



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

**“Planeación minera para el diseño de explotación a cielo abierto
para la mina de caolín Tierra Blanca, Azogues – Cañar”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MINAS

Autores:

JOSÉ LUIS NARVÁEZ MORA
CARLOS ISRAEL RUIZ PAUTA

Director:

LEONARDO ANÍBAL NÚÑEZ RODAS

CUENCA – ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Al creador.

A mis padres Luis e Isabel, quienes son el motor de mi vida y mi razón de existir. Ellos quienes a pesar de su edad han hecho grandes sacrificios para brindarme una educación y poder cumplir mis metas.

A mis hermanos Anita, Javier, Paola, Ximena quienes siempre me han apoyado a lo largo de toda mi vida universitaria, y en especial a mi hermano Juan, quien a pesar de que ya no está con nosotros siempre estaba pendiente de cómo iba en mis estudios.

A mi gran amigo Shevi, quien con su apoyo ha hecho mejor todo este trayecto.

A David e Israel, quienes con su amistad han hecho más ameno este camino universitario.

José Luis Narváez Mora.

A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres soy quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a Xavier Giovanni Ruiz y Normita del Carmen Pauta Lituma, mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con una meta importante dentro de mi vida.

A mi hermana y sobrina, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A los que ya no están, por estar conmigo durante gran parte del camino y evitar que me dé por vencido durante muchos años.

A todas las personas, por su apoyo han hecho posible la realización de este trabajo de tesis, en especial a mi compañero José por su apoyo y compañerismo.

Carlos Israel Ruiz Pauta.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Leonardo Núñez, docente y gran persona, que, con paciencia y vasta experiencia, me ha enseñado y brindado sus conocimientos que serán de gran ayuda en mi vida profesional, además fue quien tuvo la amabilidad y disposición de apoyarme y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Andrés Luna, quién, a pesar de sus ocupaciones, siempre tenía tiempo para resolver mis dudas dentro de este proyecto.

Y a todos los docentes quienes me ha ayudado en mi formación profesional.

José Luis Narváez Mora.

No tengo palabras para expresar mi amor y mi gratitud por mi madre, por su fe, y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ella y a su enorme esfuerzo he llegado a culminar un peldaño más de mi vida.

A mi tutor, el ingeniero Leonado Núñez y a los ingenieros, Patricio Feijoo y Eduardo Luna, quienes fueron de gran apoyo en cada momento de mi vida universitaria y por su ayuda desinteresada durante la elaboración de este trabajo de graduación.

Carlos Israel Ruiz Pauta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Datos generales	3
1.2.1 Ubicación de la mina de caolín “Tierra Blanca” código 105069.....	3
1.2.2. Vías de acceso a la mina	5
1.3. Geología del yacimiento	6
1.4. Geomorfología	7
1.5. Estratigrafía	9
1.6. Clima	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Marco teórico	11
2.1.1. Planificación minera.....	11
2.1.2. Minería a cielo abierto	11
2.1.3. Parámetros geométricos en un diseño de una explotación a cielo abierto	12
2.1.4. Definición de no metálicos.....	13
2.1.5. Definición de caolín	14
2.1.6. Cálculo de reservas por método de los perfiles o cortes	14
2.1.7. Métodos de explotación a cielo abierto.....	16
2.1.8. Clasificación de los sistemas de explotación	16
2.1.9. Dimensionamiento de maquinaria en minería.....	18

2.1.10. Salud y seguridad en minería	20
2.1.11. Evaluación económica operativa de la mina	21
2.2. Metodología de aplicación	22
2.2.1. Evaluación de reservas y diseño de explotación	22
2.2.2. Dimensionamiento de la maquinaria y de personal	23
2.2.3. Seguridad y Salud en el Trabajo	23
2.2.4. Análisis de costos	23
2.2.5. Conclusiones y recomendaciones	23
2.2.6. Instrumentos a utilizar	23
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE RESERVAS Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN	25
3.1. Propiedades físicas del caolín	25
3.1.1. Peso específico del caolín	25
3.1.2. Humedad	26
3.1.3. Esponjamiento.....	27
3.1.4. Granulometría	28
3.2. Propiedades mecánicas del caolín.....	31
3.2.1. Resistencia a la compresión simple	31
3.2.2. Cohesión y ángulo de fricción	31
3.3. Levantamiento topográfico de la zona de interés.....	33
3.4. Delimitación de la zona de explotación	35
3.5. Dimensiones de la mina	37
3.6. Sistema de explotación.....	37
3.7. Profundidad de la cantera.....	37
3.8. Dirección de la explotación.....	37
3.9. Parámetros geométricos de explotación.....	38
3.9.1. Ángulo de bancos	38
3.9.2. Altura de bancos.....	39
3.9.3. Factor de seguridad	39
3.9.4. Número de bancos.....	43
3.9.5. Plataforma de trabajo	43
3.9.6. Ancho de amontonamiento de material.....	43
3.9.7. Espacio de maniobra de la excavadora	43

3.9.8. Ancho de la vía.....	44
3.9.9. Borde de seguridad o prisma de deslizamiento.....	44
3.9.10. Ancho de la plataforma de trabajo.....	44
3.9.11. Bermas finales o de resguardo.....	45
3.9.12. Ángulo de borde en receso.....	45
3.9.13. Cunetas en el pie de banco.....	45
3.9.14. Geometría para la explotación.....	46
3.10. Cálculo de reservas explotables.....	46
3.10.1. Reservas explotables para la fase 1.....	46
3.10.1. Reservas explotables para la fase 2.....	49
3.10.3. Cálculo de material estéril.....	51
3.10.4. Resumen de extracción por fases.....	51
3.11. Vida útil de la mina.....	52
3.12. Metodología de explotación.....	53
CAPÍTULO 4: DIMENSIONAMIENTO DE MAQUINARIA.....	56
4.1. Generalidades para el dimensionamiento de la maquinaria.....	56
4.2. Maquinaria de arranque y carguío.....	56
4.2.1. Especificaciones técnicas de la maquinaria de arranque.....	57
4.2.2. Cubicaje del cucharón.....	57
4.2.3. Rendimiento del equipo de carguío.....	58
4.3. Maquinaria de transporte.....	60
4.3.1. Especificaciones técnicas del equipo de transporte.....	60
4.3.2. Rendimiento del equipo de transporte.....	60
4.4. Requerimientos de la maquinaria.....	63
4.5. Requerimiento de personal.....	63
CAPÍTULO 5: SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....	64
5.1. Análisis de seguridad con el uso de la matriz IPER.....	64
5.2. Señalética de seguridad.....	67
5.2.1. Señales de prohibición.....	68
5.2.2. Señales de prevención.....	69

5.2.3. Señales de emergencia	70
5.2.4. Señales de obligación.....	71
5.2.5. Señales de información	71
5.3. Equipos de protección personal EPP	72
5.3.1. Uso correcto de los EPP	74
5.4. Ubicación de señalética.....	74
CAPÍTULO 6: EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA EL ÁREA MINERA	
“TIERRA BLANCA”	76
6.1. Costos directos	76
6.1.1. Alquiler de maquinaria.....	76
6.2. Costos indirectos	77
6.2.1. Mano de obra.....	77
6.2.2. Costo de equipos de protección y señalética.....	79
6.2.3. Insumos de oficina	80
6.2.4. Patente de conservación	81
6.2.5. Costos de infraestructura.....	81
6.2.6. Costos emergentes.....	82
6.2.7. Resumen de costos mensualizados	82
6.3. Regalías	83
6.4. Indicadores de producción	84
6.4.1. Costo de extracción por tonelada de material mineral	84
6.4.2. Utilidad neta	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
Conclusiones	85
Recomendaciones.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Vista aérea del área minera “Tierra Blanca”	2
Figura 1.2. Mapa de ubicación de la concesión “Tierra Blanca” Cód. 105069.	5
Figura 1.3. Croquis de la vía de acceso al área minera “Tierra Blanca”.	6
Figura 1.4. Perfil geológico A-B de la concesión minera “Tierra Blanca”.	7
Figura 1.5. Mapa geomorfológico de la parroquia Luis Cordero.	8
Figura 1.6. Perfil estratigráfico en el área minera “Tierra Blanca”.	9
Figura 1.7. Mapa de precipitación para la parroquia Luis Cordero.	10
Figura 2.1. Parámetros geométricos en una mina a cielo abierto	12
Figura 2.2. Método estándar para cálculo de reservas.	15
Figura 2.3. Método lineal para cálculo de reservas.	15
Figura 2.4. Clasificación de los sistemas de explotación mineros.	18
Figura 3.1. Curva granulométrica de la muestra #1 y el cálculo del D80.	29
Figura 3.2. Curva granulométrica muestra #2 y el cálculo del D80.	30
Figura 3.3. Levantamiento topográfico área minera “Tierra Blanca”.	34
Figura 3.4. Área minera “Tierra Blanca” zona de contacto entre material y estéril.	35
Figura 3.5. Delimitación mediante ortofoto correspondiente a el área minera “Tierra Blanca”	36
Figura 3.6. Ábaco de estabilidad de taludes #1.	40
Figura 3.7. Ábaco para estabilidad de taludes #3.	41
Figura 3.8. Simulación de la geometría propuesta para la mina “Tierra Blanca”	42
Figura 3.9. Características geométricas parciales de la zona de trabajo.	44
Figura 3.10. Cunetas al pie de banco.	45
Figura 3.11. Características geométricas para la explotación.	46
Figura 3.12. Determinación de los perfiles para el cálculo de reservas de la zona 1 en el área minera “Tierra Blanca”.	47

Figura 3.13. Perfiles con sus respectivos niveles para el cálculo de reservas de la fase 1 en el área minera “Tierra Blanca”.....	48
Figura 3.14. Perfiles con sus respectivos niveles para el cálculo de reservas de la fase 2 en el área minera “Tierra Blanca”.....	49
Figura 3.15. Perfiles para el cálculo de reservas en la zona 2 del área minera “Tierra Blanca”.....	50
Figura 3.16. Resumen de la extracción en la fase 1 del área minera “Tierra Blanca”.	51
Figura 3.17. Resumen de la extracción de la fase 2 del área minera “Tierra Blanca”.	51
Figura 3.18. Sistema de explotación discontinuo.	53
Figura 3.19. Dirección de avance de la primera fase de explotación en el área minera “Tierra Blanca”.	54
Figura 3.20. Modelo en 3D de la primera fase de explotación.	54
Figura 3.21. Dirección de avance de la explotación en la segunda fase del área minera “Tierra Blanca”	55
Figura 3.22. Modelo en 3D de la segunda fase de explotación en el área minera “Tierra Blanca”	55
Figura 4.1. Representación del cubicaje del cucharón.....	58
Figura 5.1. Uso correcto de equipos de protección.....	74
Figura 5.2. Ubicación de la señalética dentro del área minera “Tierra Blanca”.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ficha técnica.....	3
Tabla 1.2. Coordenadas del área minera “Tierra Blanca”.....	4
Tabla 3.1. Resultados de los ensayos de densidad.	26
Tabla 3.2. Resultados de los ensayos de humedad.....	27
Tabla 3.3. Resultado de los ensayos de esponjamiento.....	28
Tabla 3.4. Distribución granulométrica de la muestra 1.	29
Tabla 3.5. Distribución granulométrica de la muestra #2.	30
Tabla 3.6. Clasificación de resistencia de comprensión simple de suelo y rocas aproximado.....	31
Tabla 3.7. Pruebas de corte directo de muestras remodeladas de caolín.	32
Tabla 3.8. Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del caolín en la mina “Tierra Blanca”.	33
Tabla 3.9. Características del depósito de caolín en el área minera “Tierra Blanca”.	37
Tabla 3.10. Ángulo y altura de los bancos de Protodiakonov en función de las características del macizo rocoso.....	38
Tabla 3.11. Índice de confiabilidad y probabilidad de falla.....	40
Tabla 3.12. Estabilidad de los taludes mediante el ábaco de rotura circular #1.....	40
Tabla 3.13. Estabilidad de los taludes mediante el ábaco de rotura circular #3.....	42
Tabla 3.14. Cálculo de reservas disponibles en la primera fase dentro del área minera “Tierra Blanca”.	48
Tabla 3.15. Cálculo de reservas disponibles para la segunda fase dentro del área minera “Tierra Blanca”.	50
Tabla 3.16. Resumen de extracción por fases en el área minera “Tierra Blanca”. ...	52
Tabla 3.17. Parámetros de producción diaria, mensual y anual.....	52
Tabla 4.1. Factores de eficiencia operativa (rojo - volquete, verde - excavadora). ..	56

Tabla 4.2. Especificaciones de la Excavadora CAT 320 D- L.....	57
Tabla 4.3. Cubicaje del cucharón.....	58
Tabla 4.4. Parámetros de carguío y tiempo de ciclo in situ.	59
Tabla 4.5. Especificaciones técnicas del equipo de transporte.	60
Tabla 4.6. Recorrido del equipo de transporte desde la zona de carga hasta a zona de descarga.....	61
Tabla 4.7. Requerimiento de maquinaria para procesos de extracción para el área minera “Tierra Blanca”.	63
Tabla 4.8. Requerimiento de personal para el área minera “Tierra Blanca”.....	63
Tabla 5.1. Colores para control de importancia.	64
Tabla 5.2. Resumen de identificación de peligros y evaluación de riesgos para las actividades a realizarse en el área minera “Tierra Blanca”.....	65
Tabla 5.3. Señales de prohibición.	68
Tabla 5.4. Señales de prevención.....	69
Tabla 5.5. Señales de emergencia.	70
Tabla 5.6. Señales de obligación.....	71
Tabla 5.7. Señales de información.	71
Tabla 5.8. Equipos de protección auxiliar para personal.	72
Tabla 6.1. Costo por alquiler de maquinaria para el área minera “Tierra Blanca”. ..	77
Tabla 6.2. Rol de pagos para el personal operativo y seguridad para el área minera “Tierra Blanca” parte 1.	78
Tabla 6.3. Rol de pagos para el personal operativo y seguridad para el área minera “Tierra Blanca” parte 2.	78
Tabla 6.4. Costos de equipos de protección personal (EPP).....	79
Tabla 6.5. Costos unitarios y totales de la señalética de seguridad.....	80
Tabla 6.6. Costos de insumos para oficina.....	81
Tabla 6.7. Costo de la patente de conservación.	81

Tabla 6.8. Costos de infraestructura.....	81
Tabla 6.9. Costos emergentes.....	82
Tabla 6.10. Resumen de costos directos e indirectos mensualizados.	82
Tabla 6.11. Cálculo de regalías para el área minera “Tierra Blanca”.	83
Tabla 6.12. Utilidad neta mensual calculada para el área minera “Tierra Blanca” ...	84

ÍNDICE DE ANEXOS

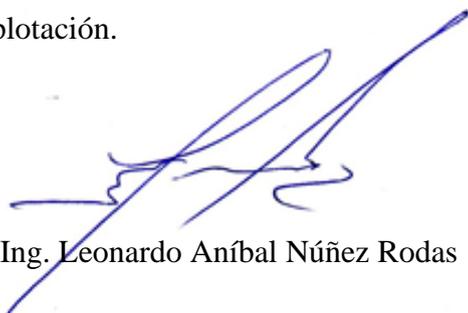
Anexo 1. Toma de muestras en el área minera “Tierra Blanca”	91
Anexo 2. Prueba de esponjamiento in situ de 9x9x9 cm.	91
Anexo 3. Prueba de esponjamiento in situ de 9x9x9 cm ya excavado.	92
Anexo 4. Drone DJI Phantom 4 utilizado para el levantamiento topográfico.	92
Anexo 5. Probetas con las muestras para el cálculo de la densidad de las muestras.	93
Anexo 6. Cálculo de la densidad con cada una de las muestras.	93
Anexo 7. Mapa de ubicación de la concesión minera “Tierra Blanca” Cód. 105069.	94
Anexo 8. Mapa y perfil geológico de la concesión minera “Tierra Blanca” Cód. 105069.	95
Anexo 9. Mapa geomorfológico de la parroquia “Luis Cordero”.	96
Anexo 10. Mapa de isoyetas de precipitación de la parroquia “Luis Cordero”.....	97
Anexo 11. Mapa topográfico del área minera “Tierra Blanca” Cód. 105069.	98
Anexo 12. Delimitación del área que va a ser explotada en la concesión minera “Tierra Blanca”.	99
Anexo 13. Fase 1 de explotación y perfiles utilizados para el cálculo de reservas explotables en el área minera “Tierra Blanca”.....	100
Anexo 14. Fase 2 de explotación y perfiles utilizados para el cálculo de reservas explotables en el área minera “Tierra Blanca”.....	101
Anexo 15. Matriz IPER.	102

**“PLANEACIÓN MINERA PARA EL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN A
CIELO ABIERTO PARA LA MINA DE CAOLÍN TIERRA BLANCA,
AZOGUES - CAÑAR”**

RESUMEN

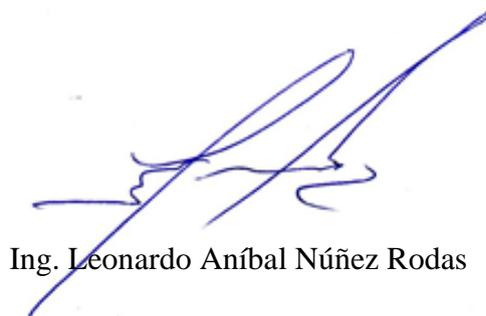
El presente proyecto estuvo orientado a la planeación minera para la explotación de la concesión de minerales no metálicos “Tierra Blanca”, ubicada en la parroquia Luis Cordero, cantón Azogues, provincia de Cañar. Para el efecto se tomó como base para su desarrollo la recolección de información geológica y topográfica del área de interés, además de pruebas de laboratorio para determinar las características físicas y geomecánicas del macizo rocoso, las cuales fueron aplicadas para determinar el diseño seguro y óptimo dirigido hacia un mejor aprovechamiento del mineral, conjuntamente con el dimensionamiento de maquinaria en función de la necesidad de producción diaria, un plan de señalética y el uso de equipos de protección para todo el personal. Finalmente se desarrolló un análisis económico para orientar a la concesionaria minera sobre los costos directos e indirectos, costo de extracción por tonelada de mineral y la utilidad neta.

Palabras Clave: Planeación minera, caolín, cielo abierto, geomecánica, diseño de explotación.



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Director del Trabajo de Titulación



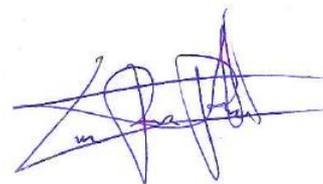
Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Coordinador de Escuela



José Luis Narváez Mora

Autor



Carlos Israel Ruiz Pauta

Autor

**“MINING PLANNING FOR THE OPEN PIT EXPLOITATION DESIGN
FOR THE TIERRA BLANCA KAOLIN MINE, AZOGUES – CAÑAR”**

ABSTRACT

This project was oriented to the mining planning for the exploitation of the non-metallic mineral concession "Tierra Blanca", located at Luis Cordero township, in the province of Azogues, Cañar. For this purpose, the development of this research was based on the collection of geological and topographical information of the area of interest, in addition to laboratory tests to determine the physical and geomechanical characteristics of the rockmass, which were applied to determine the safe and optimal design aimed at a better use of the mineral. Together with the sizing of machinery according to the daily production needs, a signaling plan and the use of protective equipment for all personnel was carried out. Finally, an economic analysis was developed to guide the mining concessionaire on direct and indirect costs, extraction cost per ton of mineral and net profit.

Keywords: Mining planning, kaolin, open pit, geomechanics, exploitation design.



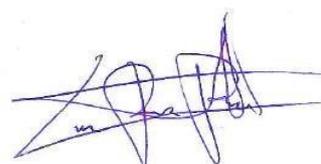
Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Director of the Degree Project



Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas
Coordinator of the School



José Luis Narváez Mora
Author



Carlos Israel Ruiz Pauta
Author

Translate by



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas



Carlos Israel Ruiz Pauta

Narváez Mora José Luis & Ruiz Pauta Carlos Israel

Trabajo de Titulación

Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Octubre, 2022

**“PLANEACIÓN MINERA PARA EL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN A
CIELO ABIERTO PARA LA MINA DE CAOLÍN TIERRA BLANCA,
AZOGUES - CAÑAR”**

INTRODUCCIÓN

Las actividades extractivas en nuestro país han aumentado exponencialmente durante estos últimos años ya que el país posee una gran riqueza mineral a lo largo de todo el territorio. La minería metálica y sus proyectos de gran minería tienen un alto protagonismo dentro de las actividades productivas del país, pero también la minería no metálica ha sido un eje fundamental en el desarrollo industrial. Por ejemplo, la: caliza, feldespatos, baritina, puzolanas, caolín, entre otros elementos no metálicos son extraídos de manera continua, cumpliendo con la demanda de materia prima nacional.

El desarrollo de proyectos mineros trae consigo la alteración del entorno de donde se va a extraer el mineral de interés, por lo que es necesario e indispensable disponer de una técnica adecuada y sostenible de planificación extractiva, la cual garantizará un mejor manejo y aprovechamiento de los recursos minerales, enfocándose en diversos ejes operativos como la optimización en costos de extracción y control de los impactos ambientales, además de brindar seguridad a los distintos operadores dentro de la mina.

El área minera Tierra Blanca que extrae caolín, en la parroquia Luis Cordero, cantón Azogues, es un ejemplo del tipo de extracción que no se encuentra dentro de los parámetros técnicos de explotación minera, además de un deficiente plan de seguridad para el personal que labora dentro de la mina, lo cual llevó finalmente a la paralización de sus actividades. Por lo que, el presente proyecto investigativo se enfocó en desarrollar una planificación minera técnica y óptima.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El área minera “Tierra Blanca” con código 105069, es una mina de la que se extrae el mineral caolín bajo el régimen de pequeña minería, concesionada por la comunidad minera Luis Cordero, el 5 de marzo de 2015 e inscrita el 6 de abril del mismo año con un total de 30 hectáreas mineras.

Desde el año 2015 se han venido realizando actividades de extracción de manera ocasional, sin ningún sustento técnico (diseño de explotación, señalización, entre otros), además de no contar aún con los documentos administrativos necesarios para la ejecución de actividades mineras que son de carácter obligatorio, por ejemplo: el informe favorable del MAATE, así como la emisión de la correspondiente Licencia Ambiental.

Hoy en día la mina se encuentra completamente abandonada y con la vegetación retomando toda el área que se encontraba intervenida por las actividades mineras, además los dueños de los derechos de explotación buscan reanudar la extracción del mineral, pero cumpliendo con todos los aspectos técnicos y administrativos que pide el organismo regulador.



Figura 1.1. Vista aérea del área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

Lo anteriormente descrito sirvió como información base para el desarrollo de la presente tesis, en donde se manifiestan varios problemas que fueron los objetivos a solucionar a lo largo de este proyecto de investigación y que fueron corregidos a través de una adecuada planificación minera.

1.2 Datos generales

Tabla 1.1. Ficha técnica.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO			
Denominación del proyecto		TIERRA BLANCA	
Código catastral		105069	
Calificación del recurso		NO METÁLICOS	
Material explotable		FELDESPATO	
Fase minera		EXPLORACIÓN / EXPLOTACIÓN	
SITUACIÓN GEOGRÁFICA, POLÍTICA, ADMINISTRATIVA			
Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
CAÑAR	AZOGUES	LUIS CORDERO	LEONAN
ÁREA DE CONCESIÓN MINERA (HECTÁREAS MINERAS): 30			
DATOS GENERALES DEL TITULAR MINERO			
Razón social del titular minero		ASOCIACIÓN COMUNITARIA MINERA LUIS CORDERO	
Dirección		AV. MARCIAL GUILLEN S/N	
RUC		0391013373001	
Teléfono		072219-130	
Representante legal		JULIO WILFRIDO TORRES WILCHES	

Fuente: Elaboración propia.

1.2.1 Ubicación de la mina de caolín “Tierra Blanca” código 105069

La concesión minera “Tierra Blanca” código 105069, se encuentra ubicada en la provincia del Cañar, cantón Azogues, parroquia Luis Cordero, sector Leonán, con coordenadas de los vértices del área en PSAD56:

Tabla 1.2. Coordenadas del área minera “Tierra Blanca”.

VÉRTICES DEL ÁREA EN DATUM PSAD56 17S		
PUNTO	ESTE(X)	NORTE(Y)
PP	743300	9699400
1	743500	9699400
2	743500	9699300
3	743700	9699300
4	743700	9699400
5	744200	9699400
6	744200	9699100
7	743600	9699100
8	743600	9698900
9	743400	9698900
10	743400	9699000
11	743300	9699000

Fuente: (Base de datos obtenidos del IIGE, 2022).

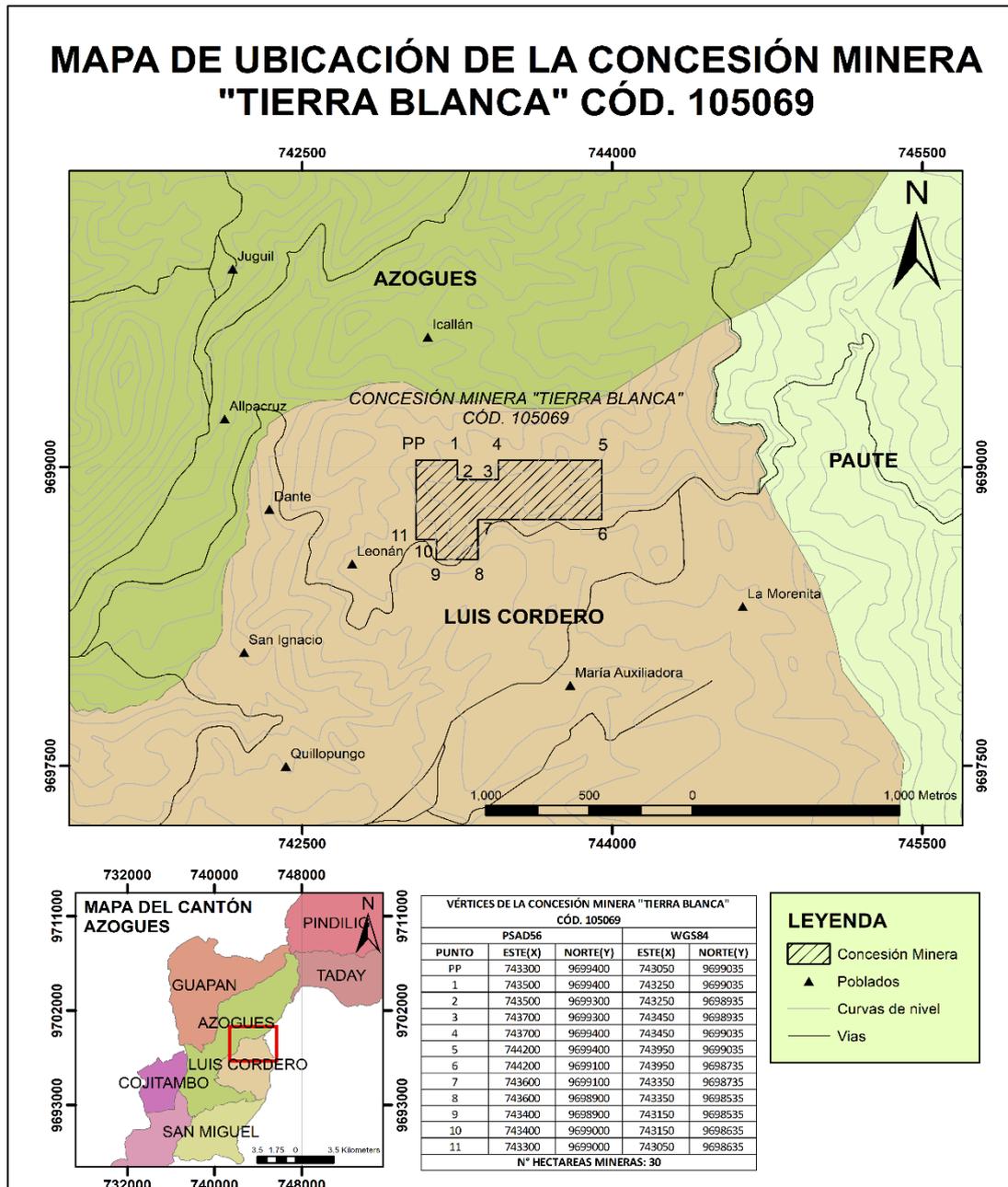


Figura 1.2. Mapa de ubicación de la concesión “Tierra Blanca” Cód. 105069.

Fuente: (Base de datos obtenidos del IIGE, 2022).

1.2.2. Vías de acceso a la mina

El recorrido de llegada hacia concesión minera “Tierra Blanca” código 105069, inicia en el parque central Luis Cordero de la parroquia del mismo nombre tomando la avenida “Marcial Guillén” hasta llegar al sector de Leonán, donde existe la parada de buses inter-parroquiales “San Marcos”, donde aproximadamente a 500 m de está parada se encuentra la concesión minera.

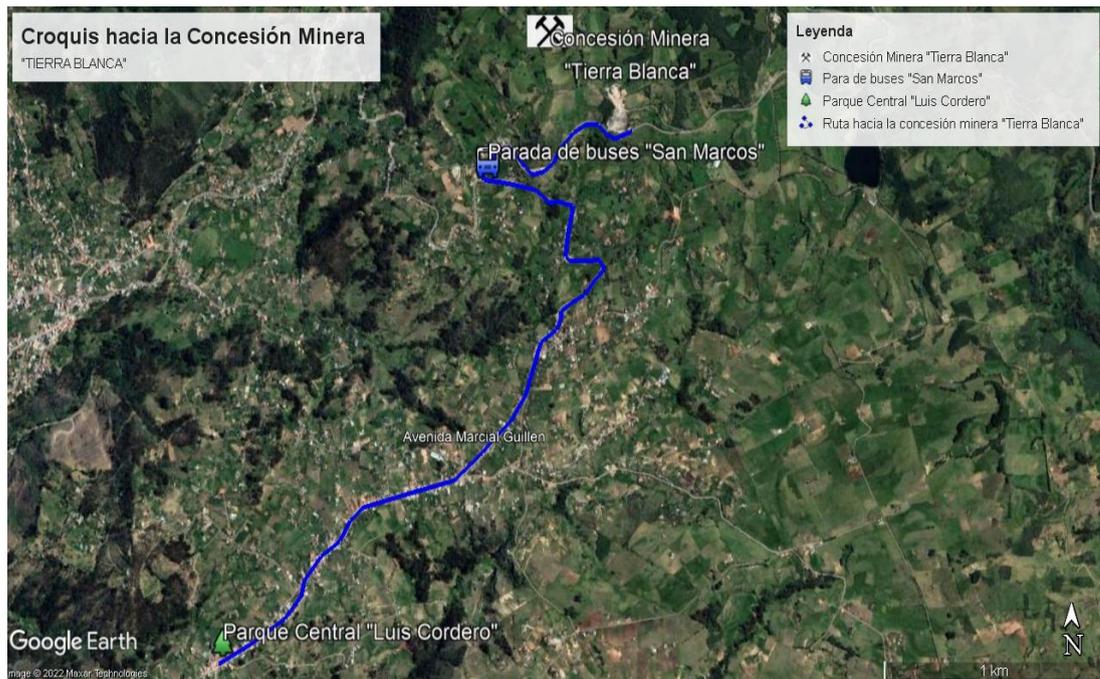


Figura 1.3. Croquis de la vía de acceso al área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: (Base de datos obtenido de Google Earth, 2022).

1.3. Geología del yacimiento

El yacimiento de caolín, existente en el área minera “Tierra Blanca”, se encuentra dentro de la formación Tarqui. De acuerdo a (Hungerbuhler, 2000), esta formación corresponde el mioceno tardío, analizado a través de la huella de fisión de circón utilizada en la datación de formaciones sedimentarias. La formación Tarqui está dividida en dos miembros (figura 1.4.).

- **Miembro Llacao**

Estos depósitos forman una amplia meseta, constituyendo la loma Pachamama. El espesor estimado en este sector alcanza los 200 m. Consiste de depósitos piroclásticos y volcanoclásticos. La meseta de Pachamama presenta depósitos de avalancha de escombros volcánicos, los cuales presentan clastos fragmentados en una matriz tobácea.

- **Miembro Tarqui**

El miembro aflora en las partes topográficas más altas. El espesor estimado es de 300 metros.

El miembro Tarqui descansa discordantemente sobre los depósitos de la Formación Yunguilla, Grupo Saraguro y la secuencia sedimentaria de la cuenca. Consiste de tobas

ácidas masivas, de color gris claro que se alteran a un color blanquecino. Las tobas presentan: cuarzo, feldespato, líticos andesíticos y sedimentarios. En muchos lugares las tobas están alteradas con caolín, material que está siendo explotado actualmente en pocos sitios. (Verdezoto, 2006)

En ciertos lugares por la alteración hidrotermal se ha alterado completamente la roca original o caolín. (Bristow & Guevara, 1974)

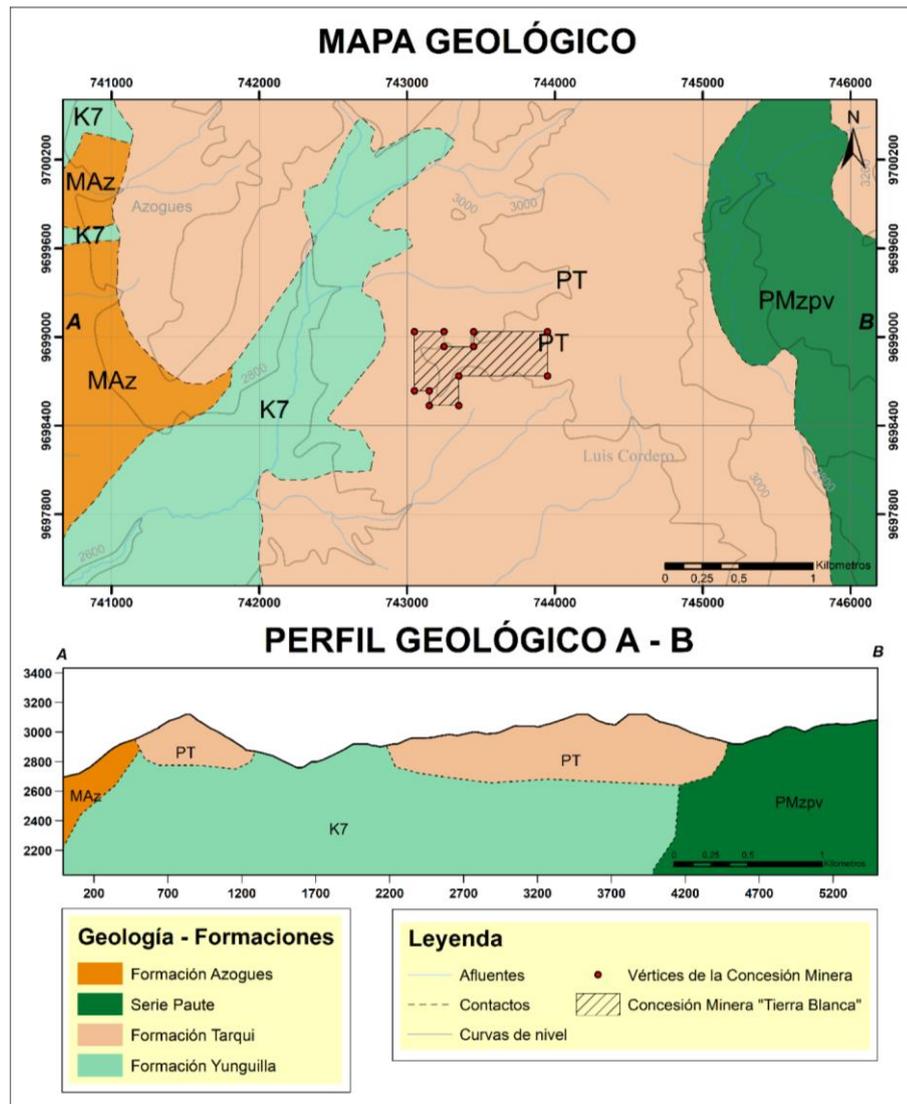


Figura 1.4. Perfil geológico A-B de la concesión minera "Tierra Blanca".

Fuente: (Base de datos obtenidos del IIGE, 2022).

1.4. Geomorfología

La parroquia Luis Cordero posee principalmente dos tipos de relieve, el montano y montano alto. El territorio que comprende la parroquia se encuentra entre los 1900 a

los 3600 m.s.n.m. y con pendientes que van desde el 15° al 90%. La mayoría del territorio de la parroquia es utilizada para la ganadería y la agricultura. (Argudo, 2015)

Las geoformas que conforman la parroquia comprenden:

- Colinas medianas
- Relieves escarpados
- Talud de derrubios
- Vertientes convexas
- Vertientes cóncavas
- Vertientes irregulares

La concesión minera Tierra blanca se ubica dentro del sector Leonán, donde posee un relieve montano alto y se ubica dentro del rango 2800 – 3600 m.s.n.m., además de tener pendientes de aproximadamente 13% y finalmente está ubicado dentro de dos geoformas, de vertientes irregulares y un relieve escarpado.

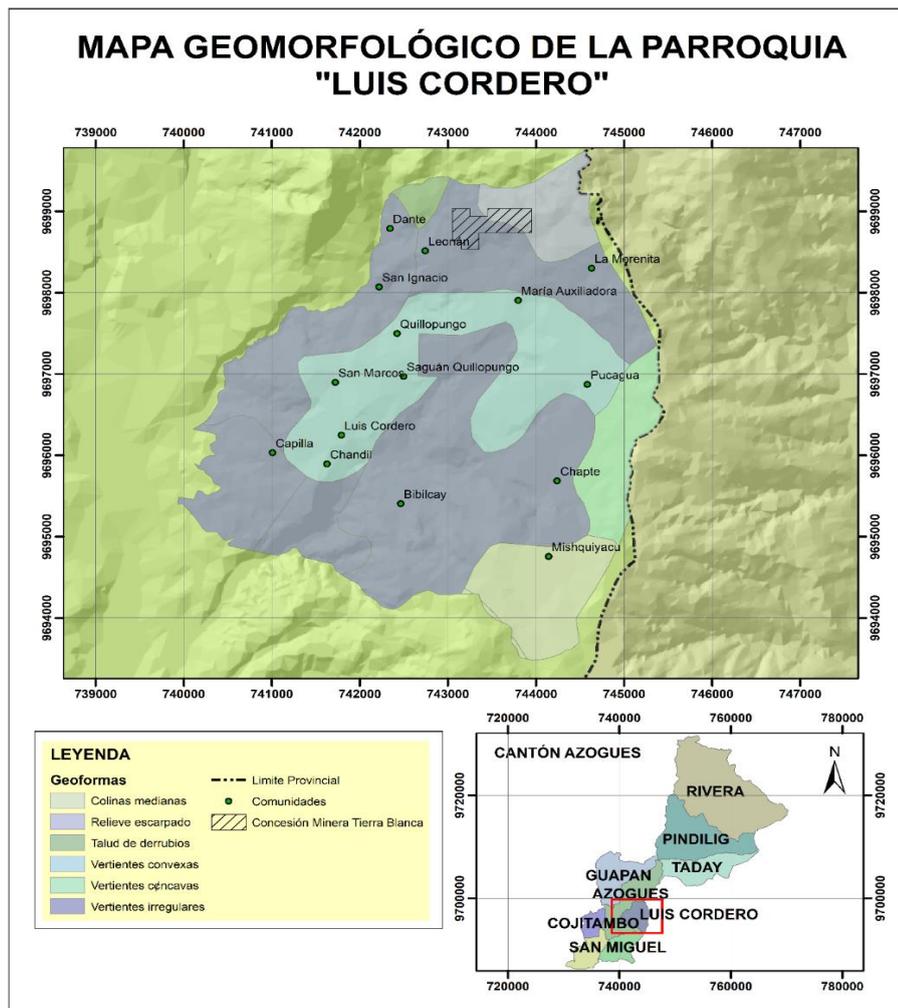


Figura 1.5. Mapa geomorfológico de la parroquia Luis Cordero.

Fuente: (Base de datos obtenidos del IIGE, 2022).

1.5. Estratigrafía

En campo se puede determinar la estratigrafía del área, la zona se encuentra ya intervenida por lo que se puede determinar claramente la presencia de una primera capa que corresponde al suelo junto con la vegetación la cual tiene una profundidad aproximada de 2 metros, luego continua una capa de caolín con presencia de hierro de aproximadamente 4 metros, pero no se encuentra a lo largo de toda el área, sino en ciertas partes del talud, y finalmente se encuentra la capa de caolín más puro el cual tiene una profundidad aproximada de 90 metros.

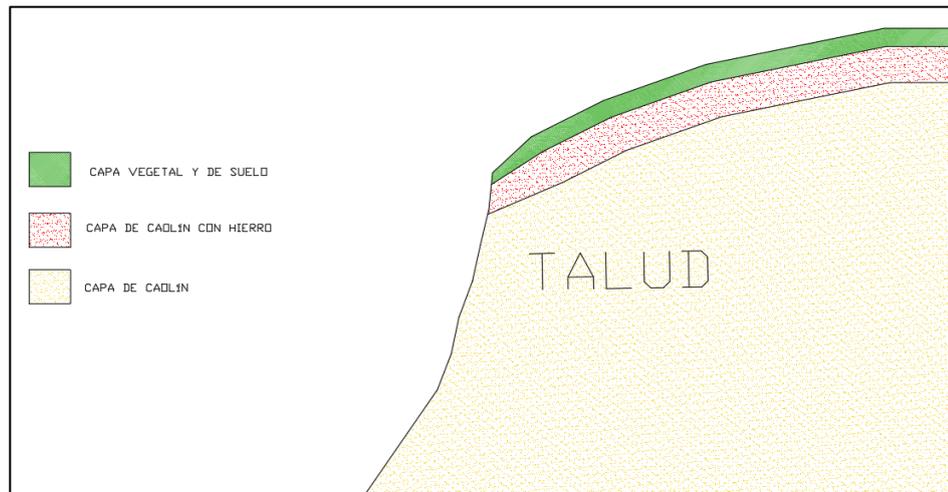


Figura 1.6. Perfil estratigráfico en el área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia

1.6. Clima

De manera general, en la parroquia Luis Cordero existe la presencia de dos tipos de climas directamente proporcional a la altura. La zona baja presenta un clima templado-frío que va desde Zhapacal y Ayazamana y una segunda zona con un clima frío ubicado en la zona alta comprende todas las comunidades de Huintul, Chapte, Leonán, entre otros. (Argudo, 2015)

De acuerdo a los datos proporcionados por la INAMHI, la parroquia posee una precipitación media anual de 750 – 1000 mm (figura 1.7).

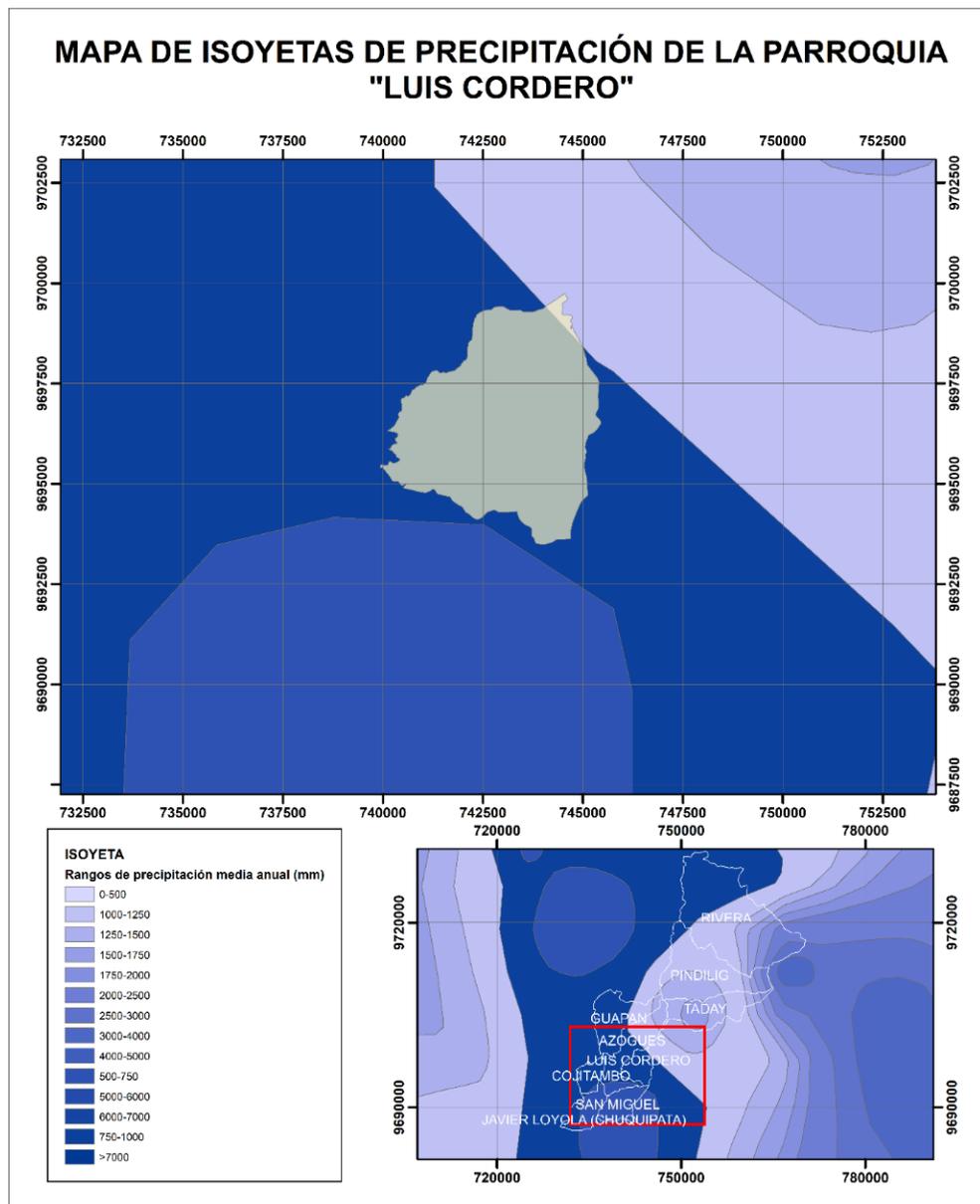


Figura 1.7. Mapa de precipitación para la parroquia Luis Cordero.

Fuente: (Base de datos obtenidos del IIGE, 2022).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco teórico

2.1.1. Planificación minera

En términos generales, la planificación se entiende como la organización de un conjunto de actividades para lograr una meta determinada. A pesar de que la planificación minera es similar a la planificación llevada a cabo en otras industrias, difiere en que la primera depende de las reservas mineras estimadas. (Parra A. , 2006) El proceso de planificación permite identificar y pronosticar el que hacer, para alcanzar los objetivos de la empresa, junto con los presupuestos, los planes de venta, los programas de inversión, las estimaciones de recursos y otros.

Para el caso de una empresa minera, es la planificación la encargada de definir el plan minero de producción: dicho plan identifica el origen, la cantidad y la calidad de material a procesar, como también las estrategias, tiempos, y recursos requeridos para la materialización de lo programado. (Delgado, sf)

Las variables fundamentales interrelacionadas dentro de la planificación son:

- Tamaño de operación
- Método de explotación
- Límites finales
- Secuencia de explotación
- Estrategia de leyes de corte
- Planes mineros de producción

2.1.2. Minería a cielo abierto

La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento de material estéril determinan la relación estéril/mineral con que se debe extraer el mineral.

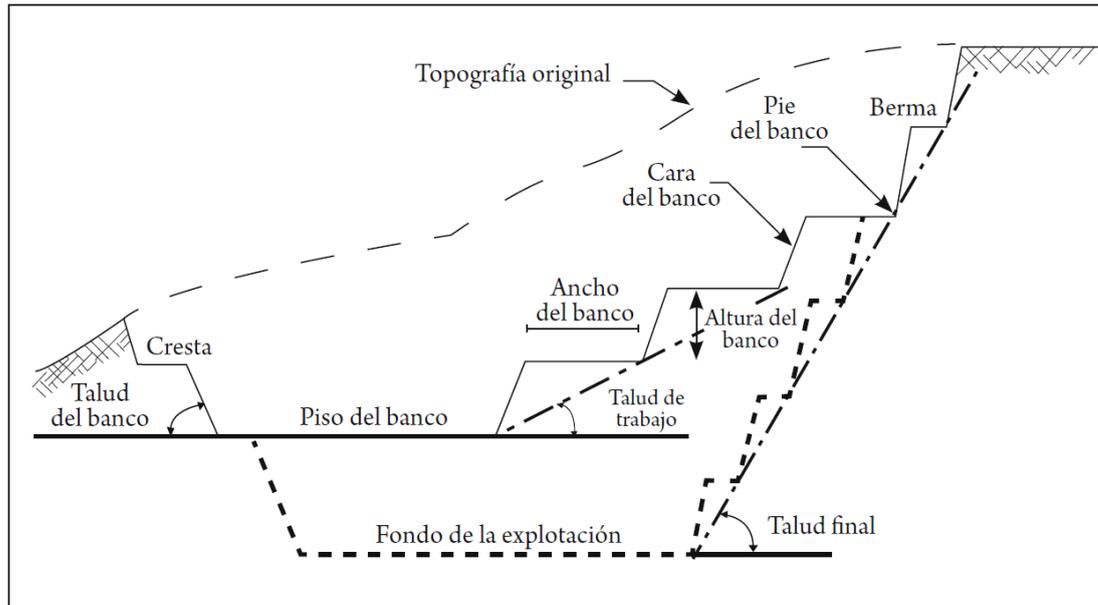


Figura 2.1. Parámetros geométricos en una mina a cielo abierto

Fuente: (López, 2012)

2.1.3. Parámetros geométricos en un diseño de una explotación a cielo abierto

- **Banco:** es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles y que constituyen la rebanada que se explota sea de estéril o de mineral, y que es objeto de excavación desde un punto en el espacio hasta una posición final preestablecida.
- **Altura de banco:** es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es lo mismo, desde el pie del banco hasta la parte más alta.
- **Talud del banco:** es el ángulo que forma la horizontal y la línea de máxima pendiente en la cara del banco.
- **Talud de trabajo:** es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los que se encuentra alguno de los cortes o plataformas de trabajo. En otras palabras, es una pendiente estable provisional de la excavación.
- **Pistas de rodamiento:** son las estructuras varias dentro de una explotación, a través de las que viajan los vehículos de acarreo para extraer el mineral y el estéril. También sirven para efectuar los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos. Se caracterizan fundamentalmente por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada. (López, 2012)

- **Rampa de acceso:** caminos de uso esporádico que se utilizan para el acceso de los equipos, generalmente de arranque, a los frentes de trabajo. El ancho es reducido y, al ser vías de un solo carril, las pendientes son superiores a las de las pistas.
- **Límites finales de la mina:** son aquellas situaciones espaciales hasta las que llegan las excavaciones. El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma. Los límites en profundidad de una mina a cielo abierto están condicionados, fundamentalmente, por la geología del yacimiento y por aspectos económicos derivados de los costos de extracción del estéril para un determinado valor del mineral explotado. La definición de tales límites se ve también influida por motivos de estabilidad de taludes, por las características geomecánicas del macizo rocoso y las tensiones producidas en las rocas al crear la excavación e incluso, por las dimensiones mínimas del espacio de trabajo que es requerido por las máquinas. (López, 2012)
- **Bermas:** son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la explotación sobre los taludes finales, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad. El intervalo de las bermas y su anchura, así como el ángulo de talud, se establecen por condicionantes geotécnicos y de seguridad incluso en ocasiones, por consideraciones operativas se utilizan como pistas de transporte. (López, 2012)
- **Talud final de explotación:** es el ángulo de talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cresta del banco superior.

2.1.4. Definición de no metálicos

La explotación minera no metálica es a tajo abierto, y se realiza mediante la remoción de la cubierta vegetal, piedras comunes o material inservible de la zona. Se realizan perforaciones y voladuras para encontrar la cantera y luego material útil es trasladado al área de almacenamiento. Es importante distinguir que la minería no metálica solo requiere de las etapas de beneficio primario, en donde se dan los procesos de chancado y secado. En la siguiente lista se presentan minerales no metálicos más utilizados: (Ministerio de Energía y Minas del Perú).

- Materiales de construcción: arenisca, sillar, piedra y cascajo.
- Arcillas para la producción de ladrillos.
- Agregados calcáreos: calizas, yeso, puzolana.
- Rocas ornamentales: mármol, travertinos, granitos, ónix.
- Minerales industriales: sílice, diatomita, bentonita, zeolitas, caolín, boratos, feldespatos, abrasivos, granate, etc.

2.1.5. Definición de caolín

El caolín o caolinita es una arcilla blanca, blanda y plástica, compuesta principalmente por partículas laminares de grano fino. Su nombre proviene del primer yacimiento descubierto en China, la colina de Kaoling. Se forma cuando los silicatos de aluminio que se encuentran en las rocas feldespáticas, como el granito, se alteran por la intemperie o por procesos hidrotermales. Forma parte del grupo de minerales industriales, con la composición química $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$.

El caolín presenta múltiples variaciones en su aspecto físico, lo que influye en sus posteriores usos. Se utiliza en muchas aplicaciones, ya que es un mineral industrial único, que permanece químicamente inerte en un rango de pH relativamente amplio y ofrece una excelente cobertura cuando se utiliza como pigmento o diluyente en películas recubiertas y aplicaciones de relleno. Además, es suave y no abrasivo y tiene una baja conductividad de calor y electricidad.

El caolín se utiliza principalmente en la industria del papel, cerámicas sanitarias, esmaltes cerámicos, vajillas y porcelanas, caucho, plástico, tintas para impresión, pinturas, adhesivos y colas, agricultura ecológica, correctores de suelos, cosmética, alimentación en ganado, cemento blanco, morteros, estucos, refractarios, fibra de vidrio, y muchos usos más. (AVISA, s.f.)

2.1.6. Cálculo de reservas por método de los perfiles o cortes

El primer paso en la aplicación del método de secciones transversales consiste en dividir el cuerpo entero en bloques por medio de la elaboración de secciones geológicas transversales, ubicadas a intervalos que dependerán de la naturaleza del depósito, de la cantidad y localización de los datos de exploración y los propósitos del cálculo.

Dependiendo de la forma de dividir los bloques, existen tres variantes del método:

- **Método estándar**

Basado en la regla del cambio gradual, cada bloque quedará confinado en medio de dos secciones con superficies laterales irregulares y los bloques exteriores o finales por una sola sección también con caras laterales irregulares. Dichas secciones pueden ser paralelas, no paralelas, verticales, horizontales o inclinadas.

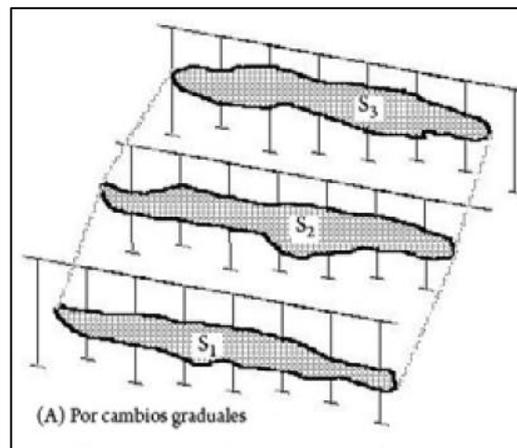


Figura 2.2. Método estándar para cálculo de reservas.

Fuente. (López, 2022).

- **Método lineal**

También basado en la regla del cambio gradual, este método varía con respecto al anterior, en que cada bloque estará definido por una sección completa y por la mitad de la distancia de las secciones adyacentes.

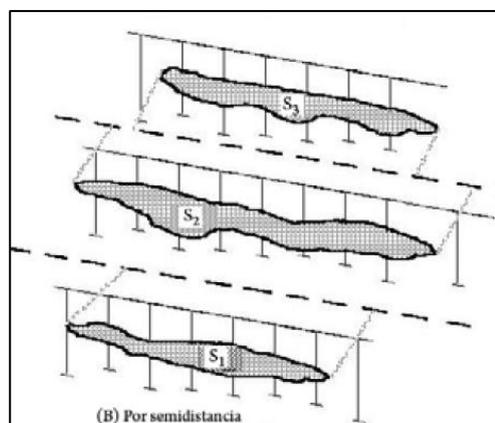


Figura 2.3. Método lineal para cálculo de reservas.

Fuente: (López, 2012)

- **Método de isolíneas**

Casos comunes del empleo de este método, se presentan en cálculos de promedios de espesor, ley promedio y valor promedio de un depósito, realizados a partir de planos adecuados de isolíneas. (López, 2012)

2.1.7. Métodos de explotación a cielo abierto

- **Cortas:** aplicado en yacimiento masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.
- **Descubiertas:** estos métodos se aplican a yacimiento horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores a los 50 m. Consiste en un avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de este al hueco de las fases anteriores.
- **Terrazas:** este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.
- **Canteras:** es el termino genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. En líneas generales, el método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera.
- **Graveras:** las arenas y los cantos rodados se encuentran poco cohesionados, por lo que las labores de arranque se efectúan directamente por equipos mecánicos. Las explotaciones suelen llevarse a cabo en un solo banco, con una profundidad inferior, por lo general, a los 20 m. (Herbet, 2006)

2.1.8. Clasificación de los sistemas de explotación

Después de haber definido el método aplicable, es necesario establecer el sistema de explotación, que estará constituido por los diferentes equipos de arranque carga y transporte.

- **Sistema totalmente discontinuo:** la operación de arranque, con o sin voladura, se lleva a cabo con equipos discontinuos y el transporte se efectúa con volquetes mineros. Actualmente es el sistema más implementado debido a su gran flexibilidad y versatilidad.
- **Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la explotación:** una parte de la operación se realiza con medios semejantes al sistema anterior, hasta una trituradora instalada dentro de la explotación, con la que se consigue una granulometría adecuada para efectuar desde ese punto el transporte continuo por cintas.
- **Sistema mixto con trituradora semi-móvil dentro de la explotación:** conceptualmente es igual al sistema anterior, pero con mayor flexibilidad, ya que la trituradora puede cambiarse de emplazamiento cada cierto tiempo, invirtiendo en estos traslados varios días o semanas.
- **Sistema de transporte mixto y arranque continuo:** esta es una variante de la alternativa anterior, donde se ha sustituido el arranque discontinuo por una roto-pala o equipo similar. Es un sistema poco utilizado, aunque algunas minas lo aplican.
- **Sistema de arranque y transporte continuos:** es, por excelencia, el sistema que aporta un mayor porcentaje de electrificación, ya que todas las unidades excepto las auxiliares, van acondicionadas por motores eléctricos. (Herbet, 2006)

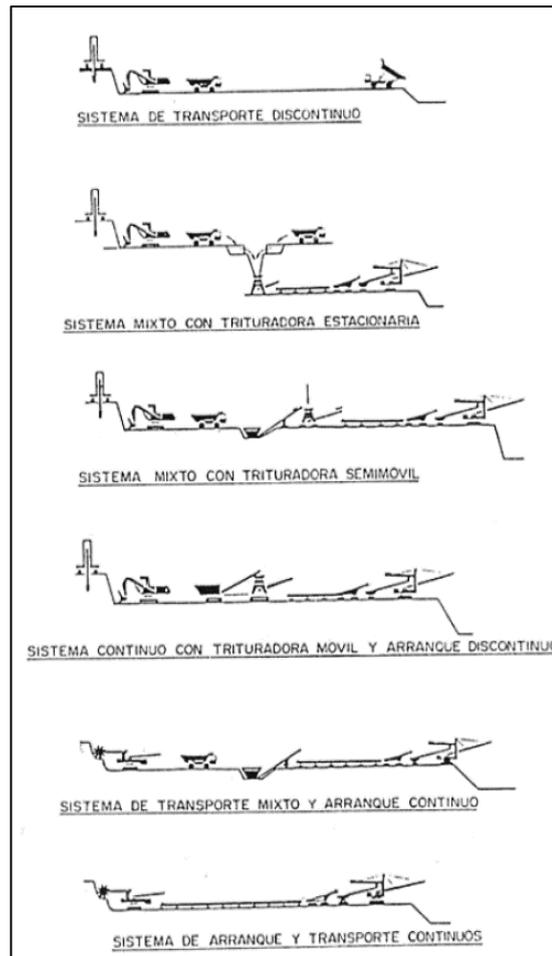


Figura 2.4. Clasificación de los sistemas de explotación mineros.

Fuente: (Herbert, 2006).

2.1.9. Dimensionamiento de maquinaria en minería

La selección adecuada de los equipos se debe realizar tomando como base la combinación del conocimiento operativo de la maquinaria y los cálculos que conduzcan a dicha selección. Para realizar la selección de la capacidad del equipo de cargado, se deberán tomar en cuenta las siguientes condiciones relacionadas con el frente de trabajo:

- **La altura del banco:** para efectos prácticos, es la que realmente define el alcance del equipo de cargado y perforación.
- **Material a excavar:** el tamaño de los fragmentos producidos por las voladuras podrá aumentar considerablemente cuando se usan cucharones grandes en los equipos de cargado.

- **Cuota de producción:** si la cuota de producción diaria es alta, se deberá emplear grandes equipos de cargado, sin llegar a depender únicamente de un solo equipo, cuando no exista holgura en el proceso.
- **Dureza del material:** cuando el material a excavar presenta cierto grado de dificultad en su excavación el cucharón del equipo mayor tiene más poder de arranque.
- **Densidad del material:** si el material a excavar es de alta densidad, a un equipo de cargado grande se le puede adaptar un cucharón de menor volumen, manteniendo su capacidad de carga sin muchas limitaciones en el tamaño de los fragmentos.
- **Compatibilidad de equipos:** al seleccionar el equipo de cargado se deberá tomar en cuenta la disponibilidad en el mercado del equipo de acarreo, ya que es de gran importancia que sea compatible con la unidad de carga para que esta pueda completar el ciclo de cargado en un promedio de entre tres y seis pasadas (cuando se carga a camiones o góndolas, el número de pasadas dependerá del factor de llenado).
- **Condiciones de trabajo en función de la elevación:** cuando se usa maquinaria a diésel hay que tomar en cuenta que por cada 305 m (1,000 ft) de altura m.s.n.m., la potencia disminuye un 3 % en motores de cuatro tiempos. En motores de dos tiempos, la potencia se reduce en 1.33 % hasta 1828 m.s.n.m. y después de esta altura, un 3 % por cada 305 metros. (López, 2012)
- **Tiempo de ciclo:** el tiempo de ciclo corresponde al tiempo que el equipo de carguío demora en ir al lugar de extracción de mineral o estéril y transportarlo al sitio de descarga incluye además el tiempo ocupado en maniobras realizadas en esta operación. El tiempo de ciclo está compuesto por los tiempos fijos y los tiempos variables. Los primeros dependen de las condiciones bajo las cuales opera el equipo. Los tiempos variables además de depender de las condiciones de trabajo, varían según la longitud de los tramos a recorrer y la velocidad que en éstos se desarrolle. (Quispe Peña, 2021)

A continuación, se definen los elementos que componen el tiempo de ciclo de transporte:

$$T_{Ct} = T_{MC} + T_C + T_{VC} + T_{MD} + T_D + T_{VV} + D \quad (1)$$

donde,

T_{CT} : tiempo de ciclo de transporte (min.)

T_{AC} : tiempo de maniobras en carguío (min.)

T_C : tiempo de carguío (min.)

T_{VC} : tiempo de viaje cargado (min.)

T_{AD} : tiempo de maniobras en descarga (min.)

T_D : tiempo de descarga (min.)

T_{VV} : tiempo de viaje vacío (min.)

D : demoras (min.)

2.1.10. Salud y seguridad en minería

El riesgo está íntimamente asociado a la profesión minera. ya que, a diferencia de lo que sucede con otras actividades industriales, en muchos casos no son elegibles ni la localización ni el lugar de trabajo. Las tareas en condiciones de trabajo desfavorables es una de las características de la actividad minera cuya multiplicidad de factores de riesgo presentes son inherentes a la tecnología empleada, al tipo y métodos de trabajo, a su desarrollo y al tipo de explotación. (Fundación UOCRA, 2009)

- **Identificación y clasificación de los factores de riesgo**

Los titulares mineros, operadores mineros, contratistas, subcontratistas y prestadores de servicios, sus trabajadores, deberán planificar y ejecutar actividades encaminadas a la prevención primaria en el trabajo en todas las fases de la actividad minera, para lo cual estarán obligados a:

1. Identificar los peligros y evaluar los riesgos.
2. Realizar estudios específicos para evaluar las condiciones que representan un riesgo para la salud física y mental de los trabajadores.
3. Implementar medidas de intervención para el control de riesgos en labores mineras, considerando la jerarquía de los controles: eliminación, sustitución, control de ingeniería, control administrativo y equipo de protección personal; así como la viabilidad técnica y económica para su implementación.

Para fines de este reglamento se utilizará la clasificación de la OIT, la misma que considera riesgos: físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales.

(Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020)

- **Señalización de seguridad**

De conformidad con la normativa técnica nacional o internacional en ausencia de la primera, en todas las labores y vías mineras deberá existir la siguiente señalización de seguridad:

- **De precaución:** advierte sobre los peligros presentes en las diferentes áreas.
- **De obligación:** permite identificar los comportamientos esperados, y los equipos de protección personal (EPP) a ser utilizados.
- **De prohibición:** que advierte sobre los comportamientos no deseados, y prohibidos.
- **De información:** proporciona indicaciones de actuación en caso de emergencias.
- **De sistemas contra incendio:** proporciona información de los medios disponibles para la lucha contra incendios en sitio.
- **De tuberías e instalaciones:** brinda información de los fluidos y contenidos que se transportan y almacenan a través de éstas. (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020)

2.1.11. Evaluación económica operativa de la mina

En el desarrollo de la actividad minera en pequeña minería en Ecuador, en varios casos no se lleva un registro de los costos operativos que demanda cada tarea realizada en el ciclo de trabajo minero, en consecuencia, no se conoce al final cuáles son los costos de inversión en contraste con la recuperación económica alcanzada. (Rojas Villacís & Zuñiga Arrobo, 2020)

Los principales elementos para realizar el análisis económico de una operación minera son:

- Los flujos de efectivo anuales generados por el proyecto.
- Los costos de inversión necesarios para realizar tales flujos.

Si el retorno de inversión es suficientemente alto para atraer inversionistas, puede decirse que el proyecto es financieramente factible. El análisis económico deberá

tomar en cuenta muchos parámetros, algunos de los cuales se conocen, otros se pueden conocer y algunos más se pueden estimar dentro de ciertos límites.

Parámetros económicos estimados:

- Costo total requerido para la inversión, que incluye equipos de minado y de beneficio de minerales, artículos de consumo, artículos depreciables, etc.
- Costos de operación, que incluyen costos de minado, molienda, beneficio, fundición y refinación, transporte y otros.
- Precios del mercado para minerales producidos. (López, 2012)

2.2. Metodología de aplicación

Para el desarrollo de este proyecto de manera general se inició con la recopilación de información bibliográfica, topográfica y geológica del área minera, así como también se obtuvo los datos geomecánicos del caolín, para aplicar el diseño y planificación minera óptima de extracción.

De acuerdo a esto, la metodología que se utilizó en la planeación minera para el diseño de explotación a cielo abierto para la mina de caolín "Tierra Blanca" cód. 105069, es la siguiente:

2.2.1. Evaluación de reservas y diseño de explotación

Se procedió primero a delimitar el área de interés y posteriormente la ejecución de un levantamiento topográfico que contribuyó como base para el cálculo de reservas a través del método de los perfiles, además se corroboró las reservas obtenidas mediante el método anteriormente mencionado a través del software RecMin.

Se tomaron muestras a lo largo de todo el depósito que sirvieron principalmente para determinar sus características físicas y mecánicas como: densidad, humedad, esponjamiento, resistencia.

Para el desarrollo del diseño de explotación se determinó el tipo de explotación, método de explotación y los aspectos geométricos en función de las características físicas y mecánicas del material.

2.2.2. Dimensionamiento de la maquinaria y de personal

Se propuso la maquinaria necesaria para el desarrollo de las operaciones mineras en función de parámetros operativos y económicos. Además, se dimensionó la cantidad de personal necesario para mantener operativa la mina.

2.2.3. Seguridad y Salud en el Trabajo

Se desarrolló una evaluación de riesgos y amenazas a través de la conocida matriz IPER, además, para el correcto desarrollo de las operaciones en mina y de acuerdo con la salud y seguridad en el trabajo se implementó la correspondiente señalética y se dotó de implementos de seguridad al personal operativo.

2.2.4. Análisis de costos

Primero se determinaron los costos que intervienen en la explotación del mineral, directos e indirectos, se analizó cada uno de ellos y se determinó si la explotación de este mineral traerá consigo un beneficio económico.

2.2.5. Conclusiones y recomendaciones

Finalmente se emitió un criterio técnico sobre el proyecto en función de los resultados obtenidos, determinando que el proyecto si es viable económicamente, además se expuso ciertas recomendaciones para el correcto funcionamiento del proyecto minero para futuras investigaciones dentro del mismo.

2.2.6. Instrumentos a utilizar

- **Software de aplicación:** durante el desarrollo de esta tesis se utilizaron softwares CAD: AutoCAD, Civil 3D, para el desarrollo de mapas y georreferenciación: Global Mapper, ArcGIS y Agisoft, para diseño de mina: RecMin, evaluación del factor de seguridad: Rocscience Slide, y finalmente Word y Excel para el desarrollo textual del proyecto.
- **Equipos de campo y laboratorio:** para el levantamiento topográfico se utilizó un Drone Phantom 4 Pro de la marca DJI, y para determinar las características

físicas y mecánicas del material se utilizaron los equipos de laboratorio de la escuela de ingeniería de minas de la Universidad del Azuay.

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN DE RESERVAS Y DISEÑO DE EXPLOTACIÓN

3.1. Propiedades físicas del caolín

Las propiedades físicas y mecánicas del material de interés son claves dentro del desarrollo de la planificación como lo son: diseño de explotación, estabilidad de taludes, procesos de carguío, transporte, etc.

Los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del caolín fueron desarrollados en los laboratorios de la escuela de ingeniería de minas y en la escuela de ingeniería civil de la Universidad del Azuay, además de otras pruebas que fueron desarrolladas in situ dentro del área de interés.

3.1.1. Peso específico del caolín

El peso específico o densidad, es la relación entre la masa y el volumen de un material.

Para calcular la densidad el caolín se utilizó el siguiente método:

- Se utilizó 4 probetas, 2 de 250 ml y 2 de 1000 ml, las dos primeras se llenaron de agua hasta 190 ml y las dos últimas se llenaron de agua hasta 600 ml.
- Se tomaron 4 muestras, 2 de 29.02 g, y 2 de 91.17 g y se colocaron respectivamente en cada una de las 4 probetas y se las dejó por 24 horas hasta que decantó todo el material particulado por completo.
- Luego de 24 horas se determinó el volumen de agua que aumentó, y la diferencia entre el volumen inicial y final corresponde al volumen del material y con la cantidad de masa de cada muestra se aplicó la siguiente formula:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

donde,

ρ : densidad (g/cm³)

m: masa (g)

v: volumen (cm³)

De estos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.1. Resultados de los ensayos de densidad.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DENSIDAD					
MUESTRAS	PESO	VOLUMEN INICIAL	VOLUMEN FINAL	VOLUMEN DE LA MUESTRA	DENSIDAD
	(g)	(cm ³)	(cm ³)	(cm ³)	(g/cm ³)
1	29,02	190	201	11	2,638
2	29,02	190	201	11	2,638
3	91,17	600	635	35	2,605
4	91,17	600	635	35	2,605
DENSIDAD PROMEDIO					2,622

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Humedad

Es la cantidad de agua que posee un material en condiciones ambientales. Para calcular la humedad se desarrolló de la siguiente manera:

- Se tomaron 5 muestras y se pesó a cada una.
- Estas muestras luego fueron colocadas a secar en un horno eléctrico a 110 °C durante 6 horas.
- Luego de las 6 horas de secado se procedió a pesar cada muestra, y con los datos obtenidos se aplicó la siguiente formula:

$$\%H = \frac{P1-P2}{P2} \times 100 \quad (3)$$

donde,

%H: porcentaje de humedad

P1: peso de la muestra inicial

P2: peso de la muestra final

De estos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.2. Resultados de los ensayos de humedad.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE HUMEDAD			
MUESTRAS	PESO INICIAL	PESO FINAL	PORCENTAJE DE HUMEDAD
	(g)	(g)	
1	197	169	16,57%
2	193	181	6,63%
3	150	142	5,63%
4	144	123	17,07%
5	129	116	11,21%
HUMEDAD PROMEDIO			11,42%

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Esponjamiento

Es el porcentaje del material que aumenta con relación a su volumen inicial después de la extracción del material. Para determinar este porcentaje se desarrolló de la siguiente forma:

- Se delimitó una zona que posee el material a explotar con una dimensión de 9 cm de largo, 9 cm de ancho y 9 cm de profundidad dando un total de 729 cm³.
- Se extrajo todo el material de la zona delimitada, y todo ese material fue colocado en una probeta de 1000 ml para determinar cuánto material esponjado ingresó en total. Con los datos obtenidos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%E = \frac{(V_{es}-V_{ex})}{V_{ex}} \times 100 \quad (4)$$

donde,

%E: porcentaje de esponjamiento

V_{es}: volumen de material esponjado (cm³)

V_{ex}: volumen excavado (cm³)

De este ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.3. Resultado de los ensayos de esponjamiento.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESPONJAMIENTO				
PESO DE LA MUESTRA	VOLUMEN EXCAVADO	PESO DE LA MUESTRA EXCAVADA	VOLUMEN EN PROBETA	PORCENTAJE DE ESPONJAMIENTO
(g)	(cm ³)	(g)	(cm ³)	(%)
1902,6	729	1902,4	1010	38,55

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Granulometría

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según sus tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. (Universidad CentroAmericana UCA).

El procedimiento para la construcción de la curva granulométrica se dio de la siguiente manera:

- Se tomaron dos muestras de 500 gramos en diferentes sectores del área de estudio con el material que se va a extraer y se los dejó secar por 24 horas.
- Luego se procedió a tamizar cada muestra con un total de 9 tamices, que van desde los 25 mm hasta los 0.075 mm.
- Finalmente, luego del proceso de tamización, se determinó la cantidad de material que retuvo cada tamiz en función de su tamaño de abertura, y se procedió a construir una tabla granulométrica y su respectiva curva granulométrica.

Muestra #1**Tabla 3.4.** Distribución granulométrica de la muestra 1.

DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTICULA DEL CAOLÍN					
DENOMINACIÓN	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
1"	25	0	0%	0%	100,00%
¾	19	0,023	4,60%	4,60%	95,40%
3/8	9,5	0,078	15,60%	20,20%	79,80%
8	2,36	0,131	26,20%	46,40%	53,60%
10	2	0,017	3,40%	49,80%	50,20%
30	0,60	0,072	14,40%	64,20%	35,80%
80	0,18	0,076	15,20%	79,40%	20,60%
100	0,15	0,014	2,80%	82,20%	17,80%
200	0,075	0,031	6,20%	88,40%	11,60%
< 200		0,058	11,60%	100,00%	0,00%
TOTAL		0,50	100,00%		

Fuente: Elaboración propia.

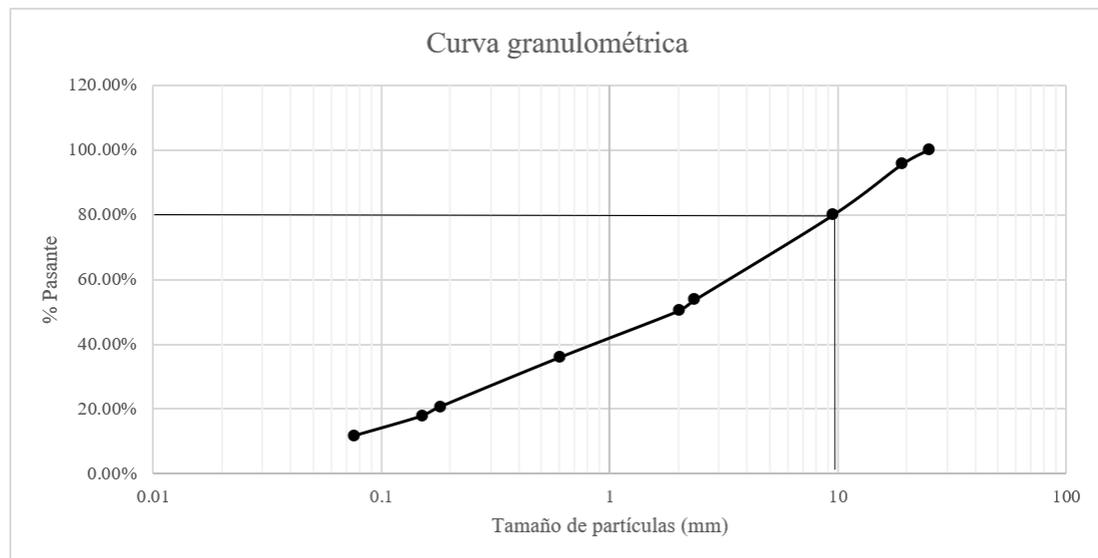


Figura 3.1. Curva granulométrica de la muestra #1 y el cálculo del D80.

Fuente: Elaboración propia.

El D80 de esta muestra es de **9.63 mm**, esto quiere decir que el 80% de la muestra tamizada tiene un tamaño de grano menor a 9.63 mm en estado natural.

Muestra #2**Tabla 3.5.** Distribución granulométrica de la muestra #2.

DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTICULA DEL CAOLÍN					
DENOMINACIÓN	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
1"	25	0	0%	0%	100,00%
¾	19	0,010	2%	2,00%	98,00%
3/8	9,5	0,057	11%	13,40%	86,60%
8	2,36	0,127	25%	38,80%	61,20%
10	2	0,018	4%	42,40%	57,60%
30	0,60	0,077	15%	57,80%	42,20%
80	0,18	0,085	17%	74,80%	25,20%
100	0,15	0,016	3%	78,00%	22,00%
200	0,075	0,036	7%	85,20%	14,80%
< 200		0,074	15%	100,00%	0,00%
TOTAL		0,50	100%		

Fuente: Elaboración propia.

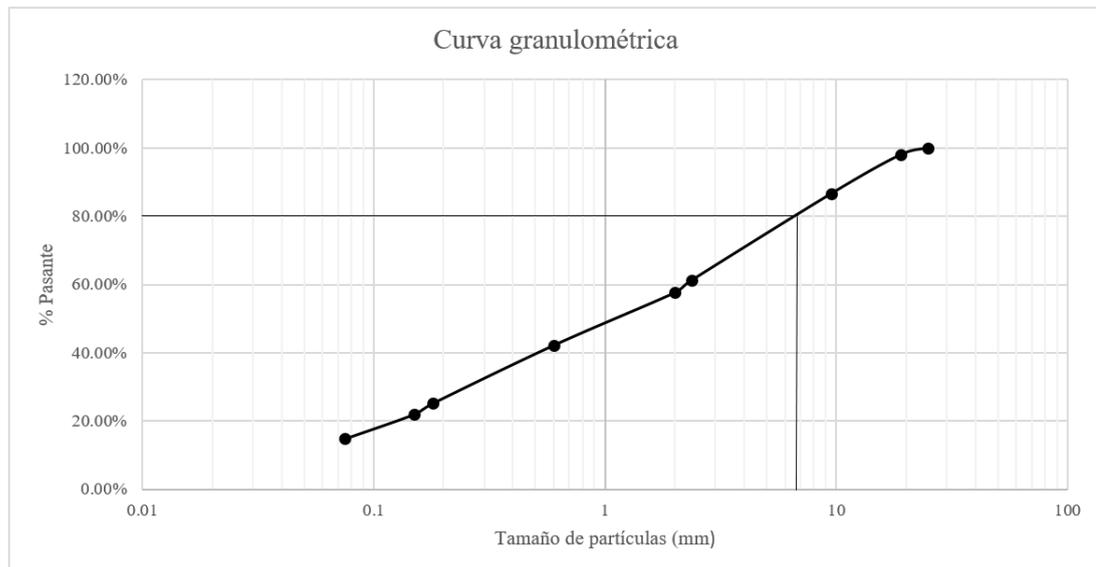


Figura 3.2. Curva granulométrica muestra #2 y el cálculo del D80.

Fuente: Elaboración propia.

El D80 de esta muestra es de **7.86 mm**, esto nos quiere decir que el 80% de la muestra tamizada tiene un tamaño de grano menor a 7.86 mm en estado natural.

3.2. Propiedades mecánicas del caolín

3.2.1. Resistencia a la compresión simple

Para determinar este parámetro se procedió a aplicar la (tabla 3.6) en función de pruebas realizadas en campo. Dando como resultado una **arcilla dura**, la cual se marca con dificultad al presionar con la uña y dando como resultado un valor aproximado de 0.5 (MPa).

Tabla 3.6. Clasificación de resistencia de compresión simple de suelo y rocas aproximado.

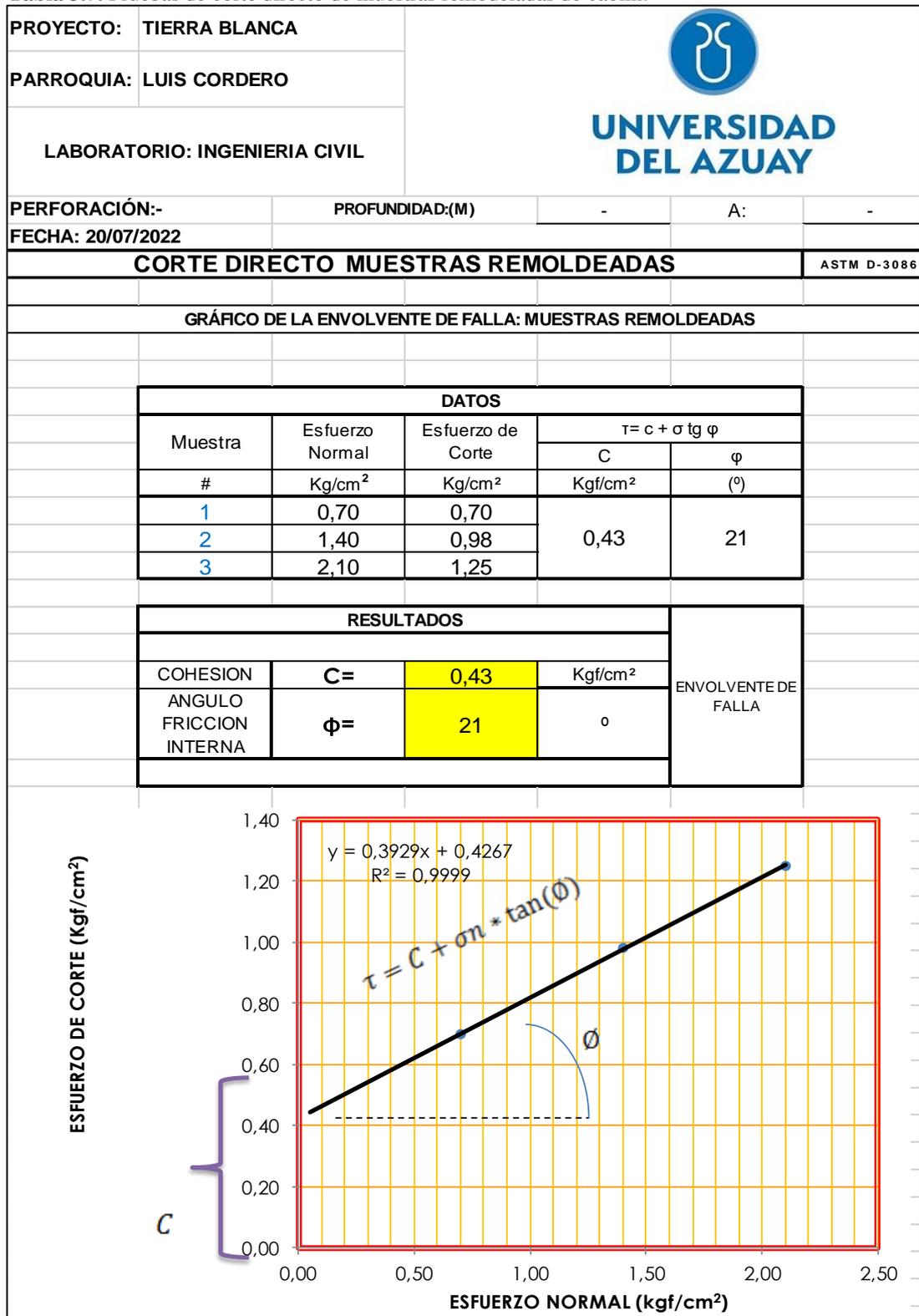
Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas a partir de índices de campo			
Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (MPa)
S_1	Arcilla muy blanda	El puño penetra fácilmente varios cm.	< 0,025
S_2	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,025-0,05
S_3	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05-0,1
S_4	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
S_5	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
S_6	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,5
R_0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
R_1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1,0-5,0
R_2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-25
R_3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R_4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R_5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R_6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	> 250

Fuente: (Luis I. González de Vallejo, 2002).

3.2.2. Cohesión y ángulo de fricción

Para determinar la cohesión y el ángulo de fricción de la caolinita se procedió aplicar la prueba de ensayo de corte directo en el laboratorio de la escuela de ingeniería civil de la Universidad del Azuay, con un total de 3 muestras las cuales fueron tamizadas y pasadas a través de la malla #10 (2 mm). Dando como resultado un ángulo de fricción de 21° y la cohesión de 0.43 kgf/cm^2 .

Tabla 3.7. Pruebas de corte directo de muestras remodeladas de caolín.



Fuente: (Datos obtenidos del laboratorio de suelos de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay).

Tabla 3.8. Resumen de las propiedades físicas y mecánicas del caolín en la mina “Tierra Blanca”.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CAOLÍN	
Propiedad	Valor
Densidad (g/cm ³)	2.6
Humedad (%)	11.42
Esponjamiento (%)	38.55
Granulometría (D80 promedio mm)	8.74
Resistencia a la compresión simple (MPa)	0.5
Cohesión (kgf/cm ²)	0.43
Ángulo de fricción (°)	21

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Levantamiento topográfico de la zona de interés

Una vez determinada la zona de estudio se procedió a desarrollar el levantamiento topográfico mediante el uso de un Drone de la marca DJI Phantom 4 Pro y se procesaron los datos a través de programa especializado en fotogrametría, Agisoft. Se hizo un levantamiento de aproximadamente 5 hectáreas en total.

La cota más alta del terreno donde se encuentra la mina es de 3105 m.s.n.m, mientras que la cota más baja es de 2975 m.s.n.m.

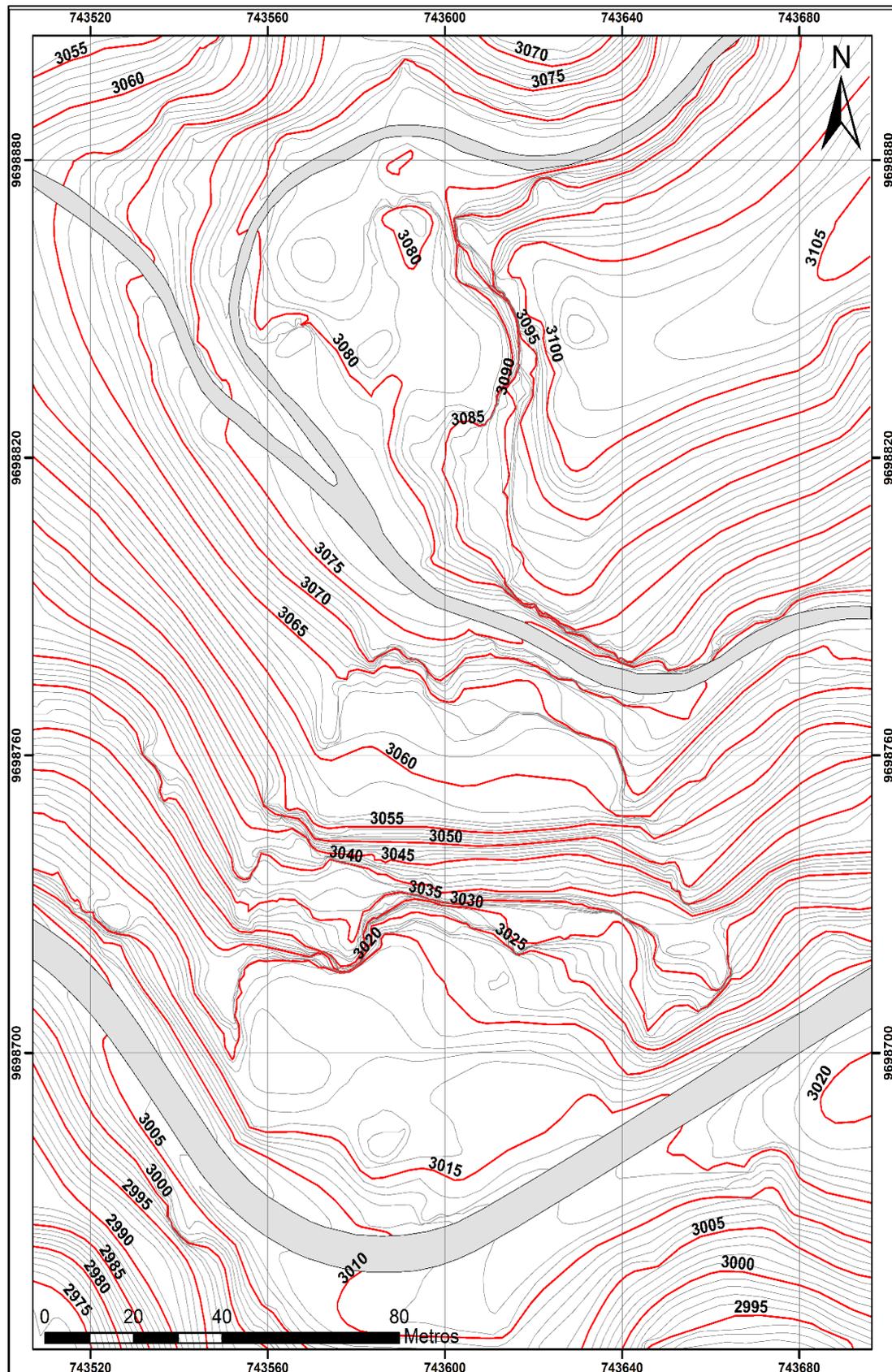


Figura 3.3. Levantamiento topográfico área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Delimitación de la zona de explotación

Para la delimitación del área que se va a intervenir se siguieron los siguientes aspectos que se presentaron en campo:

Se pudo determinar zonas de contacto entre el material de interés y el estéril en la parte superficial del depósito, delimitando claramente hasta donde se va a proceder con la explotación.

La presencia de una torre de transmisión eléctrica de 138 kW, la cual posee una franja de servidumbre de 20 metros dispuesto por la entidad reguladora, en nuestro caso se dejó una franja de 30 metros.

La existencia de una vía de tercer orden la cual conecta a varias comunidades hizo que se respete una distancia aproximada de 4 metros medido desde el margen de la vía hasta la cresta del banco más cercano de la mina.



Figura 3.4. Área minera “Tierra Blanca” zona de contacto entre material y estéril.

Fuente: Elaboración propia.

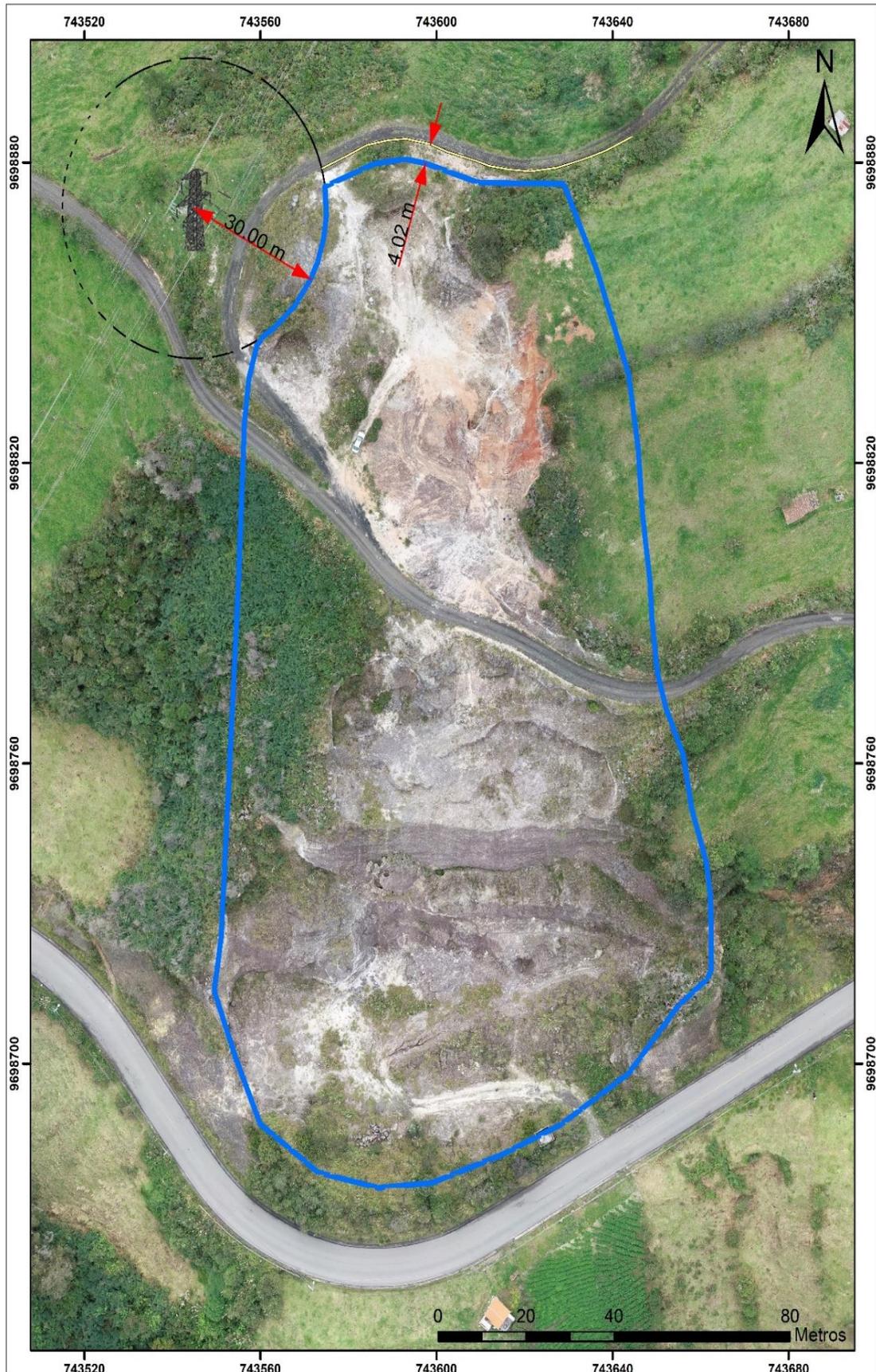


Figura 3.5. Delimitación mediante ortofoto correspondiente a el área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Dimensiones de la mina

Una vez ya delimitado el área de extracción se obtienen las siguientes características del depósito.

Tabla 3.9. Características del depósito de caolín en el área minera “Tierra Blanca”.

CARACTERÍSTICAS DEL DEPOSITO DE CAOLÍN	
Característica	Cantidad
Largo del depósito	204.65 m
Ancho del depósito	96.21 m
Profundidad	81 m
Extensión del depósito	1.96 ha
Inclinación	Sub horizontal
Forma del depósito	Irregular

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Sistema de explotación

El sistema de explotación para el presente proyecto se lo determinó en función de la topografía, donde está presente el depósito mineralizado de caolinita. Por lo que se optó por una explotación a través de bancos descendente del tipo corta en ladera.

3.7. Profundidad de la cantera

Se define como la diferencia entre la cota más alta y la cota más baja del área donde se van a desarrollar las labores de explotación. La cota más alta es de 3102 m.s.n.m, y la cota más baja es de 3021 m.s.n.m.

$$\textit{Profundidad de la cantera} = C_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} - C_{\text{m}\text{i}\text{n}} \quad (5)$$

$$\textit{Profundidad de la cantera} = 3102 \text{ m} - 3021 \text{ m}$$

$$\textit{Profundidad de la cantera} = \mathbf{81 \text{ m}}$$

3.8. Dirección de la explotación

Se plantea la explotación en dos fases, la primera va desde la cota 3102 hasta la 3072 en sentido Este - Oeste, y la segunda fase de explotación va desde la cota 3072 hasta la 3021 en sentido Norte - Sur.

3.9. Parámetros geométricos de explotación

3.9.1. Ángulo de bancos

Para determinar el ángulo de talud tanto en trabajo como en receso, se procedió a aplicar la tabla de altura de banco y ángulos en función del coeficiente de resistencia “f” de Protodyakonov, mediante la siguiente formula:

$$f = \frac{R_{compresión}(MPa)}{10} \quad (6)$$

donde,

f: Coeficiente de resistencia de Protodyakonov

R_{compresión}: Resistencia a la compresión simple del material (MPa)

$$f = \frac{0.5 MPa}{10}$$

$$f = 0.05$$

El coeficiente de resistencia de Protodyakonov “f” para la caolinita en este caso es de 0.05, donde mediante la (tabla 3.10) se procederá a identificar a que grupo de rocas pertenece, su altura y ángulos respectivos.

Tabla 3.10. Ángulo y altura de los bancos de Protodiakonov en función de las características del macizo rocoso.

GRUPO DE ROCAS	CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	ALTURA DE UN BANCO EN TRABAJO (m)	ÁNGULO DE TALUD DE LOS BANCOS (°)		
			EN TRABAJO	EN RECESO	
				PARA UN BANCO	PARA 2-3 UNIDADES
Rocas Peñascosas. $\sigma_{comp} = 8 \times 10^7 Pa$ $f > 8$	Rocas altamente resistentes, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 90°	70 -75°	65-70°
	Rocas resistentes poco fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 80°	60 -75°	55-60°
	Rocas resistentes fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 -20	HASTA 75°	55 -60°	50-55°
Rocas poco resistentes peñascosas y semipeñascosas	$f > 8$ Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas de la zona meteorizada, calizas relativamente estables en los taludes, areniscas, alebrolitas y otras rocas sedimentarias con cemento silíceo.	10 - 15	70 -75°	50 -55°	45 -50°
	$1 > f > 8$ Conglomerados, gneis, porfiritas, granitos y tobas.				
	Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas altamente meteorizadas todas las rocas intensamente meteorizadas en los taludes (argilitas, alebrolitas y esquistos)	10 - 15	60 -70°	35 -45°	35 -40°
Rocas suaves y granuladas (pulverulentas) $f < 1$	Rocas arcillosas, así como también todas las rocas totalmente desintegradas (descompuestas)	10 - 15	50 -60°	40 -45°	35 -40°
	Rocas arcillo arenosas	10 - 15	40 -50°	35 -45°	30 -40°
	Rocas gravo - arenosas	10 - 15	hasta 40°	30 -40°	25 -35°

Fuente: (Yepes, 2020).

El coeficiente f es menor a 1, por lo tanto, se determinó que la caolinita es una roca suave y granulada o rocas arcillosas, así como rocas desintegradas, dándonos una altura de banco entre 10 y 15 metros y ángulos de trabajo entre 50° y 60° y en receso de 40 a 45° .

Por lo que se tomará el valor de 55° para bancos de trabajo y 39° para ángulos de bancos de receso.

3.9.2. Altura de bancos

La altura de bancos se determinó en función de la maquinaria que se va a utilizar para la extracción del material. La altura máxima de alcance del brazo de la excavadora es de 9.4 m. Por lo tanto, la altura del talud se definirá mediante la siguiente formula:

$$Hb = Hmax * 0.9 \quad (7)$$

donde,

Hb: altura del banco (m)

Hmáx: Altura máxima de alcance del bazo de la maquina (m)

$$Hb = 9.4 * 0.9$$

$$Hb = \mathbf{8.46\ m}$$

La altura de talud fue de 8.46 metros, pero por el tipo de material que se va a extraer está clasificado como rocas suaves y granuladas (tabla 3.10), por lo tanto, para mayor seguridad y estabilidad se tomó una altura con 2.46 metros menos de los que se establecen en la formula, por lo tanto, los bancos serán de **6 metros**.

3.9.3. Factor de seguridad

Para determinar la seguridad de los taludes, se procedió a utilizar los ábacos de rotura circular de (Hoek & Bray, 1981), los cuales sirven para determinar la seguridad de un talud en función de la altura y el ángulo de inclinación de los bancos.

En el área de explotación “Tierra Blanca”, se puede evidenciar la presencia de agua, debido al clima páramo lluvioso, por lo que para hacer el análisis se aplicaron los ábacos 1 (figura 3.6) que corresponde a un talud completamente drenado de agua y el ábaco 3 (figura 3.4) para taludes con condiciones de agua media, y así garantizar la estabilidad y confiabilidad de los taludes, analizando en las mejores y las peores condiciones.

Tabla 3.11. Índice de confiabilidad y probabilidad de falla.

Caso	Índice de Confiabilidad	Probabilidad de Falla (%)
Fundaciones	2.3 – 3.0	$1 - 10^{-1}$
Taludes Mineros	1.0 – 2.3	$10 - 10^{-1}$
Presas	3.5 – 5.0	$10^{-1} - 10^{-3}$
Estructuras de Contención	2.0 – 3.0	$10^{-1} - 10^{-1}$

Fuente: (Fernandez, Villalobos, & King, 2018)

De acuerdo a (Fernandez, Villalobos, & King, 2018), el rango del factor de seguridad en minería es de 1 a 2.3. En este caso de estudio se tomó un factor de seguridad ≥ 1.2 .

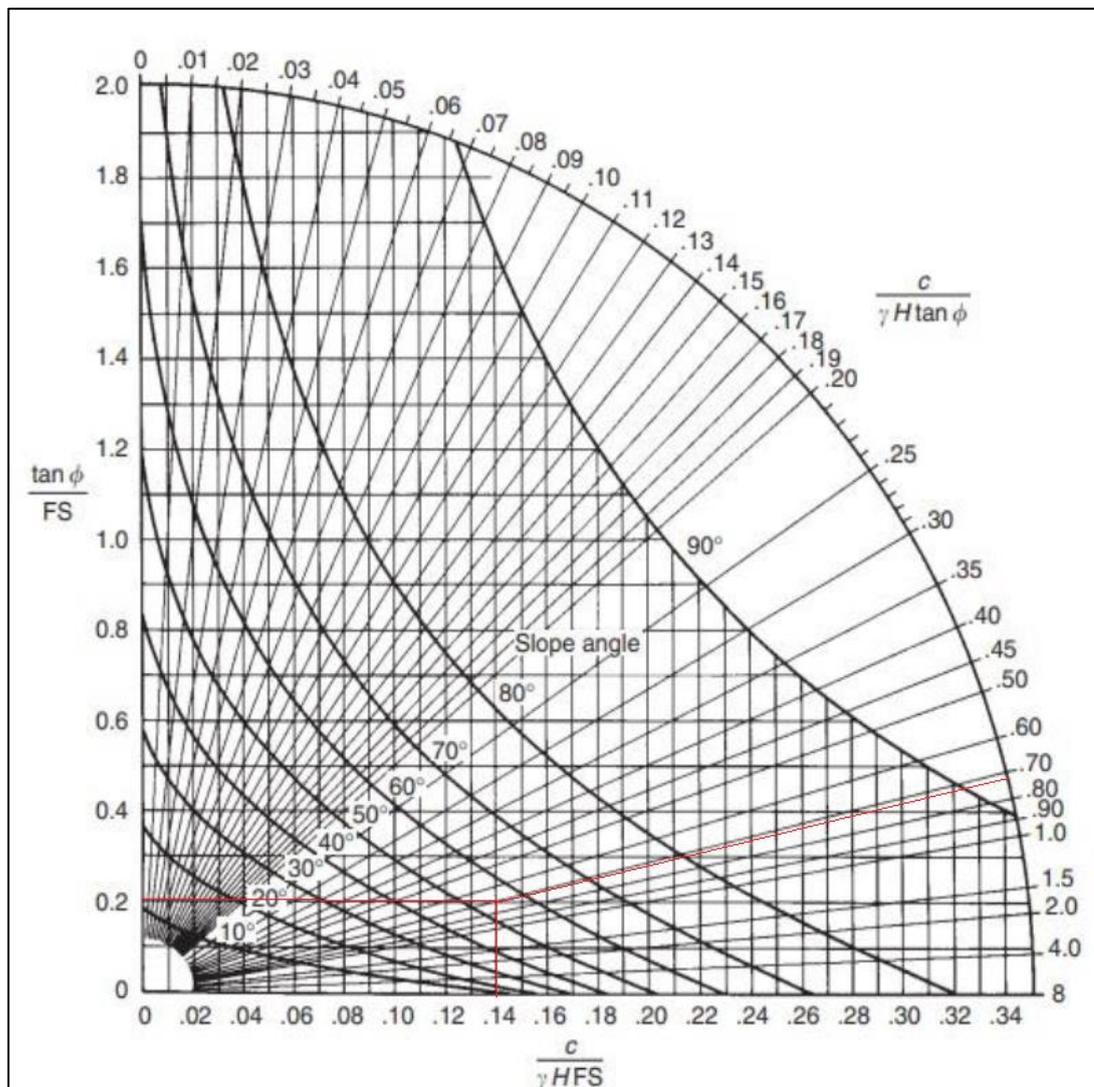


Figura 3.6. Ábaco de estabilidad de taludes #1.

Fuente: (Hoek y Bray, 1981).

Tabla 3.12. Estabilidad de los taludes mediante el ábaco de rotura circular #1.

**PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DE TALUD ANALIZADOS
CON EL ÁBACO DE ROTURA CIRCULAR N°1
TALUD COMPLETAMENTE DRENADO**

Ángulo de talud	Altura del banco (H)	c		tan φ	Factor de seguridad
		$\frac{c}{\gamma HF}$	$\frac{c}{\gamma H \tan \phi}$	F	
55°	6 metros	0,71	0,14	0,2	1,9

Fuente: Elaboración propia.

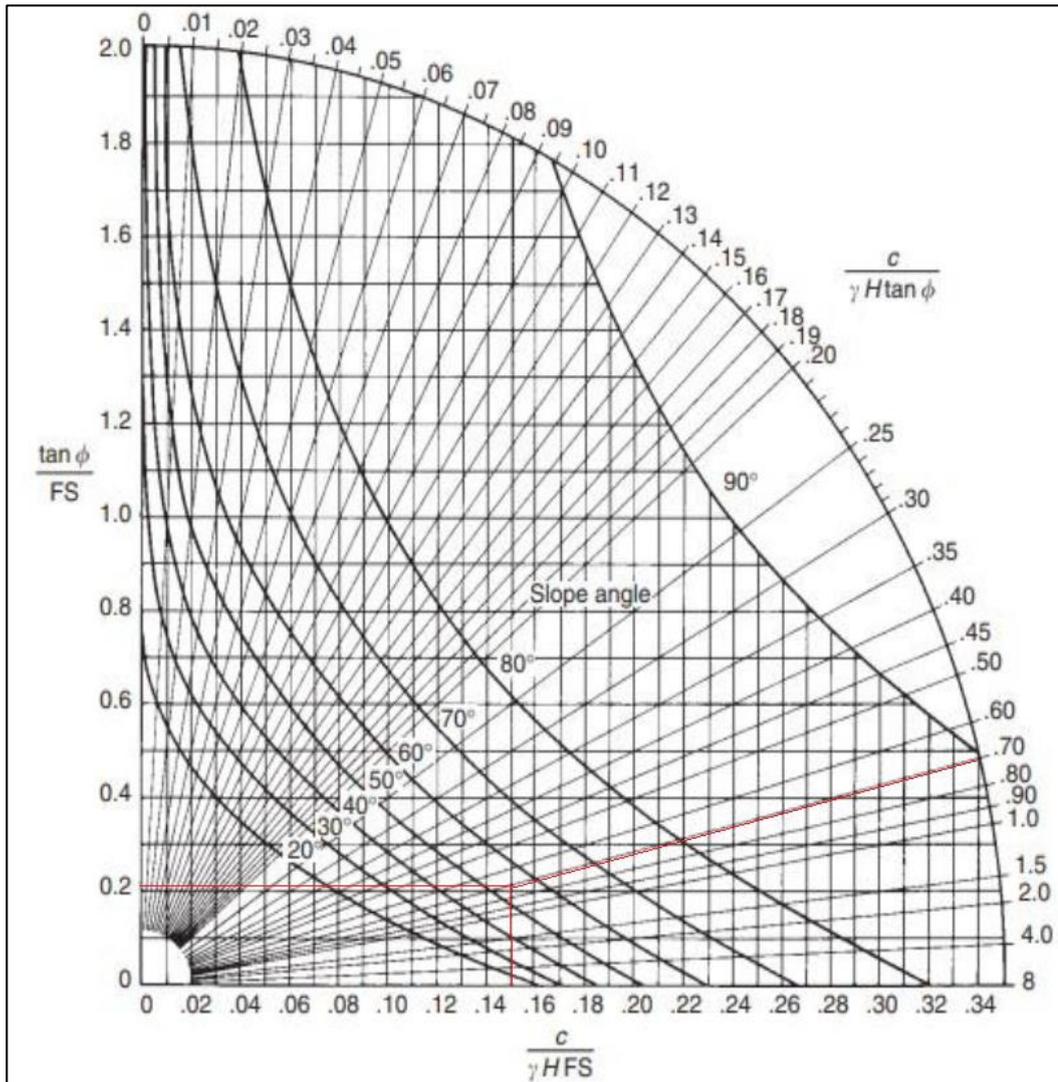


Figura 3.7. Ábaco para estabilidad de taludes #3.

Fuente: (Hoek & Bray, 1981).

Tabla 3.13. Estabilidad de los taludes mediante el ábaco de rotura circular #3.

PARÁMETROS DE ESTABILIDAD DE TALUD ANALIZADOS					
CON EL ÁBACO DE ROTURA CIRCULAR N°3					
TALUDES MEDIANAMENTE SATURADOS DE AGUA					
Ángulo de talud	Altura del banco (H)	c	c	tan φ	Factor de seguridad
		γHF	γHF	F	
55°	6 metros	0,71	0,15	0,22	1,7

Fuente: Elaboración propia.

Además del cálculo del factor de seguridad con los ábacos de (Hoek & Bray, 1981), se aplicó el método del equilibrio límite, el cual se basa en comparar las fuerzas que provocan el movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una superficie de rotura.

Existen varios métodos de equilibrio límite, pero en nuestro caso se aplicó el método de bishop simplificado, el cual se basa en dividir el círculo de falla en rebanadas, y en cada una de ellas se calcula todas las fuerzas actuantes.

Se utilizó el programa Slide 6.0 de Rocscience, software especializado en la estabilidad de taludes, para nuestro proyecto se simuló la geometría de la mina y colocando un nivel de aguas subterráneas que pasan a través del círculo de deslizamiento, se determinó que el factor de seguridad es de **1.25** (figura 3.8), el cual se encuentra dentro del rango permisible para nuestro caso de estudio.

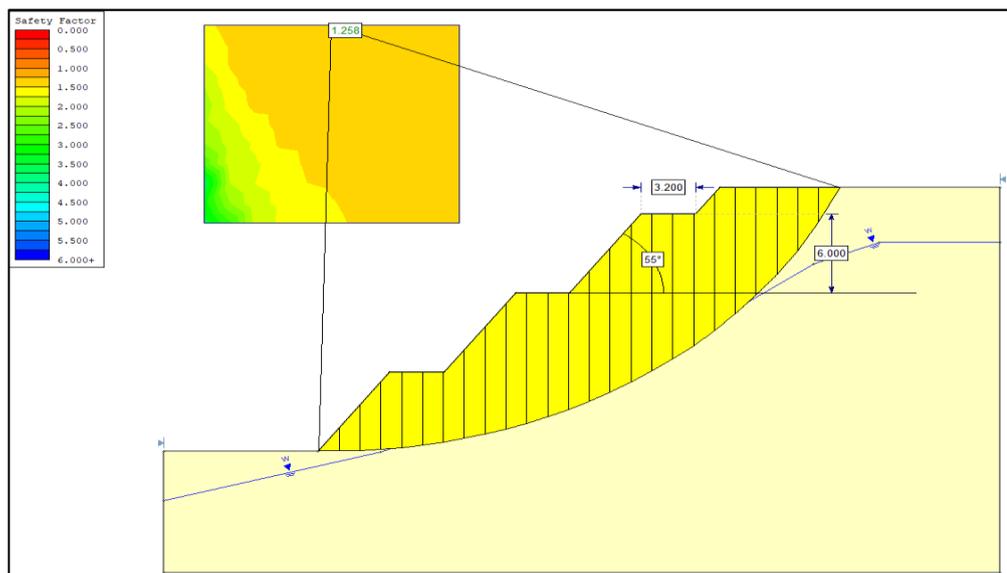


Figura 3.8. Simulación de la geometría propuesta para la mina “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.4. Número de bancos

El número de bancos está determinado por la altura total que tienen el área de explotación dividido para la altura de cada banco, la cual está determinada por la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ de bancos} = \frac{\text{Altura del area de explotación}}{\text{Altura del banco}} \quad (7)$$

$$N^{\circ} \text{ de bancos} = \frac{81 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 13.5 \approx \mathbf{14 \text{ bancos}}$$

Por lo tanto, se conformarán un total de 14 bancos distribuidos de la siguiente manera, 5 bancos de 6 metros en la primera fase, y 9 bancos de 6 metros y un banco de 3 metros en la segunda fase de explotación.

3.9.5. Plataforma de trabajo

La plataforma de trabajo será el área donde se desarrollarán las actividades de carguío y transporte, la cual está determinada por la siguiente formula:

$$Bpt = A + C + T + B \quad (8)$$

donde,

Bpt: ancho de la plataforma de trabajo (m)

A: ancho de amontonamiento de material (m)

C: espacio de maniobra de la excavadora (m)

T: ancho de la vía (m)

B: borde de seguridad o prisma de deslizamiento (m)

3.9.6. Ancho de amontonamiento de material

Se ha determinado que el ancho del amontonamiento del material será de 3 metros, medido desde el pie de talud de trabajo.

3.9.7. Espacio de maniobra de la excavadora

El ancho de la excavadora que se va a utilizar para las labores de explotación es de 9.5 metros.

$$C = 1.5 * (\text{longitud total de la excavadora}) \quad (9)$$

$$C = 1.5 * 9.5 \text{ metros} = \mathbf{14.2 \text{ metros}}$$

3.9.8. Ancho de la vía

El ancho de la vía se determinó en función del ancho de los volquetes, en nuestro caso fue de 2.5 metros, y el número de carriles es de 2.

$$T = A * (0.5 + 1.5 * n) \quad (10)$$

donde,

A: ancho de camiones de transporte

n: número de carriles

$$T = 2.5 * (0.5 + 1.5 * 2) = 8.75 \approx \mathbf{9 \text{ metros}}$$

3.9.9. Borde de seguridad o prisma de deslizamiento

Para determinar el borde de seguridad se debe aplicar la siguiente formula:

$$B = Hb * tg(\phi_{max} - \phi_{trabajo}) \quad (11)$$

donde,

Hb: altura de banco (m)

ϕ_{max} : ángulo máximo que puede tener los bancos

$\phi_{trabajo}$: ángulo de trabajo de los bancos

$$B = 6 \text{ m} * tg(60^\circ - 55^\circ) = 0.5 \text{ metros} \approx \mathbf{1 \text{ metro}}$$

3.9.10. Ancho de la plataforma de trabajo

Una vez determinado todas las variables, se procedió a determinar el ancho de la plataforma de trabajo.

$$B_{pt} = A + C + T + B \quad (12)$$

$$B_{pt} = 3 + 14.2 + 9 + 1 = \mathbf{27,2 \text{ metros}}$$

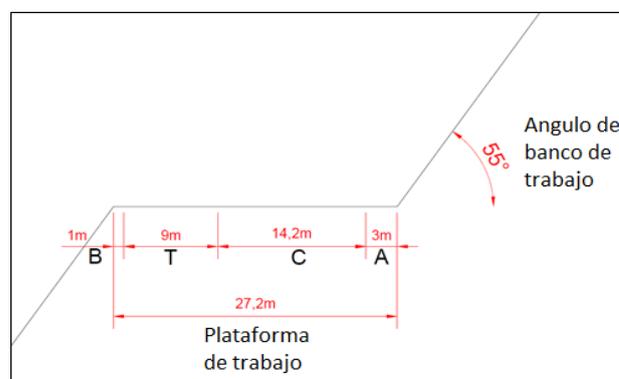


Figura 3.9. Características geométricas parciales de la zona de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.11. Bermas finales o de resguardo

Para determinar el ancho de las bermas se procedió a calcularlo con la siguiente fórmula presentada por (Ritchie, 1963) y modificada por (Evans & Call, 1992):

$$W = 0.2 Hb + 2, \text{ para } Hb \leq 9 \text{ metros} \quad (13)$$

donde,

W: ancho de berma (m)

Hb: altura de banco (m)

$$W = 0.2 * 6m + 2 = \mathbf{3.2 \text{ metros}}$$

3.9.12. Ángulo de borde en receso

En función de la geometría de los bancos, el ángulo de borde de receso es de 39° , el cual está dentro del rango de 35° a 40° propuesto por Protodiakonov en la (tabla 3.10).

3.9.13. Cunetas en el pie de banco

Uno de los problemas principales en la inestabilidad de los taludes es la presencia de agua, por lo que se construirán cunetas trapezoidales en el pie de cada uno de los bancos, con una sección de 0.21 m^2 , los cuales recolectarán toda el agua lluvia y los dirigirán hacia quebradas cercanas al área de explotación.

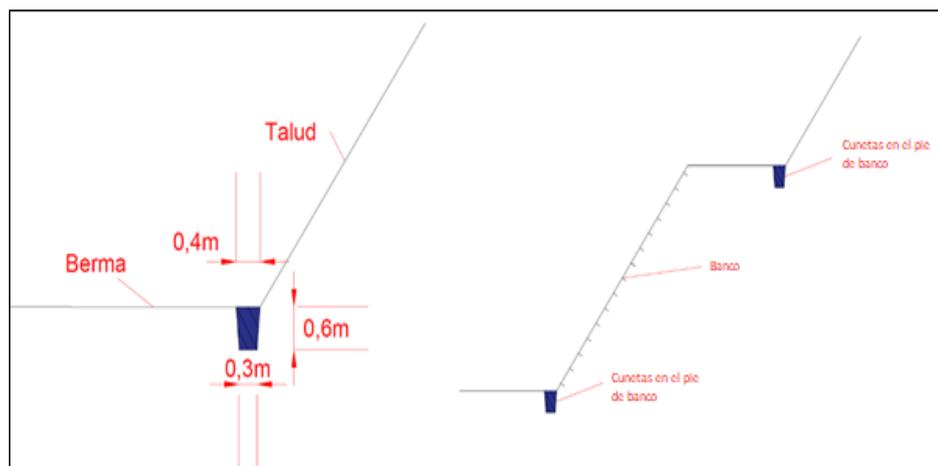


Figura 3.10. Cunetas al pie de banco.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.14. Geometría para la explotación

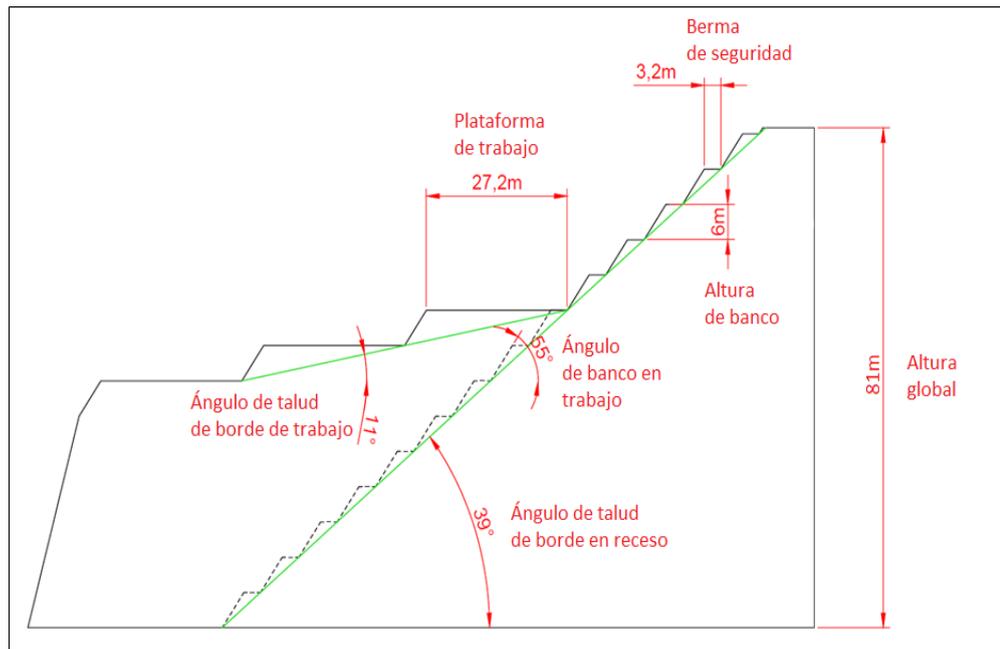


Figura 3.11. Características geométricas para la explotación.

Fuente: Elaboración propia.

3.10. Cálculo de reservas explotables

Una vez determinado el diseño de explotación y su geometría, se procedió a calcular la cantidad de reservas explotables que posee el depósito, en este caso se utilizó el método de los perfiles que consiste básicamente en dibujar secciones sobre el terreno y en cada sección multiplicar por la distancia que hay entre cada uno.

3.10.1. Reservas explotables para la fase 1

A lo largo de toda el área que se va a intervenir en la fase 1 de explotación se realizaron un total de 11 perfiles y la distancia entre ellos fue de 10.9 metros. Cada perfil posee un total de 5 áreas que corresponden a cada nivel de explotación (banco), presentando los siguientes resultados:

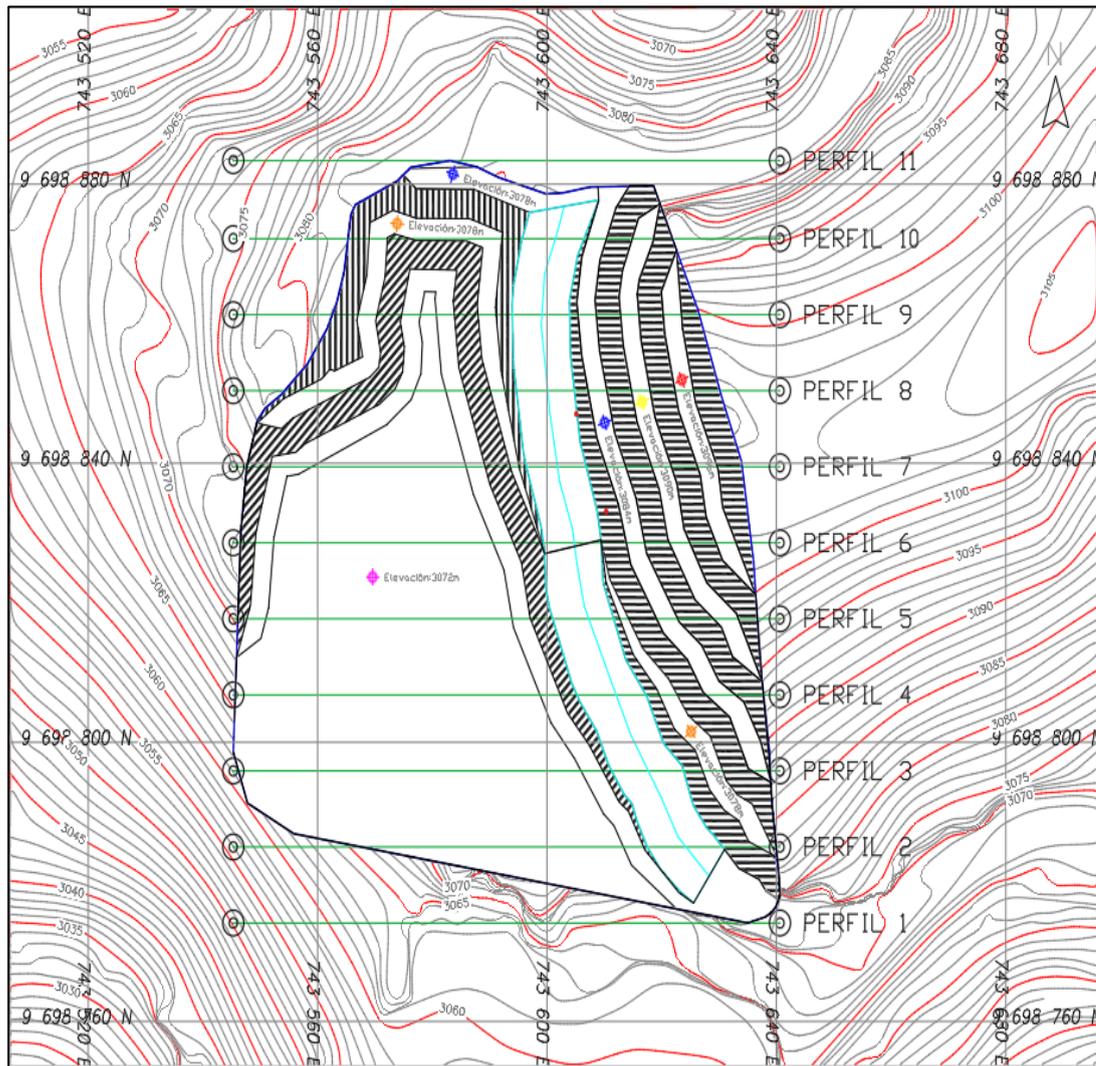


Figura 3.12. Determinación de los perfiles para el cálculo de reservas de la zona 1 en el área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

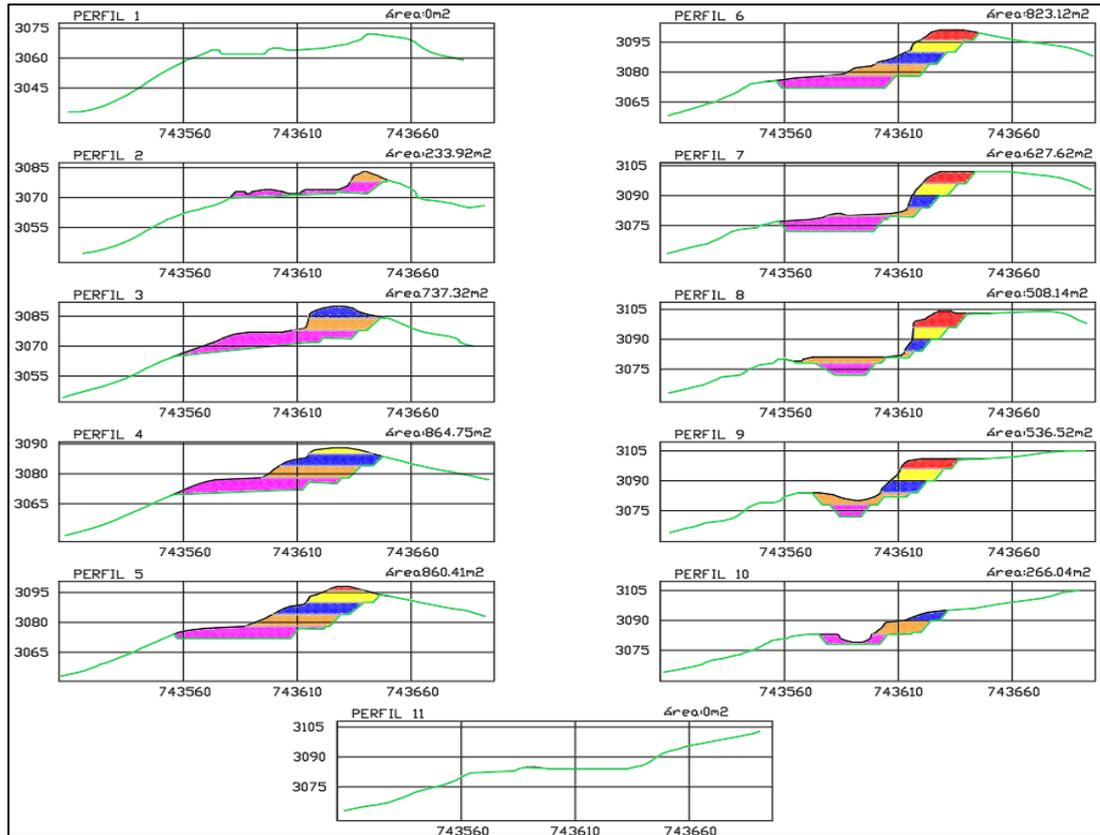


Figura 3.13. Perfiles con sus respectivos niveles para el cálculo de reservas de la fase 1 en el área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.14. Cálculo de reservas disponibles en la primera fase dentro del área minera “Tierra Blanca”.

CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES CON PERFILES PARA LA FASE 1														
Nivel (Banco)	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Área total	Distancia entre perfiles	Volumen
	(m ²)	(m)	(m ³)											
1	0	0	0	0	21.98	102.3	108.8	133.8	111.0	0	0	478.04	10.9	5210.64
2	0	0	0	61.35	162.2	124.8	94.44	81.37	112.5	0	0	636.78	10.9	6940.90
3	0	0	126.6	217.7	182.0	131.6	65.04	47.42	99.26	52.97	0	922.86	10.9	10059.17
4	0	52.1	178.0	221.4	198.9	188.7	61.12	126.0	132.2	126.7	0	1285.43	10.9	14011.19
5	0	181.8	432.6	364.1	295.1	275.6	298.1	119.4	81.35	86.37	0	2134.73	10.9	23268.56
TOTAL A EXTRAER FASE 1												(m ³)	59490.46	
TOTAL A EXTRAER FASE 1												(t)	155864.99	

Fuente: Elaboración propia.

3.10.1. Reservas explotables para la fase 2

Dentro de toda el área que se va a intervenir en la fase 2 de explotación se realizaron un total de 11 perfiles, la distancia entre ellos es de 10.9 metros. Cada perfil posee un total de 9 áreas que corresponden a cada nivel de explotación (banco), presentando los siguientes resultados:

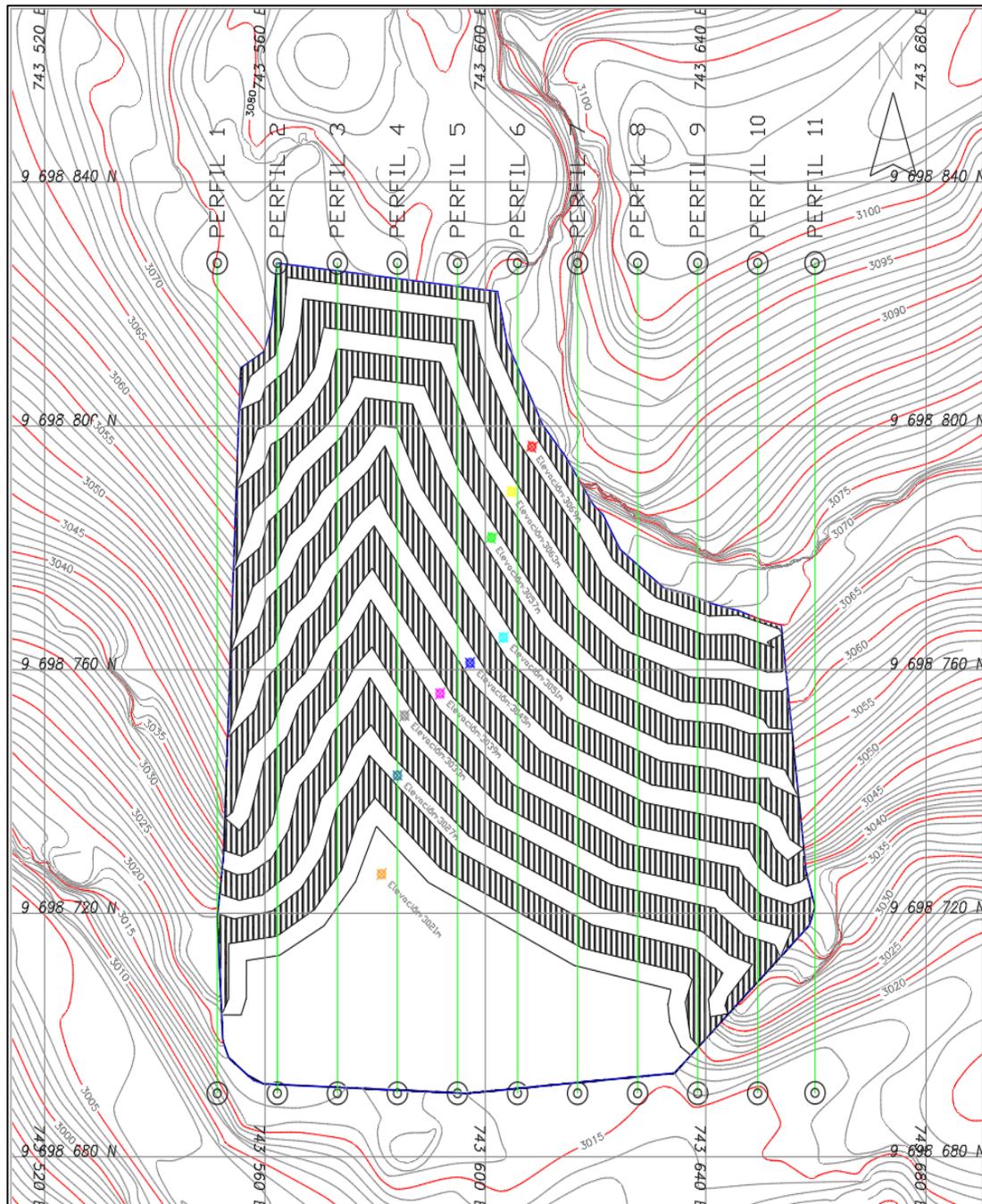


Figura 3.14. Perfiles con sus respectivos niveles para el cálculo de reservas de la fase 2 en el área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

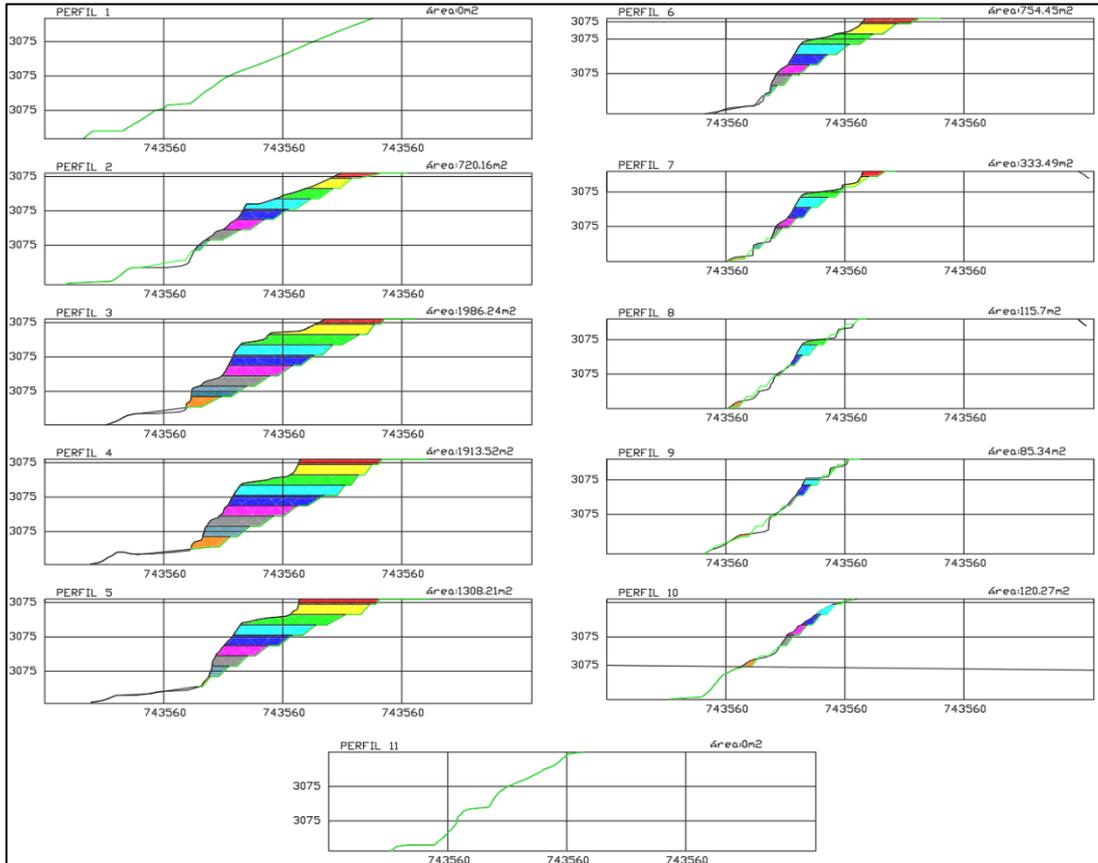


Figura 3.15. Perfiles para el cálculo de reservas en la zona 2 del área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.15. Cálculo de reservas disponibles para la segunda fase dentro del área minera “Tierra Blanca”.

CÁLCULO DE RESERVAS EXPLOTABLES CON PERFILES PARA LA FASE 2

Nivel (Banco)	Perfil	Área total	Distancia entre perfiles	Volumen										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
	(m ²)	(m)	(m ³)											
1	0	57.21	101.4	132.4	129.1	83.65	31.7	0	0	0	0	535.61	10.9	5838.15
2	0	88.1	238.3	239.5	228.2	120.82	24.83	3.25	0	0	0	943.11	10.9	10279.90
3	0	117.6	303.2	293.3	245.4	162.5	64.1	31.5	6.3	2.27	0	1226.51	10.9	13368.96
4	0	154.9	298.4	341.5	237.6	148.3	82.9	46.3	33.3	24.78	0	1368.45	10.9	14916.11
5	0	131.4	250.1	279.3	185.6	102.4	51.2	17.0	25.9	25.94	0	1069.08	10.9	11652.97
6	0	92.4	195.3	219.5	137.6	76.55	38.7	4.81	8.1	28.79	0	801.91	10.9	8740.82
7	0	60.48	172.8	180.4	95.01	46.83	16.2	0	0	20.73	0	592.58	10.9	6459.12
8	0	17.93	151.6	128.9	43.51	13.28	12.3	0	0	0	0	367.64	10.9	4007.28
9	0	0	74.87	98.26	5.93	0	11.3	12.7	11.6	17.76	0	232.49	10.9	2534.14
TOTAL A EXTRAER FASE 2														
(m ³)													77797.44	
TOTAL A EXTRAER FASE (t)													203829.3	

Fuente: Elaboración propia.

3.10.3. Cálculo de material estéril

En este caso, el depósito tiene una cantidad de sobrecarga muy poca, pues el depósito de caolín ya tenía labores de destape; sin embargo, en la fase 1 existe una zona con material estéril, específicamente a lo largo de la cota 3102 de aproximadamente 2 metros de profundidad la cual se ha determinado mediante secciones que hay una cantidad de 2.300 m³ de estéril.

3.10.4. Resumen de extracción por fases

A continuación, se presenta una tabla con el resumen del volumen de caolín que se va a extraer en cada una de las fases.

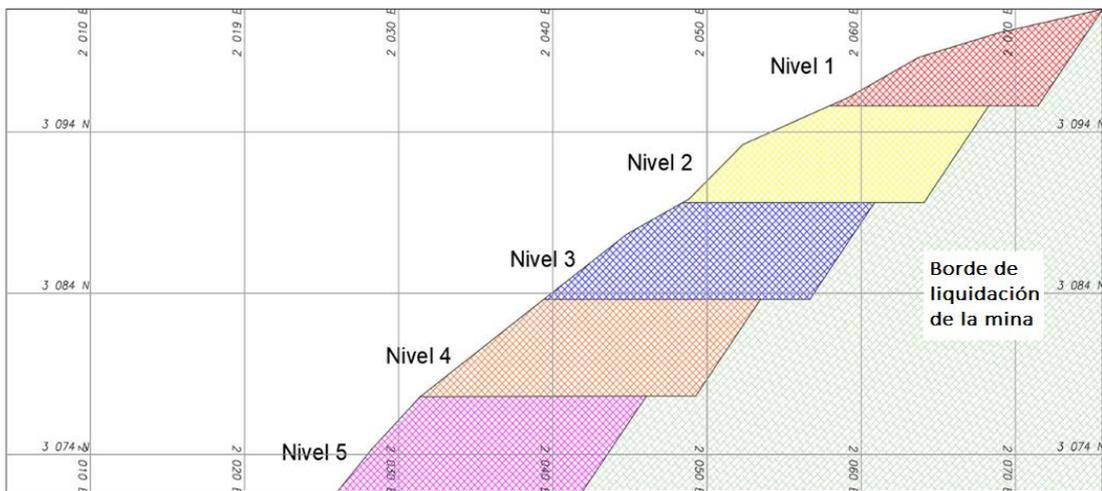


Figura 3.16. Resumen de la extracción en la fase 1 del área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

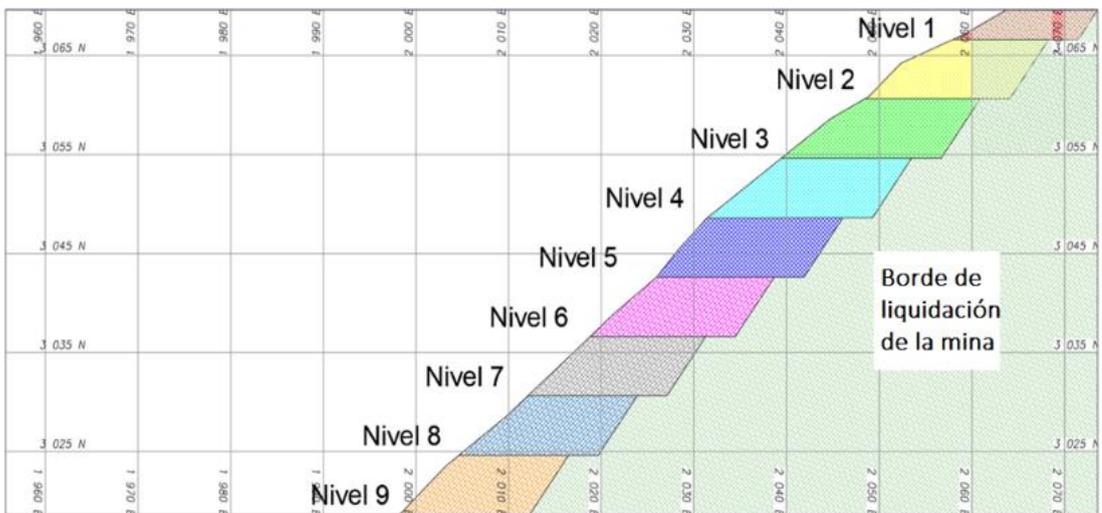


Figura 3.17. Resumen de la extracción de la fase 2 del área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.16. Resumen de extracción por fases en el área minera “Tierra Blanca”.

RESUMEN DE EXTRACCIÓN POR FASES	
FASE	RESERVAS EXPLOTABLES (t)
1	155 864.99
2	203 829.3
TOTAL DE MINERAL A EXPLOTAR	359 694.29

Fuente: Elaboración propia.

3.11. Vida útil de la mina

Para determinar la vida útil de la mina, se tomarán como base los siguientes parámetros:

Días laborables al mes: se tomará una semana de trabajo de 5 días laborables (lunes a viernes), con un total de 22 días al mes aproximadamente y un horario de 8 horas al día.

Volumen diario de extracción: se extraerá un volumen diario promedio de 416 toneladas que serán transportadas directamente hasta su destino.

Tabla 3.17. Parámetros de producción diaria, mensual y anual.

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN		
Días laborables al año	264	(días al año)
Volumen de extracción diaria	416	t/día
Volumen de extracción mensual	9152	t/mes
Volumen de extracción anual	109824	t/año

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, una vez determinado los parámetros de producción de la mina, se aplicó la siguiente fórmula para determinar la vida útil que tendrá.

$$Vida\ útil\ de\ la\ mina = \frac{Total\ de\ reservas\ explotables(t)}{Producción\ anual\ (t/año)} \quad (14)$$

$$Vida\ útil\ de\ la\ mina = \frac{359694.29\ t}{109824\ (t/año)}$$

$$Vida\ útil\ de\ la\ mina = \mathbf{3.27\ años}$$

El tiempo de vida que tendrá la mina “Tierra Blanca” será alrededor de **3 años, 2 meses y 11 días**.

3.12. Metodología de explotación

Las labores de explotación de caolín en el área minera Tierra Blanca, se desarrollará a cielo abierto mediante banqueo descendente en ladera.

El sistema de arranque, carguío y transporte será totalmente discontinuo con el uso de una excavadora para el arranque del material y el carguío en los volquetes (figura 3.18).

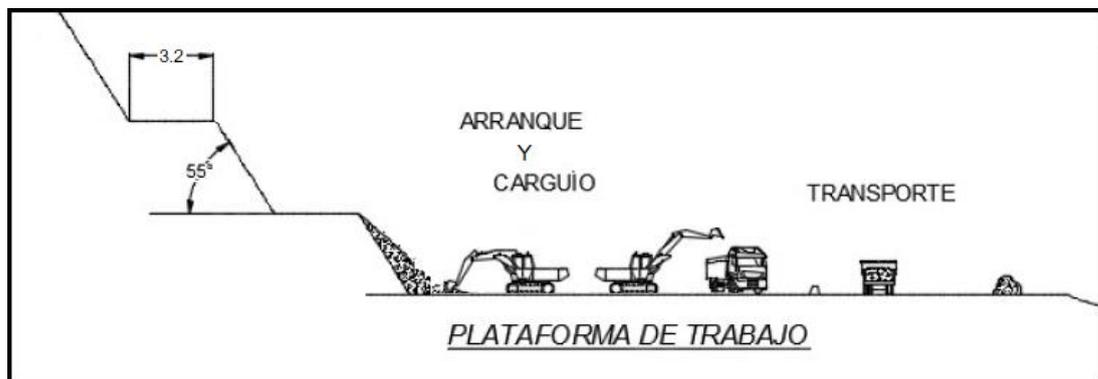


Figura 3.18. Sistema de explotación discontinuo.

Fuente: Elaboración propia.

En la primera fase de explotación el avance de extracción será de Este – Oeste, empezando desde la cota 3102 y finalizando en la cota 3072, con un total de 5 bancos de 6 metros cada uno, además de una vía de 10 metros de ancho y una pendiente del 11%, la cual empezará en la cota 3078 y se unirá en la cota 3084.

En esta fase, primero se removerá la capa vegetal en la parte superior del talud y una capa de 2 m de tierra aproximadamente, la cual se encuentra como sobrecarga. La excavadora será la encargada de realizar la extracción de la sobrecarga y dejarla en stock en la parte trasera del talud de la fase 1, además se extraerá caolín que se

encuentra oxidado (presencia de hierro), el cual se dejará en un lugar de acopio en caso de que los compradores la soliciten y finalmente se liquidará el talud.

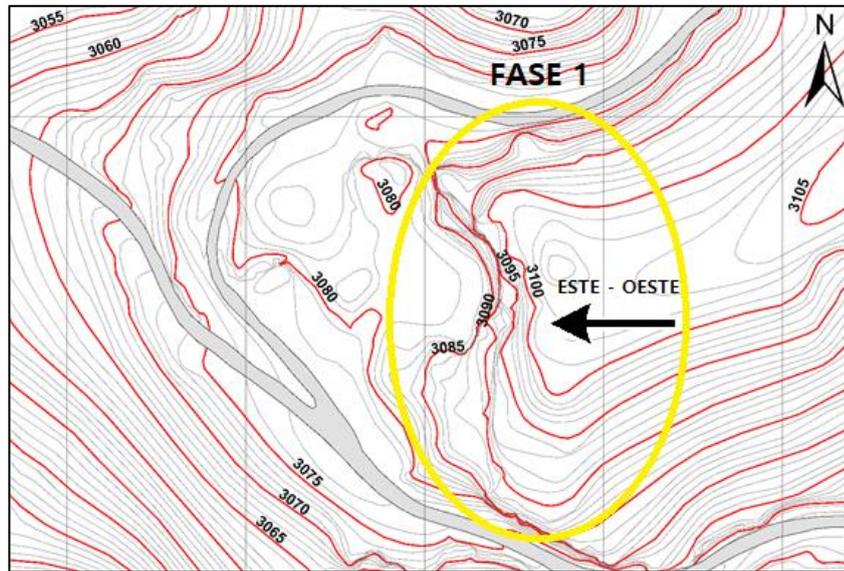


Figura 3.19. Dirección de avance de la primera fase de explotación en el área minera “Tierra Blanca”.
Fuente: Elaboración propia.

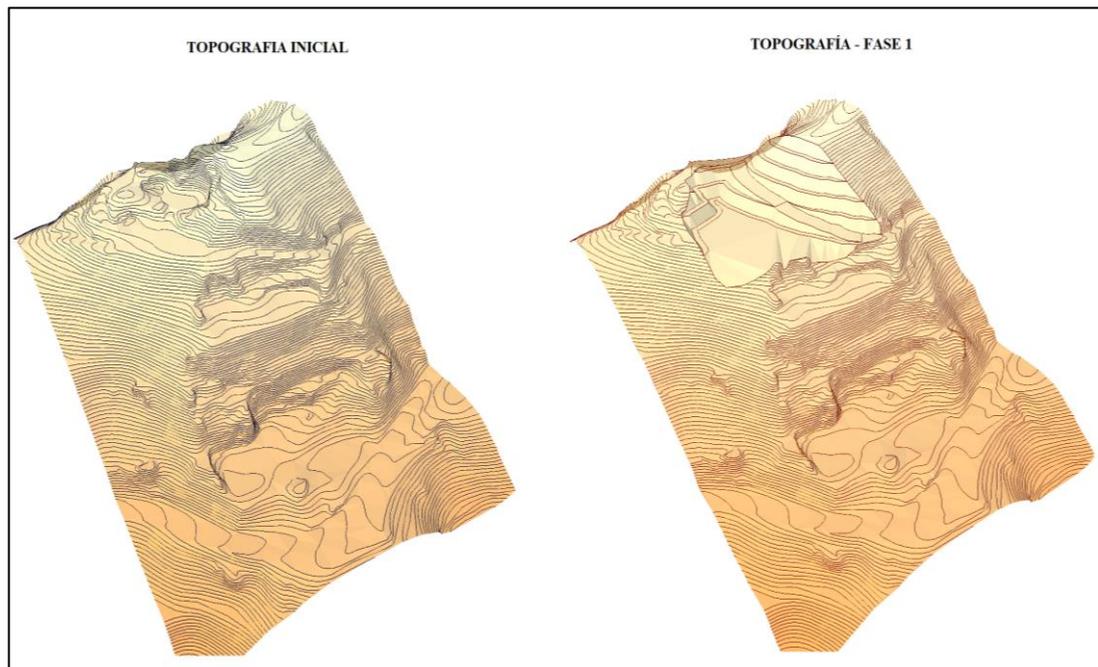


Figura 3.20. Modelo en 3D de la primera fase de explotación.
Fuente: Elaboración propia.

Para la segunda fase de explotación, el avance de explotación será de Norte – Sur, empezando desde la cota 3072 y finalizando en la cota 3021, con un total de 9 bancos de 6 metros cada uno y un banco de 3 metros.

En esta fase no existe la presencia de capa vegetal ni de suelo por lo que se irá directamente a las actividades de extracción. En cada nivel de extracción se construirá una rampa de acceso para los volquetes, los cuales conectarán con la vía de acceso a la mina.

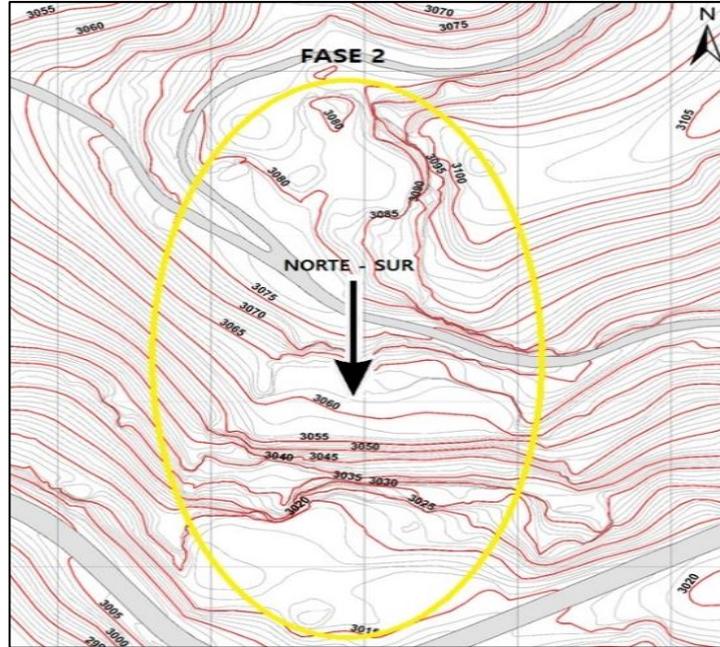


Figura 3.21. Dirección de avance de la explotación en la segunda fase del área minera “Tierra Blanca”

Fuente: Elaboración propia.

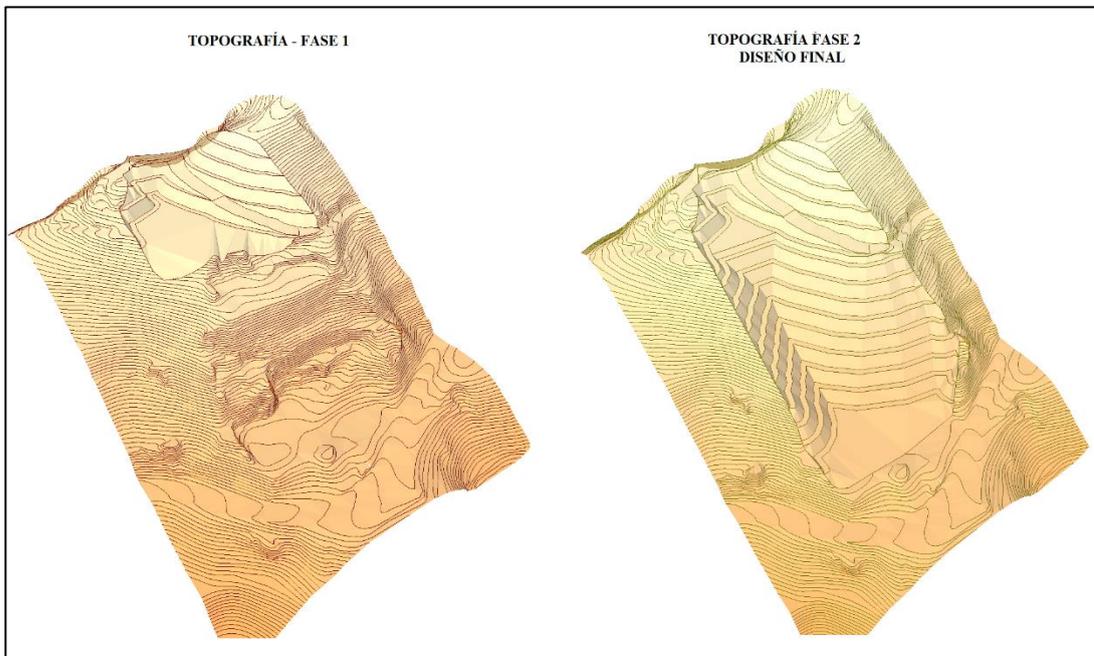


Figura 3.22. Modelo en 3D de la segunda fase de explotación en el área minera “Tierra Blanca”

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

DIMENSIONAMIENTO DE MAQUINARIA

La maquinaria que será recomendada para el área minera “Tierra Blanca” código 105069 constará de, una excavadora hidráulica CAT 320 CL con una capacidad de cucharón de 1 m³ para el arranque mecánico del material, también, para la etapa de transporte se recomienda volquetas de aproximadamente 8 m³ de capacidad en su balde, las especificaciones de la maquinaria mencionada se detallarán a continuación, así como el número necesario de equipo de maquinaria pesada que dependerá directamente de la producción requerida.

4.1. Generalidades para el dimensionamiento de la maquinaria

En referencia al trabajo y metodología establecido por (López, 1997), se utilizarán factores de eficiencia operativa aplicables tanto a procesos de carga y transporte para minería a cielo abierto (tabla 4.1), se tomará en cuenta el factor 0.69 para la excavadora y 0.8 para volquetes debido a las condiciones para realizar el trabajo.

Tabla 4.1. Factores de eficiencia operativa (rojo - volquete, verde - excavadora).

FACTORES DE EFICIENCIA OPERATIVA DURANTE EL CARGUÍO Y TRANSPORTE A CIELO ABIERTO				
Condiciones de trabajo	Calidad de organización			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Excelentes	0.83	0.8	0.77	0.77
Buenas	0.76	0.73	0.70	0.64
Regulares	0.72	0.69	0.66	0.6
Malas	0.61	0.61	0.59	0.54

Fuente. (López, 1997).

4.2. Maquinaria de arranque y carguío

La maquinaria que será utilizada para los procesos de arranque mecánico de material será una Excavadora hidráulica de marca Caterpillar 320 D-L.

4.2.1. Especificaciones técnicas de la maquinaria de arranque

Tabla 4.2. Especificaciones de la Excavadora CAT 320 D- L.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ARRANQUE Y CARGUÍO	
Tipo de maquinaria	Excavadora hidráulica
Marca	Caterpillar
Serie	320 D-L
Alcance del brazo	9.4 m
Potencia del motor	103 KW
Capacidad del tanque de combustible	108.3 gal
Capacidad del cucharón	1 m ³
Cambio de aceite	6 gal cada 250 horas
Consumo de diésel	4.3 gal/hora
Mantenimiento	Cada 3 días engrasado
Cambio de repuestos	Dos veces al año



Fuente: (Catálogo Excavadora CAT 320D-L, 2015).

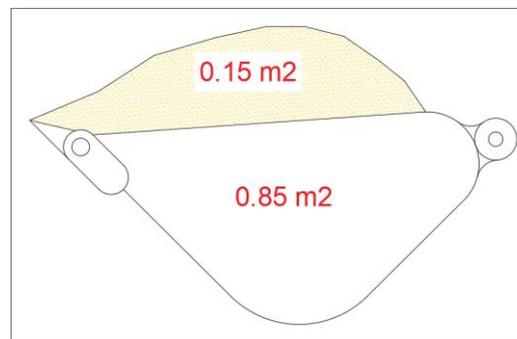
4.2.2. Cubicaje del cucharón

Las capacidades reales del cucharón de acuerdo a su disposición y condiciones del material serán definidas en la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Cubicaje del cucharón.

CUBICAJE DEL CUCHARÓN DE EXCAVADORA	
Área lateral del cucharón	0.85 m ²
Cucharón colmatado	0.15 m ²
Ancho del cucharón	1.05 m
Total	1.05 m³

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.1.** Representación del cubicaje del cucharón.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo del catálogo disponible para la excavadora, su capacidad es de 1 m³ por cucharón, pero con el cubicaje desarrollado se estima un aumento en su capacidad a 1.05 m³, lo que nos entrega un rendimiento superior al 100%.

4.2.3. Rendimiento del equipo de carguío

Para el del equipo de carguío se utilizó la formula proporcionada por (López, 1997):

$$R_{\text{carguío}} = \frac{60 \cdot E \cdot Cc \cdot F}{Tc} \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad (15)$$

donde,

E = Factor de eficiencia operativa = 0.73 (tabla 4.1)

F = Factor de llenado del cucharón = 90%

Cc = Capacidad del cucharón (Catálogo) = 1 m³

Tc = Tiempo promedio del ciclo medido in situ = 0.3 min

Tabla 4.4. Parámetros de carguío y tiempo de ciclo in situ.

PARAMETROS DEL CARGUÍO			
Ctt	Capacidad nominal del equipo de transporte	21	(t)
Cc	Capacidad de la pala del equipo de carguío	1	(m ³)
FLlb	Factor de llenado del balde	1.1	
Fe	Factor de esponjamiento	3.85	
D	Densidad del material in situ	2.6	(t/m ³)
N° paladas	Número de paladas	8	
TCc	Tiempo de ciclo	1.45	min
TIEMPO DE CICLO IN SITU			
	Tiempo de arranque de material	60	(s)
	Tiempo de carga del material	10	(s)
	Tiempo de giro cargado	5	(s)
	Tiempo de descarga	7	(s)
	Tiempo de giro descargado	5	(s)
	Tiempo de un ciclo de carga	87	(s)
	Tiempo total del ciclo (llenado del volquete)	11.6	(min)

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto:

$$R_{\text{carguío}} = \frac{60 * E * Cc * F}{Tc} \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$R_{\text{carguío}} = \frac{60 * 0.69 * 1 * 0.9}{1.45} = 25.6 \left(\frac{m^3}{h} \right) = 66.5 \left(\frac{t}{h} \right)$$

De tal modo el rendimiento total del equipo ronda los 66.5 t/hora, un rendimiento promedio en condiciones regulares de trabajo.

4.3. Maquinaria de transporte

Se ha determinado que para el transporte del material mineralizado hasta su destino se utilizarán volquetes con capacidad para 8 m³, de la marca Hino, específicamente la serie 500.

4.3.1. Especificaciones técnicas del equipo de transporte

Tabla 4.5. Especificaciones técnicas del equipo de transporte.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE TRANSPORTE	
Tipo de maquinaria	Volquete
Marca	Hino
Serie	500 GH
Modelo	1828
Capacidad del balde	8 m ³
Potencia del motor	276 Hp
Capacidad del tanque de combustible	320 L
Cambio de aceite	6 gal cada 250 horas
Consumo de combustible	4 L/km



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Rendimiento del equipo de transporte

$$R_{transporte} = \frac{60 * E * Cc}{Tc} \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

donde,

E: factor de eficiencia operativa = 0.8 (tabla 4.1)

Cc: capacidad del balde = 8 m³

Tc: tiempo de ciclo medido in situ

El tiempo de ciclo se determina por los siguientes parámetros:

- **Tiempo fijo**

Tiempo de cargado con pala, 2.4 minutos

Tiempo de maniobras, para carga 0.5 minutos, y para descarga 0.5 minutos

Tiempo de descarga, 2.0 minutos

- **Tiempo variable:**

Es el tiempo que depende directamente de la distancia de acarreo hasta la ubicación final del material luego de ser cargado directamente con la excavadora, y la determinación de las velocidades máximas y mínimas dentro y fuera del área de trabajo como en vías de primer, segundo y tercer orden.

El destino final del caolín extraído en la concesión minera “Tierra Blanca” es la empresa Rialto, la cual se encuentra a 29.2 km de distancia desde la mina determinado a través de Google Maps, presentando los siguientes tiempos y velocidades promedio de transito de los volquetes:

Tabla 4.6. Recorrido del equipo de transporte desde la zona de carga hasta a zona de descarga.

RECORRIDO DEL EQUIPO DE TRANSPORTE AL LUGAR DE DESTINO					
Trayectos	Distancia a recorrer	Velocidad cargado promedio	Tiempo de viaje cargado	Velocidad descargado promedio	Tiempo de viaje descargado
	(km)	(km/h)	(min)	(km/h)	(min)
Mina-Autopista (Cuenca-Azogues)	10.5	20	31.5	40	15.75
Autopista (Cuenca-Azogues)- Challuabamba	16.1	50	19.32	60	16.1
Challuabamba- Rialto	2.6	30	5.2	50	3
SUBTOTAL			56.02		34.85

TIEMPO TOTAL DEL RECORRIDO (min) 90.87

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo del ciclo completo transporte que tendrán que realizar los volquetes desde la mina hasta Rialto y de vuelta a la mina será de **90.87 min.**

$$\text{Total tiempo de ciclo}(T_c) = 11.6 \text{ min} + 1 \text{ min} + 2 \text{ min} + 90.87 \text{ min}$$

$$\text{total tiempo de ciclo}(T_c) = \mathbf{105.47 \text{ min}}$$

Por lo tanto, el rendimiento de cada volquete es de:

$$R_{\text{transporte}} = \frac{60 * 8 * 0.8}{90.87}$$

$$R_{\text{transporte}} = 4.22 \frac{m^3}{h} = \mathbf{10.98 \frac{t}{h}}$$

Para determinar el número de viajes por volquete se procede a aplicar la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ viajes al día} = \frac{\text{Jornada de 8 horas (min)}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \quad (16)$$

$$N^{\circ} \text{ viajes al día por volquete} = \frac{480 \text{ min}}{105.47 \text{ min}} = 4.4 \approx \mathbf{4}$$

Un volquete en un viaje lleva aproximadamente 20.8 toneladas de caolín, que multiplicado por el número de viajes que son 4, hace un total de 83.2 t/día.

Para determinar la cantidad de volquetes necesarios para cubrir la producción requerida se aplica la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ volquetes requeridos} = \frac{\text{Producción diaria requerida } (\frac{t}{\text{día}})}{\text{Producción diaria de un volquete } (\frac{t}{\text{día}})} \quad (17)$$

$$N^{\circ} \text{ volquetes requeridos} = \frac{420 \left(\frac{t}{\text{día}}\right)}{83.2 \left(\frac{t}{\text{día}}\right)} = 5.04 \approx \mathbf{5 \text{ volquetes}}$$

Por lo tanto, se requiere un total de 5 volquetes para cubrir la producción diaria requerida, cada volquete tendrá que realizar un total de 4 viajes.

4.4. Requerimientos de la maquinaria

De acuerdo a las necesidades del área minera “Tierra blanca” código 105069 la maquinaria que será utilizada para las etapas de arranque carga y transporte son:

Tabla 4.7. Requerimiento de maquinaria para procesos de extracción para el área minera “Tierra Blanca”.

MAQUINARIA A UTILIZAR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN	
Descripción	Cantidad
Excavadora CAT 320 D-L	1
Volquete HINO 500 GH modelo 1828	5

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Requerimiento de personal

Luego de haber realizado los cálculos de producción y maquinaria se podrá determinar la cantidad de personal que laborará en la mina.

Tabla 4.8. Requerimiento de personal para el área minera “Tierra Blanca”.

REQUERIMIENTO DE PERSONAL EN LA MINA	
Personal operativo	Cantidad
Operador de la excavadora	1
Ayudante para operador de maquinaria	1
Chofer de volquete	5
Personal técnico	
Ingeniero en Minas	1
Personal de seguridad	
Guardia	1
TOTAL	9

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5

SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

En la actualidad la implantación de un correcto uso de equipos de salud y seguridad reduce exponencialmente el riesgo a sufrir algún tipo de accidente dentro o fuera de las labores, es importante señalar que la implementación de señalética se basa en la norma INEN 439, la cual describe el significado de cada una de las señales de acuerdo con su color (tabla 5.1).

Tabla 5.1. Colores para control de importancia.

COLOR	SIGNIFICADO
	Prohibición
	Prevención
	Emergencia
	Información u Obligación

Fuente: Norma INEN 439.

El proyecto minero “Tierra blanca” tiene planeado realizar labores de extracción de caolín el cual es considerado un trabajo que genera mayor probabilidad de accidentes. De acuerdo con el trabajo de reconocimiento e inspección en campo se puede manifestar que el área minera no cuenta con la señalética que cumpla de manera parcial o total los requisitos solicitados por el ente regulador, por lo que se realizó una propuesta para la implementación de señalética a lo largo de toda el área que se va a intervenir en las labores de explotación.

5.1. Análisis de seguridad con el uso de la matriz IPER

En relación con la matriz IPER, se resumen los siguientes requerimientos, (tabla 5.2), en donde se presentan los riesgos y las medidas a tomar en cuenta.

De acuerdo a la matriz IPER que fue desarrollada la mina presentó riesgos tales como:

- Atropellamiento
- Caída de material y desprendimiento de rocas
- Dolores musculares

- Caídas de diferente nivel

Tabla 5.2. Resumen de identificación de peligros y evaluación de riesgos para las actividades a realizarse en el área minera “Tierra Blanca”.

**ADMINISTRACIÓN Y MEDIOS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS
DETERMINADOS POR MEDIO DE LA MATRIZ IPER**

- **Actividad:** arranque de material.
 - **Peligro:** personal cerca del equipo de arranque.
 - **Riesgo:** aplastamiento o atropellamiento.
 - **Administración del riesgo:**
 - a. Colocación de señalética.
 - b. Uso de equipos de protección.
 - **Medios de mitigación:**
 - a. Señalética de peligro de maquinaria pesada maniobrando en la zona, prohibición.
de peatones y demás personal no perteneciente al personal que labora en la mina.
 - b. Entrega de chalecos reflectivos.
-
- **Actividad:** carguío.
 - **Peligro:** personal cerca del equipo de carguío.
 - **Riesgo:** aplastamiento o atropellamiento.
 - **Administración del riesgo:**
 - a. Colocación de señalética.
 - b. Uso de equipos de protección.
 - **Medios de mitigación:**
 - a. Señalética de peligro de maquinaria pesada maniobrando en la zona, prohibición.
de peatones y demás personal no perteneciente al personal que labora en la mina.
 - b. Entrega de chalecos reflectivos.
-
- **Actividad:** transporte.
 - **Peligro:** personal cerca del equipo de transporte.
 - **Riesgo:** aplastamiento o atropellamiento.

- **Administración del riesgo:**
 - a. Colocación de señalética.
 - b. Uso de equipos de protección.
- **Medios de mitigación:**
 - a. Señalética de peligro de maquinaria pesada maniobrando en la zona, prohibición.
de peatones y demás personal no perteneciente al personal que labora en la mina.
 - b. Entrega de chalecos reflectivos.

-
- **Actividad:** tránsito del personal sobre los bancos.
 - **Peligro:** caída.
 - **Riesgo:** caídas a distintos niveles.
 - **Administración del riesgo:**
 - a. Colocación de señalética de peligro y advertencia.
 - b. Diseño de bermas con una distancia suficiente para evitar caídas.
 - **Medios de mitigación:**
 - a. Señalética de peligro y advertencia sobre caídas de grandes alturas.
 - b. Obligación de utilizar equipos de protección (botas).

-
- **Actividad:** movimiento del personal por el pie de los bancos.
 - **Peligro:** deslizamientos y desprendimientos.
 - **Riesgo:** aplastamiento por derrumbes.
 - **Administración del riesgo:**
 - a. Colocación de señalética de peligro y advertencia.
 - b. Utilización de equipos de protección.
 - **Medios de mitigación:**
 - a. Señalética de peligro y advertencia sobre derrumbes y caída de material.
 - b. Obligación de utilizar equipos de protección (casco).

-
- **Actividad:** maquinaria pesada en actividad.
 - **Peligro:** ruido generado por los motores.
 - **Riesgo:** problemas auditivos.
 - **Administración del riesgo:**

- a. Mantenimiento de maquinaria.
- b. Uso de los equipos de protección.
- **Medios de mitigación:**
 - a. Realizar el mantenimiento a la maquinaria de manera periódica.
 - b. Obligación de utilizar equipos de protección (orejeras).

-
- **Actividad:** manejo de maquinaria pesada
 - **Peligro:** mala postura de la espalda.
 - **Riesgo:** problemas físicos y atrofiamiento de músculos.
 - **Administración del riesgo:**
 - a. Uso de equipos de protección.
 - **Medios de mitigación:**
 - b. Entrega de implementos para mejorar la postura en conducción (faja).
 - c. Tiempos de descanso para operadores.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Señalética de seguridad

La implantación de señalética de seguridad dentro del área tiene como objetivo principal brindar información de una forma clara, precisa y entendible para todo el personal y personas ajenas al proyecto que se encuentren dentro de la mina. La señalética debe especificar cada uno de los riesgos, precauciones y obligaciones que se deben respetar cuando se encuentren cerca o dentro del proyecto minero, por lo que es necesario que la señalética se encuentre correctamente implementada y así buscar la reducción en el índice de accidentes, además del equipo de protección personal que deben usar todas las personas que laboran dentro de la mina, las cuales son de estricta obligación portarlas durante toda la jornada de trabajo.

5.2.1. Señales de prohibición

Tabla 5.3. Señales de prohibición.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	<p data-bbox="756 394 1394 470" style="text-align: center;">NO ENTRE</p> <p data-bbox="863 568 1289 663" style="text-align: center;">Prohibido el paso a personas que no pertenezcan a la empresa.</p> <hr data-bbox="756 775 1394 779"/> <p data-bbox="1011 808 1139 846" style="text-align: center;">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="756 891 1394 967" style="text-align: center;">VELOCIDAD MÁXIMA</p> <p data-bbox="767 1039 1385 1182" style="text-align: center;">Señala la velocidad máxima permitida para la circulación de maquinaria o automóviles dentro de la mina.</p> <hr data-bbox="756 1267 1394 1272"/> <p data-bbox="1011 1279 1139 1317" style="text-align: center;">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="756 1339 1394 1464" style="text-align: center;">PARE</p> <p data-bbox="778 1541 1374 1684" style="text-align: center;">Señal obligatoria que debe ser ubicada en intersecciones viales, de manera que se pueda prever cualquier tipo de accidente.</p> <hr data-bbox="756 1778 1394 1783"/> <p data-bbox="1011 1789 1139 1827" style="text-align: center;">Tipo: fija</p>

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Señales de prevención

Tabla 5.4. Señales de prevención.

Símbolo	Descripción
	<p data-bbox="772 405 1378 439">ENTRADA Y SALIDA DE MAQUINARIA</p> <p data-bbox="772 510 1378 651">Precaución debido a la circulación de vehículos pesados (volquetes, camiones, etc.), instaladas en las salidas de la cantera.</p> <hr/> <p data-bbox="1011 725 1139 759">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="836 804 1315 837">CAIDA A DISTINTOS NIVELES</p> <p data-bbox="788 909 1362 1050">Señal que serán posicionadas en las bermas o en precipitaciones que existan en el área de trabajo.</p> <hr/> <p data-bbox="995 1122 1155 1155">Tipo: móvil</p>
	<p data-bbox="820 1189 1331 1223">MAQUINARIA EN MOVIMIENTO</p> <p data-bbox="772 1305 1378 1447">La señal sirve como indicador para el personal que labora en la cantera sobre las zonas de riesgo por el movimiento de la maquinaria.</p> <hr/> <p data-bbox="1011 1529 1139 1563">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="932 1603 1219 1637">DESLIZAMIENTOS</p> <p data-bbox="804 1731 1347 1816">Zonas susceptibles a desprendimiento de tierra o material que se explota.</p> <hr/> <p data-bbox="1011 1906 1139 1939">Tipo: fija</p>

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Señales de emergencia

Tabla 5.5. Señales de emergencia.

Símbolo	Descripción
	<p data-bbox="761 414 1394 495" style="text-align: center;">PUNTO DE ENCUESTRO</p> <p data-bbox="778 611 1377 701">Su propósito es proveer una vía de evacuación segura, eficiente y rápida.</p> <hr/> <p data-bbox="1015 853 1142 887" style="text-align: center;">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="761 925 1394 1005" style="text-align: center;">EXTINTOR</p> <p data-bbox="767 1077 1390 1216">Indica la ubicación del extintor. Es un recipiente con un agente que extingue el fuego tras abrir una válvula.</p> <hr/> <p data-bbox="1015 1323 1142 1357" style="text-align: center;">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="761 1393 1394 1473" style="text-align: center;">BOTIQUIN</p> <p data-bbox="778 1541 1382 1738">Indica la ubicación del botiquín de primeros auxilios el cual debe estar correctamente provisto para una pronta reacción ante lesiones o emergencias que se pueden considerar leves.</p> <hr/> <p data-bbox="1015 1839 1142 1872" style="text-align: center;">Tipo: fija</p>

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Señales de obligación

Tabla 5.6. Señales de obligación.

Símbolo	Descripción
	<p data-bbox="807 376 1358 465">USO OBLIGATORIO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN</p> <p data-bbox="775 521 1390 663">Indica la obligación de uso de todos los equipos de protección: mascarilla, casco, chaleco entre otros.</p> <hr/> <p data-bbox="1023 734 1145 768">Tipo: fija</p>

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5. Señales de información

Tabla 5.7. Señales de información.

Símbolo	Descripción
	<p data-bbox="855 1077 1299 1111">INFORMACIÓN DE LA MINA</p> <p data-bbox="839 1216 1318 1357">Letrero de identificación para el área minera en el cual constara el nombre, código y régimen minero.</p> <hr/> <p data-bbox="1015 1480 1139 1514">Tipo: fija</p>
	<p data-bbox="1007 1559 1147 1592">OFICINA</p> <p data-bbox="775 1720 1382 1809">Nos indica la ubicación de la oficina dentro del área minera.</p> <hr/> <p data-bbox="1015 1939 1139 1973">Tipo: fija</p>

ZONA DE STOCK

Área de stock o almacenamiento de material explotado.

Tipo: fija

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Equipos de protección personal EPP

Los EPP engloban todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas que deben ser empleados por los trabajadores para protegerse contra posibles lesiones que pueden ocurrir debido a peligros que no pudieron ser eliminados.

Tabla 5.8. Equipos de protección auxiliar para personal.

Equipo de protección personal	Descripción
CASCO	
	<p>Un casco de alta calidad es de suma importancia para garantizar la seguridad personal para posibles caídas de objetos contundentes.</p>
Tipo de protección: cabeza	
GAFAS DE PROTECCIÓN	
	<p>Las gafas industriales son uno de los equipos de protección personal más importantes estos protegen los ojos de peligros presentes.</p>
Tipo de protección: ojos	

MASCARILLAS



Las mascarillas pueden ser desechables o profesionales, estas nos ayudaran a cubrimos de polvo, gases, etc.

Tipo de protección: cabeza

CHALECO REFLECTIVO



Sirven principalmente para poder dar una identificación más clara dentro del área.

Tipo de protección: preventiva

OREJERAS



Son indispensables cuando se realizan trabajos que superan el ruido tolerado por el humano.

Tipo de protección: oídos

GUANTES



Ofrecen una protección frente a desgarrros, cortes, quemaduras, pinchazos entre otros.

Tipo de protección: manos

BOTAS



Son utilizadas como un complemento principal dentro del uniforme de trabajo y nos sirven para protegernos de golpes, quemaduras, caídas por inestabilidad.

Tipo de protección: pies

Fuente: Norma INEN 439.

5.3.1. Uso correcto de los EPP

Los trabajadores dentro de la mina de caolín “Tierra Blanca” deberán utilizar de manera obligatoria los equipos personales especificados en la (tabla 5.8), además se solicitará que cada trabajador utilice mangas largas y pantalones que sean gruesos para aumentar el porcentaje de seguridad.



Figura 5.1. Uso correcto de equipos de protección.

Fuente (Movitecnica, sf)

5.4. Ubicación de señalética

Durante el recorrido dentro del área minera se observa claramente la falta de señalética en todas las zonas que han sido intervenidas previamente, se requiere la colocación completa de la señalética seguridad. Esta deberá localizarse en sitios estratégicos, de manera que pueda ser visible para el personal, así como para personas ajenas al proyecto. Para ello es importante conocer la simbología e importancia de esta.



Figura 5.2. Ubicación de la señalética dentro del área minera “Tierra Blanca”.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA EL ÁREA MINERA

“TIERRA BLANCA”

En el presente capítulo se buscó dar una visión aproximada sobre los costos que pueden incurrir en la extracción del material y justificar de manera técnica y detallada el beneficio que genera el retorno de actividades dentro de esta área minera, poniendo como principales beneficiarios a las personas inversionistas que conforman la “Comunidad Minera Luis Cordero”, las mismas que pertenecen a la parroquia cercana al proyecto.

Para este análisis económico se consideraron todos los valores presentes para el correcto funcionamiento y operación de la mina. Todos los valores mostrados se han recopilado de varias fuentes, que van desde información proporcionada por el gobierno hasta valores empíricos recopilados de personas dedicadas a operar maquinaria pesada.

Un punto importante que cabe mencionar, el cual influye mucho en este capítulo se refiere con el tiempo de vida que tiene la mina, evaluada aproximadamente para 3 años y 2 meses, demostrando que el proyecto minero está destinado a ser explotado en un periodo relativamente corto, comparado con otros proyectos de mayor envergadura. Por lo que, para la extracción del mineral de interés se procederá a alquilar maquinaria pesada, puesto que, si se procede a comprar maquinaria nueva, el proyecto no durará lo suficiente como para amortizar la inversión para comprar la maquinaria, la cual se acerca aproximadamente los 600 mil dólares.

6.1. Costos directos

Conocidos también como costos operativos, son los valores que influyen directamente dentro de los procesos operativos de extracción, arranque, carguío y transporte. En este caso se va a evaluar que la concesión minera va a alquilar equipo pesado y los costos de mantenimiento de la maquinaria ya están dentro del costo de alquiler.

6.1.1. Alquiler de maquinaria

En el anterior capítulo de este proyecto de investigación se estableció que para cubrir la producción requerida material es necesario una excavadora y un total de 5 volquetes

de 8m³, presentando la siguiente tabla con los costos que se manejan hoy en día para el alquiler de maquinaria pesada.

Tabla 6.1. Costo por alquiler de maquinaria para el área minera “Tierra Blanca”.

COSTOS DE ALQUILER DE MAQUINARIA PESADA Y TRANSPORTE						
Maquinaria	Cantidad de maquinaria	Costo		N° de horas /viajes al día	Subtotal (\$/día)	Total (\$/mes)
		(\$/hora)	Viaje			
Excavadora	1	\$ 40		8	\$ 320	\$ 7 040
Volquetes	5		\$ 60	4	\$ 1 200	\$ 26 400
Total mensual						\$ 33 440

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Costos indirectos

Conocidos también como costos no operativos o fijos, son aquellos que no tienen una relación directa con los procesos operativos de la mina: arranque, carguío y transporte.

6.2.1. Mano de obra

Son el personal necesario para el correcto funcionamiento de la mina, en este caso el personal está conformado por:

- **Ayudante de maquinaria:** es la persona encargada de controlar la cantidad de volquetes que salen al día y también el encargado de controlar que el operador de la excavadora realice con normalidad y de manera correcta las maniobras de arranque y carguío de material.
- **Ingeniero de minas:** es el profesional encargado del control de la extracción del mineral y que se cumpla con los diseños de explotación y estándares de seguridad dentro de la mina.
- **Guardia:** es la persona encargada del cuidado principalmente de la maquinaria y de que no entren personal no autorizadas al área minera.

Tabla 6.2. Rol de pagos para el personal operativo y seguridad para el área minera “Tierra Blanca” parte 1.

ROL DE PAGOS DE PERSONAL OPERATIVO Y SEGURIDAD MENSUAL				
Cargo	Sueldo	Fondos de reserva	Decimotercero	Decimocuarto
			(\\$)	
Ayudante de maquinaria	\$ 550.00	\$ 45.82	\$ 45.83	\$ 35.42
Técnico minas	\$ 800.00	\$ 66.64	\$ 66.67	\$ 35.42
Guardia	\$ 425.00	\$ 35.40	\$ 35.42	\$ 35.42

Fuente: Elaboración propia.

La tabla se presenta con los sueldos de cada trabajador con sus respectivos valores de acuerdo a la legislación laboral del Ecuador, tomando en cuenta una jornada de 8 horas al día, 5 días a la semana, exceptuando el guardia el cual solamente trabajará en horas de la noche.

Tabla 6.3. Rol de pagos para el personal operativo y seguridad para el área minera “Tierra Blanca” parte 2.

ROL DE PAGOS DE PERSONAL OPERATIVO Y SEGURIDAD MENSUAL					
Cargo	Sueldo	Aporte personal	Aporte patronal	Total deducciones	Sueldo a pagar
		(\\$)			
Ayudante de maquinaria	\$ 550.00	\$ 51.98	\$ 61.33	\$ 51.98	\$ 625.09
Técnico minas	\$ 800.00	\$ 75.60	\$ 89.20	\$ 75.60	\$ 893.12
Guardia	\$ 425.00	\$ 40.16	\$ 47.39	\$ 40.16	\$ 491.07
				Total mensual	\$ 2009.29

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se pagarán los rubros correspondientes al IESS, los cuales son de aporte personal 9.45% del salario del trabajador y el aporte patronal que corresponde al 11.15% que es pagado por el empleador, dando un total a pagar de \$ 2009.29 al mes.

6.2.2. Costo de equipos de protección y señalética

Tabla 6.4. Costos de equipos de protección personal (EPP).

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			
Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
		(\$)	
Casco	8	\$ 15	\$ 120
Chaleco refractivo	10	\$ 2	\$ 20
Gafas de protección	5	\$ 3	\$ 15
Orejas	5	\$ 10	\$ 50
Guantes	5	\$ 2	\$ 10
Zapatos de seguridad	8	\$ 50	\$ 400
Mascarilla	5	\$ 20	\$ 40
TOTAL			\$ 655

Fuente: Elaboración propia.

La seguridad es lo más importante dentro del trabajo, sobre todo en la minería, por lo que se brindará a cada persona que labora dentro de la mina todos los implementos de seguridad que los organismos de control solicitan. Los equipos de protección serán renovados cada año, por lo que la siguiente tabla solamente refleja los gastos en equipos de seguridad de un año.

También es de obligación la implementación de señalética dentro de toda la mina para que se detallen de manera muy clara los peligros que pueden generarse, además de señalética que también sirve para informar.

Tabla 6.5. Costos unitarios y totales de la señalética de seguridad.

SEÑALÉTICA PARA LA MINA			
Tipo de señal	N°	Precio unitario	Precio total
Pare	2	\$ 120	\$ 240
Velocidad Máxima	1	\$ 120	\$ 120
Solo personal autorizado	3	\$ 120	\$ 360
Entrada y salida de volquetes	2	\$ 120	\$ 240
Peligro Caídas a distinto nivel	1	\$ 120	\$ 120
Maquinaria pesada	1	\$ 120	\$ 120
Deslizamiento	1	\$ 120	\$ 120
Punto de encuentro	1	\$ 20	\$ 20
Extintor	1	\$ 20	\$ 20
Botiquín	1	\$ 20	\$ 20
Información mina	1	\$ 120	\$ 120
Uso obligatorio de equipos de protección	1	\$ 20	\$ 20
Oficina	1	\$ 20	\$ 20
Zona de stock	1	\$ 120	\$ 120
TOTAL			\$ 1 660

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Insumos de oficina

Se utilizarán los insumos que sean únicamente necesarios como son: esferos, lápices, carpetas, clips, borradores, cinta adhesiva, grapas, tijeras, perforadoras, pegamento, etc.

Tabla 6.6. Costos de insumos para oficina.

COSTOS DE INSUMOS DE OFICINA	
Nómina	Costo
Insumos de oficina	\$ 60

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. Patente de conservación

El ente encargado de la recaudación de estos valores es el Servicio de Rentas Internas (SRI), los cuales han determinado el pago equivalente al 2% de un Salario Básico Unificado vigente por cada hectárea concesionada. Estos valores se lo desembolsan de manera anual.

Tabla 6.7. Costo de la patente de conservación.

PATENTE DE CONSERVACIÓN	
Hectáreas concesionadas	30
SBU	\$ 425
2% SBU	\$ 8.5
Total	\$ 255

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5. Costos de infraestructura

Además, se necesitará de una caseta que servirá como oficina, la cual puede ser un container adecuado.

Tabla 6.8. Costos de infraestructura.

COSTO DE INFRAESTRUCTURA	
Container	\$ 900
Adecuación	\$ 120
TOTAL	\$ 1 020

Fuente: Elaboración propia.

6.2.6. Costos emergentes

Son costos que pueden aparecer de acuerdo a las necesidades e inconvenientes durante el periodo que la mina se encuentra en operaciones. En esta sección se puede incluir los costos en consultas a abogados o contadores. Los costos mencionados en la siguiente tabla para efectos de cálculo serán aplicados semestralmente.

Tabla 6.9. Costos emergentes

COSTOS EMERGENTES	
Nómina	Costo
Abogado	\$ 200
Contador	\$ 200
Otros	\$ 200
TOTAL	\$ 600

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7. Resumen de costos mensualizados

Todos los costos directos e indirectos se colocarán en la siguiente tabla, a lo largo de toda la vida de la mina que es aproximadamente 38 meses.

Tabla 6.10. Resumen de costos directos e indirectos mensualizados.

RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS MENSUALIZADOS	
COSTOS DIRECTOS	
(\$/mes)	
Alquiler de maquinaria	\$ 33 440
COSTOS INDIRECTOS	
(\$/mes)	
Mano de obra	\$ 2 009.29
Equipos de protección y señalética	\$ 95.39

Insumos de oficina	\$ 3.15
Patentes de conservación	\$ 20.13
Infraestructura	\$ 26.84
Emergentes	\$ 94.73
TOTAL	\$ 35 689.53

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Regalías

De acuerdo a la (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2019), los titulares de derechos mineros de pequeña minería de no metálicos pagarán por concepto de regalías el 3% del costo de producción del mineral. Se entenderán como costos de producción, todos aquellos costos directos e indirectos incurridos en la fase de explotación de los minerales hasta el límite de la concesión minera.

Por lo tanto, se calcularán las regalías a pagar con todos los gastos directos e indirectos que se encuentran en la (tabla 6.10) para un ciclo de 6 meses, exceptuando el pago de patentes de conservación y los costos emergentes e infraestructura, pues es un costo que no se encuentra relacionado con la producción del mineral directa o indirectamente.

Tabla 6.11. Cálculo de regalías para el área minera “Tierra Blanca”.

REGALÍAS	
Nómina	Costo
Costo de producción semestral	\$ 21 3286.98
3% Costo de producción	\$ 6 398.60
TOTAL A PAGAR SEMESTRALMENTE	\$ 6 398.60

Fuente: Elaboración propia.

6.4. Indicadores de producción

6.4.1. Costo de extracción por tonelada de material mineral

En este caso para determinar el costo de extracción de tonelada de material se aplicó la siguiente fórmula.

$$\text{Costo de extracción de 1 tonelada} = \frac{\text{Costos mensuales de producción}(\$)}{\text{Producción mensual de caolín (t)}} \quad (18)$$

$$\text{Costo de extracción de 1 tonelada} = \frac{35\,689.53(\$)}{9\,152\,t}$$

$$\text{Costo de extracción de 1 ton} = 3.89 \$/t$$

6.4.2. Utilidad neta

Para determinar la utilidad neta mensual que se obtendrá por la venta del caolín, primero se determinará un precio de venta por tonelada, el cual se ha determinado que sea de \$6 dólares americanos en el mercado mineral no metálico.

Tabla 6.12. Utilidad neta mensual calculada para el área minera “Tierra Blanca”

UTILIDAD NETA MENSUAL		
Valor de mercado del caolín	Ingresos	Egresos
6 \$/ton	\$/mes	\$/mes
Utilidad bruta al mes	54 912.00	
Iva (12%)		-6 040.32
Regalías mensualizadas		-1 066.43
Costos directos e indirectos		-35 689.53
Subtotal	54 912.00	-42 796.28
UTILIDAD NETA TOTAL MENSUAL	\$ 11 566.59	

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la utilidad neta mensual es de **11 566.59 dólares americanos**, los cuales multiplicados por los 38 meses aproximados de vida útil de la mina nos da una utilidad total de **439 530.61 dólares americanos**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El proyecto desarrollado tuvo por objeto la planificación minera para la explotación de caolín disponible en el área minera “Tierra Blanca” código 105069 ubicada en la parroquia Luis Cordero y concesionada por la comunidad Luis Cordero; en base a los estudios y análisis realizados se puede concluir que:

- El yacimiento de caolín “Tierra Blanca”, se encuentra dentro de la formación Tarqui, específicamente dentro del miembro Tarqui, las cuales están formadas por tobas ácidas masivas alteradas específicamente en caolín.
- De las propiedades físicas y mecánicas del caolín se ha podido determinar que la densidad es de 2.6 g/cm^3 , con una humedad de 11.42 %, un esponjamiento relativamente alto de 38.55%, con un tamaño de grano in situ promedio de 8.74 mm, además de una cohesión de 0.43 kgf/cm^2 y un ángulo de fricción de 21° y finalmente con una resistencia a la compresión uniaxial muy baja de aproximadamente de 0.5 MPa que corresponde a arcilla dura, que en nuestro caso es el caolín.
- Se han determinado varios elementos en campo al momento de la delimitación del área que se va a intervenir para la extracción del caolín: la presencia de una torre de transmisión de energía eléctrica, la existencia de una vía de tercer orden y principalmente la extensión que tiene el yacimiento de caolinita.
- El diseño de explotación propuesto es a cielo abierto por el método de bancos descendentes en ladera, con una cota superior de 3102 m.s.n.m y una cota inferior de 3021 m.s.n.m dando una altura total de 81 m, además de una geometría para la explotación con bancos de 6 metros de altura, un ángulo de trabajo de 55° y 3.2 m de berma, una plataforma de trabajo de 27.2 m y para finalizar la explotación un ángulo de bancos en receso de 39° .
- Para el cálculo del factor de seguridad se aplicaron los ábacos de Hoek & Bray, para nuestro caso de estudio de los 5 ábacos existentes, se tomaron los ábacos para taludes completamente drenados, y para taludes con presencia de agua cercana al 50% del talud , presentando valores de 1.9 y 1.7 respectivamente, así mismo a través del programa Slide se simuló la geometría de explotación presentando un factor de seguridad de 1.25, concluyendo así que los valores

de seguridad calculados se encuentran sobre 1.2 del valor de referencia de seguridad de taludes en minería.

- Las reservas explotables de caolín rondan los 359 694.29 toneladas, las cuales fueron calculadas mediante 22 perfiles longitudinales, y su dirección dependía directamente de la zona a explotar. La zona 1, presentó 11 perfiles longitudinales con una distancia entre ellos de 10.9 metros orientación Este-Oeste, la zona 2, presentó 11 perfiles longitudinales con una distancia entre ellos de 10.9 metros orientación Norte-Sur. En toda el área se aprovechará un 98.28% debido a que, de acuerdo con proceso de reconocimiento en campo y evaluación de reservas se identificó una zona en donde el caolín carece de la pureza necesaria para ser explotado debido a la presencia de hierro y un porcentaje de estéril relativamente bajo ubicado en la fase 1 con un aproximado de 2 300 m³.
- La planificación minera de la mina de caolín “Tierra Blanca” código 105069, tendrá 2 fases de explotación, distribuidas en un periodo de vida útil de la mina de 3 años, 2 meses y 11 días.
- La cantera fue diseñada en 2 fases: la fase 1 va desde la cota 3102 m.s.n.m. hasta la cota 3072 m.s.n.m., dando un total de 5 bancos, además de que se construirá una vía de 10 m de ancho con sus respectivas distancias de seguridad para el tránsito de la población cercana al proyecto. Finalmente, la fase 2 que va desde la cota 3072 m.s.n.m. hasta la cota 3021 m.s.n.m. con un total de 9 bancos de 6 metros y un banco de 3 metros en la parte superior.
- Para el cálculo del número de equipos, se basó en un sistema de carga y transporte del tipo discontinuo, se utilizaron fórmulas que van directamente relacionadas con la producción que deberá tener la mina por día que es de 420 toneladas, así se determinó la necesidad de 1 retroexcavadora (CAT 320 D-L), para arranque y carguío del material, y 5 volquetes (Hino 500GH 1828) para el transporte.
- De acuerdo con el análisis de riegos, en el frente de trabajo por medio de la matriz IPER se determinó los posibles riegos y sus medidas de mitigación correspondientes, es necesaria la implementación total de señalética de seguridad y la obligatoriedad del uso de equipos de protección personal (EPP) durante las actividades explotación.

- De acuerdo con la valoración económica efectuada se determinó primero que el tiempo de vida que tendrá la mina no será suficiente para amortizar los costos de inversión en caso de que se procediera en la adquisición de maquinaria propia, por lo que se decidió hacer la valoración económica con el alquiler de maquinaria pesada y de volquetas, determinado así que en el área minera “Tierra Blanca” con código 105069 tendrá un gasto mensual de \$ 35 689.53 dólares americanos, donde se han incluido todos los gastos directos e indirectos.
- El costo de extracción de una tonelada de mineral será de \$3.89 sin contar regalías ni IVA, y el precio de venta de una tonelada de caolín será de \$ 6 dólares, dando un beneficio mensual de \$ 11 566.59 dólares americanos y al final de la vida de la mina un beneficio de \$ 439 530.61 dólares americanos.
- Al ser una concesión dirigida por la comunidad minera Luis Cordero, esta buscará sacar un beneficio económico, finalmente por lo cual el proyecto minero “Tierra Blanca” es económicamente factible y técnicamente desarrollable.

Recomendaciones

- Implementar el diseño de explotación que ha sido propuesto en este proyecto de investigación pues se desarrolló de manera estrictamente técnica, además de pruebas de laboratorio para corroborar información del área minera y del material a explotar y así garantizar la fiabilidad del estudio.
- Alquilar la maquinaria para arranque, carga y transporte debido a que por el tiempo de vida útil determinado para la mina que es de 3 años y 2 meses es imposible amortizar el costo de los equipos, si se pretende comprarlos.
- Luego de concluir con las labores de extracción en el área minera “Tierra Blanca” se deberá implementar un plan de cierre, el cual deberá involucrar una intervención de la zona mediante técnicas de restauración como revegetación con especies propias de la zona.
- Antes de las labores de explotación, el área deberá ser debidamente señalizada y dotada de la infraestructura que fue determinada, así mismo, se deberá llevar un control de los equipos de protección por parte de los trabajadores, lo cual ayudará a reducir el porcentaje de accidentes.
- Realizar labores de prospección dentro de la parroquia Luis Cordero para determinar posibles zonas de explotación, debido a la poca vida útil de la mina de caolín “Tierra Blanca”.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (31 de Enero de 2019). Reglamento General a la Ley de Minería.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (27 de Noviembre de 2020). *Reglamento de Salud Y Seguridad en el Trabajo en el ambito Minero*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Argudo, P. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Luis Cordero. Azogues, Cañar, Ecuador.
- AVISA. (s.f.). *Caolines de Vimianzo*. Obtenido de <https://www.e-cavisa.com/productos/caolin/>
- Bazán Cupri , A. M. (2016). *Cálculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha*. Huancayo, Perú.
- Bristow, C., & Guevara, S. (1974). Mapa Geológico del Ecuador, hoja de Azogues, escala 1:50000. Quito.
- Delgado, J. (s.f.). Planificación Minera Superficie y Subterránea. *Apuntes del curso de planificación de minas*. Antofagasta, Chile.
- Fernandez, W., Villalobos, S., & King, R. (2018). Evaluación probabilística de la estabilidad de taludes en suelos residuales de granito completamente descompuesto. *Revista Ingeniería de construcción*.
- Fundación UOCRA. (2009). *Salud y Seguridad en Trabajos de Minería*. Buenos Aires: Aulas y Andamios Editora.
- Herbet, J. H. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Minas. Madrid.
- Hungerbuhler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Eguíez, A., Peterson, D., . . . Hammer, C. (14 de Julio de 2000). Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. *ELsevier Science B.V.*
- Lalangui Balcázar , M., Eras Agila, R., & Burgos Burgos, J. (2017). Costos de Producción: Estimación y Proyección de Ingresos. Machala, El Oro, Ecuador: UTMACH, 2018.
- López, V. M. (2012). *Diseño de Operaciones Mineras a Cielo Abierto*. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. División de Ingeniería en Ciencias de la

Tierra. Departamento de Explotación de Minas Y Metalurgia. Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (s.f.). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético*. Obtenido de https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/2_%20guia%20mineria%20no%20metalica-DGEE-1.pdf

Parra, A. (2006). *Generación y Aplicación de un Sistema de Análisis para Planes de producción Memoria de Titulo*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Parra, R. (2015). *Planificación Minera a Cielo Abierto Utilizando Fundamentos Geomecánicos*.

Quispe Peña, D. J. (Junio de 2021). *Dimensionamiento de Maquinaria Pesada en el Carguío y Transporte para Incrementar la Productividad en la Empresa Corporación Consulting Edsur S.A.C. Perú*.

Ramírez Medina, D. O. (Julio de 2018). *Estudio de viabilidad de la mia de carbón a cielo abierto "La Margarita" en titiribí Colombia. Colombia*.

Ricón, M. A., Vargas, W. E., & González, C. J. (s.f.). *Topografía: Conceptos y Aplicaciones*. Colombia: ECOE Ediciones.

Rojas Villacís, C., & Zuñiga Arrobo, C. (2020). *Análisis de costos operativos en pequeña minería y minería artesanal en Nambija. FIGEMPA Investigación y desarrollo, 50-60*.

Universidad CentroAmericana UCA. (s.f.). *Análisis de Tamaño de Partículas por Tamizado en Agregado Fino y Grueso y Determinación de Materiales mas Fino que el Tamiz No. 200(75micras) en Agregado Mineral por Lavado*. San Salvador, El Salvador.

Verdezoto, P. (Noviembre de 2006). *Levantamiento Geológico del Sector Comprendido entre las latitudes 2° 37' S y 2° 50' S, Provincias de Cañar y Azuay, con Especial Enfoque Sobre las Secuencias Miocénicas*. Quito, Pichincha, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestras en el área minera “Tierra Blanca”.



Anexo 2. Prueba de esponjamiento in situ de 9x9x9 cm.



Anexo 3. Prueba de esponjamiento in situ de 9x9x9 cm ya excavado.



Anexo 4. Drone DJI Phantom 4 utilizado para el levantamiento topográfico.



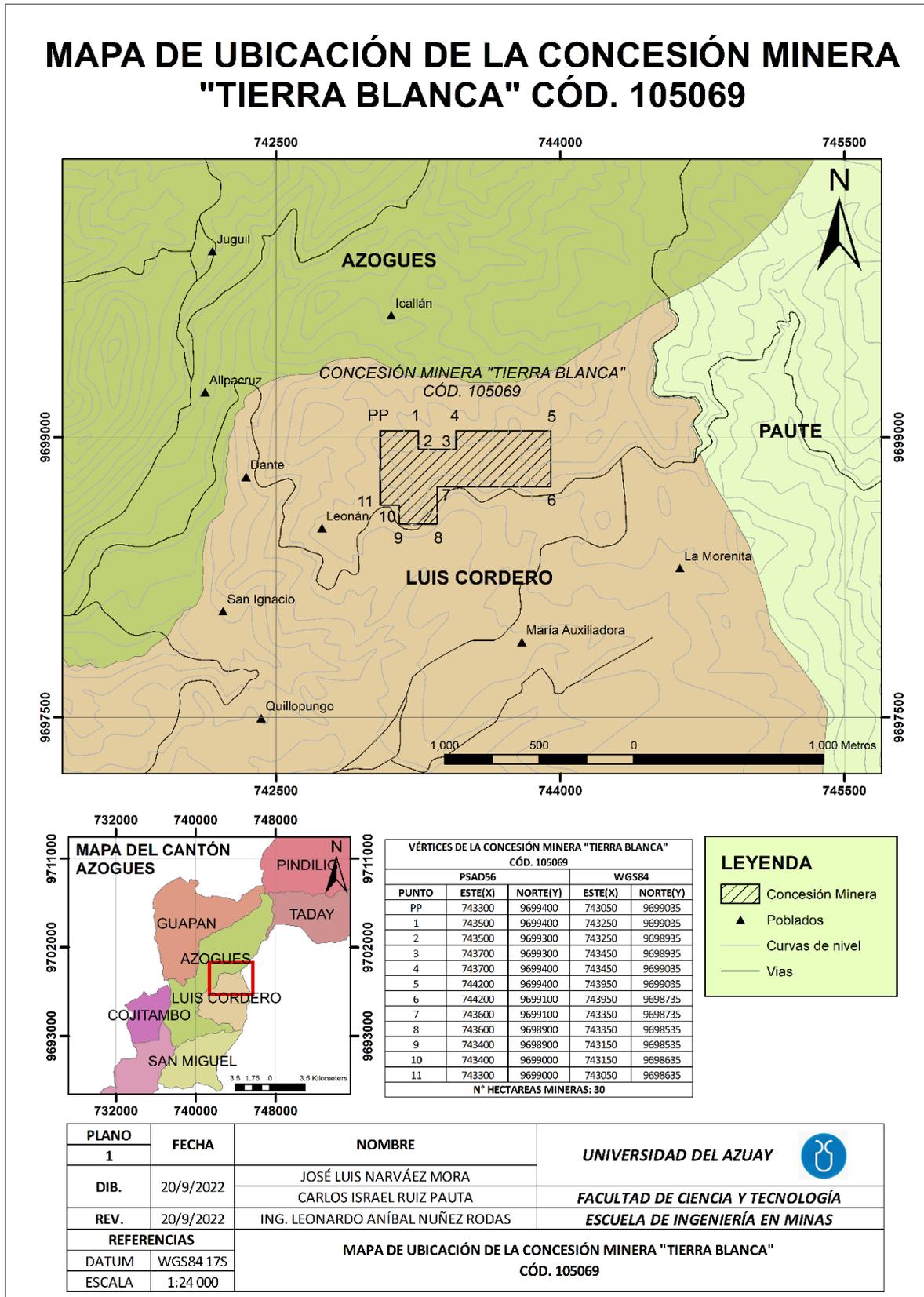
Anexo 5. Probetas con las muestras para el cálculo de la densidad de las muestras.



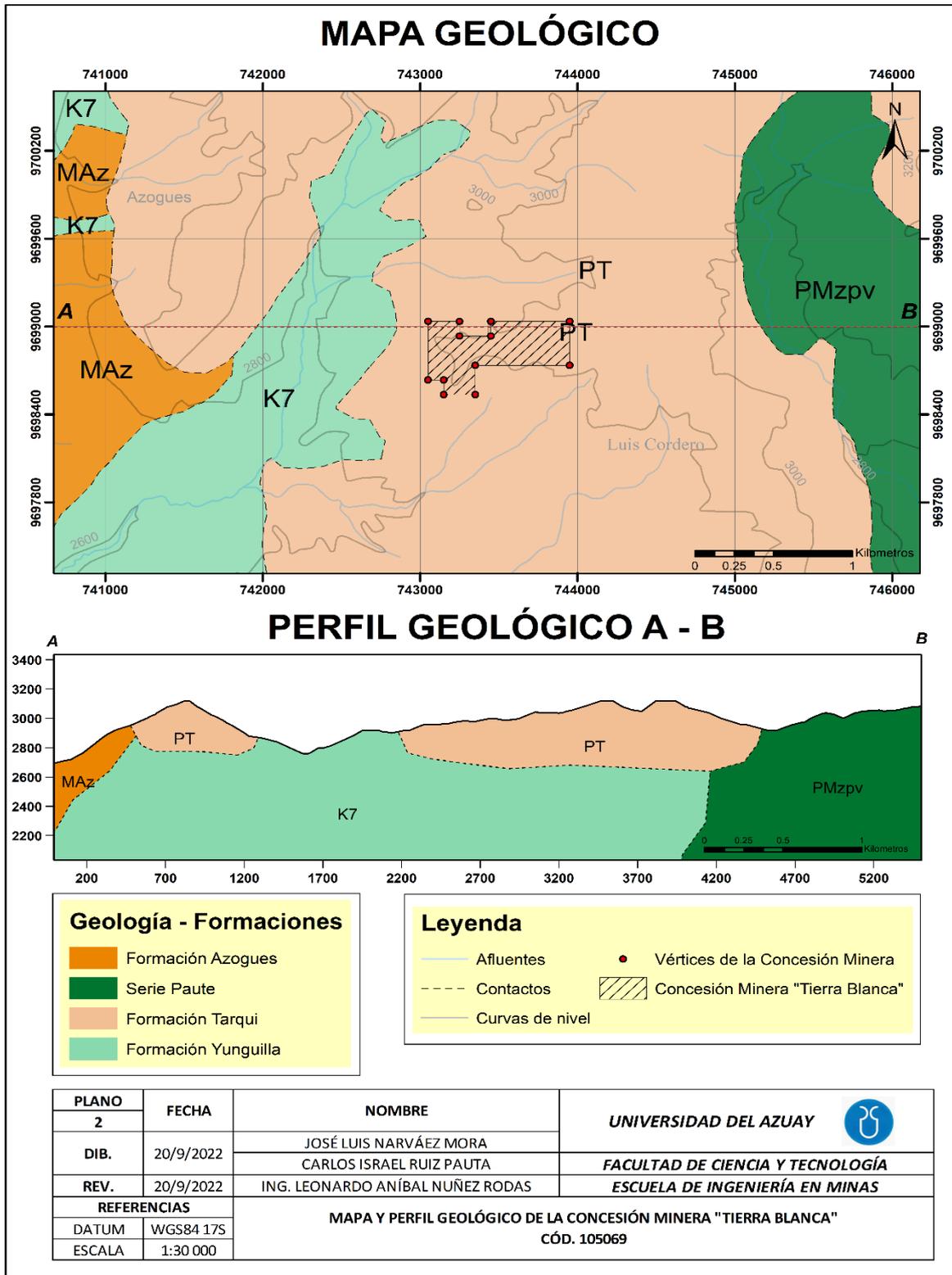
Anexo 6. Cálculo de la densidad con cada una de las muestras.



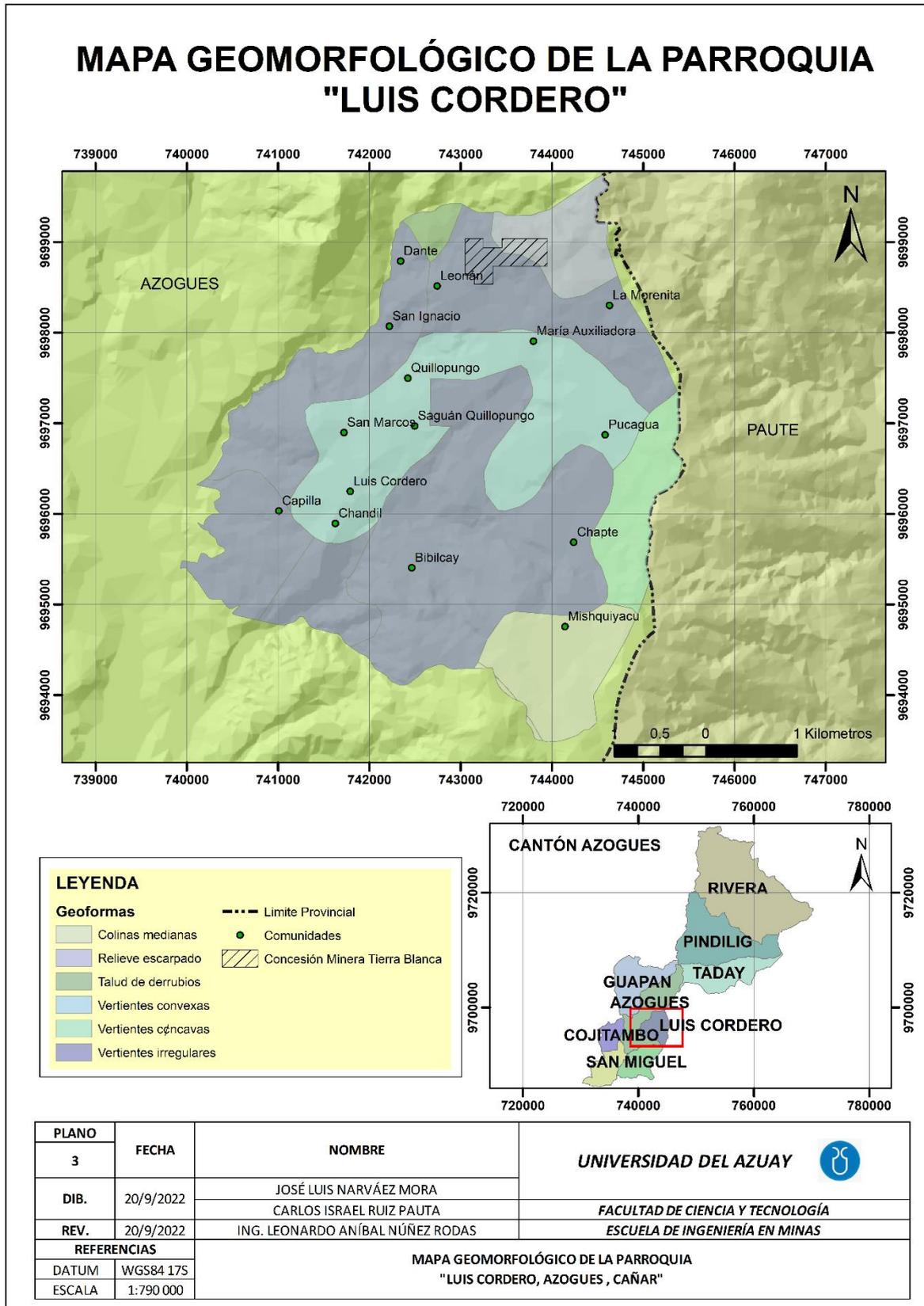
Anexo 7. Mapa de ubicación de la concesión minera "Tierra Blanca" Cód. 105069.



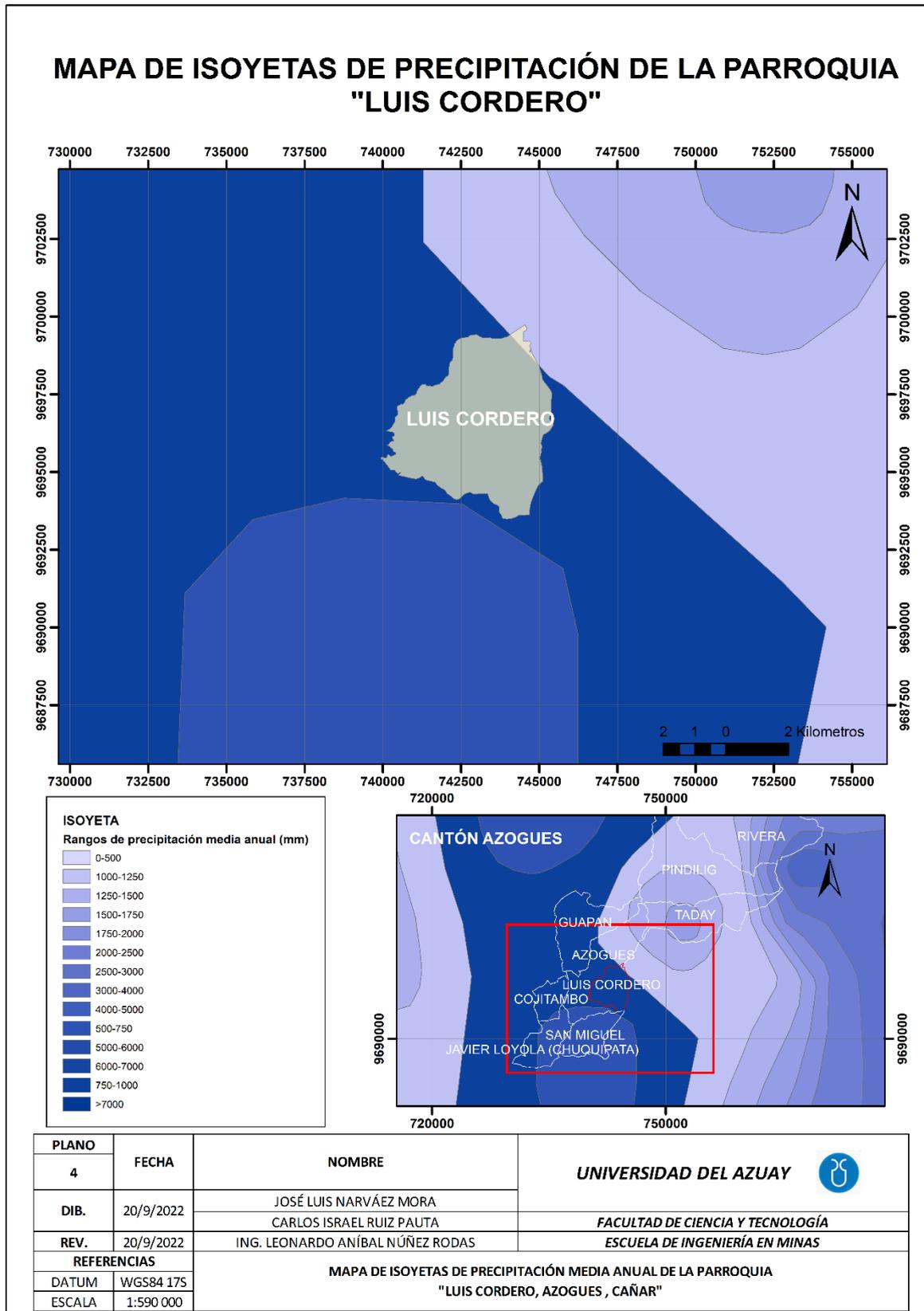
Anexo 8. Mapa y perfil geológico de la concesión minera "Tierra Blanca" Cód. 105069.



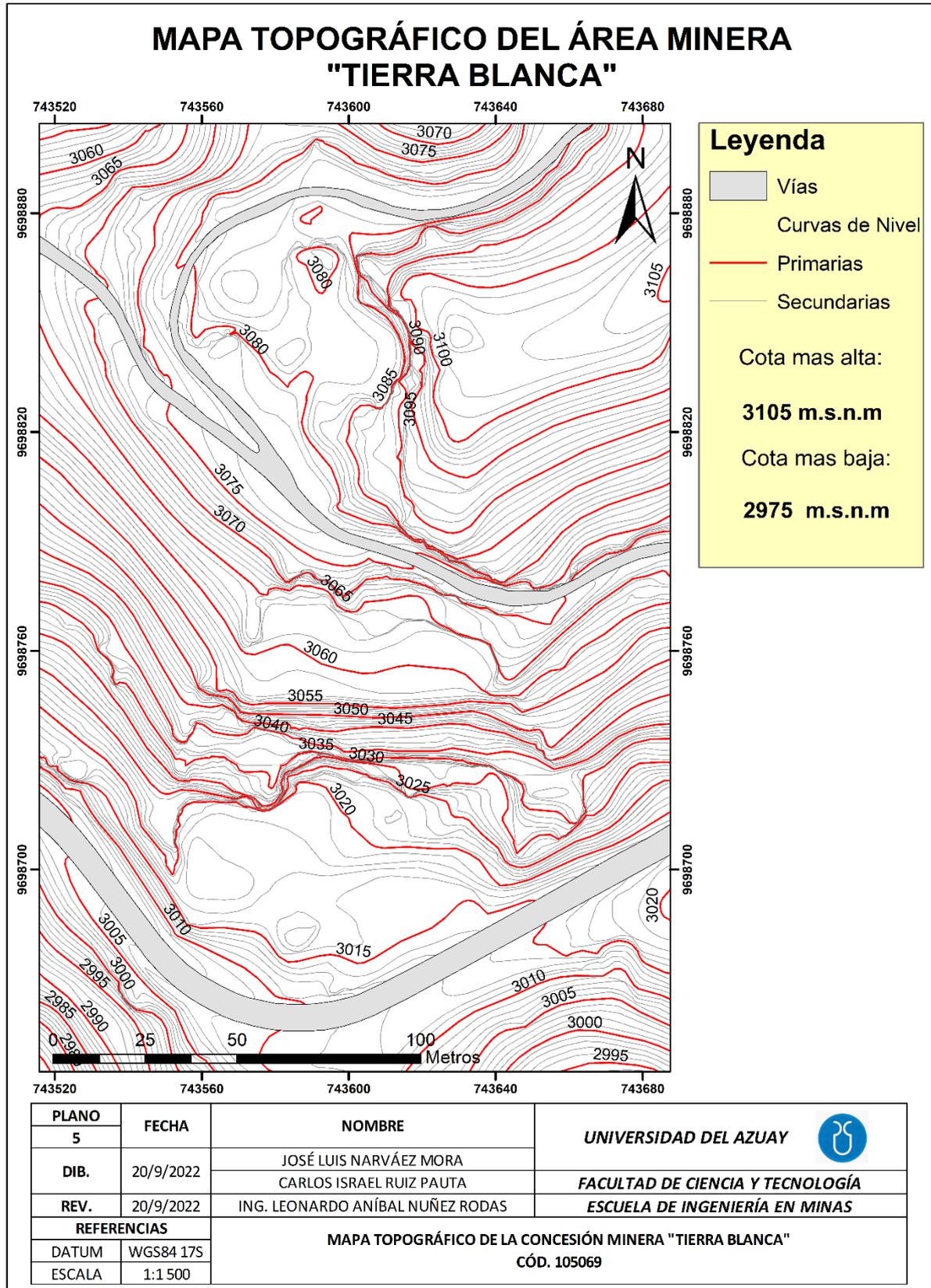
Anexo 9. Mapa geomorfologico de la parroquia "Luis Cordero".



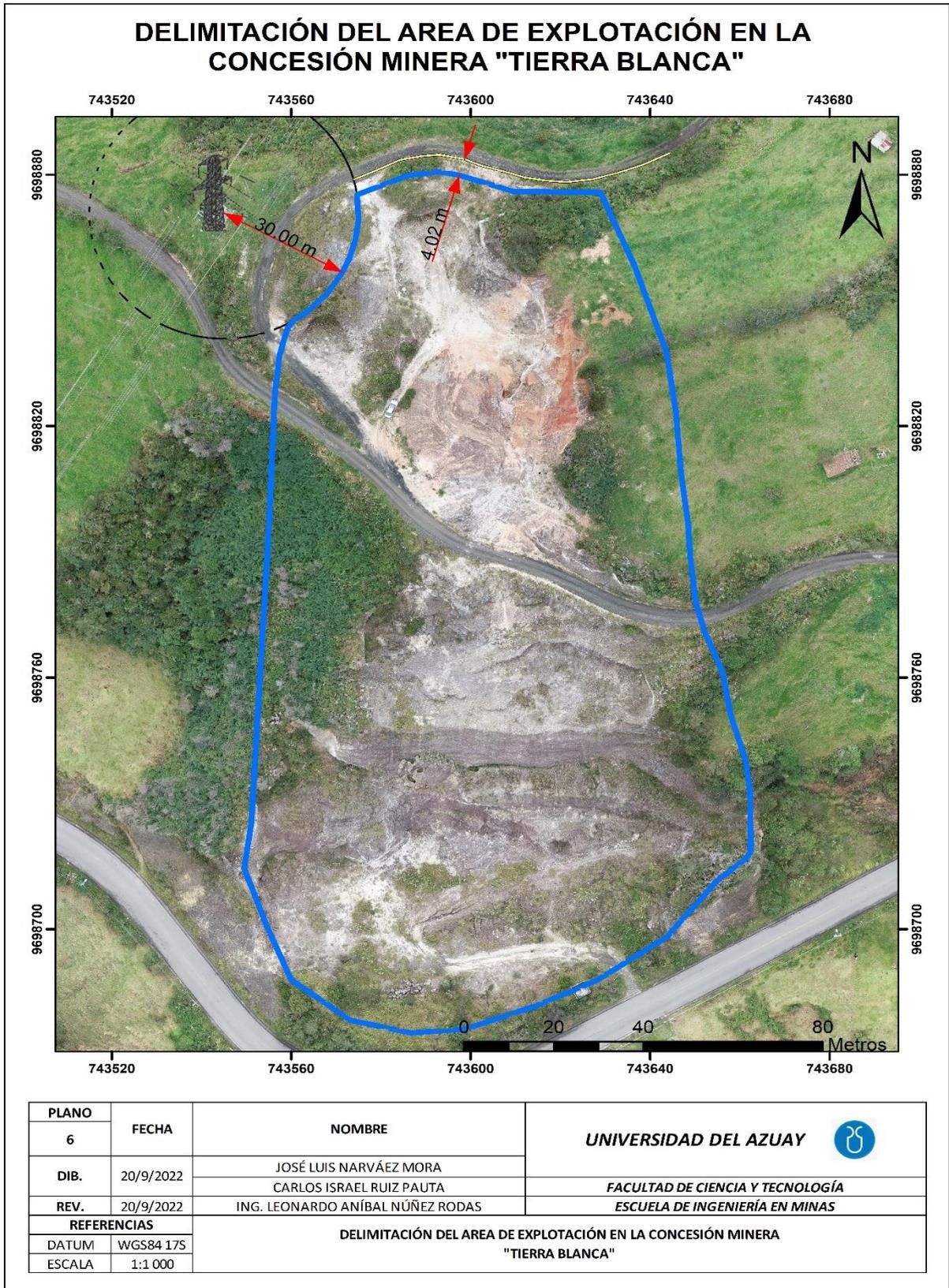
Anexo 10. Mapa de isoyetas de precipitación de la parroquia "Luis Cordero".



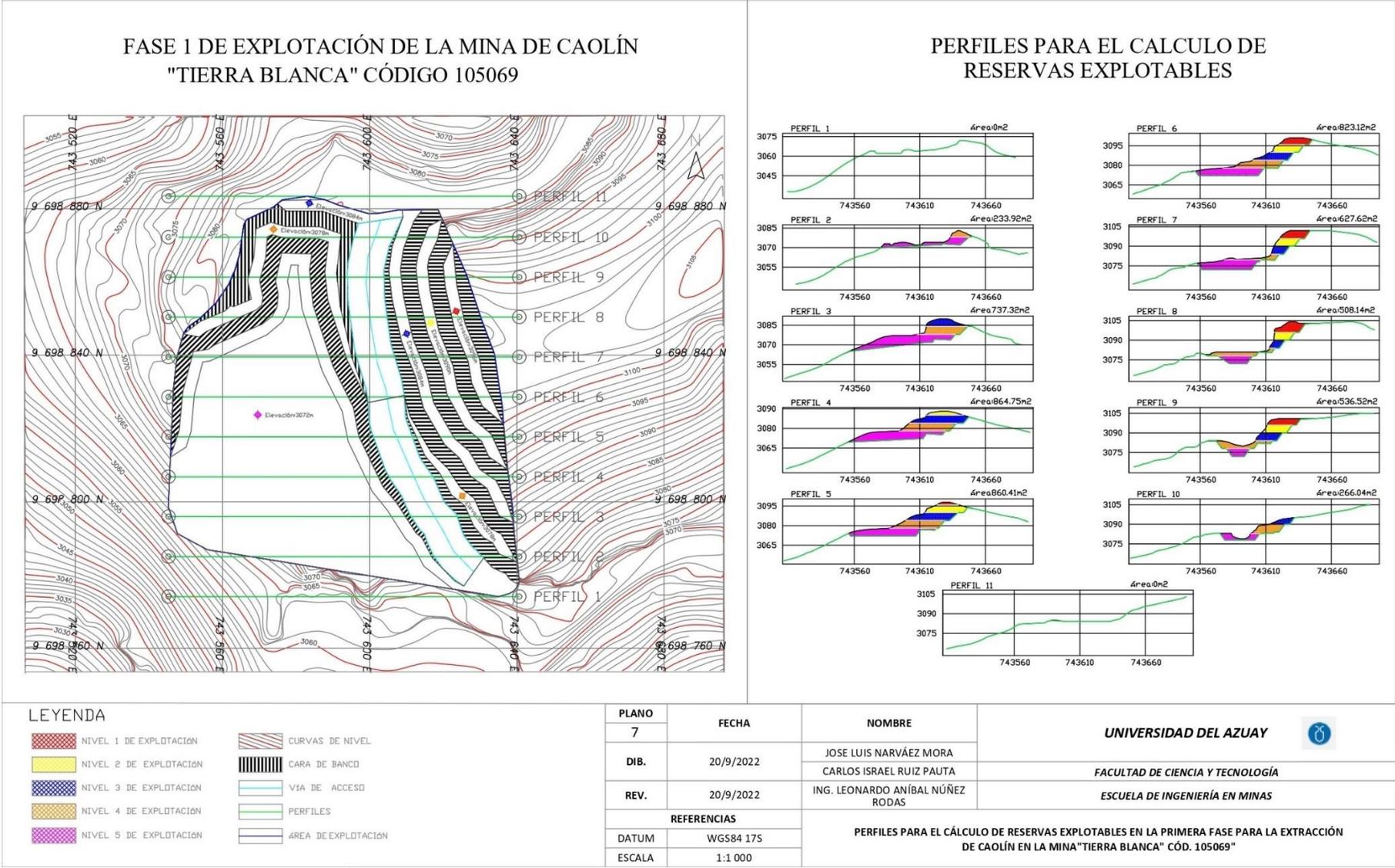
Anexo 11. Mapa topográfico del área minera "Tierra Blanca" Cód. 105069.



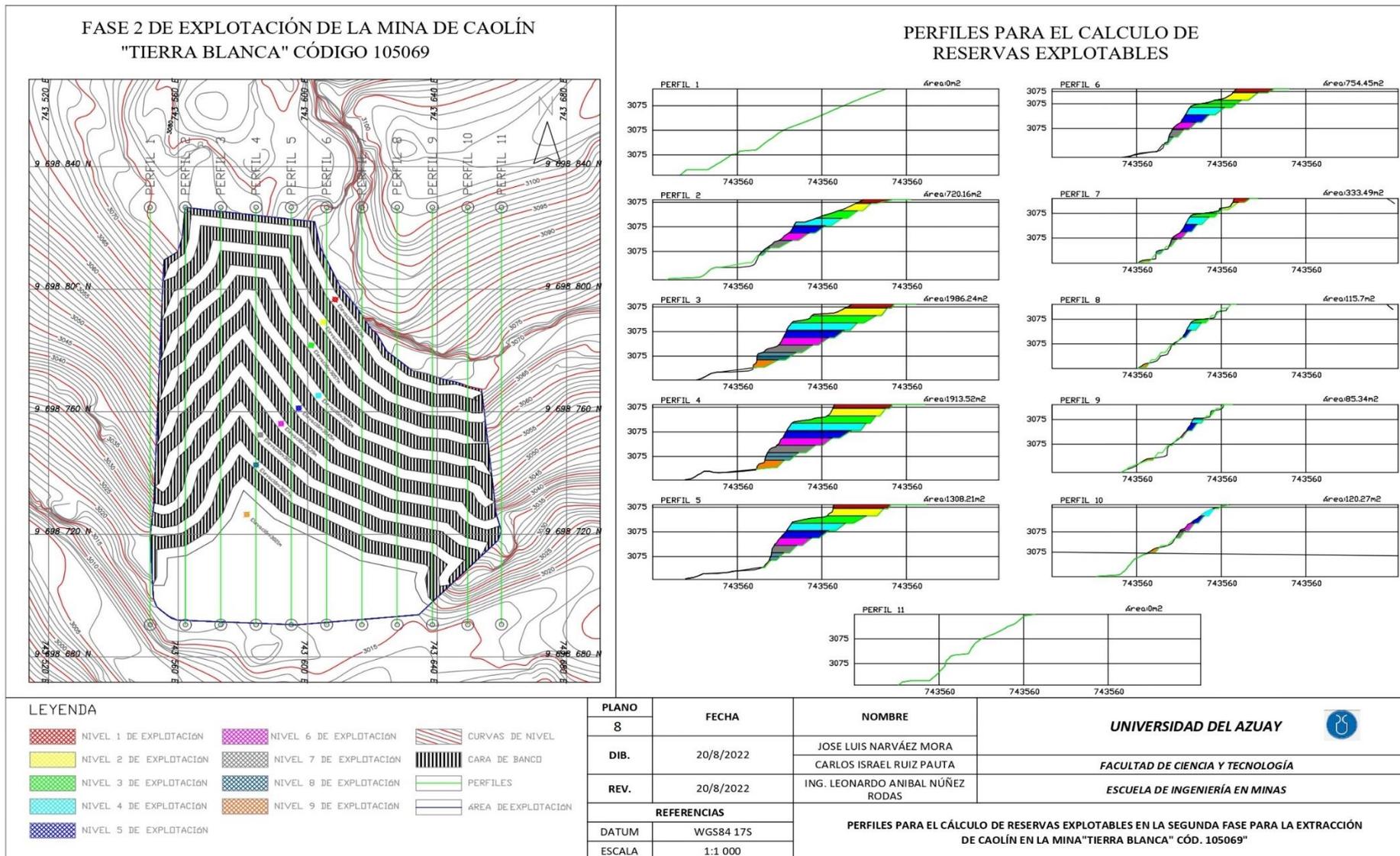
Anexo 12. Delimitación del área que va a ser explotada en la concesión minera "Tierra Blanca".



Anexo 13. Fase 1 de explotación y perfiles utilizados para el cálculo de reservas explotables en el área minera “Tierra Blanca”.



Anexo 14. Fase 2 de explotación y perfiles utilizados para el cálculo de reservas explotables en el área minera “Tierra Blanca”.



Anexo 15. Matriz IPER.

ACTIVIDAD	MATRIZ DE IDENTIFICACION DE PELIGROS Y EVALUACION DE RIESGOS						ADMISITRACION			CLASIFICACION DEL RIESGO LUEGO DE SER ABORDADOS O ADMINISTRADOS LOS RIESGOS		
	FACTOR DE RIESGO	PELIGRO	RIESGO	Probabilidad	Consecuencia	CLASIFICACION DEL RIESGO	¿Se puede implementar procesos de ingeniería o aislamiento?	¿ Como se puede administrar el riesgo?	¿Qué equipo de protección debe ser utilizado o administrado ?	Probabilidad	Consecuencia	CLASIFICACION DEL RIESGO
Arranque del material	FISICO	Localización de personas alrededor de la zona de arranque	Aplastamiento o atropellamiento	Media	Muy grave	Riesgo importante	x	Colocación de señalética para zonas específicas	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero	Baja	Grave	Riesgo tolerable
Proceso de carguío del material	FISICO	Ubicación del personal cerca de la zona de carga	Aplastamiento por caída de material u otros	Baja	Grave	Riesgo tolerable	x	Colocación de señalética	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero	Baja	Grave	Riesgo tolerable
Transporte del material	FISICO	Ubicación del personal en el transporte	Arrollamiento por maquinaria	Alta	Muy grave	Riesgo intolerable	x	Colocación de señalética para prohibir el paso y advertir peligros	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero	Baja	Grave	Riesgo tolerable
Movimiento del personal sobre los bancos	FISICO	Alturas elevadas	Caídas de diferentes niveles	Media	Grave	Riesgo moderado	Diseño de explotación que garantice unas bermas que correspondan a las características del proyecto	Colocación de señalética de peligro y advertencia	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero y mascarilla	Media	Grave	Riesgo moderado
Movimiento del personal por el pie de los bancos	FISICO	Desprendimiento de material y alturas elevadas	Derrumbe y aplastamiento	Media	Muy grave	Riesgo importante	Diseño de explotación que garantice la estabilidad de los taludes con un factor de seguridad adecuado para el material a explotar	Colocación de señalética de advertencia al borde de los taludes	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero	Media	Grave	Riesgo moderado
Utilización de maquinaria en actividad	FISICO	Ruido generado por las actividades	Enfermedades y problemas auditivos	Alta	Grave	Riesgo importante	Mantenimiento de maquinaria	Implementación de la señalética para uso obligatorio del equipo de protección necesario y obligatorio	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero, mascarilla y orejeras	Media	Grave	Riesgo moderado
Manejo de maquinaria pesada	FISICO	Mala postura	Problemas físicos y atrofia muscular	Media	Muy grave	Riesgo importante	x	Entrega de implementos para mejorar la postura durante la conducción y tiempos de descanso para trabajadores	Uso de Casco, chaleco reflectante, guantes, botas punta de acero	Baja	Leve	Riesgo menor

Nota: En la presente tabla se omitió las columnas de eliminación o sustitución de actividad, debido a que en minería es inviable para sus procesos