación de la misma en el sector. (Bristow y Hoffstetter, 1979)

2.1.1.3 FORMACIÓN CHAPIZA, Jurásico, JC.

Comprende una sucesión de sedimentos clásticos, no metamórficos, de bajo buzamiento, sobre yacidos por la Unidad Misahuallí. Forma parte de la cordillera Cutucú donde sobre yace la formación Santiago. En dicha cordillera aflora pizarras y areniscas, grises y rosadas con finos horizontes de anhidrita, dolomitas y yeso. Hay fuertes evidencias de que al menos parte de la secuencia es equivalente a la formación Santiago o que se produce un contacto gradacional entre ellas, la localidad tipo se localiza entre los ríos chapiza y Yaupi y a lo largo del río chapiza unos 28 km al NW del pueblo Yaupi. (Baldock, 1982).

En la zona del proyecto se ubica en la base de las formaciones del cretácico sobre yacida por la formación hollín, el contacto ha permitido los procesos meteorización que han derivado en la formación de minerales a ser explotados en la mina Rosario II.

2.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

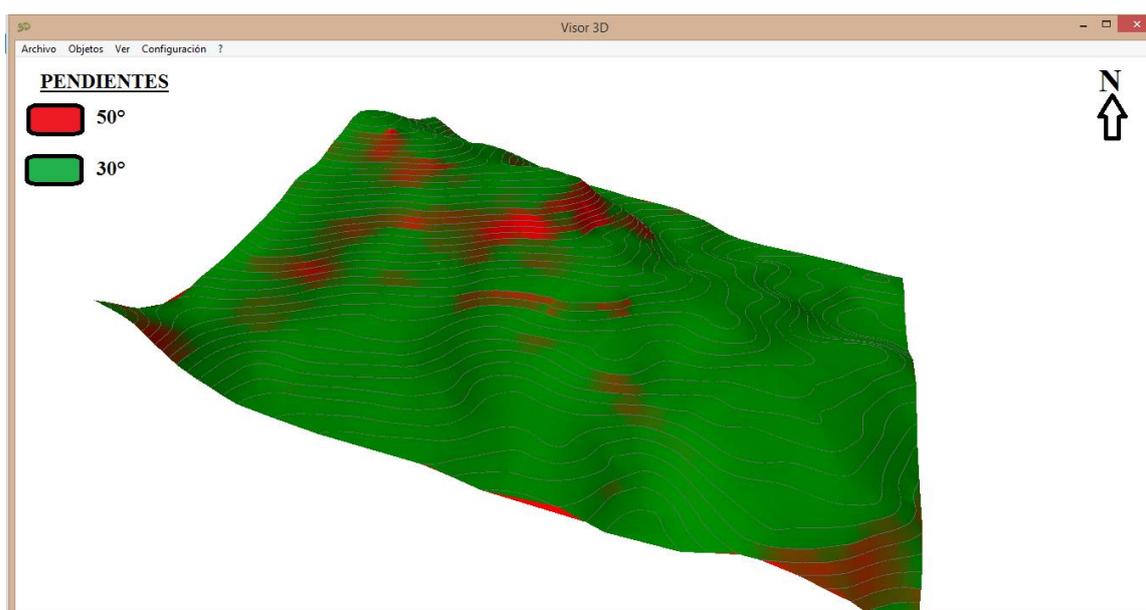
Desde el punto de vista estructural se tiene los contactos entre las formaciones hollín y Chapiza como la principal característica que marca la zona pues ha permitido la formación de los depósitos minerales que van a ser explotados por intrusiones de material ígnea entre las formaciones de prevalencia sedimentaria.

En cuanto a los macizos rocosos estos se encuentran diaclasados y tienen relleno de materiales meteorizados o depositados posterior a la formación de la roca base del macizo. Esto condiciona de manera importante el comportamiento geomecánico del macizo rocoso y los relevamientos geomecánico.

2.2 MORFOLOGÍA.

La pendiente general del área de estudio tiene dirección sureste con pendiente media a alta, presenta intervención antrópica por la construcción de la vía troncal amazónica, se observa macizos rocosos sin un buzamiento preferencial o control estructural en la pendiente por la naturaleza ígnea de los depósitos en la zona. Existen algunos cambios de pendiente relacionados con la presencia de coluviales en el área pero en el sitio mismo de estudio la pendiente es única por lo cual no existe presencia de materiales coluviales que pueden tener un comportamiento mecánicodistinto.

Ilustración 5: Modelo digital 3D de la pendiente de la zona de estudio



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

2.3 BASE TOPOGRÁFICA.

La topografía local utilizando como base hace referencia dentro de una base topográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM), usando imágenes satelitales de Tipo ASTGM2_S03W079, proyectadas en formato DEM, dentro de ella ubicando las coordenadas de la concesión El Rosario II y delimitando la superficie del área de estudio de la explotación de 400m., de largo y de 200m., de ancho cubriendo un área de 8 hectáreas. En donde se describe a detalle la geología local, además de los trabajos de campos que se han realizado un análisis geológico por medio de trincheras y los afloramientos que se pueden observar en la zona. Cuenta con su planta de stock donde se encuentra las escombreras del material donde es depositado para su traslado.

2.4 HIDROLOGÍA LOCAL.

En el área de estudio se encuentra la quebrada El Rosario que en cual solo en la época de lluvia su caudal es considerable y de imprescindible importanciaq varía dependiendo la topografía, se ha tomado como referencia en el punto UTM-WGS84; 788457 E / 9677022 N., para la medición del caudal se ha llenado en una botella de 500ml (500cm³) en un tiempo de 12 seg., para así poder calcular el caudal estimado.

Fotografía 2: Caudal de la quebrada El Rosario.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

2.4.1 CALCULO DEL CAUDAL DE LA QUEBRADA ROSARIO.

Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

$$Q = V/t$$

Donde:

Q = Caudal, expresado en (m³/s)

V = Volumen del recipiente tomado, expresado en (m³)

t = Tiempo en llenarse el recipiente, expresado en (seg.)

- **Caudal 1. (UTM-WGS84; 788457 E / 9677022 N)**

$$Q = V/t$$

$$Q = 500\text{cm}^3/12\text{seg} \quad \rightarrow \quad Q = 0,0005\text{m}^3/12\text{seg}$$

y geotecnia y extraer muestras para clasificación de suelos SUCS(Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

- Sondeos mediante 3 líneas de sísmica de refracción de 55m de longitud.

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CALICATAS DE TIPO PCA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO MINA EL ROSARIO II.

- **PCA-01 (UTM-WGS84: 788693 E / 9676992 N).**

Describe: "... es un material fino con presencia de gravas entre 10mm, la matriz corresponde a un material residual arcilloso, la humedad es media y condiciona la consistencia de los materiales. Además, observa que el nivel freático está a los 70cm donde se encuentra la roca fracturada".(Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina El Rosario II, 2013).

Fotografía 3: Calicata PCA-01



Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina El Rosario II, 2013.

En la verificación de campo actualmente se visualiza que no existe cambio alguno, está cubierta por una capa vegetal con poco material residual producto del desbroce del acceso al frente de explotación, y se encuentra aproximadamente a 2 m., del margen derecho de la vía principal.

Fotografía 4: Estado actual de la calicata PCA-01.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **PCA-03 (UTM-WGS84: 788675 E / 9677025 N).**

Describe: "... un material arcilloso, con una humedad baja con presencia de pedazos de feldespatos entre 5 a 10cm., en la que se han sidotomadas muestra para clasificación SUCS."(Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina El Rosario II, 2013).

Fotografía 5: Calicata PCA-03.



Fuente:Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

En la verificación actual del campo se observa un corte aflorando en dirección (N80°W) con una altura de 11 m., en las que se observa la roca de feldespatos de color marrón, en la que presenta fractura miento paralelo en la roca con una dirección N24°W/58°NE, que se encuentra en una dirección favorable a la dirección de la explotación N90°W, la consistencia del material extremadamente firme.

Fotografía 6: Estado actual de la calicata PCA-03.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **PCA-04 (UTM-WGS84: 788694 E / 9677039 N).**

Describe: "...material arcilloso arenoso con arenas finas, presta varias coloraciones con presencia de color amarillento con blanco y pintas negras, la profundidad de excavación es de 2,00m." (*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina El Rosario II, 2013*).

Fotografía 7: Calicata PCA-04.



Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

En la verificación este PCA-04 atraviesa uno de los ensayos de sísmica de refracción del perfil LS-3, observando un afloramiento de dirección (N70°W), de una altura de 11 m., en la que se aprecia la roca de feldespato, de humedad natural baja y con consistencia muy firme.

Fotografía 8: Estado actual de la calicata PCA-04.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **PCA-05 (UTM-WGS84: 788694 E / 9677039 N).**

Describe: "...arcilloso limoso de color café, con la presencia de materiales blancos y pintas negras, se ubica en la línea 3 cerca del límite de transmisión. La profundidad de estrato es de 2,50m. (Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina El Rosario II, 2013).

Fotografía 9: Calicata PCA-05.



Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario I, 2013.

Se verifica en la actualidad que se esté PCA-05 se encuentra junto al PCA-04 dentro del corte que aflora la roca feldespática y sus características serán idénticas al PCA-04.

- **PCA-06 (UTM-WGS84: 788715 E / 9677042 N).**

Describe: "...se identifica un talud de potencia de 5m., y una plataforma de 5m., y de otro talud de potencia de 6 a 7m., el material arenoso sin presencia de arcillas, contiene una humedad media, el material tiene una coloración rosado amarillento."(*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina El Rosario II, 2013*).

Fotografía 10: Calicata PCA-06.



Fuente:Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

Se verifica en el campo actual se observa que pasa una rampa de acceso que conduce al frente de explotación y está totalmente desbrozado teniendo en la superficie al material de feldespatos

- **PCA-07 (UTM-WGS84: 788695 E / 9676991 N).**

Describe: "...un material de color café con de pintas amarillas, con presencia de gravas de un tamaño de 5 hasta 10 cm., y de forma angulosa, es el material semejante al PCA-(02 – 04) la profundidad de excavación finaliza a los 2.00m."(*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario I, 2013*).

Fotografía 11: Calicata PCA-07.



Fuente:Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

En la verificación actualmente se visualiza material residual producto del desbroce de la construcción del acceso de vía del frente de explotación, parte de esta zona está cubierta por capa vegetal.

Fotografía 12: Estado actual de la calicata PCA-07.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

3.1.2 ENSAYOS DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN.

El ensayo de Sísmica de Refracción está destinada a conocer la conformación de los diferentes materiales presentes en el subsuelo, en el sector de la cantera, así definiendo los espesores aproximados de la cobertura y de las diferentes capas características mediante parámetros geofísicos y en lo particular la presencia del basamento o roca de base. (Knott, C. Reflexión y refracción de ondas elásticas con aplicaciones sismológicas. 1989)

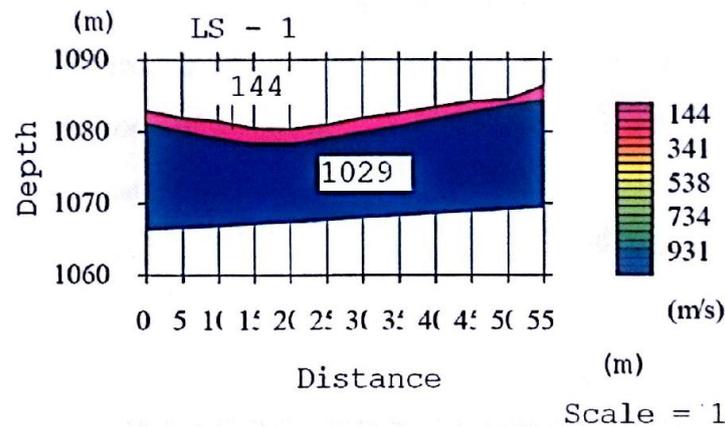
En la concesión minera han realizado la investigación de sismo Refracción sobre tres perfiles que contiene una longitud de 55m., ubicados en diferentes niveles y de forma paralela entre si sobre la superficie de la cantera en las que han registrado las ondas Vp (primarias), las que se indican a continuación:

- **Perfil LS-01.**

Describe: "...en las coordenadas (788682 E /9677003 N; 788731 E /9677001 N), una primera capa caracterizada por una velocidad de 144m/s con una profundidad en su parte más delgada y más potente de 0,8 m., hasta 2,30 m., en el Perfil LS-1, correspondiente a la capa vegetal y suelo de cobertura de tipo limoso. Una segunda capa que se presenta una

velocidad de 1029 m/s, constituido por roca ígnea muy meteorizada y fracturada.”(*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013*).

Ilustración 7: Perfil de sísmica de refracción, LS-01.



Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

Se verifica en el campo sobre la línea de sísmica de refracción un corte de afloramiento de 4 metros de altura y 9 m., de longitud de dirección de (N80°W/45°NE) que está compuesta de una capa de 0,90 m., de arcilla limosa de color café oscuro con presencia de gravas de tamaño de 5cm., de humedad media, tiene contacto con la roca feldespática que se encuentra con una meteorización media con contenido de oxidación de coloración rojiza.

Fotografía 13: Estado actual del perfil de sísmica, LS-01

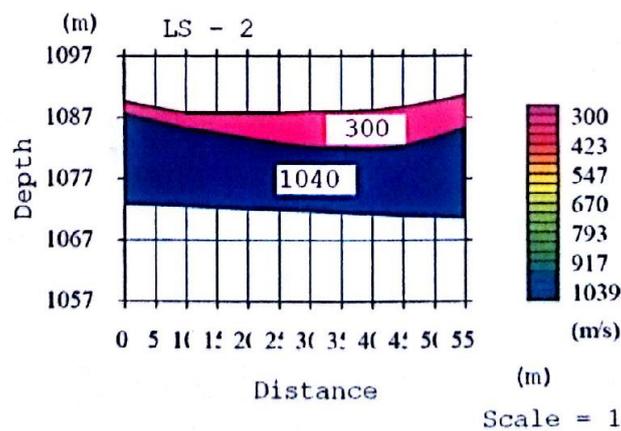


Fuente: Carlos Saguy, 2016.

- **Perfil LS-02.**

Describe: "...en las coordenadas (788674 E /9677014; 788724 E /9677012 N), una primera capa caracterizada por una velocidad de 300 m/s, con una profundidad de 1,90 m hasta 6,30 m., en su parte más delgada y más potente, correspondiente a la capa vegetal y suelo residual de tipo limoso. Una segunda capa que presenta una velocidad de 1040 m/s, probablemente constituido por material de la roca muy fracturada y fragmentada".(Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013).

Ilustración 8: Perfil de sísmica de refracción, LS-02.



Fuente:Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

En la verificación de campo se puede apreciar que la línea de sísmica de refracción se encuentra una parte de 9m., de afloramiento donde se observa la roca de feldespatos de coloración marrón, parte de ella se encontraba cubierta de arena de feldespatos producto de la erosión. La otra sección se encuentra en su totalidad cubierta de su capa vegetal con una material de arcilla limosa de una potencia de 1,10 m.

Fotografía 14: Estado actual del perfil de sísmica, LS-02.

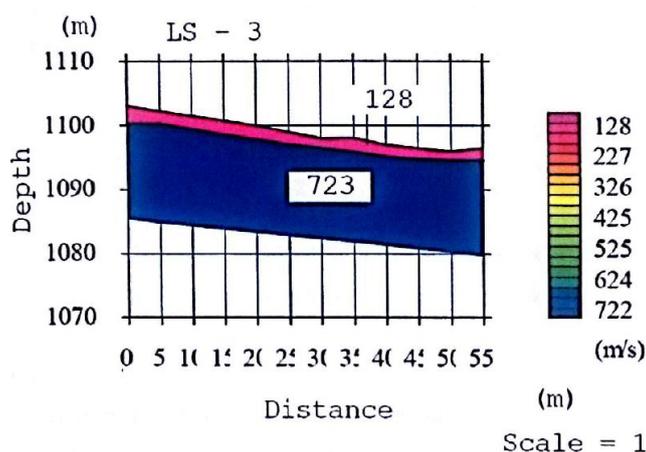


Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **Perfil LS-03.**

Se extiende de las coordenadas (788665 E /9677034 N; 788714 E /9677041 N), una primera capa caracterizada por una velocidad de 128 m/s, con una profundidad de 1,30 m hasta 2,80 m en su parte más delgada y más potente, corresponde a la capa vegetal y suelo residual de tipo limoso. Una segunda capa presenta una velocidad de 723 m/s, probablemente de material arenoso sueltos. (*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II*).

Ilustración 9: Perfil de sísmica de refracción, LS-03.



Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

Se observó sobre esta línea de sísmica de refracción, que se encuentra sobre un rampa de acceso y que en ella existe un corte aflorando de roca de feldespato, a su profundidad se encuentra fracturada la roca

Fotografía 15: Estado actual del perfil de sísmica, LS-03.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

3.1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO CLASIFICACION DE SUELOS.

En nuestro estudio de factibilidad nos beneficiamos de información ya existente de la concesión minera: (*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II*).

Ensayos de laboratorio de las muestras tomadas en el campo de las calicatas consu Clasificación SUCS) respectiva. (*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II*).

Tabla 2: Resumen de ensayos de laboratorio del estudio geológico y geotécnico.

| DATOS TOMADOS EN CAMPO DE LAS CALICATAS TIPO PCA | | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CALICATAS | | PCA-01 | PCA-03 | PCA-04 | PCA-05 | PCA-06 | PCA-07 |
| COORDENADAS UTM-WGS84 | ESTE | 788693 | 788675 | 788694 | 788694 | 788715 | 788695 |
| | NORTE | 9676992 | 9677025 | 9677039 | 9677039 | 9677042 | 9676991 |
| ELEVACIÓN (m.s.n.m.) | | 1060 | 1101 | 1096 | 1096 | 1103 | 1062 |
| PROFUNDIDAD (m) | | 1.50 | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 2.00 | 2.00 |
| ANÁLISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | |
| GRADACIÓN | GRAVA (%) | 56% | 53% | 1% | 4% | 47% | 5% |
| | ARENA (%) | 21% | 20% | 25% | 38% | 44% | 35% |
| | FINOS (%) | 23% | 28% | 74% | 59% | 9% | 60% |
| LIMITES DE ATTERBERG | LL (%) | 39% | 39% | 40% | 48% | 50% | 41% |
| | LP (%) | 25% | 20% | 18% | 23% | 23% | 25% |
| | IP (%) | 14% | 19% | 22% | 25% | 27% | 16% |
| | HUMEDAD(%) | 13% | 28% | 35% | 35% | 6% | 31% |
| CLASIFICACIÓN | SUCS | GC | GC | CL | CL | GW-GC | CL |
| | AASHTO | A-2-6 | A-2-6 | A-6 | A-7-6 | A-2-7 | A-7-6 |

Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

Estos datos servirán para el cálculo de estimación de reservas y para el diseño de explotación.

3.1.4 PARÁMETROS LITOLÓGICOS SEGÚN SÍSMICA DE REFRACCIÓN.

De acuerdo a la Geología Regional, el sitio está ubicado en la formación Chapiza, sin embargo en los taludes de cortes se observa a lo largo de la vía la litología de tipo ígneo meteorizado.

Con los resultados de la clasificación de suelo y con los parámetros de velocidad de onda, se puede inferir parámetros Geomecánicos para los materiales que forman el suelo residual y la roca meteorizada. (*Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II*).

- **Suelo Residual.**

Velocidad de Ondas V_p : 144;300;128 m/s. De acuerdo con la velocidad de las ondas los autores sugieren densidades secas de alrededor de 15 kN/m^3 , pero para el modelo de estabilidad es considerado con 17 kN/m^3 .

Tabla 3: Criterio de ruptura del suelo residual.

| SUELO RESIDUAL | |
|----------------------------|------------------------|
| Criterio de Ruptura | Mohr-Coulomb |
| Ángulo de Fricción Interna | 28° |
| Cohesión | 30 kN/m ² |
| Peso por Unidad de Volumen | 17.5 kN/m ³ |

Fuente:Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

- **Roca Meteorizada.**

Este estrato se caracteriza por la presencia de suelo residual o roca descompuesta en un determinado grado de meteorización, se debe indicar que de acuerdo a los resultados de la geofísica.

Velocidad de Ondas Vp: 1029; 1040; 723 m/s.

Se sugiere utilizar una densidad de seca de 18 kN/m³, en él se lo utilizara a 20kN/m³, a continuación se presenta un perfil de meteorización representativo del sitio. De acuerdo con la línea sísmica de 55m., realizada, fue posible explorar hasta la zona altamente meteorizada donde la máxima velocidad de onda registrada es de 1040 m/s.

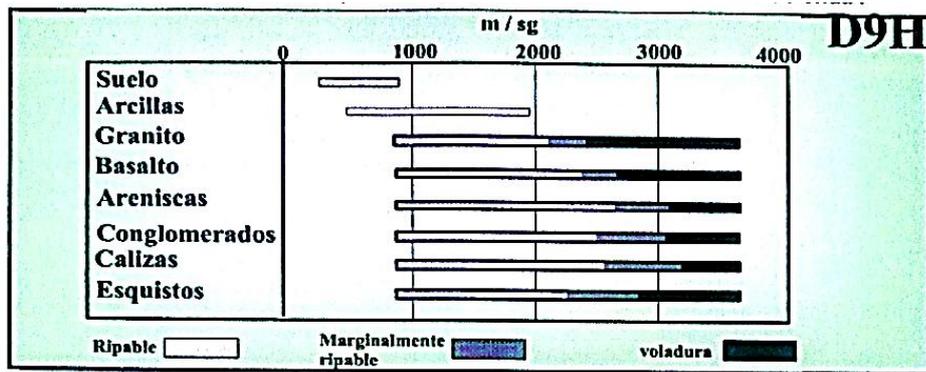
Tabla 4: Criterio de ruptura de la roca de feldespatos.

| ROCA FELDESPATO | |
|----------------------------|----------------------|
| Criterio de Ruptura | Mohr-Coulomb |
| Ángulo de Fricción Interna | 35° |
| Cohesión | 50 kN/m ² |
| Peso por Unidad de Volumen | 20 kN/m ³ |

Fuente: Raster-Estudio Geológico y Geotécnico Mina el Rosario II, 2013.

De acuerdo a las velocidades de las Ondas Vp, y tomando en cuenta el criterio para requerir voladura en función de las velocidad de las Ondas Vp, no requieren de uso de voladura, por cuanto las velocidades de transmisión de ondas indican que los materiales se pueden excavar con equipo mecánico y que en el peor de los casos requiera un ripeo leve. Como referencia se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 5: Criterio para requerir voladura en función de la onda Vp.



Fuente: Capacidad de un D9H - Caterpillar, 1973.

3.1.5 REGISTRÓ DE AFLORAMIENTOS.

En el área de estudio que se encuentra entre la Formación Hollín y la Formación Chapiza, entre las cuales se ha hecho una descripción a detalle de la geología en el área del estudio, se ha observado afloramientos en las cuales describe lo siguiente:

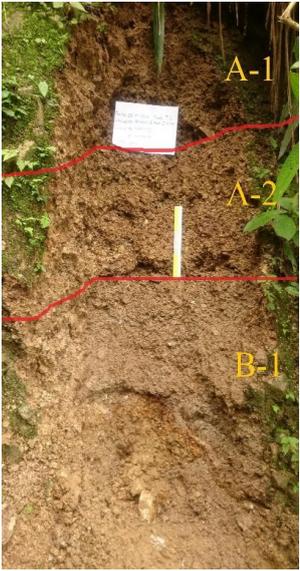
- *Afloramiento AF-01(UTM-WGS84; 788457 E / 9677022 N).*

Es considerado como capa vegetal ya que se encuentra contenido de arcilla inorgánica de plasticidad baja con una profundidad de 1,00m., de potencia, de color café marrón con presencia de clastos de un tamaño menor a 7cm., y de forma angulosa, el contenido de humedad es medio y presencia una consistencia blanda.

A una profundidad desde 1,00 m hasta 1,70 m., (0,70m de potencia) se aprecia un material de arena arcillosa de color café oscuro con una meteorización baja, presencia de clastos de tamaño de 7cm., y de forma angulosa, con una humedad media y de consistencia blanda.

Dentro de una profundidad desde 1,70 m hasta 2,50 m., (0,80m de potencia) se encuentra arena mal graduada de coloración grisáceo con un contenido de humedad media y clastos de 2cm de tamaño y de forma angulosa, su matriz tiene una consistencia media.

Tabla 6: Descripción del afloramiento AF-01.

|  ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO EXT. MORONA SANTIAGO | | | | | |
|---|--|---------------------|--------|--|---------|
| DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS | | | | | |
| UBICACIÓN: | ROSARIO II CÓD. 100217.1 | AFLORAMIENTO | AF-01 | COORDENADAS N: | 9677022 |
| FECHA: | 29-abr-16 | PROFUNDIDAD: | 2,50 m | E: | 788457 |
| DATUM: | WGS84 | COTA | 1073 | MUESTRA: | -- |
| PROFUNDIDAD (m) | DESCRIPCIÓN DEL SUELO | SUCS | SUELO | FOTOGRAFÍA | |
| 0,00 | Es considerado como capa vegetal ya q se encuentra contenido de arcilla inorgánica de plasticidad baja con una profundidad de 1.00m., de potencia, de color café marrón con presencia de clastos de un tamaño menor a 7cm., y de forma angulosa, el contenido de humedad es medio y presencia una consistencia blanda. | CL | A-1 |  | |
| 1,00 | Se aprecia un material de arena arcillosa de color café oscuro con una meteorización baja, presencia de clastos de tamaño de 7cm y de forma angulosa, con una humedad media y de consistencia blanda. | SC | A-2 | | |
| 1,70 | Se encuentra arena mal graduada de coloración grisáceo con un contenido de humedad media y clastos de 2cm de tamaño y de forma angulosa, su matriz tiene una consistencia media. | SP | B-1 | | |
| 2,50 | | | | | |

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

- **Afloramiento AF-02 (UTM-WGS84; 788490 E / 9676976 N).**

El material identificado es de una profundidad de 0,90m., de potencia de material arcilla inorgánica de baja plasticidad de coloración marrón claro con presencia de clastos de 12cm., de tamaño y de una forma angulosa, su contenido de humedad es bajo de consistencia blanda.

A partir de 0,90 m hasta 1,30 m (0,30m de potencia) se aprecia un material de arena arcillosa de coloración café oscuro con presencia de clastos de 7cm., de tamaño de forma angulosa, contiene una humedad media y una consistencia blanda.

Dentro de 1,30 m hasta 1,80m (0,50 m de potencia) se encuentra arena mal graduada de coloración blanca a grisáceo con un contenido de humedad media y de consistencia media.

Tabla 7: Descripción del afloramiento AF-02.

|  ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO EXT. MORONA SANTIAGO | | | | | |
|---|--|---------------------|--------|--|---------|
| DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS | | | | | |
| UBICACIÓN: | ROSARIO II CÓD. 100217.1 | AFLORAMIENTO | AF-02 | COORDENADAS N: | 9676976 |
| FECHA: | 29-abr-16 | PROFUNDIDAD: | 1,80 m | E: | 78849 |
| DATUM: | WGS84 | COTA | 1067 | MUESTRA: | -- |
| PROFUNDIDAD (m) | DESCRIPCIÓN DEL SUELO | SUCS | SUELO | FOTOGRAFÍA | |
| 0,00 |  Arcilla inorgánica de baja plasticidad de coloración marrón claro con presencia de clastos de 12cm de tamaño y de una forma angulosa, su contenido de humedad es bajo de consistencia blanda. | CL | A-1 |  | |
| 0,90 | | | | | |
| 1,30 | Un material de arena arcillosa de coloración café oscuro con presencia de clastos de 7cm de tamaño de forma angulosa, contiene una humedad media y una consistencia blanda. | SC | A-2 | | |
| 1,80 | Arena mal graduada de coloración blanca a grisáceo con un contenido de humedad media y de consistencia media | SP | B-1 | | |

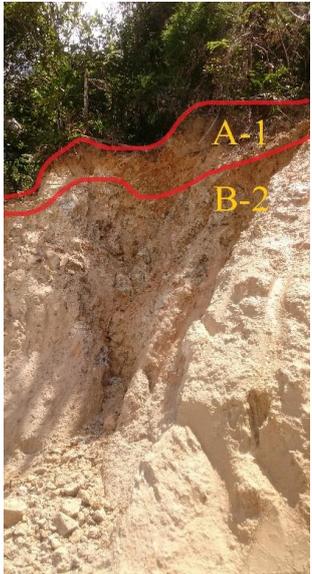
Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **Afloramiento AF-03 (UTM-WGS84; 788606 E / 9677107 N).**

Se puede apreciar un afloramiento en el frente de explotación, con una profundidad de hasta 1,20m de potencia un material de arcilla inorgánica de color rojizo de plasticidad baja con poca presencia de clastos de 7cm., de tamaño de forma angulosa, su contenido de humedad es baja y tiene una consistencia baja.

A partir de 1.20m en la trinchera que aflora se puede observar una continuidad a profundidad de un material de arena bien graduada de contenido de feldespato de coloración blanquecina con un contenido de humedad baja y de consistencia media.

Tabla 8: Descripción del afloramiento AF-03.

|  ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO EXT. MORONA SANTIAGO | | | | | |
|---|---|---------------------|--------|--|---------|
| DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS | | | | | |
| UBICACIÓN: | ROSARIO II CÓD. 100217.1 | AFLORAMIENTO | AF-03 | COORDENADAS N: | 9677107 |
| FECHA: | 29-abr-16 | PROFUNDIDAD: | 2,50 m | E: | 788606 |
| DATUM: | WGS84 | COTA | 1130 | MUESTRA: | -- |
| PROFUNDIDAD (m) | DESCRIPCIÓN DEL SUELO | SUCS | SUELO | FOTOGRAFÍA | |
| 0,00 |  <p>Un materia de arcilla inorgánica de color rojizo de plasticidad baja con poca presencia de clastos de 7cm de tamaño de forma angulosa, su contenido de humedad es baja y tiene una consistencia baja.</p> | CL | A-1 |  | |
| 1,20 | | | | | |
| 2,50 | | | | | |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

- **Afloramiento 4(UTM_WGS84; 788590 E / 9676982 N).**

En este punto aflora un material meteorizado de arena bien graduada de contenido de feldespato de coloración blanquecina, su contenido de humedad es media y su consistencia es media. Tiene un contacto con la roca fracturada.

Tabla 9: Descripción del afloramiento AF-04.

|  ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO EXT. MORONA SANTIAGO | | | | |
|---|--|---------------------|--------|--|
| DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS | | | | |
| UBICACIÓN: | ROSARIO II CÓD. 100217.1 | AFLORAMIENTO | AF-04 | COORDENADAS N: 9676982 |
| FECHA: | 29-abr-16 | PROFUNDIDAD: | 2,00 m | E: 788590 |
| DATUM: | WGS84 | COTA | 1130 | MUESTRA: -- |
| PROFUNDIDAD (m) | DESCRIPCIÓN DEL SUELO | SUCS | SUELO | FOTOGRAFÍA |
| 0,00 | En este punto aflora un material de arena bien graduada de contenido de feldespato de coloración blanquecina, su contenido de humedad es media y su consistencia es media. Tiene un contacto con la roca fracturada. | SW | B-2 |  |
| 0,80 | | | | |
| 2,00 | Roca Feldespática, de coloración marrón poco fracturada, de humedad baja, de una consistencia dura. | | | |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

CAPÍTULO IV

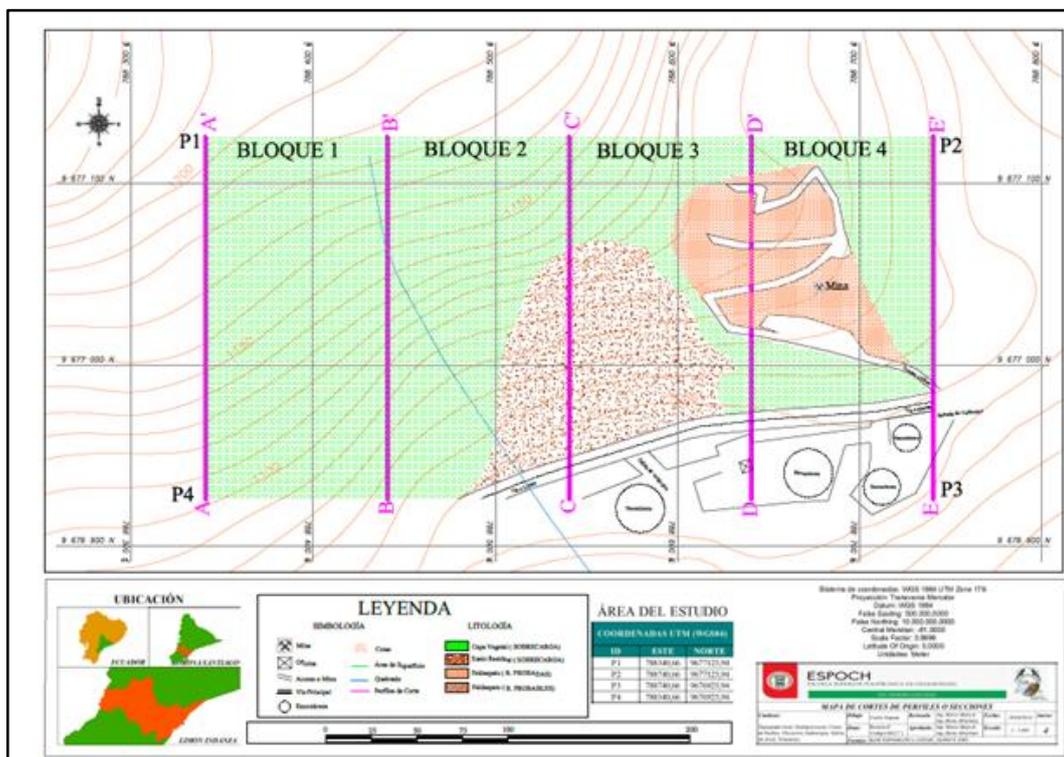
ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DEL YACIMIENTO.

4.1 CÁLCULO DE RESERVAS Y SELECCIÓN DE MÉTODO.

De acuerdo al correspondiente análisis litológico con la corroboración del Estudio Geotécnico Mina El Rosario II y la elaboración de las trincheras se procede delimitar la estimación de las reservas del yacimiento. Esta consiste en calcular, con el mínimo error posible, la cantidad de mineral existente en el yacimiento estudiado, pues esto permite avanzar con las características generales del yacimiento en cuanto a las toneladas del mineral útil, posteriormente en el método minero a elegir. (Bustillo & López, 1997).

El método elegido para realizar la estimación del cálculo de las reservas es uno de los métodos clásicos o geométricos conocidos como Método de los Perfiles, ha sido elegido este método debido a que (Carras, 1987) nos indica que este método posee varias ventajas como la factibilidad de aplicación, comunicación y entendimiento, y factibilidad de adaptación a todo tipo de mineralización. (Bustillo & López, 1997).

Ilustración 10: Mapa de las secciones de corte o perfil.

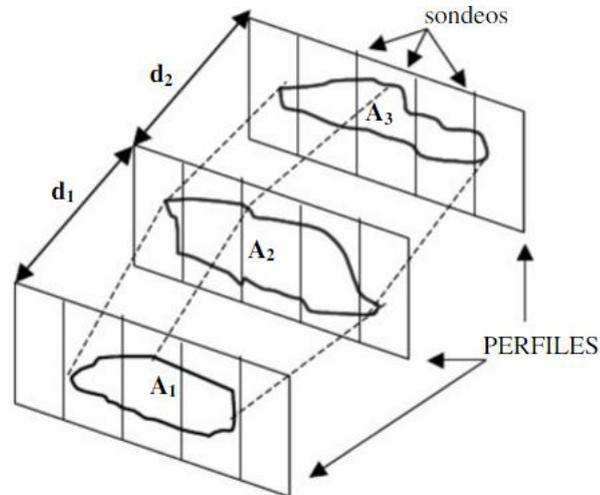


Elaborado por: Carlos Saguy, 2016.

4.1.1 MÉTODO DE PERFILES O CORTES.

Se usa cuando se tiene cuerpos mineralizados de desarrollo irregular y que han sido estudiados y que se encuentran distribuidos de forma que permitan establecer cortes o perfiles en los que se basa el cálculo de reservas, (Bustillo & López, 1997).

Ilustración 11: Método de perfiles para el cálculo de volúmenes



Fuente: Bustillo Revuelta M. y López Jimeno, C., 1997

4.1.1.1 Cálculo de volúmenes.

De acuerdo a (Cruz, 2011) el volumen del bloque comprendido entre perfiles se puede obtener:

- Multiplicando la sumatoria del área de cada sección por la mitad de la distancia al perfil contiguo a cada lado (Cada perfil genera un bloque).

$$V = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \dots + \left(\frac{S_n + S_m}{2} \right) * Ln \right)$$

Donde:

V = Volumen

S = Áreas de las secciones o perfiles.

L = Distancia entre secciones o perfiles.

d = Densidad del material – para toneladas

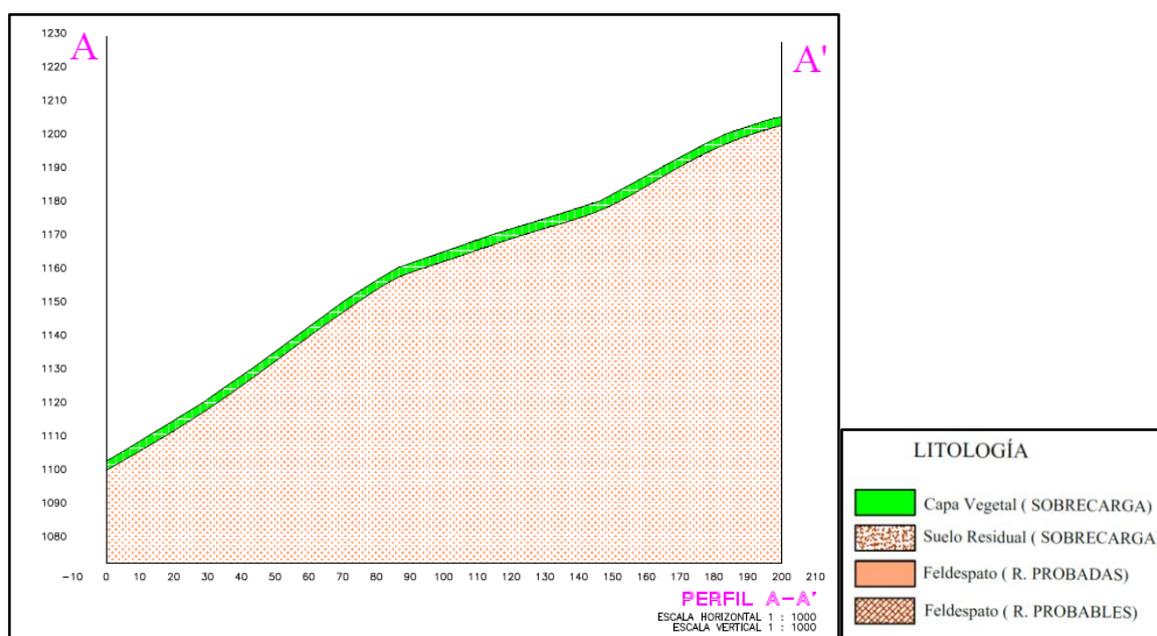
- Hallando el área media de dos perfiles consecutivo y multiplicando esta por la distancia entre dicho perfiles. En este caso, los volúmenes de los extremos se calculan:

$$V_1 = \left(\left(\frac{S_A * L}{2} \right) \right)$$

- Una vez calculado los volúmenes de cada bloque, se hallan las densidades aparentes medias y las leyes medias para poder calcular el tonelaje de mineralización de cada bloque, siendo el tonelaje total de material en el yacimiento, la suma de los tonelajes parciales.

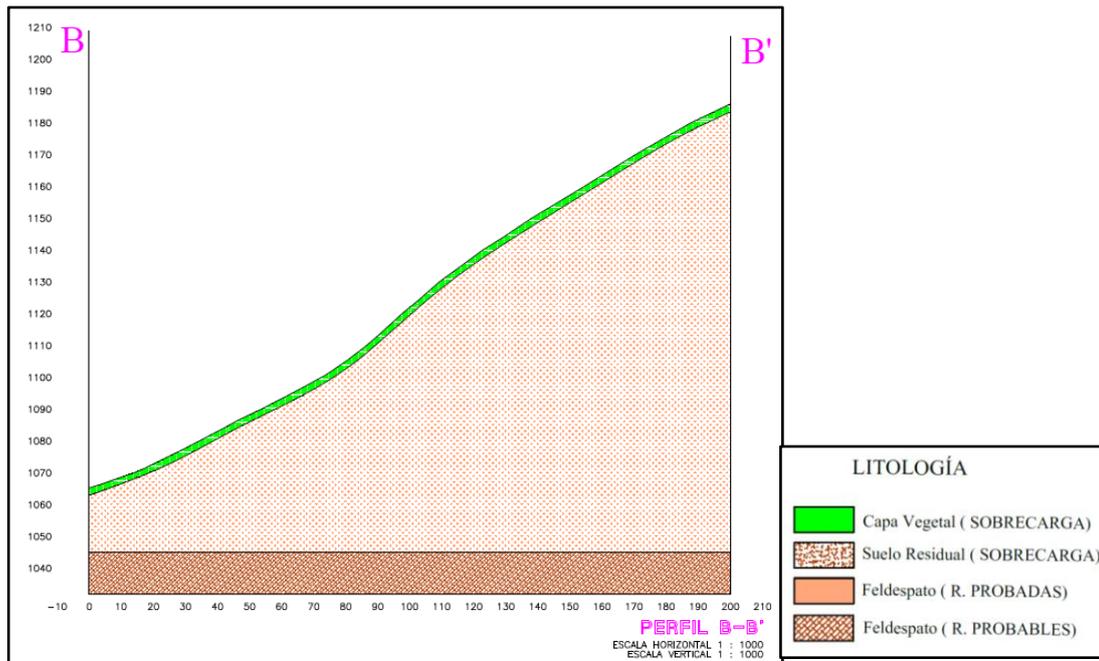
$$T = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \dots + \left(\frac{S_n + S_m}{2} \right) * L_n \right) * d$$

Ilustración 12: Sección de corte, perfil A-A'



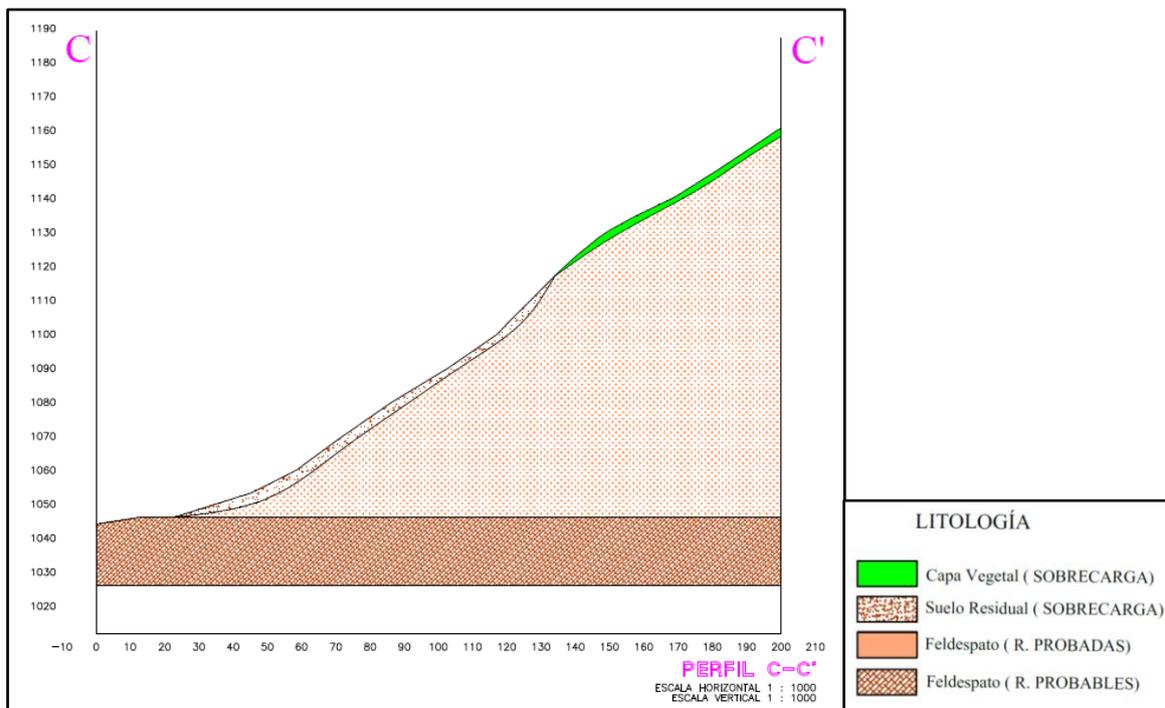
Fuente: Carlos Saguay, 2016.

Ilustración 13: Sección de corte, perfil B-B'

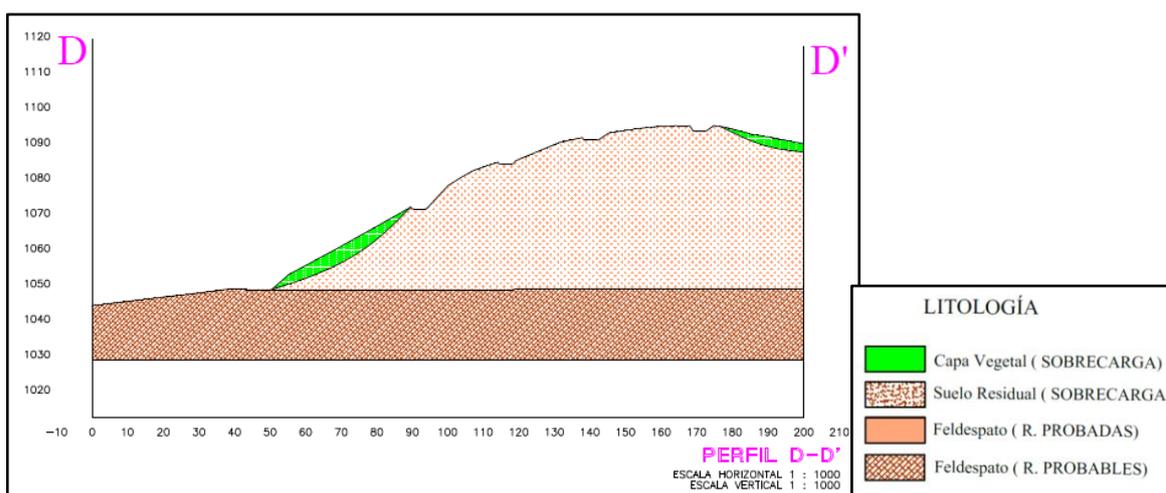


Fuente: Carlos Saguy, 2016.

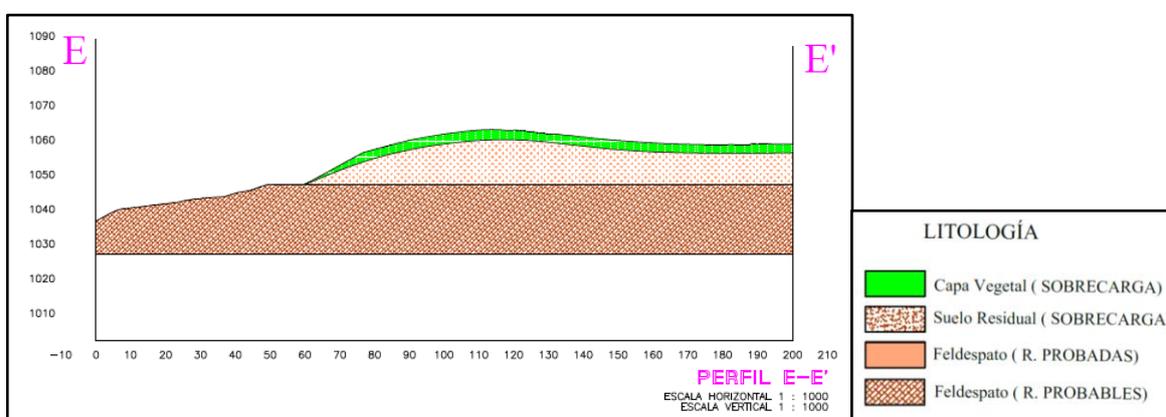
Ilustración 14: Sección de corte, perfil C-C'.



Fuente: Carlos Saguy, 2016.

Ilustración 15: Sección de corte, perfil D-D'.

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

Ilustración 16: Sección de corte, perfil E-E'.

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

4.1.1.2 Cálculo de las Reservas existentes del yacimiento.

Para el cálculo de las reservas se analizó las características que tiene el depósito, tales como la potencia vista en el frente de explotación, el buzamiento y la cobertura disponible.

Las distancias entre perfiles es de 100 metros para el cálculo de reservas, la densidad de la sobre carga es de $1,91 \text{ T/m}^3$, y para las reservas probadas y probables la densidad es de $2,80 \text{ T/m}^3$, estos datos son obtenidos del Estudio Geológico y Geotecnia Mina Del Rosario II.

$$RP = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \dots + \left(\frac{S_n + S_m}{2} \right) * Ln \right) * d$$

Donde:

RP = Reservas Probadas/ Probables/ Posibles/ Sobrecarga.

A = Superficie del perfil.

L = Distancia entre perfil.

d = Densidad del mineral – para Toneladas

Tabla 10: Área de los perfiles de las reservas y sobrecarga.

| PERFILES | DISTANCIA ENTRE SECCIONES (m) | ÁREAS DE RESERVAS: (m ²) | | |
|----------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|
| | | SOBRECARGA | RESERVAS PROBADAS | RESERVAS PROBABLES |
| A - A' | 100/2 | 577,93 | 16926,56 | 4000,00 |
| B - B' | 100/2 | 465,03 | 15102,24 | 4000,00 |
| C - C' | 100/2 | 460,02 | 9013,78 | 3986,79 |
| B - B' | 100/2 | 173,64 | 4727,98 | 3907,95 |
| E - E' | 100/2 | 345,97 | 1334,95 | 3759,54 |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

4.1.1.3 Sobrecarga.

$$V = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \left(\frac{S_C + S_D}{2} \right) * L + \left(\frac{S_D + S_E}{2} \right) * L \right)$$

$$V = \left(\left(\frac{577,93 + 456,03}{2} \right) * 50 + \left(\frac{465,03 + 460,02}{2} \right) * 50 + \left(\frac{460,02 + 172,64}{2} \right) * 50 + \left(\frac{172,64 + 345,97}{2} \right) * 50 \right)$$

$$V.TOTAL = 78\ 032,00\ m^3$$

$$T = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \left(\frac{S_C + S_D}{2} \right) * L + \left(\frac{S_D + S_E}{2} \right) * L \right) * d$$

$$T = \left(\left(\frac{577,93 + 456,03}{2} \right) * 50 + \left(\frac{465,03 + 460,02}{2} \right) * 50 + \left(\frac{460,02 + 172,64}{2} \right) * 50 + \left(\frac{172,64 + 345,97}{2} \right) * 50 \right) * 1,91$$

$$T.TOTAL = 149\ 041,12\ T$$

4.1.1.4 Reserva Probada.

$$V = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \left(\frac{S_C + S_D}{2} \right) * L + \left(\frac{S_D + S_E}{2} \right) * L \right)$$

$$V = \left(\left(\frac{16926,56 + 15102,24}{2} \right) * 50 + \left(\frac{15102,24 + 9013,78}{2} \right) * 50 + \left(\frac{9013,78 + 4727,98}{2} \right) * 50 + \left(\frac{4727,98 + 1334,95}{2} \right) * 50 \right)$$

$$V.TOTAL = 1\ 898\ 737\ m^3$$

$$T = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \left(\frac{S_C + S_D}{2} \right) * L + \left(\frac{S_D + S_E}{2} \right) * L \right) * d$$

$$T = \left(\left(\frac{16926,56 + 15102,24}{2} \right) * 50 + \left(\frac{15102,24 + 9013,78}{2} \right) * 50 + \left(\frac{9013,78 + 4727,98}{2} \right) * 50 + \left(\frac{4727,98 + 1334,95}{2} \right) * 50 \right) * 2,8$$

$$T = 5\ 316\ 465,70\ T$$

4.1.1.5 Reservas Probables.

$$V = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \left(\frac{S_C + S_D}{2} \right) * L + \left(\frac{S_D + S_E}{2} \right) * L \right)$$

$$V = \left(\left(\frac{4000,00 + 4000,00}{2} \right) * 50 + \left(\frac{4000,00 + 3986,79}{2} \right) * 50 + \left(\frac{3986,76 + 3907,95}{2} \right) * 50 + \left(\frac{3907,95 + 3759,54}{2} \right) * 50 \right)$$

$$V.TOTAL = 788\ 725,50\ m^3$$

$$T = \left(\left(\frac{S_A + S_B}{2} \right) * L + \left(\frac{S_B + S_C}{2} \right) * L + \left(\frac{S_C + S_D}{2} \right) * L + \left(\frac{S_D + S_E}{2} \right) * L \right) * d$$

$$V = \left(\left(\frac{4000,00 + 4000,00}{2} \right) * 50 + \left(\frac{4000,00 + 3986,79}{2} \right) * 50 + \left(\frac{3986,76 + 3907,95}{2} \right) * 50 \right. \\ \left. + \left(\frac{3907,95 + 3759,54}{2} \right) * 50 \right) * 2,8$$

$$T.TOTAL = 2\ 208\ 431.40\ T$$

Cada uno de los datos utilizados de las áreas para el cálculo de las reservas y las toneladas del mineral se puede apreciar en las siguientes tablas:

Tabla 11: Volumen de los bloques calculados de las reservas

| BLOQUES | VOLÚMENES DE BLOQUES : (m ³) | | |
|----------------------|--|-------------------|--------------------|
| | SOBRECARGA | RESERVAS PROBADAS | RESERVAS PROBABLES |
| BLOQUE 1 | 26074,00 | 800720,00 | 200000,00 |
| BLOQUE 2 | 23126,25 | 602900,50 | 199669,75 |
| BLOQUE 3 | 15841,50 | 343544,00 | 197368,50 |
| BLOQUE 4 | 12990,25 | 151573,25 | 191687,25 |
| VOLUMEN TOTAL | 78032,00 | 1898737,75 | 788725,50 |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

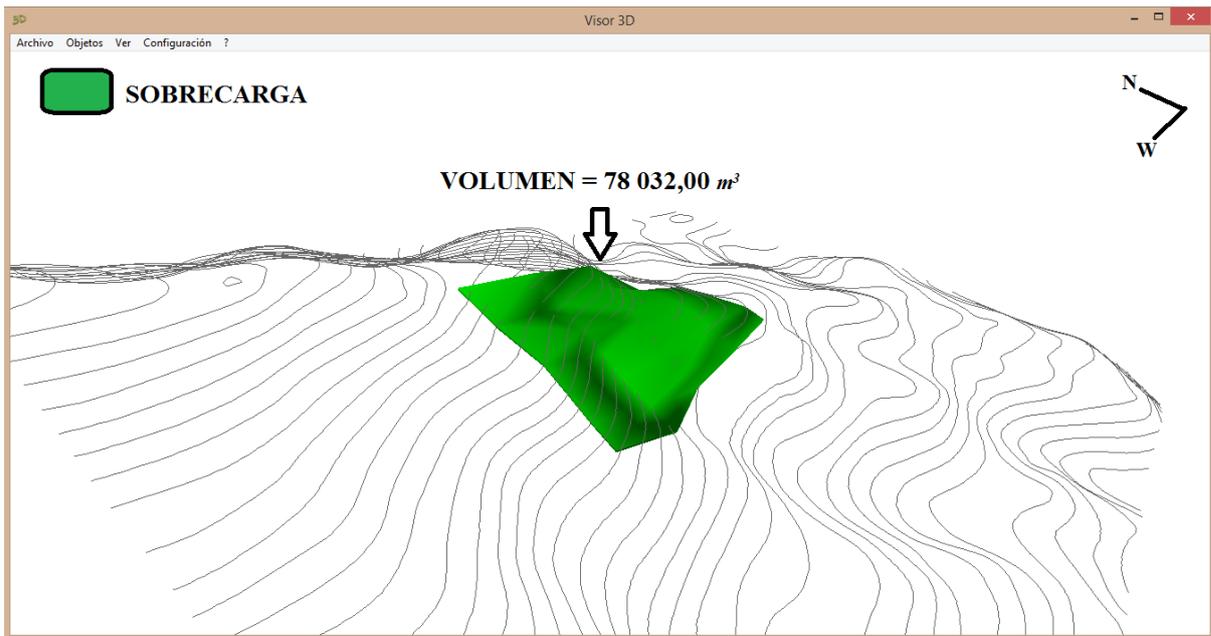
Tabla 12: Volumen de los bloques expresados en toneladas.

| BLOQUES | VOLÚMENES DE BLOQUES EN TONELADAS | | |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|
| | SOBRECARGA | RESERVAS PROBADAS | RESERVAS PROBABLES |
| BLOQUE 1 | 49801,34 | 2242016,00 | 560000,00 |
| BLOQUE 2 | 44171,14 | 1688121,40 | 559075,30 |
| BLOQUE 3 | 30257,27 | 961923,20 | 552631,80 |
| BLOQUE 4 | 24811,38 | 424405,10 | 536724,30 |
| VOLUMEN TOTAL | 149041,12 | 5316465,70 | 2208431,40 |

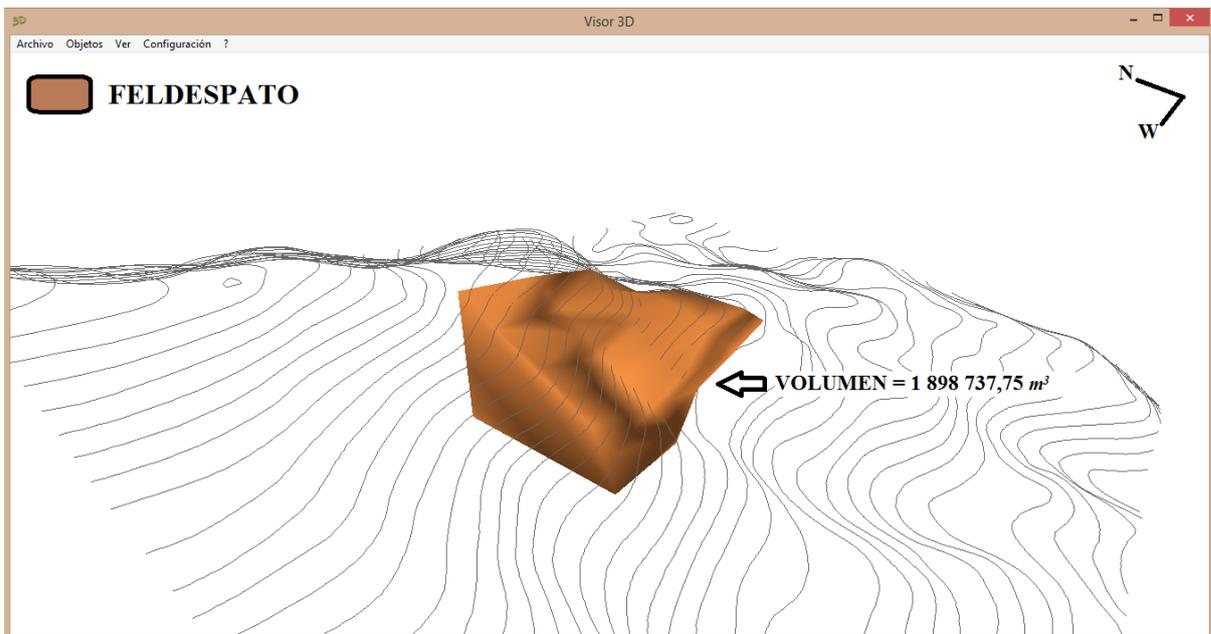
Fuente: Carlos Saguay, 2016.

4.1.1.6 Modelo Digital del Cuerpo mineralizado.

El modelo del cuerpo mineralizado del yacimiento está desarrollado con los datos tomados en el campo, cada potencia de los estratos del material estéril, y del mineral de feldespatos. El modelo digital del yacimiento está ilustrado mediante el uso de un software minero llamado RECMIN (Recursos Mineros) Diseñado y programado por César Castañón Fernández.

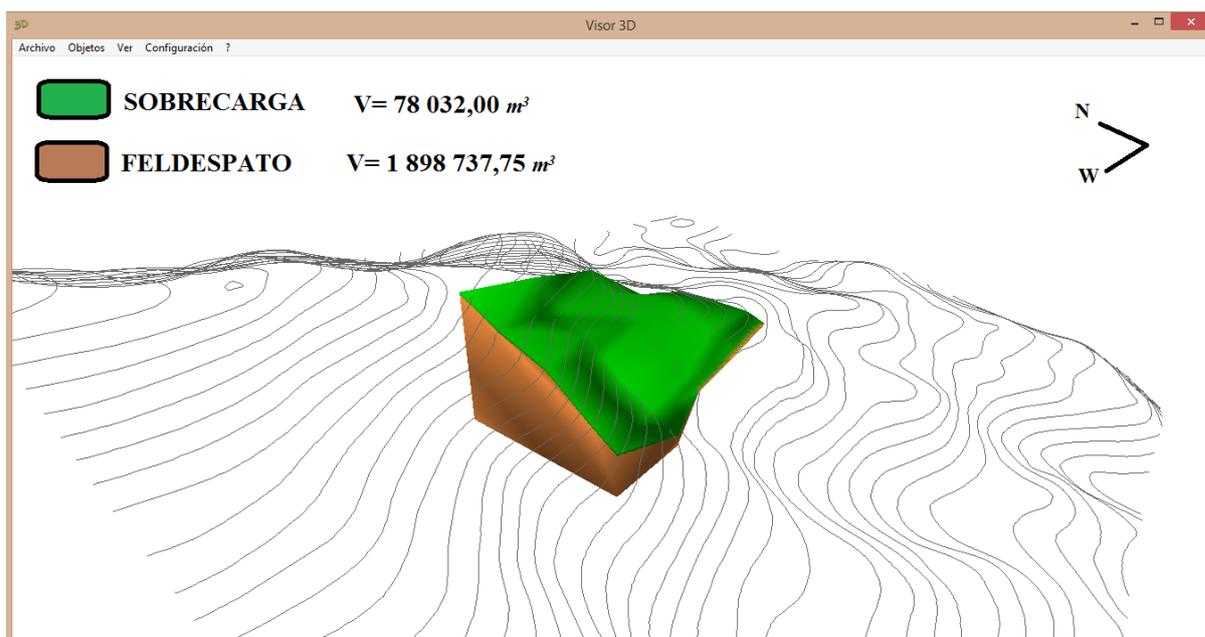
Ilustración 17: Modelo digital en 3D de la sobrecarga.

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

Ilustración 18: Modelo digital en 3D del feldespatos.

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

Ilustración 19: Modelo digital 3D del yacimiento.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

4.1.1.7 Porcentaje del mineralizado.

El modelo digital del yacimiento suma; 1 976 769,75 m³ de material de feldespato y sobrecarga, en la que calcularemos el porcentaje del yacimiento de feldespato y de la sobrecarga q será retirado.

% Mineralizado = (Reserva del mineral * 100%) / Reservas total del yacimiento.

% Mineralizado = (1 898 737,75 m³ * 100%) / 1 976 769,75 m³

% Mineralizado = 96 %

CAPÍTULO V

DISEÑO DE SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.

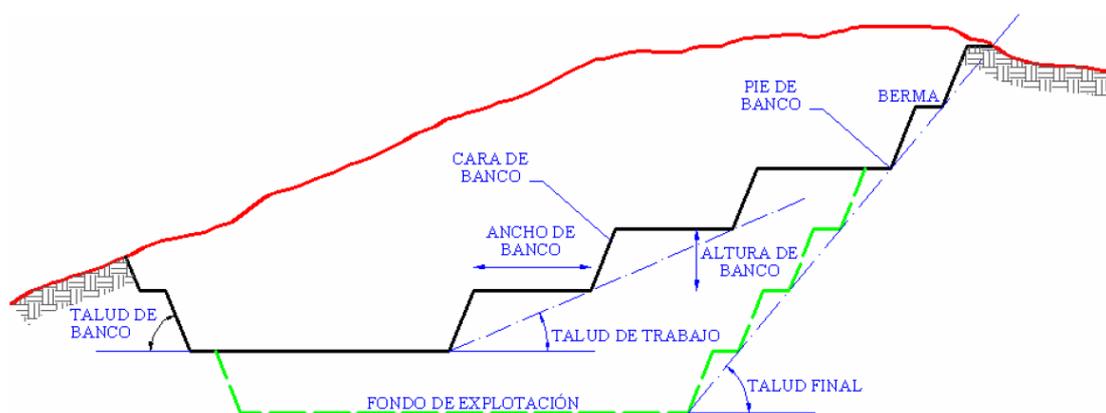
5.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.

Para el diseño correcto de una mina a cielo abierto se debe tener en cuenta los campos de investigación previstos como los de recopilación de información e información geológica desarrollada en el campo, fruto de la cual se obtendrá el modelo del yacimiento con todas las características litológicas y estructurales, que permitan optimizar la excavación final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad del mineral no metálico (feldespato). (Bustillo L. & López J, 1997).

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se debe tener en cuenta tres grupos de parámetros importantes para el diseño de una explotación las cuales son: geométricos, geomecánicos, y operativos.(Bustillo L. & López J, 1997).

- **Geométricos:** Es la función de la estructura y morfología del yacimiento, las pendientes en el terreno, pendientes en límites de propiedad, etc.
- **Geomecánicos:** Hace referencia a las dependientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento.
- **Operativos:** Son las dimensiones necesarias para la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: altura de banco, anchura de bermas y pistas, anchura de fondo, etc.

Ilustración 20: Terminología empleada en una cantera a cielo abierto.



Fuente: Bustillo Revuelta, M. y López Jimeno, C., 1997.

5.1.1 FACTORES GEOMÉTRICOS.

En la zona de la explotación se realiza conformando la forma actual que tiene la cantera, a lo largo del yacimiento, los afloramientos son poco visibles del mineral no metálico (Feldespatos), además de las características en las que podemos apreciar la zona de estudio son las siguientes:

Tabla 13: Resumen de los factores geométricos.

| FACTORES GEOMÉTRICOS | |
|------------------------------------|---------------|
| Ancho del Yacimiento | 200 m |
| Largo del Yacimiento | 400 m |
| Potencia del Yacimiento | 150 m |
| Forma del Yacimiento | Mantiforme |
| Inclinación general del Yacimiento | Subhorizontal |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

5.1.2 FACTORES GEOMECÁNICOS.

Con un estudio de análisis de clasificación de los suelos, según el origen geológico de las mismas, desde mucho tiempo atrás se han estudiado aquellas propiedades de diversa naturaleza que suministraba una mayor información de cara a la correcta selección para el sistema de arranque, carga y transporte más adecuado para un movimiento de rocas en la minería. Pero durante la realización del proceso minero la roca está sometida a unas importantes variaciones de carácter mecánico (impactos, cortes, compactación, desplazamientos, etc.) que alteran su estado natural. El minero debe estar familiarizado con las propiedades y características de las rocas, que con mayor frecuencia necesita para utilizar y seleccionar bien la maquinaria. (López Jimeno C,1991)

Con el Estudios Geológico y Geotécnicos Mina El Rosario II, podemos obtener las propiedades de los materiales, ya que estos estudios están estáticamente sobre la roca en su estado sólido natural, mientras que para la carga, transporte y apilado se requiere un conocimiento más dinámico de dichos parámetros por las variaciones que van a sufrir durante el proceso minero.

Tabla 14: Factores geomecánicos del feldespató

| PROPIEDAD DEL FELDESPATO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------------|-------|--------------------|
| Peso Específico | 3.2 | gr/cm ³ |
| Densidad | 2.8 | gr/cm ³ |
| Porosidad | 12.5 | % |
| Esponjamiento | 0.85 | |

Fuente: Raster – Estudio Geológico y Geogénico Mina el Rosario II, 2013.

5.1.3 FACTORES OPERATIVOS.

Se entiende como un sistema operativo al conjunto interrelacionado a técnicas y procesos que llevan a cabo la extracción de los minerales en una forma repetitiva, rutinaria e iterativa. Depende fundamentalmente de la resistencia que las rocas oponen a su fragmentación o su arranque y posteriormente a su transporte, (Bustillo L. & López J, 1997).

Para este tipo de minería a tajo abierto se empleara los equipos de acuerdo a su necesidad del diseño de explotación además de las características geomecánicas del material, siendo así una explotación por arranque mecánico del material ya que no es necesario el uso de voladura del macizo rocoso. Las maquinarias a operar según la producción de los benéficos y los costos de operación serán dadas a conocer en las características de la maquinaria a usarse, (Bustillo L. & López J, 1997).

5.1.3.1 Excavadora Hidráulica CAT 330CL.

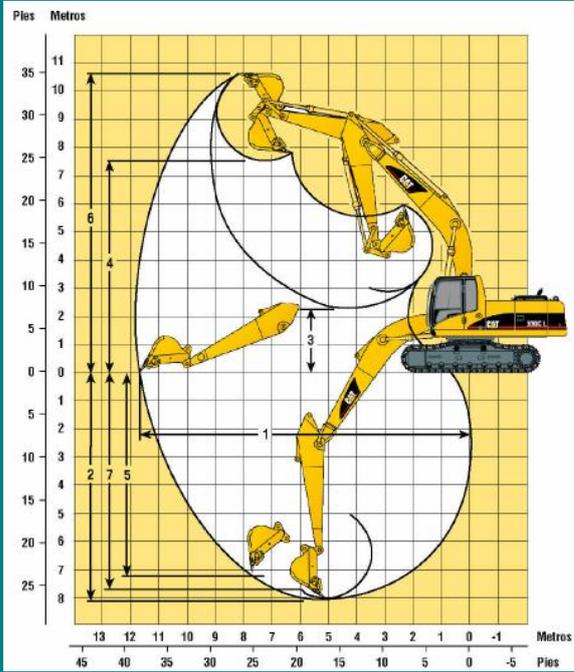
El motor C9 y el sistema hidráulico, exclusivo de Caterpillar, le brinda a la 330CL potencia, eficiencia y dirigibilidad excepcionales, sin igual entre las maquinarias de la competencia, para un rendimiento consistentemente elevado en todas las aplicaciones.(Catálogo de CAT, 2016)

Tabla 15: Características principales de la excavadora hidráulica CAT-330C L.

| EXCAVADORA HIDRÁULICA CAT 330C L | | | |
|---|------------------------|-------------------------|--------------------|
|  | MOTOR | Modelo | CAT C9 |
| | | Potencia ISO 9249 | 247 HP |
| | PESOS | P. Operacional | 35 100 kg |
| | | Cucharón | 1.9 m ³ |
| | CAPACIDADES DE LLENADO | Tanque de combustible | 163 gal |
| | | Aceite del motor | 9.4 gal |
| | | Sistema de enfriamiento | 10 gal |
| | MANDO | Fuerza Max. Tracción | 294 kN |
| | | Max. Velocidad | 5 km/h |
| | MECANISMO DE ROTACIÓN | Vel. De Rotación | 10 rpm |
| | | Par de Rotación | 108kN*m |

Fuente:Catálogo de maquinaria de Caterpillar, 2016.

Tabla 16: Gama de trabajo de la excavadora hidráulica CAT-330C L.

| GAMAS DE TRABAJO | | PLUMA DE ALCANCE 6,5m (21'4") |
|--|---|----------------------------------|
|  | Longitud de Brazo | R3,2 (10'6") |
| | Cucharón | 1.4 m ³ |
| | 1. Maximo alcance al nivel del suelo | 10.92 m (35'10") |
| | 2. Maxima Pofundidad de Excavación | 7.39 m (24'3") |
| | 3. Mínima Altura de Carga | 2.71 m (8'11") |
| | 4. Maxima Altura de Carga | 7.20 m (23'7") |
| | 5. Max. Prof. De Excavación en pared Vertical | 6.49 m (21'4") |
| 6. Maxima Altura de Corte | 10.34 m (33'11") | |
| 7. Max. Prof. De Excavación en Fondo Plano | 7.04 m (23'11") | |

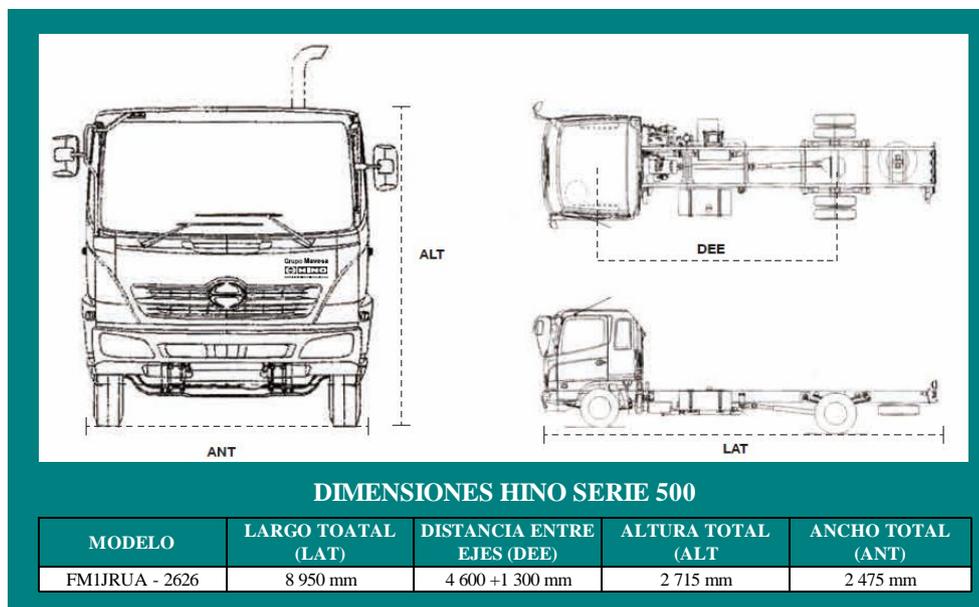
Fuente:Catálogo de maquinaria de Caterpillar, 2016.

5.1.3.2 Volquetes HINO FC-2626 Serie 500.

Las razones del éxito de los volquetes en la Minería a Cielo Abierto está en sus principales (adaptabilidad al perfil del camino, selectividad minera por unidades, infraestructura fácil),

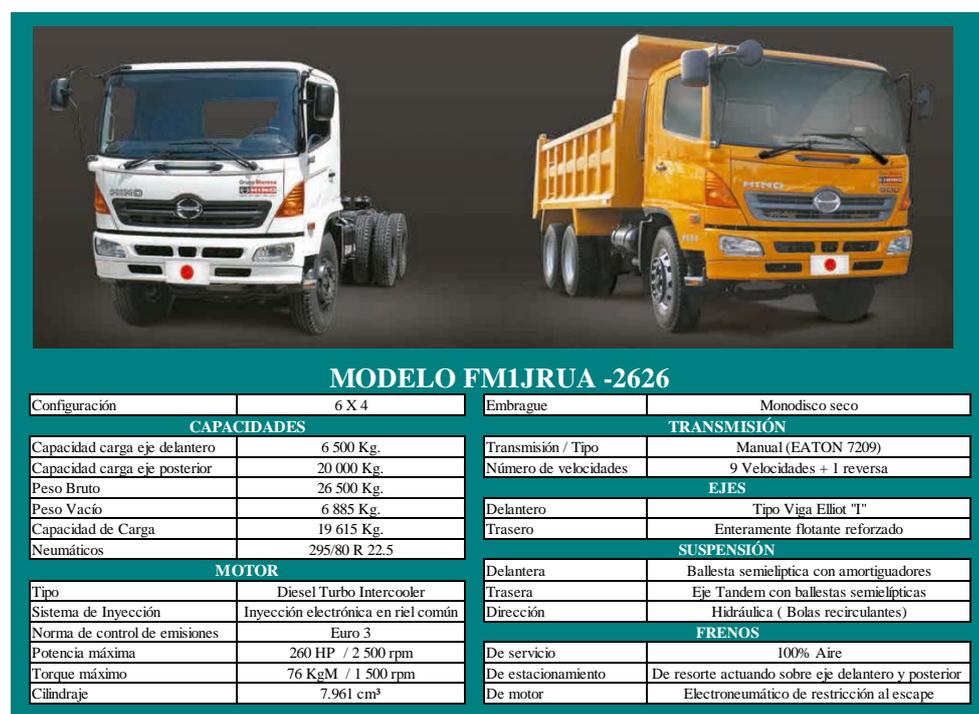
que según el desarrollo tecnológico de los motores, aceros, neumáticos y transmisiones han permitido un crecimiento espectacular de sus dimensiones y que lo han separado y caracterizado por su tamaño de los camiones utilizados en las construcción y las obras publicas cuya capacidad de transporte del volquete son importantes.

Tabla 17: Dimensiones del volquete Hino Serie 500.



Fuente: Grupo Mavesa - catálogos, 2016.

Tabla 18: Características principales del volquete Hino Serie 500.



Fuente: Grupo Mavesa - catálogo, 2016.

5.1.3.3 Cargadora de Ruedas 928G – CAT.

Las palas cargadoras son unidades sobre neumáticos en general a veces con cadena, dotadas de un cucharón en su parte delantera y articuladas en su centro de giro. Son equipos muy móviles, versátiles y utilizados en las funciones de carga y transporte fundamentalmente, tanto en las obras publicas como en minería de cielo abierto y de interior, usando en este último caso un bajo perfil y un equipo de captación de los gases, (Catálogo de CAT, 2016).

Tabla 19: Características principales de la cargadora de ruedas CAT-928G.

| CARGADOR DE RUEDAS CAT 928 G | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------|--------------|
|  | MOTOR | Modelo | CAT 3056E |
| | | Potencia ISO 9249 | 145 HP |
| | PESOS | P. Operacional | 12 310 kg |
| | | Cucharón | 1.9 m³-2.3m³ |
| | CAPACIDADES DE LLENADO | Tanque de combustible | 59.4 gal |
| | | Aceite del motor | 4.2 gal |
| | | Sistema de enfriamiento | 11.1 gal |
| | MANDO | Fuerza Max. Tracción | 294 kN |
| | | Max. Velocidad | 5 km/h |
| | DIRECCIÓN | Radio de giro mínimo | 5 233mm |
| | | Ángulo de dirección | 40° |

Fuente: Catálogo de maquinaria de Caterpillar, 2016.

5.1.3.4 Bulldozer D8T.

Los Bulldozer, son máquinas versátiles que permiten realizar diversos trabajos en sectores como la construcción, la minería.

Se usa principalmente para:

- Roturación del terreno.
- Empuje de materiales sueltos.
- Nivelación y recebo de pistas.
- Excavaciones en línea recta.
- Extendido de tierras por capa y compactación superficial.
- Rellenos.
- Formación de pilas o montones.
- Realización de terraplenes.

- Remolque de grandes cargas o de otras máquinas.

Tabla 20: Características principales del Bulldozer D8T.

| BULLDOZER D8T | | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| MOTOR | Modelo | C15 CAT |
| | Potencia ISO 9249 | 310 HP |
| PESOS | P. Operacional | 38 488.0 kg |
| | P. de embarque | 29 553.0 kg |
| CAPACIDADES DE LLENADO | Tanque de combustible | 170 gal |
| | Aceite del motor | 10.0 gal |
| | Sistema de enfriamiento | 20.3 gal |
| MANDO | Fuerza Max. Tracción | 127.3 kN |
| | Max. Velocidad | 10.6 km/h |
| MECANISMO DE ROTACIÓN | Vel. De Rotación | 10 rpm |
| | Par de Rotación | 108kN*m |
| HOJAS | Tipo | 8SU |
| | Capacidad (SAE J1265) | 8.7 m ³ |
| | Ancho | 3.9 m |
| | Altura | 1.69 m |

Fuente: Catálogo de maquinaria de Caterpillar, 2016.

5.2 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.

A continuación analizaremos detalladamente los diferentes parámetros geomecánicos y operativos, a los procedimientos seguros y económicos para realizar trabajos mineros de preparación, destape y extracción, se les conoce como diseño de explotación; que permitirá cumplir con la producción para la cantera y con un empleo racional de las reservas del yacimiento.(Bustillo & López, 1997).

Por la ubicación del depósito y la poca cantidad de sobrecarga que posee, se determina que el método que se aplicara para la explotación de esta cantera será a cielo abierto y su

sistema de explotación está en función a las labores de destape se propone explotar dicho depósito mediante el *sistema con bancos descendentes*.

5.2.1 DIRECCIÓN ÓPTIMA DE LA EXPLOTACIÓN.

De acuerdo a la topografía y el depósito del yacimiento que se presenta en la Mina El Rosario II, que se lleva a cabo junto a la carretera E45 Limón – Macas, con un frente de explotación dirección E-W.

5.2.2 PROFUNDIDAD LÍMITE DE LA CANTERA (H).

Para establecer la profundidad de la explotación de feldespato, se consideró el mapa geológico, donde se representa un yacimiento mineralizado, en el cual, a través de los cortes geológicos se observa las reservas del yacimiento, que se estableció como límite de la cantera desde la cota inferior 1050 hasta la cota superior de 1200.

$$H.Total = Hs - Hi$$

Donde:

H.Total = Altura del yacimiento.

Hs = Cota Superior.

Hi = Cota Inferior.

$$H.Total = 1200 - 1050 = 150 m.$$

5.2.3 ALTURA DEL BANCO.

La altura del banco se establece, en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de **carga**, va a depender del alcance de los equipos, esas alturas permitirán utilizar los equipos de carga para sanear el frente y mantener unas condiciones de seguridad aceptables, (Bustillo & López, 1997).

Por otra parte (Bustillo & López, 1997), también expone las siguientes ventajas al escoger alturas pequeñas:

- Mejores condiciones de seguridad para el personal y maquinaria, pues el alcance de las maquinarias de carga permite un mejor saneo y limpieza de los frentes cuando es necesario.
- Mayor control sobre la fragmentación de la roca en voladura.
- Mayor rapidez en la ejecución de rampas de acceso entre bancos.

- Menor niveles de vibraciones y ondas aéreas, al ser cargadas operantes más pequeñas.
- Mejores condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales.

La altura optima se define en 10 metros, debido a que no se va a utilizar equipos de perforación, el método se realizara por arranque mecánico del mineral y el cargado. La maquinaria que se utilizara para el arranque mecánico será una Excavadora Hidráulica CAT 330 CL.

5.2.4 NÚMERO DE BANCOS.

El número de bancos está establecido por la siguiente formula:

$$N. Bancos = H/Hb$$

Donde:

H = Altura de cantera.

Hb = Altura de banco.

$$N. Bancos = \frac{150}{10} = 15$$

5.2.5 ÁNGULO DE TALUD.

El ángulo de cara del banco se encuentra en función de factores como el tipo de material y la altura del banco, cuando más coherente y más bajo sea el banco, más vertical puede ser la cara del mismo (Bustillo & López, 1997).

Tabla 21: Criterio para el ángulo según López Jimeno.

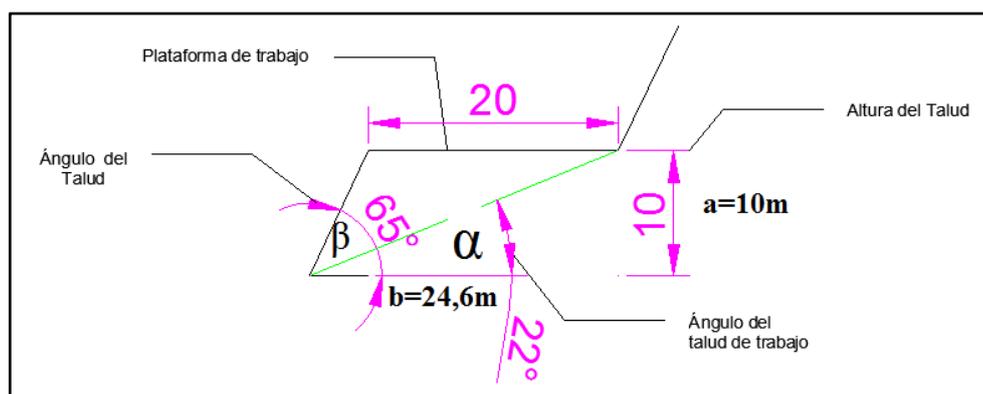
| ROCAS | ÁNGULO DE TALUD PARA BANCOS DE ALTURA DE (m) | | ÁNGULO DE TALUD PARA BANCOS EN RECESO CON ALTURA DE (m) | |
|---|--|----------|---|---------|
| | 5-12 | 15-25 | 5-12 | 15-25 |
| Arcillas aceitosas, limo arcillas, grava, loes, suelos vegetal. | 40 - 50 | 32 - 45 | 30 - 40 | 25 - 35 |
| Arcillas pesadas, limo arcilla pesada, arcilla esquistosa, limo arcillas, grava gruesa, explotable sin perforación y voladura. | 45 - 65 | 45 - 60 | 40 - 55 | 40 - 50 |
| Idem; explotable con perforación y voladura | 55 - 65 | 58 - 60 | 40 - 55 | 40 - 50 |
| Arenisca comunes, esquistos arcillosos, calizas resistentes, margas compactas, minerales de hierro, conglomerado fino. | 65 - 75 | 60 - 70 | 60 - 65 | 55 - 60 |
| Rocas graníticas y granitos altamente resistentes, areniscas y calizas, filones minerales de cuarzo, piritas, mármoles y dolomitas resistentes. | 75 - 80 | 75 - 80 | 70 - 75 | 70 - 75 |
| Cuarcita, basaltos, granitos rocas cuarcíferas, areniscas resistentes y calizas. | Hasta 90 | Hasta 90 | 80 - 85 | 80 - 85 |

Fuente: López Jimeno. 1997.

El ángulo de talud para los bancos de acuerdo al criterio de (López Jimeno, 1997) será de 65°.

5.2.5.1 Ángulo del 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 una pendiente provisional de la excavación. Este ángulo será calculado de la siguiente manera:

Ilustración 21: Criterio para calcular el ángulo del talud de trabajo.

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

El cual será calculado el ángulo del talud de trabajo con la función del Tangente (α), de los catetos opuesto por el adyacente.

$$\text{Tan } \alpha = \frac{a}{b} \rightarrow \alpha = \arctan \left(\frac{10}{24,6} \right)$$

$$\alpha = 22^\circ$$

Nuestro ángulo del talud del trabajo será de $\alpha = 22^\circ$

5.2.5.2 Ángulo final del talud.

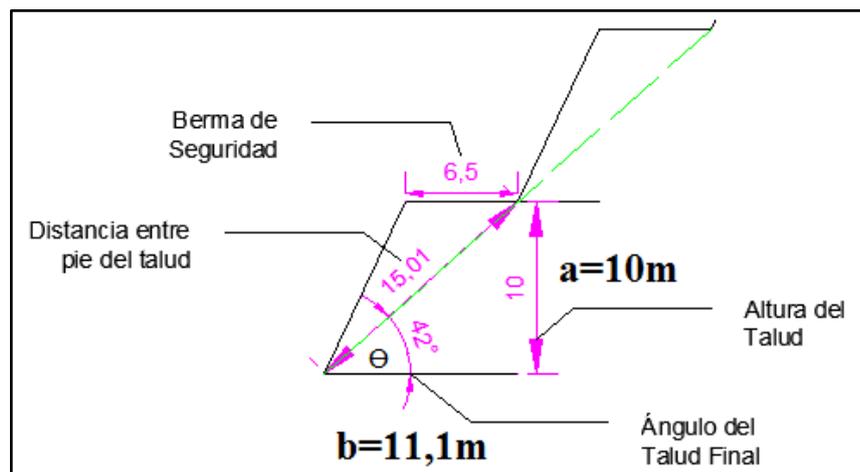
Es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco y la cabeza del superior. Para ello se calculara de la misma manera que el talud del trabajo, a diferencia que el cateto adyacente tiene una distancia de (11,1m).

$$\text{Tan } \theta = \frac{a}{b} \rightarrow \theta = \arctan \left(\frac{10}{11,1} \right)$$

$$= 42^\circ$$

Nuestro ángulo del talud del trabajo será de $\theta = 42^\circ$

Ilustración 22: Criterio para calcular el ángulo del talud final.



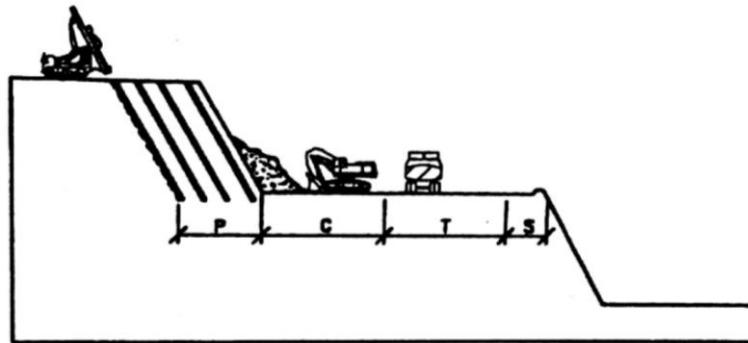
Fuente: Carlos Saguay, 2016.

5.2.6 ANCHO DE PLATAFORMA.

Como podemos observar en (*Ilustración V-4*), y según nos indica (Bustillo, 1997), siempre será necesario dejar del orden de 5m., como anchura de seguridad ($S=3m$) hasta el borde

del banco. En esta zona es posible construir banquetas de seguridad, respecto al resto de medidas. La anchura correspondiente al transporte está ligado al diseño de las pista (vías) y en relación con la zona de maniobras ($C=10,00\text{m}$) Cargadora CAT, pero en el caso de tener un solo equipo de carga en la mina; no será necesario dejar la anchura ($T=3,35\text{m}$), correspondiente al transporte desde otro tajo. La maquinaria que realice la carga, su anchura desde el frente del tajo a la zona de seguridad debe ser 1,5 veces la longitud de la cargadora.

Ilustración 23: Criterio para el cálculo de la plataforma de trabajo



Fuente:Bustillo & López J, 1997.

$$\text{Ancho} = ((C * 1.5) + T + S)$$

$$\text{Ancho} = ((10,00\text{m} * 1,5) + 3,35\text{m} + 3\text{m})$$

$$\text{Ancho} = 21,35 \text{ m}$$

El ancho requerido para la plataforma del tajo será dejara en 20 metros.

5.2.7 BERMA DE SEGURIDAD.

Se utiliza como áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los frentes de los bancos superiores y también como plataforma de acceso o, incluso, transporte, en el talud de una excavación, (Bustillo & López, 1997).

Para este propósito se ha optado por usar el criterio de Ritchie (1963), que propone reglas empíricas, modificando luego por Evans (Giani, 1992) y Call (1992), para calcular el ancho de berma de seguridad. Dicho criterio se resume en las expresiones:

- **$Be = 0,2H + 2,0$ para $H \leq 9,0 \text{ m}$**
- **$Be = 0,2H + 4,5$ para $H > 9,0 \text{ m}$**

Donde:

B = Ancho de la berma

H= Altura de banco (10m)

$$B = 0,2H + 4,5$$

$$B = 0,2(10) + 4,5$$

$$B = 6,5 \text{ m}$$

5.2.8 DISEÑO DE RAMPAS EN TAJO ABIERTO.

Las rampas son accesos inclinados que sirven el acarreo, transporte del material, tránsito de los diversos equipos en el tajo abierto, también sirven de enlace y acceso a los diferentes bancos del tajo (Huancayo, 2008).

Estos accesos o inclinaciones se caracterizan fundamentalmente por tener una pendiente o gradiente, con la cual se aprovecha ganar altura.

- A mayor pendiente, se gana mayor altura y se realiza menor longitud de la rampa.
- A menor pendiente, se gana menor altura y se realiza mayor longitud de la rampa.

Normalmente las rampas son constituidas paralelas al eje mayor del tajo. Y se debe tener muy en cuenta lo siguiente:

- Ancho de rampa.
- Pendiente o gradiente.
- Radio de curvatura.
- Peralte.

5.2.8.1 Ancho de rampa.

Está en función del tamaño, capacidad de los equipos, cantidad y productividad de los equipos.

Existe una fórmula que se es empleada con frecuencia en Estados unidos, para el dimensionamiento de la anchura de las pistas, y es la siguiente (Huancayo, 2008):

Donde:

A = Ancho de rampa

a = ancho del equipo

n = número de carriles.

$$A = a * (0,5 + 1,5n)$$

$$A = 3,52 * ((0,5 + 1,5)1)$$

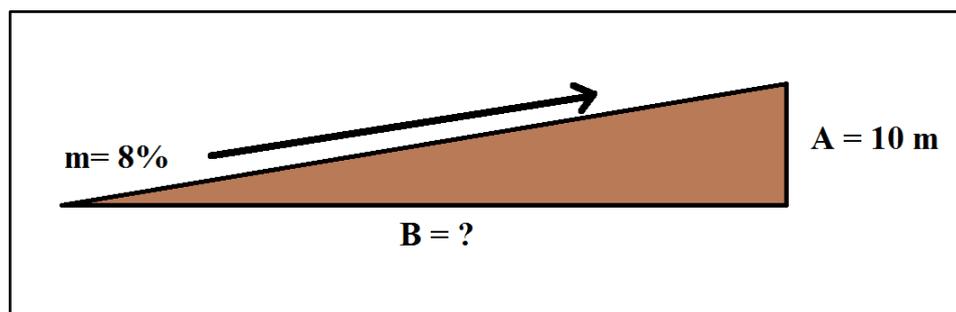
$$A = 7,04m$$

5.2.8.2 Pendiente o Gradiente.

Las rampas tienen gradiente variada que oscilan entre 5% a 12% y en el mundo la mayor de la pendiente en tajos abiertos va de 8% a 12% esto es para canteras de gran tamaño, (Huancayo, 2008).

Para ello calcularemos de la siguiente manera:

Ilustración 24: Criterio para el cálculo de la pendiente o gradiente.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

Donde:

A (Altura de banco) = 10 m.

m (Pendiente) = 8% (0,08)

B (Longitud)

$$B = \left(\frac{A}{m}\right) \rightarrow B = \left(\frac{10}{0,08}\right) \rightarrow B = 125 m$$

5.2.8.3 Radio de curvatura.

Los parámetros utilizados para el cambio de dirección o gradiente de la rampa, este parámetro es función de la velocidad de desplazamiento, tamaño de los equipos y ancho de la rampa. En tajos abiertos será según el ancho de la rampa (Huancayo, 2008).

5.2.8.4 Peralte.

Es un parámetro que equilibra la acción de la fuerza centrífuga y gravitacional, producto de la velocidad del equipo y está dado por la siguiente relación (Huancayo, 2008):

$$h = (V^2 * a)/(R * g)$$

Donde:

h = Altura del peralte.

V = velocidad equipo m/seg.

a = ancho de la rampa (7 m.)

R = radio del peralte (3,5m.)

g = aceleración de gravedad (9,8)

$$h = (2^2 * 7) / (3,5 * 9,8)$$

$$h = 0,81 \text{ m.}$$

Ilustración 25: Límites finales del diseño de explotación.

| RESUMEN DE FACTORES OPERATIVOS | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Método de explotación | Cielo abierto, Bancos descendentes |
| Altura de bancos | 10,00 m. |
| Número de bancos | 15 |
| Plataforma de trabajo | 20,00 m |
| Ángulo del talud | 65° |
| Ángulo del talud de trabajo | 22° |
| Ángulo del talud Final | 42° |
| Ancho de berma | 6.5 m |
| Diseño de rampas | |
| Ancho de rampa | 7,00 m |
| Pendiente o Gradiente | 8% |
| Radio de curvatura | 3.5m |
| Peralte | 0.81 m |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

5.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD.

Los análisis de estabilidad se aplican al diseño de taludes o cuando estos presentan problemas de inestabilidad, se debe elegir un coeficiente de seguridad adecuado, dependiendo de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud, combinando los aspectos de seguridad, costes de ejecución, consecuencia o riesgos que podría causar su ruptura, etc. Para taludes permanentes, el coeficiente de seguridad a adoptar debe ser igual o superior a 1,5 e incluso de 2,0 dependiendo de la seguridad exigida y de la confianza que se tenga en los datos geotécnicos que intervienen en los cálculos. (Gonzales de Vallejo L. 2002)

El campo de la estabilidad de talud del proyecto a llevar a cabo con relación a la geológica – geotécnica, la inestabilidad de los taludes se puede producir por un desnivel que tiene lugar a diversas razones, (Gonzales de Vallejo L. 2002)

- **Razones geológicas:** laderas posibles inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- **Variación del nivel freático:** situaciones estacionales u otras obras relacionadas por el hombre.
- **Obras de Ingeniería:** rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

5.3.1 MÉTODO DE ANÁLISIS DE TALUD.

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad, (Gonzales de Vallejo L. 2002)

- **Métodos Determinísticos:** Conocidas o supuesta las condiciones en que se encuentra un talud, estos métodos indican si el talud es o no estable, ((Gonzales de Vallejo L. 2002).
- **Métodos Probabilísticos:** Consideran la probabilidad de ruptura de un talud bajo unas condiciones de distribución, es necesario conocer las funciones de distribución de los diferentes valores considerados como variables aleatorias en los análisis, realizando a partir de ellas los cálculos del factor de seguridad mediante de densidades de probabilidad y distribución de probabilidad del factor de seguridad, y curvas de estabilidad del talud, con el factor de seguridad asociado a una determinada probabilidad de ocurrencia, (Gonzales de Vallejo L. 2002)

Se establecen las ecuaciones del equilibrio entre las fuerzas que deslizamiento y las resistentes. El análisis proporcionara el valor del coeficiente de seguridad del talud para la superficie analizada referido al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan. Es decir, el coeficiente “F” por el que deben dividirse las fuerzas tangenciales resistentes (o multiplicarse las fuerzas de corte desestabilizadoras) para alcanzar el equilibrio estricto, (Gonzales de Vallejo L., 2002):

$$F_s = \frac{\text{Fuerzas estabilizadoras}}{\text{Fuerzas destabilizadoras}}$$

O expresado en término de tensiones:

$$F_s = \frac{\text{Fuerzas Tensiones Tangenciales Resistentes}}{\text{Fuerzas tangenciales deslizantes}}$$

5.3.2 ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE BISHOP Y FELLENIUS/PETTERSON.

La combinación del análisis por el método de Bishop y Fellenius/Petterson serán calculados y analizados por medio de un software llamado “*Geo 5; versión 2016*”, El programa básico para el análisis de Estabilidad de taludes. El cual permite el análisis para la estabilidad de taludes con superficie circular o poligonal y optimización automática de la superficie de deslizamiento. Además coopera con todos los programas para el análisis de diseño de excavaciones. Este programa se utiliza para realizar el análisis de estabilidad de taludes (terraplenes, cortes de tierra, estructuras de contención ancladas, muros de suelo reforzado, etc.). La superficie de deslizamiento se considera circular (métodos Bishop, Fellenius / Petterson, Janbu, Morgenstern-Price o Spencer) o poligonal (Métodos Sarma, Janbu, Morgenstern-Price o Spencer). (*Fine spol. s r. o.*).

5.3.2.1 Comparación del método de Bishop y Fellenius / Petterson.

Según el análisis de Bishop (1955), desarrolla un método de rebanadas, con las siguientes hipótesis y desarrollo.

- Se supone una superficie de rotura circular.
- La masa deslizante se divide en (n) rebanadas o falas verticales.
- Se establece el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto al centro del círculo.
- De la condición de equilibrio de fuerzas verticales en cada rebanada se obtiene las fuerzas N (normales a la superficie de rotura) y se sustituyen en cada ecuación resultante de equilibrio de momentos.
- El método de Bishop simplificado (el más conocido y utilizado) supone, además, que las fuerzas de contacto entre cada dos rebanadas no influyen, por estar equilibradas.
- Se obtiene, así, la expresión F (Coeficiente de seguridad) de la superficie considerada.

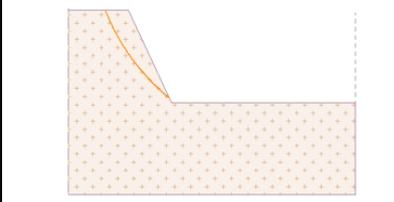
Para realizar el análisis mediante este software GEO 5, es requerido tener los datos característicos de la roca como para su cálculo, en los cuales son proporcionados por Raster-Estudio Geológico Geotécnico Mina el Rosario II, como datos requeridos se usarán:

- Peso unitario = 20 kN/m^3
- Angulo de fricción = 35°
- Cohesión = $50,0 \text{ kPa}$.
- Densidad = $2,8$

Tabla 22: Análisis de la estabilidad del talud, método Bishop.

| Factor de Seguridad | | |
|--------------------------------|------|------|
| Situación de diseño permanente | | |
| Factor de Seguridad | SFs= | 1,50 |

INTERFAZ

| Número | Ubicación de la interfaz | Coordenadas de puntos | | |
|--------|---|-----------------------|-------|-------|
| | | Puntos | x | z |
| 1 |  | 1 | 0,00 | 0,00 |
| | | 2 | 0,00 | 20,00 |
| | | 3 | 6,50 | 20,00 |
| | | 4 | 11,20 | 10,00 |
| | | 5 | 31,20 | 10,00 |
| | | 6 | 31,20 | 0,00 |
| | | 7 | 0,00 | 0,00 |

PARÁMETROS DE SUELO - ESTADO DE TENSIÓN EFECTIVA

| Número | Nombre | Trama | ϕ_f | Cef | γ |
|--------|-------------|---|----------------|-------|--------------|
| | | | ($^{\circ}$) | (kPa) | (kN/m 3) |
| 1 | Feldespatos |  | 35 | 50 | 20,00 |

PARÁMETROS DE SUELO - SUBPRESIÓN

| Número | Nombre | Trama | γ_{sat} | γ_s | n |
|--------|-------------|--|----------------|--------------|-----|
| | | | (kN/m 3) | (kN/m 3) | (-) |
| 1 | Feldespatos |  | 20,00 | | |

DATOS DEL SUELO**Feldespatos**

| | | |
|---------------------------------|----------------|-------------------|
| Peso Unitario | γ | = 20.00 kN/m 3 |
| Estado de Tensión | efectivo | |
| Ángulo de Fricción Interna | ϕ_f | = 35 $^{\circ}$ |
| Cohesión de Suelo | Cef | = 50.00 kPa |
| Peso Unitario de Suelo Saturado | γ_{sat} | = 20.00 kN/m 3 |

Agua: Sin presencia de nivel freático

Grieta de tracción: No se ha introducido la grieta de tracción

Sismo: Sismo no incluido

Configuración de la etapa de construcción: Diseño permanente

RESULTADOS (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN)**Análisis 1****Superficie de deslizamiento circular**

| Datos de la Superficie de deslizamiento | | | | | |
|---|-----|---------|--------|--------------|-------------------|
| Centro: | x = | 25.42 m | Ángulo | $\alpha_1 =$ | -68.72 $^{\circ}$ |
| | z = | 28.34 m | | $\alpha_2 =$ | -38.96 $^{\circ}$ |
| Radio | R = | 22.97 m | | | |

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

| | | |
|-----------------------------|------|-----------------------|
| Suma de fuerzas activas: | Fa = | 283.62 kN/m |
| Suma de fuerzas Pasivas: | Fp = | 742.86 kN/m |
| Momentos de deslizamiento : | Ma = | 6513.43 kNm/m |
| Momento estabilizador: | Mp = | 17060.20 kNm/m |
| Factor de seguridad | = | 2.62 > 1.50 |

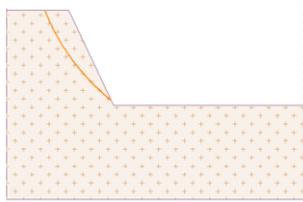
Estabilidad del talud ACEPTABLE

Fuente: Software Geotécnico "GEO 5", 2016.

Tabla 23: Análisis de la estabilidad de talud, método Fellenius / Petterson.

| Factor de Seguridad | | |
|--------------------------------|------|------|
| Situación de diseño permanente | | |
| Factor de Seguridad | SFs= | 1,50 |

INTERFAZ

| Número | Ubicación de la interfaz | Coordenadas de puntos | | |
|--------|---|-----------------------|-------|-------|
| | | Puntos | x | z |
| 1 |  | 1 | 0,00 | 0,00 |
| | | 2 | 0,00 | 20,00 |
| | | 3 | 6,50 | 20,00 |
| | | 4 | 11,20 | 10,00 |
| | | 5 | 31,20 | 10,00 |
| | | 6 | 31,20 | 0,00 |
| | | 7 | 0,00 | 0,00 |

PARÁMETROS DE SUELO - ESTADO DE TENSIÓN EFECTIVA

| Número | Nombre | Trama | ϕ_{ef} | C_{ef} | γ |
|--------|------------|---|-------------|----------|----------------------|
| | | | (°) | (kPa) | (kN/m ³) |
| 1 | Feldespato |  | 35 | 50 | 20,00 |

PARÁMETROS DE SUELO - SUBPRESIÓN

| Número | Nombre | Trama | γ_{sat} | γ_s | n |
|--------|------------|---|----------------------|----------------------|-----|
| | | | (kN/m ³) | (kN/m ³) | (-) |
| 1 | Feldespato |  | 20,00 | | |

DATOS DEL SUELO**Feldespato**

| | | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|
| Peso Unitario | γ | = 20.00 kN/m ³ |
| Estado de Tensión | efectivo | |
| Ángulo de Fricción Interna | ϕ_{ef} | = 35 ° |
| Cohesión de Suelo | C_{ef} | = 50.00 kPa |
| Peso Unitario de Suelo Saturado | γ_{sat} | = 20.00 kN/m ³ |

Agua: Sin presencia de nivel freático

Grieta de tracción: No se ha introducido la grieta de tracción

Sismo: Sismo no incluido

Configuración de la etapa de construcción: Diseño permanente

RESULTADOS (ETAPA DE CONSTRUCCIÓN)**Análisis 1****Superficie de deslizamiento circular**

| Datos de la Superficie de deslizamiento | | | | | |
|---|-----|---------|--------|--------------|---------|
| Centro: | x = | 25.42 m | Ángulo | $\alpha_1 =$ | -68.72° |
| | z = | 28.34 m | | $\alpha_2 =$ | -38.96° |
| Radio | R = | 22.97 m | | | |

Verificación de estabilidad de taludes (Fellenius / Petterson)

| | | |
|-----------------------------|---------|-----------------------|
| Suma de fuerzas activas: | $F_a =$ | 283.42 kN/m |
| Suma de fuerzas Pasivas: | $F_p =$ | 746.15 kN/m |
| Momentos de deslizamiento : | $M_a =$ | 6510.19 kNm/m |
| Momento estabilizador: | $M_p =$ | 17138.98 kNm/m |
| Factor de seguridad | = | 2.63 > 1.50 |

Estabilidad del talud ACEPTABLE

Fuente: Software Geotécnico "GEO 5", 2016.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA MEDIR LA FACTIBILIDAD DE LA EXPLOTACIÓN.

6.1 CRITERIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXPLOTACIÓN.

Para el presente análisis de la factibilidad de la explotación de la mina el Rosario II, se determinara la viabilidad de la explotación buscando siempre llegar a maximizar la rentabilidad del mismo, dentro de los parámetros del análisis financiero tenemos.

- Analizar las variables que comprenden el flujo de caja efectivo.
- Calcular los ingresos, costos de operación que se estiman para obtener el valor neto.
- Calcular la tasa de rentabilidad que ha generado la explotación a partir de una inversión inicial.

6.2 ANÁLISIS DE VARIABLES QUE COMPRENDEN EL FLUJO DE CAJA EFECTIVO.

6.2.1 DÍAS DE OPERACIÓN DE LA CANTERA.

Los días laborables en la cantera será en una jornada de 5 días laborables por semana, dando un promedio mensual de 20 días/mes, y un promedio anual de 240 días/año laborables. Cumpliendo un horario de trabajo de 8 horas/días.

6.2.2 PRODUCCIÓN ANUAL.

La producción anual está siendo ejecutada a la demanda de la empresa de las cerámicas tal caso como Graiman, que requiere una producción de 200 T/días de material feldespatos en cancha mina.

- Producción diaria = 200 ton/día
- Producción mensual = $200 * 20 = 4\ 000$ ton/mes
- Producción anual = $4\ 000 * 12 = 48\ 000$ ton/año.

6.2.3 PRECIO DEL MINERAL EN CANCHA MINA.

El costo del material explotado en cancha mina de acuerdo a las capacidades de explotación de la maquinaria se establece un promedio del material extraído dando un costo del material de 8,75 USD/Tonelada

Las ventas anuales, es calculado en función de la producción anual en toneladas y el costo del mineral por toneladas.

- Costo de Ventas = Producción anual * valor del mineral
- Costo de Ventas = 48 000ton*8,75 USD/ton
- Costo de Ventas = 420 000 USD

6.3 CÁLCULO DE COSTOS DE OPERACIÓN QUE SE ESTIMAN PARA OBTENER EL INGRESO CAPITAL.

Los costos que se generan para explotar en toneladas de material desde la fase de explotación. Para ellos se ha considerado como costos de operación al costo de minado, costo de carga, transporte a cancha mina.

6.3.1 COSTO DE MINADO, MANO DE OBRA.

Un proyecto de explotación minera debido a su alta inversión y funcionabilidad debe disponer de recursos técnicos y humanos que incluyen personal para todas las operaciones mecanizadas y anuales y en un porcentaje menor de apoyo, por lo tanto implica que en el proceso operativo minero sea satisfecho con los siguientes recursos de personal.

Tabla 24: Número de personal para labores de mina.

| PERSONAL | UNIDAD | FUNCIÓN O ACTIVIDAD |
|------------------------------|----------|---|
| Ingeniero en minas | 1 | Planificación, diseño, control operativo (Tiempo parcial) |
| Operador cargadora frontal | 1 | Cargado de material. |
| Operador excavadora. | 1 | Extracción mecánica continua de material. |
| Operador de Bulldozer | 1 | Movimiento de tierra o rocas. |
| Operador de volquetas | 1 | Conducción de volquetes y vehículos. |
| Ayudantes maquinas y cantera | 2 | Funcionamiento y apoyo en cantera. |
| Guardia de mina | 1 | Colaboración y cuidado de enseres. |
| TOTAL | 8 | |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

6.3.2 COSTO DE MAQUINARIA CARGA Y TRANSPORTE.

Basándose en el Modelo del U.S. Bureau of Mines, uno de los sistemas más empleados en estados unidos y Canadá para la estimación de costos es el conocido por CES (Cost Estimating System), desarrollado por la Minería Availability Field Office del U.S. Bureau of Mines.

La finalidad es disponer de una herramienta para efectuar las estimaciones del tipo de orden de magnitud, tanto de los costes de capital como de operación de minería, la última edición del CES es del año 1987, y es la más completa, en cuanto al número de operaciones unitarias consideradas y las más actualizadas.

6.3.2.1 Pala cargadora de ruedas CAT 3056E DIT ATAAC.

- **Datos empleados para el calculo**

| | |
|---|-----------|
| Potencia al volquete | 145 HP |
| Estado | Buena |
| Precio de adquisición o Valor original (Vo) | 60000 USD |
| Menos valor residual o de reventa (Vr) *20% | 12000 USD |
| Suma a amortizar | 48000 USD |
| Inversión Media A (IMA) = $V_o(n+1)/2n = (60000*3)/4$ | 45000 USD |
| Vida útil (Vd) | 6000 h |
| Horas de trabajo al año (ha) | 3000 h |
| Periodo de amortización (n) | 2 años |
| Interés anual | 18 % |
| Seguros e impuestos (s) | 2 % a 3% |

- **Costos de propiedad.**

| | |
|--|------------|
| Depreciación (D) $(V_o - V_r)/V_u = (6000 - 12000)/6000$ | |
| = | 8 USD/h |
| Interés = $(IMA * 18\%)/ha =$ | 2.7 USD/h |
| Seguros = $(IMA * 3\%)/ha =$ | 0.45 USD/h |

- **Costos de funcionamiento (operación)**

| | |
|--|-------------|
| Combustible | 5 USD/h |
| Lubricantes, grasa y filtros, 13% de combustible | 0.65 USD/h |
| Neumáticos, 4 llantas = $\$9000/3000h$ | 3 USD/h |
| Mantenimiento = $[(V_o - \text{valor neumático})/V_u] * 0,8 =$ | 6.8 USD/h |
| Salarios = $\$600$ (mensuales) + $\$150$ (beneficios) = $\$750/160h$ | 4.69 USD/h |
| Costos de Propiedad + costo de operación = | 31.29 USD/h |

- **Costos unitarios** **31,29 usd/h**

6.3.2.2 Excavadora hidráulica.

- **Datos empleados para el calculo**

| | |
|---|-----------|
| Potencia al volquete | 247 HP |
| Estado | Buena |
| Precio de adquisición o Valor original (Vo) | 70000 USD |
| Menos valor residual o de reventa (Vr) *20% | 14000 USD |
| Suma a amortizar | 56000 USD |
| Inversión Media A (IMA) = $V_o(n+1)/2n = (70000*4,33)/6.66$ | 45510 USD |
| Vida útil (Vd) | 10000 h |
| Horas de trabajo al año (ha) | 3000 h |
| Periodo de amortización (n) | 3.33 años |
| Interés anual | 18 % |
| Seguros e impuestos (s) | 2 % a 3% |

- **Costos de propiedad.**

| | |
|---|------------|
| Depreciación (D) $(V_o - V_r)/V_u = (7000 - 14000)/10000 =$ | 5.6 USD/h |
| Interés = $(IMA * 18\%)/ha =$ | 2.73 USD/h |
| Seguros = $(IMA * 3\%)/ha =$ | 0.46 USD/h |

- **Costos de funcionamiento (operación)**

| | |
|--|-------------|
| Combustible | 7 USD/h |
| Lubricantes, grasa y filtros, 22% de combustible | 1.54 USD/h |
| Tren de rodajes = $\$20000/3000h$ | 6.66 USD/h |
| Mantenimiento = $[(V_o - \text{Tren de rodaje})/V_u] * 0,8 =$ | 4 USD/h |
| Salarios = $\$600$ (mensuales) + $\$150$ (beneficios) = $\$750/160h$ | 4.69 USD/h |
| Costos de Propiedad + costo de operación = | 32.68 USD/h |

- **Costos unitarios** **32,68 usd/h**

6.3.2.3 Volquete HINO FC 2626 SERIE 500.

- **Datos empleados para el calculo**

| | |
|---|-------------|
| Potencia al volquete | 260 HP |
| Estado | Buena |
| Precio de adquisición o Valor original (Vo) | 70000 USD |
| Menos valor residual o de reventa (Vr) *20% | 14000 USD |
| Suma a amortizar | 56000 USD |
| Inversión Media A (IMA) = $V_o(n+1)/2n = (70000*4)/6$ | 46666,6 USD |
| Vida útil (Vd) | 9000 h |
| Horas de trabajo al año (ha) | 3000 h |
| Periodo de amortización (n) | 3 años |
| Interés anual | 18 % |
| Seguros e impuestos (s) | 2 % a 3% |

- **Costos de propiedad.**

| | |
|--|------------|
| Depreciación (D) $(V_o - V_r)/V_u = (7000 - 14000)/9000$ | |
| = | 6,22 USD/h |
| Interés = $(IMA * 18\%)/ha =$ | 2,79 USD/h |
| Seguros = $(IMA * 3\%)/ha =$ | 0,46 USD/h |

- **Costos de funcionamiento (operación)**

| | |
|--|-------------|
| Combustible | 5 USD/h |
| Lubricantes, grasa y filtros, 13% de combustible | 0,65 USD/h |
| Neumáticos, 10 llantas = \$3500/2000h | 1,75 USD/h |
| Mantenimiento = $[(V_o - \text{valor neumático})/V_u] * 0,8 =$ | 5,9 USD/h |
| Salarios = \$600 (mensuales) + \$150 (beneficios) = \$750/160h | 4,69 USD/h |
| Costos de Propiedad + costo de operación = | 27,46 USD/h |

- **Costos unitarios** **27,46** **usd/h**

6.3.2.4 Bulldozer D8T

- **Datos empleados para el calculo**

| | |
|---|-----------|
| Potencia al volquete | 310 HP |
| Estado | Buena |
| Precio de adquisición o Valor original (V_o) | 70000 USD |
| Menos valor residual o de reventa (V_r) *20% | 14000 USD |
| Suma a amortizar | 56000 USD |
| Inversión Media A (IMA) = $V_o(n+1)/2n = (70000*4,33)/6,66$ | 45510 USD |
| Vida útil (V_d) | 10000 h |
| Horas de trabajo al año (ha) | 3000 h |
| Periodo de amortización (n) | 3,33 años |
| Interés anual | 18 % |
| Seguros e impuestos (s) | 2 % a 3% |

- **Costos de propiedad.**

| | |
|---|------------|
| Depreciación (D) $(V_o - V_r)/V_u = (7000 - 14000)/10000 =$ | 5,6 USD/h |
| Interés = $(IMA * 18\%)/ha =$ | 2,73 USD/h |
| Seguros = $(IMA * 3\%)/ha =$ | 0,46 USD/h |

- **Costos de funcionamiento (operación)**

| | |
|--|-------------|
| Combustible | 5 USD/h |
| Lubricantes, grasa y filtros, 22% de combustible | 1,10 USD/h |
| Tren de rodajes = \$20000/3000h | 0,66 USD/h |
| Mantenimiento = $[(V_o - \text{Tren de rodaje})/V_u] * 0,8 =$ | 4 USD/h |
| Salarios = \$600 (mensuales) + \$150 (beneficios) = \$750/160h | 4,69 USD/h |
| Costos de Propiedad + costo de operación = | 24,24 USD/h |

- **Costos unitarios** **24,24** **USD/h**

Tabla 25: Resumen de costos de operación de la maquinaria.

| MAQUINA | MARCAS | COSTO USD/h | COSTO USD/Mes | COSTO USD/Año |
|----------------|-----------|---------------|-----------------|------------------|
| Pala cargadora | CAT-3056 | 31,29 | 5507,04 | 66084,48 |
| Excavadora | CAT-330CL | 32,68 | 5751,68 | 69020,16 |
| Volquetes | HINO 2626 | 27,46 | 4832,96 | 57995,52 |
| Bulldozer | CAT - D8T | 22,24 | 3914,24 | 46970,88 |
| TOTAL | | 113,67 | 20005,92 | 240071,04 |

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

Tabla 26: Resumen de costos de inversión en salarios del personal.

| TRABAJADORES | DETALLES | COSTO USD/Mes | COSTO USD/Año |
|---------------------|----------|---------------|---------------|
| Ingeniero en Minas | 1200 | 1200 | 14400 |
| Ayudante de Minas | 380 | 380 | 4560 |
| Ayudante de Maquina | 380 | 380 | 4560 |
| Guardian | 380 | 380 | 4560 |
| TOTAL | | 2340 | 28080 |

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

6.4 CÁLCULO DEL COSTOS TOTALES PARA LAS PROYECCIONES.

De acuerdo al estudio técnico minero del sistema de explotación propuesto en el (Capítulo V), y los análisis que comprenden el flujo de caja se llega a obtener las Inversiones Iniciales (egresos) y los ingresos de ventas (ingresos), obtendremos el ingreso neto.

Tabla 27: Cálculo del Ingreso Neto.

| Inversión de Ventas (Ingresos) | Inversión Inicial (Egresos) | Ingreso Neto (Ingresos - Egresos) |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 420000,00 | 268151,04 | 151848,96 |

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

Se proyectara con la inflación nacional del país (3.68%), que se lo realiza para cinco años.

Tabla 28: Cálculo de las proyecciones en periodos anuales.

| DESCRIPCIÓN | AÑOS | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| FELDESPATO | \$ 151.848,96 | \$ 157.710,33 | \$ 163.797,95 | \$ 170.120,55 | \$ 176.687,20 |

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

6.4.1 DETERMINACIÓN DE LA TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO (TMAR).

Todo inversionista deberá tener una tasa de referencia sobre la cual basarse para hacer sus inversiones, tasa de referencia es la base de comparación y de cálculo en las evaluaciones económicas que se hagan. Si no se obtiene cuando menos esta tasa de rendimiento, la inversión será rechazada.

Todo inversionista espera que su dinero crezca en términos de dinero, como en todos los países hay inflación aunque su valor sea pequeño, crecer en términos reales significa ganar un rendimiento superior a la inflación, ya que si se gana un rendimiento igual a la inflación el dinero no crece sino que se mantiene su poder adquisitivo.

Para calcular la TMAR se considera los siguientes aspectos:

- **Tasa Pasiva:** son los intereses de los últimos 5 años que los bancos otorgan a los inversionistas (3,20%).
- **Inflación:** es la variación de los precios de bienes y selectivos de los últimos 5 años del país (3,86%).
- **Premio al riesgo:** se refiere a un incremento en los tipos de interés que tendrían que ser pagados los préstamos y los proyectos de inversión en un país particular.

En este caso se consideró un 3% de premio al riesgo luego del análisis de la inflación a nivel nacional y también porque el mineral no tiene un mercado de gran valor comercial.

La tasa de referencia utilizada será denominada Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) y es definida como:

$$\text{TMAR} = \text{Tasa Pasiva} + \text{Inflación Nacional} + \text{Premio al Riesgo}$$

$$\text{TMAR} = 3,20\% + 3,86\% + 3\%$$

$$\text{TMAR} = 10,06\%$$

Tabla 29: Cálculo del TMAR Global.

| FINACIADO POR | APORTACIÓN | TMAR | PONDERACIÓN |
|--------------------|------------|--------|---------------|
| Capital Propio | 100% | 10,06% | 10,06% |
| Crédito Bancario | -- | -- | -- |
| TMAR GLOBAL | | | 10,06% |

Fuente: Carlos Saguy, 2016.

6.4.2 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN).

Consiste en traer a valor presente cantidades monetarias futuras desconocidas a la tasa de descuento que para este caso es la TMAR. Para llevar a cabo este método se obtiene el valor presente de los flujos netos de efectivo que se esperan de la inversión a la tasa de referencia (TMAR), restando los costos de desembolso del proyecto.

$$VAN = -Inversión + \sum_{t=0}^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

FNE = Flujo Neto Efectivo.

i = TMAR

t = Periodo de tiempo, años.

n = Último periodo del proyecto.

Tabla 30: Datos calculados para el VAN.

| DATOS | VALORES |
|---|-----------|
| Número de periodos | 5 |
| Tipo de periodos | Anual |
| Inversión Inicial | 268151,04 |
| Tasa Mínima Aceptable del Rendimiento (i) | 10,06% |

| AÑOS | FNE | (1+i) ⁿ | FNE/(1+i) ⁿ |
|--------------|------------|--------------------|------------------------|
| 0 | -268151,04 | | -\$ 268.151,04 |
| 1 | 151848,96 | \$ 1,10 | \$ 137.969,25 |
| 2 | 157710,33 | \$ 1,21 | \$ 130.197,04 |
| 3 | 163797,95 | \$ 1,33 | \$ 122.862,67 |
| 4 | 170120,55 | \$ 1,47 | \$ 115.941,45 |
| 5 | 176687,20 | \$ 1,61 | \$ 109.410,13 |
| VAN = | | | \$ 348.229,51 |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

El VAN es la ganancia o pérdida en términos de valor del dinero en este momento (tiempo presente), después de haber recuperado las inversiones a una tasa igual a la TMAR. Por lo tanto:

- Si el VAN es positivo, significara que habrá ganancias más allá de haber recuperado el dinero invertido y deberá aceptarse la inversión, $VAN > 0$ Se aceptará la inversión.

- Si el VAN es negativo, significara que las ganancias no son suficiente para recuperar el dinero invertido, si este es el caso debe rechazarse la inversión, $VAN < 0$ La inversión será rechazada.
- Si el van es igual a cero, significara que solo ha recuperado la TMAR y, por lo tanto, debe aceptarse la inversión, $VAN = 0$ Se aceptará la inversión

6.4.3 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Se define como la tasa interna de retorno que se hace que la suma de los flujos desconocidos sean igual a la inversión inicial.

Es decir, que el TIR es la tasa interna de retorno que hace que el $VAN = 0$.

$$VAN = 0 = -Inversión + \sum_{t=0}^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

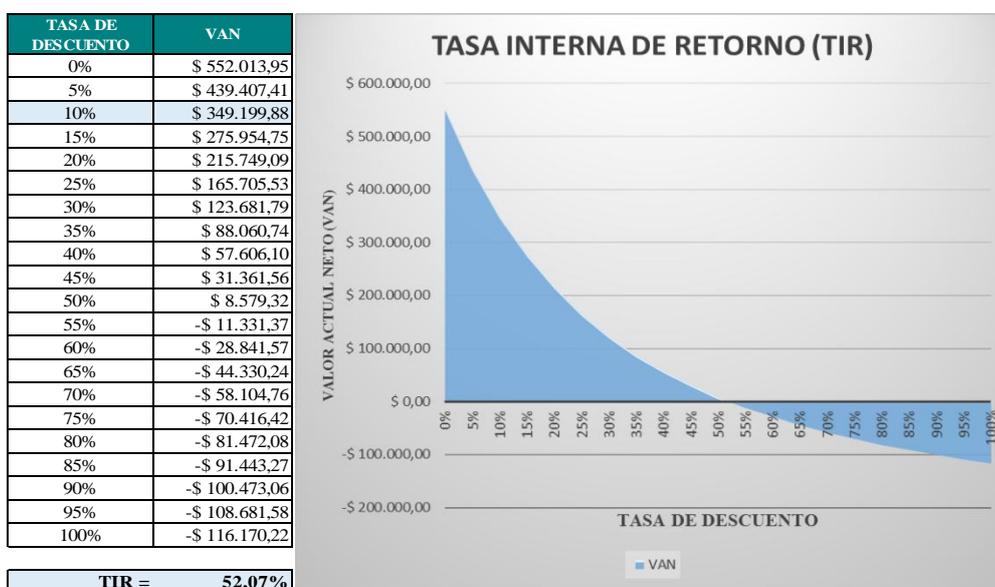
FNE = Flujo Neto Efectivo.

i = TIR

t = periodo de tiempo, años.

n = Último periodo del proyecto.

Tabla 31: Cálculo del TIR, en función de la tasa de descuento por el VAN.



Fuente: Carlos Saguay, 2016.

Para que el proyecto sea bueno la TIR tendrá que ser mayor la TMAR, ya que esta es la tasa que los accionistas ponen como referencia para realizar la inversión. Es decir:

- Si la TIR es mayor que la TMAR, es aceptable la inversión.
- Si la TIR es menor que la TMAR, la inversión será rechazada.
- Si la TIR es igual a la TMAR, se aceptara la inversión.

En este caso, La TIR del 52,07%, comparada con la TMAR del 10,06% es mucho mayor, lo que implica que el proyecto en el tiempo es aceptable, porque va a rendir un 42,01%, mucho más que lo mínimo que se esperaba para el mismo.

6.1 MATRIZ DE RESULTADOS.

Tabla 32: Matriz de resultados obtenidos.

| “FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA MINERA DE LA EXPLOTACIÓN DE FELDESPATO DE LA CONCESIÓN MINERA ROSARIO II CÓDIGO 100217.1” | | |
|---|---|--|
| HIPÓTESIS: La determinación de los parámetros geológicos, técnicos mineros y económicos permitirá establecer la factibilidad técnico económico de la explotación de feldespatos en la concesión minera Rosario II Código 100217.1 | | |
| OBJETIVOS | ACTIVIDAD | RESULTADOS |
| Determinar las reservas existentes en el área del estudio. | Por medio de los análisis litológicos, se desarrollara la estimación de reservas del mineral y la sobre carga, usando el método clásico de los perfiles o secciones. | Usando el método de los perfiles o secciones, se llega a obtener el volumen total de la sobre carga en toneladas = 149 041,12 T, el volumen de las reservas probadas = 5 316 465,70 T, y el volumen de las reservas probables = 2 08 431,40 T. |
| Definir el sistema de explotación. | Analizar un método de acuerdo a las características del yacimiento y la topografía en la que se encuentra ubicado. | Por la ubicación del depósito y la poca cantidad de sobrecarga que posee, se determina que el método que se aplicara para la explotación de esta cantera será a cielo abierto y su sistema de explotación está en función a las labores de destape se propone explotar dicho depósito mediante el <i>sistema con bancos descendentes</i> . |
| Definir los parámetros del diseño de explotación | De acuerdo a los factores geomecánicos y operativos se definirá el diseño de explotación para la altura del banco, ángulos de los bancos, ancho de banco etc. | Al calcular los parámetros se llega a obtener: la altura de bancos (10,0m), el número de bancos (15), plataforma de trabajo (20,0m), el ángulo del talud (65°), ángulo de talud de trabajo (22°), ángulo del talud final (42°), berma de seguridad (6,5 m), ancho de rampa (7,00 m), pendiente o gradiente (5°), curvatura de radio (3,5 m) y su peralte (0,81 m). |
| Realizar la valoración técnica económico de los costos operativos de la explotación del mineral a cancha mina. | Cálculo de los costos operativos de explotación y los ingresos de las ventas para medir la factibilidad técnica económica del proyecto por el método de análisis del TIR y VAN. | Los cálculos de la inversión calculados por el método de análisis del TIR y VAN se llega a obtener; la tasa mínima aceptable TMAR (10.06%), el Valor Actual Neto VAN (368 229,51 USD), y la Tasa de Interna de Retorno TIR (52,07%). |
| <p>De acuerdo a la hipótesis; queda concluido y demostrado que la factibilidad técnica minera y económica del proyecto es aceptable, demostrando que el método de explotación por bancos descendentes es técnico y adecuado para explotación de feldespatos, y las inversiones calculadas de la TIR es del 52,07%, comparada con la TMAR del 10.06% es mucho mayor, lo que implica que el proyecto en el tiempo es aceptable, porque va a rendir un 42.01%, mucho más que lo mínimo que se esperaba para el mismo.</p> | | |

Fuente: Carlos Saguay, 2016.

CAPÍTULO VII

7.1 CONCLUSIONES.

- La empresa Explomina S.A., ha requerido de un estudio del diseño de explotación de la superficie del yacimiento de 200 metros de ancho, 400 metros de largo de una potencia de 150 m, en la que se ha calculado la reserva del yacimiento usando el método de los perfiles o secciones, se llega a obtener el volumen total de la sobrecarga en toneladas = 149 041,12 T el volumen de las reservas probadas = 5 316 465,70 T y el volumen de las reservas probables = 2 208 431,40 T.
- Por la ubicación del depósito y la poca cantidad de sobrecarga que posee, se determina que el método que se aplicara para la explotación de esta cantera será a cielo abierto y su sistema de explotación está en función a las labores de destape se propone explotar dicho depósito mediante el sistema de bancos descendentes.
- Se ha concluido que el sistema de explotación es adecuado a las Al cálculos los parámetros se llega a obtener: la altura de bancos (10,0m), el número de bancos (15), plataforma de trabajo (20,0m), el ángulo del talud (65°), ángulo de talud de trabajo (22°), ángulo del talud final (42°), berma de seguridad (6,5m), ancho de rampa (7,00m), pendiente o gradiente (5°), curvatura de radio (3,5m) y su peralte (0,81m).
- Se ha realizado dos métodos de análisis de estabilidad de talud para obtener un promedio de los diferentes métodos de “Bishop y Fellenius/Petterson, obteniendo así un promedio de $F = 2,62 > 1,50$ dándonos así un Factor de seguridad estable.
- Los cálculos de la inversión calculados por el método de análisis del TIR y VAN se llega a obtener; la tasa mínima aceptable TMAR (10.06%), el Valor Actual Neto VAN (368 229,51 USD), y la Tasa de Interna de Retorno TIR (52,07%). Es rentable por lo que tenemos un rendimiento del 42,01%.

7.2 RECOMENDACIONES.

- Monitorear los bancos del frente de explotación para mantener una seguridad ante los trabajos operativos que realicen las maquinarias, para la seguridad del personal y del equipo de trabajo.
- Mantener y evaluar el avance del diseño de explotación actualizando la topografía local para así tener un análisis actualizado a los avances realizados.

- Evaluar la estabilidad de los taludes del diseño de explotación conforme se avance en los frentes de explotación para llevar una seguridad a los deslizamientos que puede ocasionar a corto plazo.

7.3 ABREVIATURAS Y SIGLAS.

CL: Arcillas Inorgánicas de Baja Plasticidad.

DEM: Digital Elevation Model.

GEO5: Software Geotécnico.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

PCA: Pozos a Cielo Abierto.

PSAD56: Datum Provisional Sudamericano de 1956.

RECMIN: Recursos Mineros “Software”

SC: Arena Arcillosa.

SP: Arena Mal Granulada.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

SW: Arena Bien Granulada.

TIR: Tasa Interna de retorno

TMAR:Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento

UTM: Universal Transverse Mercator.

VAN: Valor Actual Neto.

WGS84: Sistema Geodésico Mundial que Data de 1984.

CAPÍTULO VIII

8.1 RESUMEN.

La presente investigación propone: determinar la factibilidad técnico minero y económico de la explotación del Feldespato en la concesión minera Rosario II, ubicada en la parroquia Yunganza, cantón Gral. Leónidas Plaza Gutiérrez - Limón Indanza, provincia de Morona Santiago; mediante un análisis técnico de parámetros geológicos, litológicos y geotécnicos de un yacimiento mantiforme de mineral no metálico; ejecución mediante sistemas informáticos geográficos utilizando la base topográfica emitida por el Instituto Geográfico Militar. (IGM) denominada hoja topográfica Limón a una escala 1:50.000 se ha elaborado todo los mapas de estudios. En la primera parte se presentó la corroboración de un estudio geológico - geotécnico mediante la descripción geológico y geomecánico. La parte principal se realizó utilizando el Método de Perfiles o Cortes para calcular las reservas probadas, probables y sobrecarga del área de estudio, con los datos obtenidos se planificaron los volúmenes de explotación y producción de la mina de feldespato. Adicionalmente conociendo las condiciones geométricas, geomecánicas y operativas se plantea el sistema de explotación por “**Bancos Descendentes**”, y el diseño final de explotación de la mina. Se concluye mediante el análisis económico por la TMAR, VAN, TIR para determinar la factibilidad técnico minero y económico del mineral no metálico (Feldespato).

Palabras claves: concesión minera Rosario, explotación del feldespato, geomecánica de rocas, reservas probadas, banco descendente.

Por: Carlos Giovanni Saguay Dután

8.2 ABSTRACT.

This research proposes: to determine the mining technical and economic facility of the exploitation of Feldspar in Rosario II mining concession, located in Yunganza parish, canton General Leonidas Plaza Gutierrez – Limón Indanza, province of Morona Santiago; through a technical analysis of geological, lithological and geotechnical parameters of a reservoir mantle shapes of nonmetallic mineral; execution by computer geographic systems used topographic base issued by the Military Geographic Institute. (IGM) called Limón topographic sheet at a scale of 1:50.000 it was drawn all the study maps. In the first part, corroboration of a geological – geotechnical study was presented by geological and geomechanical description. The main part was performed using the profiling or cutting method to calculate proven, probable reserves and overload of study area, with data obtained the volumes exploration and production of feldspar mine were planned.

Additionally knowing the geometric, geomechanical and operating conditions the system of exploitation arises by “**Descending Banks**” and the final design of mine exploitation. It is concluded by economic analysis by TMAR, NPV, and IRR to determine the technical economic and mining feasibility of nonmetallic mineral (Feldspar).

Keywords: Rosario mining concession, exploitation of feldspar, geomechanical rock, proven reserves, descending bank.

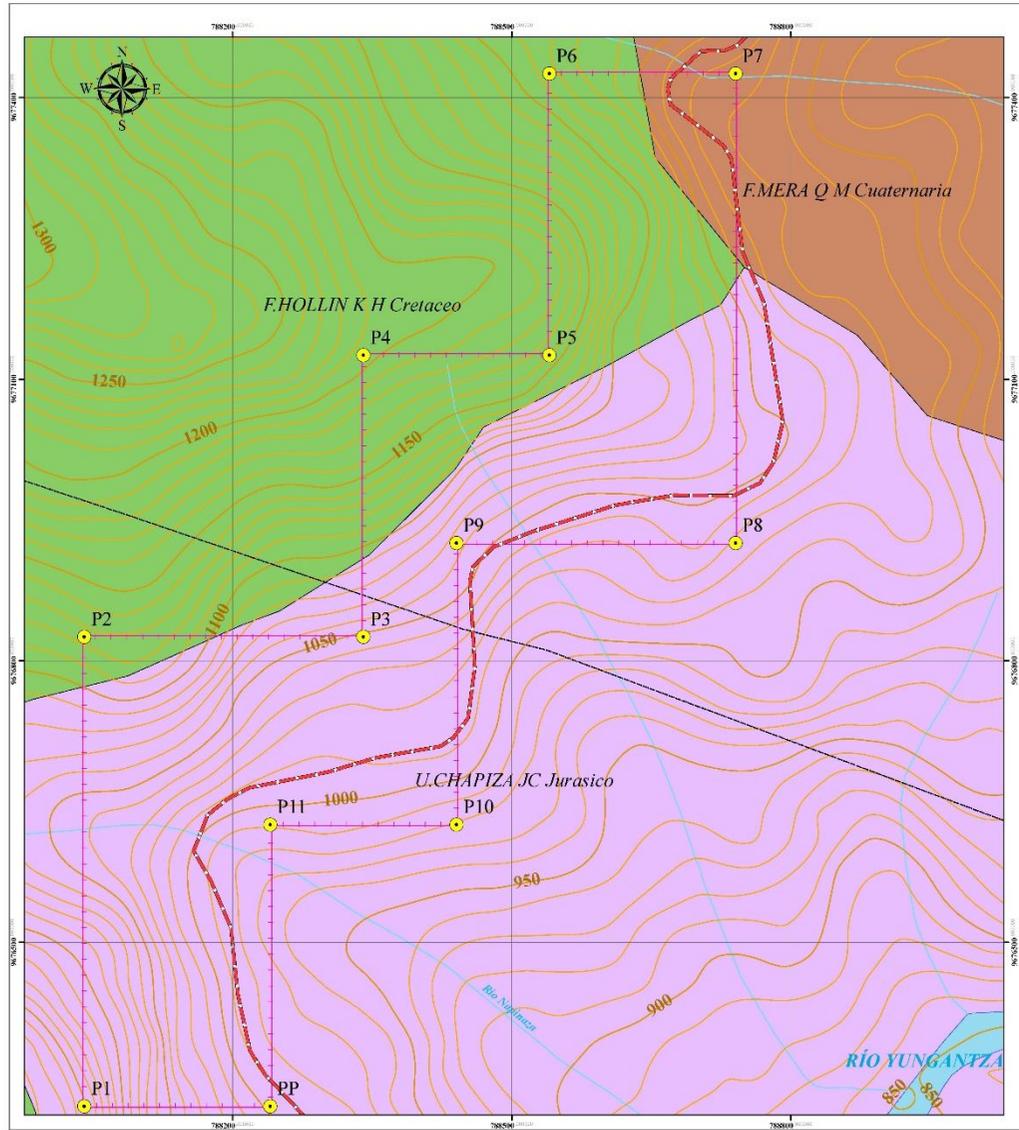


8.3 BIBLIOGRAFÍA.

- América, F. L. (2016). *Software geotécnico "Geo5"*. Consultado el 23 de junio de 2016. Obtenido de <http://www.finesoftware.es/software-geotécnico/>
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador*. Quito: Nat. Energ.
- López Jimeno, C., Camara Rascon, A., Gutierrez, L. F., María Montes, J., Román Ortega, F., & De la Vega Panizo, R. (1997). *Manual de evaluación técnico - económico de proyectos mineros de inversión*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Caterpillar. (2016, a). Tema: cargadora frontal 928G. *Maquinaria pesada*. Consultado el 12 de mayo de 2016. Obtenido de <http://www.maquinariaspesadas.org/blog/1318-catálogo-cargador-frontal-928g-caterpillar>
- Caterpillar. (2016, b). Tema: tractor oruga D8T. *Maquinaria pesada*. Consultado el 12 de mayo de 2016. Obtenido de <http://www.maquinariaspesadas.org/blog/706-catálogo-tractor-orugas-d8t-caterpillar>
- Caterpillar. (2016, c). Tema: excavadora hidráulica 330C L. *Maquinaria pesada*. Consultado el 12 de mayo de 2016. Obtenido de <http://www.maquinariaspesadas.org/blog/154-catálogo-excavadora-hidráulica-330-cl-caterpillar>
- Díaz, L. M. (2013). *Estudio geológico y geotécnico*. Cuenca: Raster-Ingenieros de Proyectos.
- Huancayo. (2008). *Excavación, transporte y diseño de explotación superficial*. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Luis I, González de Vallejo, Mercedes Ferrer, Luis Ortuño, Carlos Oteo. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: Pearson Educación.
- Bustillo Revuelta, M., & López Jimeno, C. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Madrid: Árias Montano.
- Mavesa. (2016). Tema: Volqueta Hino serie 500. Consultado el 12 de mayo de 2016. Grupo *mavesa*. Obtenido de http://www.grupomavesa.com.ec/cms/uploads/fichas/hino/0841091226_gd.pdf

8.4 ANEXOS

Anexo 1: Mapa Geológico Regional



UBICACIÓN




ECUADOR MORONA SANTIAGO



LIMÓN INDAZNA

LEYENDA

SIMBOLOGÍA

- Coord. WGS84
- Via
- Área Minería
- Fallas
- Cotas
- Quebradas
- Ríos

| CONEXIÓN MINERA EL ROSARIO DE CHIMBORAZO AL PASEO 99 M.S.A. | | | |
|---|----------|----------|--|
| PUNTO | ESTE | NORTE | |
| PP | 78836.00 | 96781.54 | |
| P1 | 78840.00 | 96762.54 | |
| P2 | 78840.00 | 96762.54 | |
| P3 | 78840.00 | 96762.54 | |
| P4 | 78836.00 | 96781.54 | |
| P5 | 78836.00 | 96771.54 | |
| P6 | 78836.00 | 96771.54 | |
| P7 | 78836.00 | 96771.54 | |
| P8 | 78836.00 | 96771.54 | |
| P9 | 78836.00 | 96771.54 | |
| P10 | 78836.00 | 96771.54 | |
| P11 | 78840.00 | 96762.54 | |

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S
Proyección: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500.000.0000
False Northing: 10.000.000.0000
Central Meridian: -81.0000
Scale Factor: 0.9998
Latitude Of Origin: 0.0000
Unidades: Meter



0 50 100 200 300 400 Metros

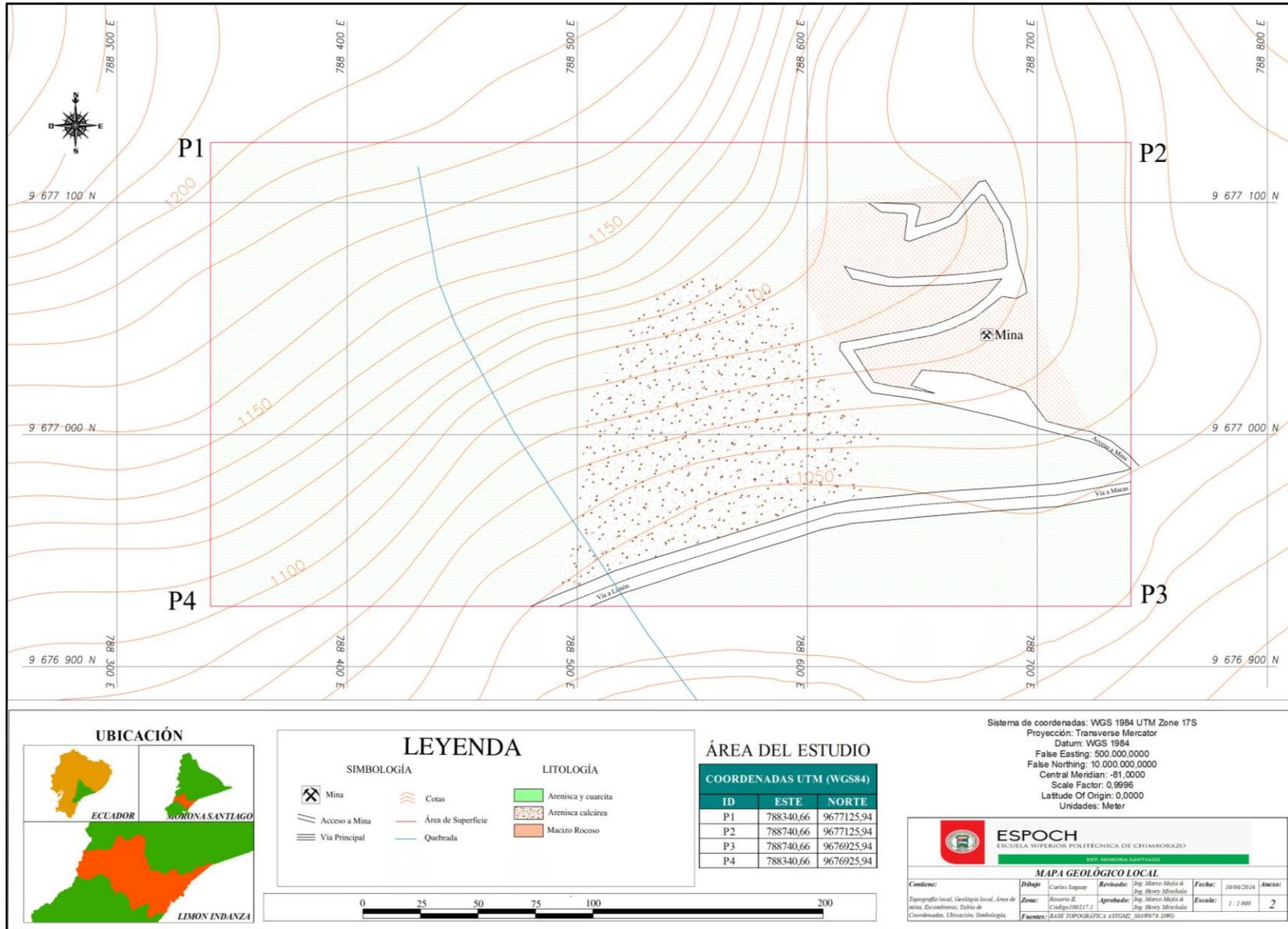


ESPOCH
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DEPT. MORONA SANTIAGO

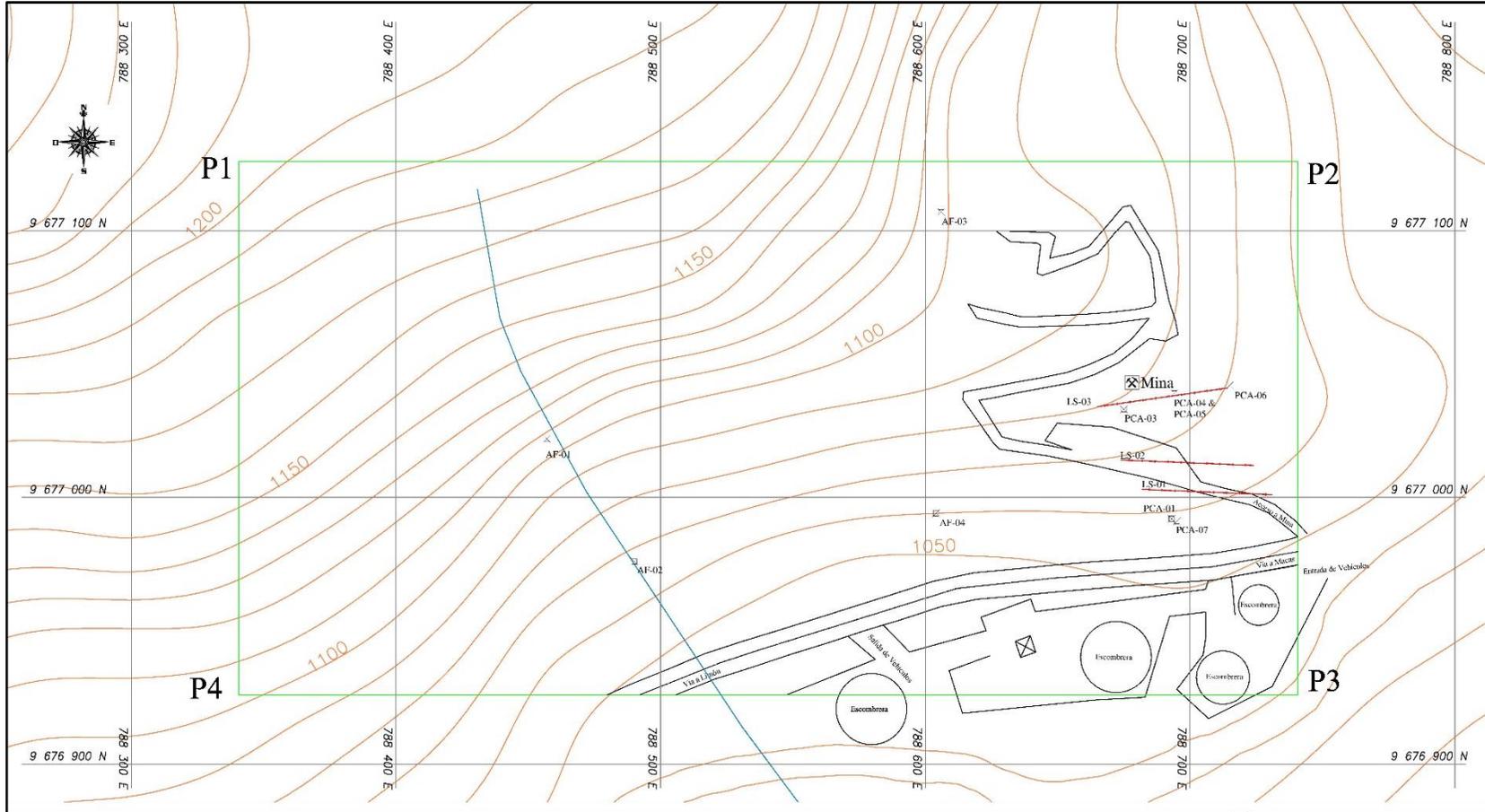
MAPA GEOLOGICO REGIONAL

| | | | | |
|--|--|---|---------------|---------------|
| Comisión: | Diseño: | Revisado: | Fecha: | Imayo: |
| Formación Geológica, Física, Área de la Construcción, Educación y medio Ambiental. | Carolina Saguro | Ing. Wilson Angulo y Ing. David Rodríguez | 10.05.2015 | 1 |
| Zona: | Escuela: | Facultad: | | |
| Morona S.C. (Código 190217.1) | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo | INSTITUTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO ESPOLINDIAS S.A. | | |

Anexo 2: Mapa Geológico Local



Anexo 3: Mapa Topográfico Local



LEYENDA

SIMBOLOGÍA

- Mina
- Oficina
- Acceso a Mina
- Via Principal
- Escobreta
- Cotas
- Área de Superficie
- Quebrada
- Sísmica de Refracción

| SUPERFICIE DEL ÁREA - COORDENADAS DATUM WGS84 | | |
|---|-----------|------------|
| PUNTOS | ESTE | NORTE |
| P1 | 788340,66 | 9677125,94 |
| P2 | 788740,66 | 9677125,94 |
| P3 | 788740,66 | 9676925,94 |
| P4 | 788340,66 | 9676925,94 |

| AFILORAMIENTOS - COORDENADAS DATUM WGS84 | | |
|--|--------|---------|
| PUNTOS | ESTE | NORTE |
| AF-01 | 788457 | 9677022 |
| AF-02 | 788490 | 9676976 |
| AF-03 | 788696 | 9677197 |
| AF-04 | 788604 | 9676994 |

| PCAs - COORDENADAS DATUM WGS84 | | |
|--------------------------------|--------|---------|
| PUNTOS | ESTE | NORTE |
| PCA-01 | 788693 | 9676992 |
| PCA-03 | 788675 | 9677031 |
| PCA-04 | 788694 | 9677039 |
| PCA-05 | 788694 | 9677039 |
| PCA-06 | 788715 | 9677042 |
| PCA-07 | 788695 | 9676991 |

| LÍNEA DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN - COORDENADAS DATUM WGS84 | | |
|--|--------|---------|
| PROFILES | ESTE | NORTE |
| LS-01 | 788692 | 9677003 |
| LS-02 | 788751 | 9677001 |
| LS-03 | 788701 | 9677011 |
| LS-04 | 788724 | 9677012 |
| LS-05 | 788685 | 9677031 |
| LS-06 | 788714 | 9677041 |

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Proyección: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 10.000.000.0000
 Central Meridian: -81.0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,00000
 Unidades: Meter

ESPOCH
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

MAPA TOPOGRÁFICO LOCAL

| | | | | |
|--|---------------|--|------------|---------|
| Contiene: | Dibajo | Revisado: | Fecha: | Ancaso: |
| Topografía Local, Simbología, Tablas de coordenadas de afloramientos, PCAs, Sísmica de refracción. | Carlos Siguas | Ing. Marco Mejía & Ing. Ricardo Alvarado | 10/03/2018 | 3 |
| | Zona: | Aprobado: | Escala: | |
| | Bosorio B. | Ing. Marco Mejía & Ing. Ricardo Alvarado | 1 : 1 000 | |
| | | Planos: | | |
| | | | | |



Anexo 4: Mapa Perfiles de Corte

Anexo 5: Perfiles de corte Geológico – Cálculo de Reservas

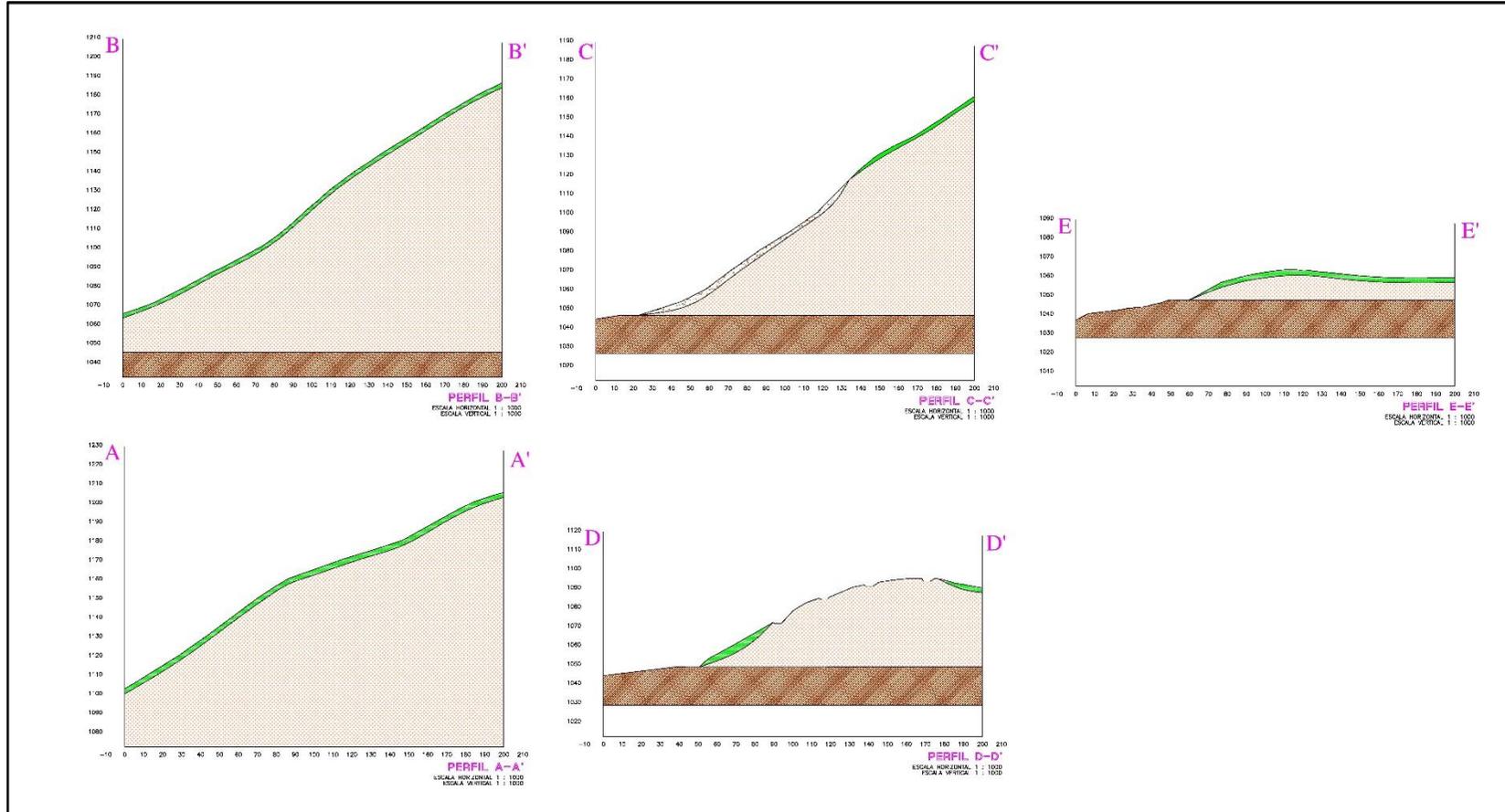


TABLA DE CÁLCULO DE ÁREAS Y VOLUMENES DE LAS RESERVAS

| PERFILES | DIMENSIÓN ENTRE SECCIONES (m) | ÁREAS (m²) | |
|----------|-------------------------------|---------------|-----------|
| | | SITIO RESERVA | DESESTATO |
| A - A' | 100,2 | 577,93 | 10226,56 |
| B - B' | 100,2 | 465,93 | 15102,24 |
| C - C' | 100,2 | 460,02 | 9013,78 |
| B - B' | 100,2 | 175,64 | 4727,98 |
| E - E' | 100,2 | 345,97 | 1334,95 |

| PERFILES | DIMENSIÓN ENTRE SECCIONES (m) | ÁREAS DE RESERVAS (m²) | | |
|----------|-------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| | | SUBRESERVA | RESERVAS PROBABLES | RESERVAS PROBABLES |
| A - A' | 100,2 | 577,93 | 10226,56 | 4000,40 |
| B - B' | 100,2 | 465,93 | 15102,24 | 4000,00 |
| C - C' | 100,2 | 460,02 | 9013,78 | 3966,72 |
| B - B' | 100,2 | 175,64 | 4727,98 | 3907,95 |
| E - E' | 100,2 | 345,97 | 1334,95 | 3759,51 |

| BLOQUES | SOTRESERVA | VOLUMENES DE RESERVAS (m³) | |
|----------------------|-----------------|----------------------------|--------------------|
| | | RESERVAS PROBABLES | RESERVAS PROBABLES |
| RI.OQI.F.1 | 26074,00 | 300720,00 | 200000,00 |
| RI.OQI.F.2 | 23126,25 | 602080,30 | 196666,75 |
| RI.OQI.F.3 | 15841,50 | 345840,00 | 175866,50 |
| RI.OQI.F.4 | 12900,25 | 115731,25 | 191687,25 |
| VOLUMEN TOTAL | 78032,00 | 1898737,75 | 788725,50 |

| BLOQUES | SOTRESERVA | VOLUMENES DE RESERVAS EN TONELADAS | |
|----------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|
| | | RESERVAS PROBABLES | RESERVAS PROBABLES |
| RI.OQI.F.1 | 26074,00 | 4800,34 | 2212016,00 |
| RI.OQI.F.2 | 23126,25 | 14411,14 | 1588121,40 |
| RI.OQI.F.3 | 15841,50 | 20257,22 | 901925,20 |
| RI.OQI.F.4 | 12900,25 | 24811,38 | 424403,10 |
| VOLUMEN TOTAL | 149041,12 | 5316465,70 | 2208431,40 |

LEYENDA

SIMBOTOLOGÍA

- Mts.
- Finca
- Acacia a Mts
- Via Principal
- Inventarios

TITULOGÍA

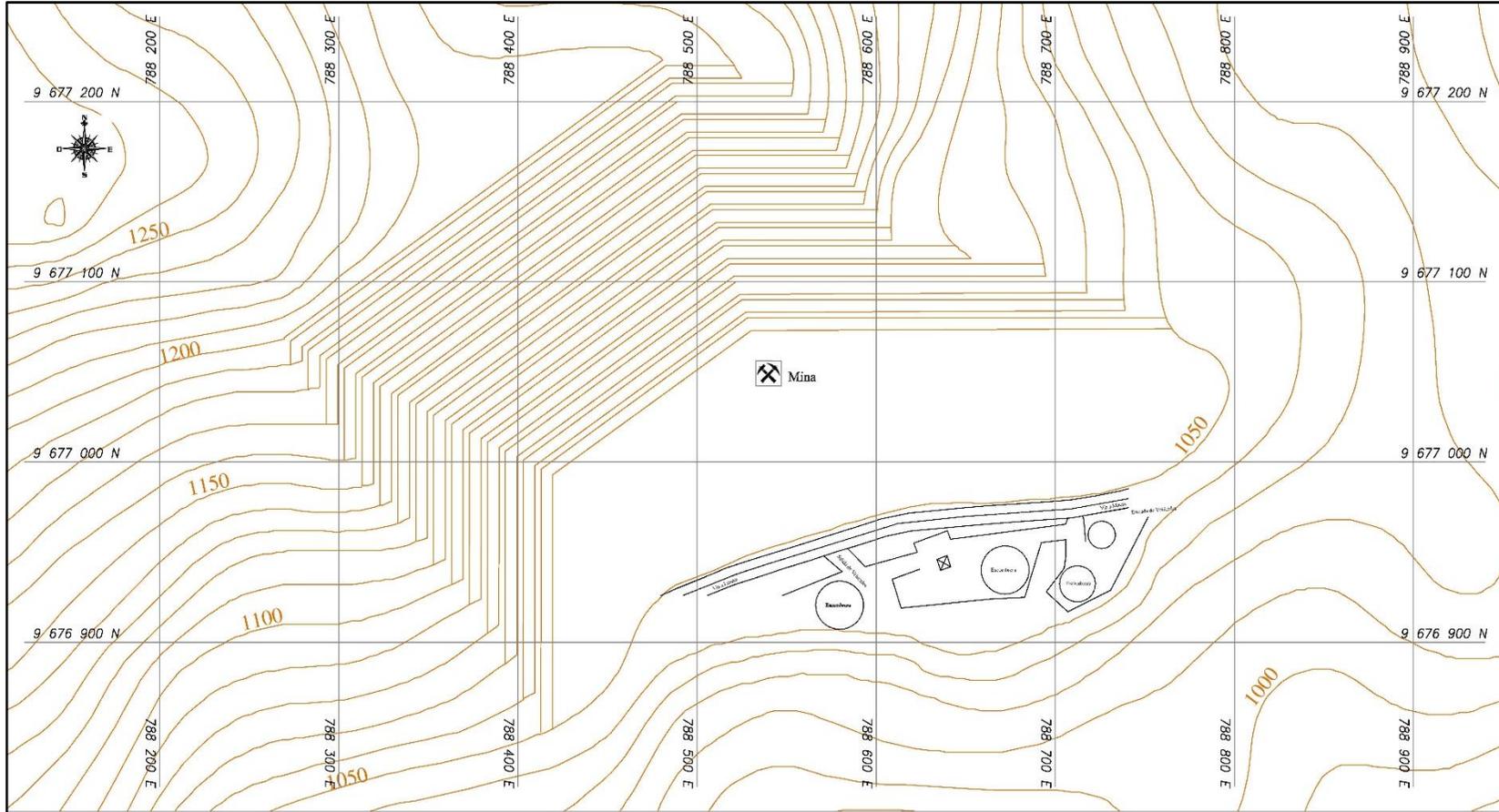
- Carretera (SUBRESERVA)
- Finca (SUBRESERVA)
- Reserva (R. PROBABLES)
- Reserva (R. PROBABLES)

ESPOCH
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
EXT. MORONA SANTIAGO

PERFILES DE CORTE O SECCIONES

| | | | | |
|--|--|--|--------------------------|---------------|
| Contiene: | Dibujo: Carlos Sagay | Revisado: Ing. Marco Meza & Ing. Henry Manchu | Fecha: 10/06/2018 | Anexo: |
| Geólogo Local: Cortes de Perfil. | Zona: Rosario II | Aprobado: Ing. Marco Meza & Ing. Henry Manchu | Escala: 1 : 1.000 | 5 |
| Planificación: Simbología, Tablas de Área, Volumen. | Fuente: SIAE TOPOGRÁFICA ASTUMZ_5370750.DWG | | | |

Anexo 6: Mapa Limite Final de Explotación



UBICACIÓN

ECUADOR MORONA SANTIAGO
LIMÓN INDANZA

LEYENDA

SIMBOLOGÍA

| | | |
|---------|---------------|-------|
| Mina | Via Principal | Cotas |
| Oficina | Escubeca | |

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Proyección: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 10.000.000.0000
 Central Meridian: -81,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Unidades: Metro

ESPOCH
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 NEU, MORONA SANTIAGO

LÍMITE FINAL DEL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN

| | | | | |
|---|---|--|-------------------|---------|
| Condiciones: | Diseño: Carlos Sagasti | Revisado: Ing. Marco Ulises R. Aguilar | Fecha: 18/06/2016 | Años: 6 |
| Topografía: David C. Sánchez, Simbolística: | Zona: Morona R. (Código 202171) | Aprobado: Ing. Marco Ulises R. Aguilar | Escala: 1:1.500 | |
| | Fuente: BASE TOPOGRÁFICA ASIGNADA - 2010/979.1001 | | | |