



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

**Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales
de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el
régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce,
cantón Calvas, provincia de Loja**

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial.

AUTOR:

Adrián José Carrión Torres

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines. PhD

Loja - Ecuador

2025

Certificación

Loja, 24 de enero del 2025

Ing. Jimmy Stalin Paladines. PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado al proceso de la elaboración del Trabajo de titulación, denominado: **Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja** , previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de autoría del estudiante **Adrián José Carrión Torres**, con **cédula de identidad Nro. 1104424476**, una vez que el trabajo cumpla con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Jimmy Stalin paladines

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Adrián José Carrión Torres**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1104424476

Fecha: 24 de enero de 2025

Correo electrónico: adrian.carrion@unl.edu.ec

Teléfono: 0991114247

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo **Adrián José Carrión Torres** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticuatro días del mes de enero del dos mil veinticinco, firma el autor.



Firma:

Autor: Adrián José Carrión Torres

Cédula de identidad: 1104424476

Dirección: Calle Lourdes, entre José Joaquín de Olmedo y Bernardo Valdivieso

Teléfono: 0991114247

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de titulación: Ing. Stalin Paladines PhD.

Dedicatoria

A mi abuelita, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, su sabiduría y apoyo constante en cada paso que he dado. Gracias por ser mi guía y fuente de fortaleza en este largo camino. A mi abuelo, quien, aunque ya no está conmigo, siempre vivirá en mi corazón. Sus enseñanzas y valores me han inspirado a esforzarme y a seguir adelante. Este logro es también un homenaje a su memoria y legado.

A mis hermanas Mishell, Erika y Mia Valentina, por su cariño, compañía y por ser mi fuente de motivación. Cada una de ustedes ha sido una parte esencial de mi vida, y les agradezco por siempre creer en mí. Y a mi sobrina, quien llena mis días de alegría y esperanza, eres mi mayor inspiración para seguir construyendo un futuro lleno de amor y dedicación. A todos ustedes, mi familia, les dedico este logro con profundo amor y gratitud. Su apoyo ha sido la base de este sueño hecho realidad

Adrián José Carrión Torres

Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecer a Dios, quien me ha dado la fortaleza, la sabiduría y las bendiciones necesarias para superar cada desafío en este camino. Su guía constante ha sido mi mayor sostén y fuente de esperanza para alcanzar este logro.

A mi familia, por su apoyo incondicional, su amor y su confianza en cada etapa de mi vida. Gracias por ser mi pilar fundamental, por acompañarme en los momentos difíciles y por brindarme la motivación necesaria para superar cada reto. Este logro no habría sido posible sin su constante respaldo y ánimo.

Al ingeniero Stalin Paladines, mi tutor del Trabajo de titulación, por su dedicación, paciencia y orientación durante este proceso. Sus conocimientos y consejos fueron esenciales para la culminación exitosa de este proyecto.

Finalmente, a la Universidad Nacional de Loja, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme como profesional. Este logro representa el esfuerzo compartido y el aprendizaje adquirido en sus aulas, que siempre llevaré conmigo.

Adrián José Carrión Torres

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
1. Título.....	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	7
4.1. Topografía	7
4.1.1. Levantamiento topográfico	7
4.1.2. Instrumentos necesarios para topografía.....	7
4.1.2.1. Estación total.....	8
4.1.2.2. Drones.....	8
4.1.3. Métodos de medición	8
4.1.3.1. Método de triangulación:	8
4.1.3.2. Método de nivelación.	9
4.1.3.3. Fotogrametría.....	9
4.1.3.4. GPS (Sistema de Posicionamiento Global).....	9
4.1.4. Escala	9
4.1.5. Curvas de nivel	9
4.1.5.1. Equidistancia	10
4.2. Geología	10
4.3. Formación geológica	10
4.4. Levantamiento Geológico	10
4.5. Roca.....	11
4.5.1. Rocas Ígneas	11
4.5.2. Rocas Sedimentarias	11
4.5.3. Rocas Metamórficas.....	11

4.6.	Meteorización.....	12
4.7.	Erosión	12
4.8.	Geología Estructural.....	12
4.9.	Estructuras Geológicas	12
4.9.1.	Pliegues.....	13
4.9.2.	Fallas	13
4.9.3.	Diaclasas	15
4.9.4.	Fracturas.....	15
4.10.	Geomorfología.....	15
4.11.	Hidrología.....	16
4.12.	Materiales áridos y pétreos	16
4.12.1.	Clasificación de materiales áridos y pétreos	16
4.13.	Métodos para calcular las reservas de materiales áridos y pétreos.....	17
4.13.1.	Curvas de Nivel o secciones horizontales.....	17
4.13.2.	Cuadrículas o retículas.....	17
4.13.3.	Perfiles transversales	18
4.13.4.	Método de las secciones horizontales	19
4.13.4.1.	Planificación y diseño.....	19
4.13.4.2.	Excavación de las calcatas.....	19
4.13.4.3.	Muestreo de los materiales.....	19
4.13.4.4.	Análisis de laboratorio.....	19
4.13.4.5.	Cálculo de las reservas.....	20
4.14.	Métodos de explotación.....	20
4.14.1.	Método de explotación minera subterránea	20
4.14.2.	Método de explotación minera a cielo abierto	20
4.15.	Selección del método de explotación	21
4.16.	Sistemas de explotación.....	21
4.16.1.	Sistema totalmente discontinuo.....	21
4.16.2.	Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la explotación.....	21
4.16.3.	Sistema mixto con trituradora semimóvil dentro de la explotación.....	21
4.16.4.	Sistema continuo con trituradora móvil y arranque discontinuo	21
4.16.5.	Sistema de transporte mixto y arranque continuo	22
4.16.6.	Sistema de arranque y transporte continuos.....	22

4.17.	Selección del sistema de explotación	22
4.17.1.	Metodología para la selección del sistema de explotación.	22
4.18.	Explotaciones para áridos y otros materiales de construcción	24
4.18.1.	Clasificación de los tipos de explotaciones de materiales de construcción ...	24
4.18.1.1.	<i>Tipología de las explotaciones</i>	24
4.18.2.	Cortas.	25
4.18.3.	Descubiertas.	25
4.18.4.	Terrazas.	25
4.18.5.	Canteras	26
4.18.6.	Graveras	26
4.19.	Operaciones de explotación minera.....	27
4.19.1.	Destape	27
4.19.2.	Preparación.....	27
4.19.3.	Explotación.....	27
4.20.	Economía minera	28
4.20.1.	Flujo de caja en minería	28
4.20.1.1.	Ingresos.	28
4.20.1.2.	Costos operativos.	28
4.20.1.3.	Costos de inversión.	28
4.20.1.4.	Costos de cierre y rehabilitación.	29
4.21.	TIR (Tasa Interna de Retorno).....	29
4.22.	VAN (Valor Actual Neto)	29
5.	Metodología.....	30
5.1.	Materiales	30
5.2.	Métodos.....	30
5.2.1.	Método de campo.....	30
5.2.2.	Método analítico	31
5.2.3.	Método descriptivo	31
5.3.	Metodología para el primer objetivo	31
5.3.1.	Recolección y Análisis de información preliminar.....	31
5.3.2.	Levantamiento topográfico	31
5.3.2.1.	Fase previa al trabajo de campo.	31
5.3.2.2.	Trabajo de campo.....	32

5.3.2.3.	Trabajo de oficina	34
5.3.3.	Levantamiento Geológico	35
5.3.3.1.	Trabajo de campo	35
5.3.3.2.	Trabajo de oficina	36
5.4.	Metodología para el segundo objetivo	36
5.4.1.	Protocolo de muestreo.....	36
5.4.2.	Calidad de los materiales	37
5.4.3.	Cálculo de reservas	37
5.5.	Metodología para el tercer objetivo	38
5.5.1.1.	<i>Análisis económico del sistema de explotación</i>	40
5.5.1.2.	<i>Análisis de impactos ambientales</i>	40
5.6.	5Información General del área minera.....	41
5.6.1.	Geomorfología	41
5.6.2.	Hidrología	41
5.6.3.	Clima.....	41
5.6.4.	Sísmica.....	43
6.	Resultados	44
6.1.	Datos generales del Área minera.....	44
6.2.	Descripción del área de estudio.....	44
6.2.1.	Ubicación	44
6.2.2.	Acceso.....	46
6.3.	Topografía	46
6.4.	Geología	49
6.4.1.	Geología regional.....	49
6.4.2.	Geología Local.....	52
6.5.	Calidad de material y reservas	56
6.5.1.	Calidad de material	56
6.5.1.	Resultados de los ensayos.....	56
6.5.2.	Cálculo de reservas	58
6.6.	Descripción de procesos y actividades en el área minera.	66
6.6.1.	Esquema de Producción.....	66
6.6.2.	Actividades en el área minera	67
6.6.2.1.	Arranque o Extracción.....	67

6.6.2.2.	Carga	67
6.6.2.3.	Almacenamiento	68
6.6.3.	Análisis técnico del método actual	69
6.7.	Sistema de explotación del área minera “Jesús del Gran Poder” para la correcta explotación de materiales de construcción.	70
6.7.1.	Caracterización del yacimiento.....	70
6.7.2.	Selección de método de Explotación.	72
6.7.3.	Selección del Sistema de Explotación	73
6.7.3.1.	Cortas.	73
6.7.3.2.	Descubiertas.....	74
6.7.3.3.	Canteras.	74
6.7.4.	Análisis Multicriterio entre los sistemas de Explotación.....	75
6.7.5.	Destape.....	76
6.7.6.	Preparación	81
6.7.6.1.	Zona De Recreación.....	81
6.7.6.2.	Zona De Descanso	82
6.7.6.3.	Vías.....	83
6.7.6.4.	Zona De Taller.....	85
6.7.6.5.	Zona De Desechos	86
6.7.6.6.	Zona De Combustibles.....	87
6.7.6.7.	Zona de Stock	88
6.7.6.8.	Zona de Chatarra.....	89
6.7.7.	Arranque y carga.....	92
6.7.7.1.	Análisis del rendimiento de maquinaria	92
6.7.8.	Transporte	94
6.7.9.	Cálculo De Parámetros Minero – Geométricos	96
6.7.10.	Estabilización de los bancos de la cantera	98
6.7.11.	Escombrera.....	100
6.7.12.	Ciclo de trabajo del sistema propuesto.....	100
6.7.13.	Señalética	101
6.7.14.	Análisis Ambiental del Sistema de Explotación Propuesto	103
6.7.15.	Cierre de mina	106
6.7.16.	Costo económico del proyecto	106
7.	Discusión.....	112



8. Conclusiones.....	114
9. Recomendaciones.....	116
10. Bibliografía	117
11. Anexos	121

Índice de tablas:

Tabla 1. Materiales de campo y gabinete.....	30
Tabla 2. Características DRONE DJI PHANTOM 4 RTK.....	32
Tabla 3. Punto de estación base	33
Tabla 4. Puntos de control establecidos en campo.....	33
Tabla 5. Puntos de afloramientos.....	35
Tabla 6. Puntos de toma de muestra para ensayos de calidad del material.....	36
Tabla 7. Coordenadas de estaciones meteorológicas.....	42
Tabla 8: Datos precipitaciones anuales. Año 2003-2013.....	42
Tabla 9. Datos temperatura anual. Año 2003-2013.....	43
Tabla 10. Datos Generales área minera: Jesús del gran Poder.....	44
Tabla 11. Coordenadas del sector a estudiar	44
Tabla 12. Resultados del ensayo del material explotado en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	56
Tabla 13. Comprobación de los ensayos del laboratorio respecto al cap. 400, sección 402 de las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes en Ecuador	57
Tabla 14. Resultados del volumen del material (m3) por el método de los perfiles en el área minera "Jesús del Gran Poder"	60
Tabla 15. Volumen de reservas (m3) en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	62
Tabla 16. Volumen de reservas a través de análisis geométrico computarizado (M.D.T).	65
Tabla 17. Maquinaria utilizada para el arranque del material en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	67
Tabla 18. Maquinaria utilizada de carga en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	68
Tabla 19. Costos del personal en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	69
Tabla 20. Costos de maquinaria en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	69
Tabla 21. Insumos de repuesto en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	69
Tabla 22. Costos de combustibles en el área minera "Jesús del Gran Poder".....	70
Tabla 23. Características técnicas del yacimiento.....	70
Tabla 24. Análisis multicriterio.....	75
Tabla 25. Actividades en la etapa de Destape.....	78
Tabla 26. Costos para actividad de desbroce	78
Tabla 27. Infraestructuras del área de estudio.....	81
Tabla 28. Costos de construcción cancha deportiva	82
Tabla 29. Costos de construcción de zona de descanso	82
Tabla 30. Costos de Construcción Taller	85
Tabla 31. Costos de Construcción zona de desechos.....	87
Tabla 32. Costos de Construcción de Zona de Combustibles.....	88
Tabla 33. Costos de construcción de zona de stock	88
Tabla 34. Costos de Construcción Zona de Chatarra.....	89
Tabla 35. Actividades en la etapa de Preparación.....	90
Tabla 36. Factor de eficacia del cucharón.....	92
Tabla 37. Coeficiente de transformación según el material	92
Tabla 38. Tiempo de duración del ciclo en segundos	92
Tabla 39. Rendimiento retroexcavadora Caterpillar 420F2.....	95



Tabla 40. Ciclos de trabajo.....	95
Tabla 41. Promedio de ciclos de trabajo	96
Tabla 42. Ciclo de trabajo del sistema propuesto	100
Tabla 43. Comparación de cálculo de producción	101
Tabla 44. Señalética a implementar en el área minera.....	102
Tabla 45. Identificación de Impactos Ambientales	103
Tabla 46. Cálculo del Capex del proyecto minero	106
Tabla 47. Cálculo del Opex del proyecto minero	107
Tabla 48. Flujo de caja del nuevo sistema de explotación	108

Índice de figuras:

Figura 1 Clasificación según la forma de los pliegues.....	13
Figura 2. Falla normal.....	14
Figura 3. Falla Inversa	14
Figura 4. Clasificación de materiales áridos y pétreos	16
Figura 5. Curvas de nivel	17
Figura 6. Vista en perspectiva de la retícula.	18
Figura 7. Perfiles transversales con líneas de paso.	18
Figura 8. Identificación y toma de puntos de control.	33
Figura 9. Toma y codificación de muestras para ensayos de calidad del material.	37
Figura 10. Ubicación del área minera “Jesús del Gran Poder”	45
Figura 11. Acceso cantón Calvas vía terrestre.	46
Figura 12. Topografía del Área Minera “Jesús del Gran Poder”	47
Figura 13. Perfil topográfico A – A' del Área Minera “Jesús del Gran Poder”	48
Figura 14. Perfil topográfico B – B' del Área Minera “Jesús del Gran Poder”	49
Figura 15. Geología Regional Área minera “Jesús del gran Poder”	51
Figura 16. Lavas andesíticas presentes en el Área Minera “Jesús del Gran Poder”.	52
Figura 17. Material areno, limo, arcilloso presente en el Área Minera “Jesús del Gran Poder”.	53
Figura 18. Geología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”	54
Figura 19. Corte Geológico A- A' del Área Minera “Jesús del Gran Poder”	55
Figura 20. Corte Geológico B- B' del Área Minera “Jesús del Gran Poder”	55
Figura 21. Perfiles empleados para cálculo de material en el Área minera “Jesús del gran Poder”	59
Figura 22. Área a intervenir dentro de la zona minera “Jesús del gran Poder”	61
Figura 23. Corte perfil 1 del Área minera “Jesús del gran Poder”	62
Figura 24. Corte perfil 2 del Área minera “Jesús del gran Poder”	63
Figura 25. Corte perfil 3 del Área minera “Jesús del gran Poder”	63
Figura 26. Corte perfil 4 del Área minera “Jesús del gran Poder”	63
Figura 27. Corte perfil 5 del Área minera “Jesús del gran Poder”	64
Figura 28. Corte perfil 6 del Área minera “Jesús del gran Poder”	64
Figura 29. Corte perfil 7 del Área minera “Jesús del gran Poder”	64
Figura 30. Esquema del sistema de explotación actual en el Área minera “Jesús del gran Poder”	66
Figura 31. Almacenamiento de materiales del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.	68
Figura 32. Modelado del área de estudio	72
Figura 33. Zona de almacenamiento de material de destape	77
Figura 34. Plano de destape del área minera “Jesús Del Gran Poder”	80
Figura 35. Diseño de vías del área de estudio.....	84
Figura 36. Plano de preparación del área minera.....	91
Figura 37. Diseño de cantera	98
Figura 38. Factor de seguridad por Bishop y Janbu.....	99
Figura 39. Valor pendiente a recuperar o ganancia	111

Índice de anexos

Anexo 1. Fichas de afloramientos.....	121
Anexo 2. Ensayos de laboratorio	133
Anexo 3. Geomorfología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 4. Hidrología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 5. Isoyetas del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 6. Isotermas del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 7. Topografía del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 8. Afloramientos del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 9. Geología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 10. Plano de destape del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 11. Plano de preparación del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	139
Anexo 12. Plano de recreación y zona de descanso del “Jesús del Gran Poder”.....	149
Anexo 13. Plano de Taller “Jesús del Gran Poder”.....	150
Anexo 14. Plano de desechos del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	151
Anexo 15. Plano de combustibles del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	152
Anexo 16. Plano de zona de stock del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	153
Anexo 17. Plano de zona de chatarra del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.....	154
Anexo 18. Certificado de traducción de resumen.....	155



1. Título

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "

2. Resumen

Este estudio presenta un diseño de explotación enfocado en la extracción de materiales de construcción en la concesión minera "Jesús del Gran Poder", situada en el cantón Calvas, provincia de Loja, y operada bajo las normativas de pequeña minería. A través del estudio de sus condiciones geológicas y topográficas, que abarcan un área de aproximadamente 104,520.673 m² con pendientes pronunciadas (de entre el 22.8% y el 24.2%) y altitudes que oscilan entre 1610.7 y 1701 m s.n.m., se identificaron factores críticos para el diseño y la planificación del proyecto. Estas características exigen un enfoque de explotación ajustado para maximizar el rendimiento y asegurar la sostenibilidad del proyecto en el largo plazo.

El levantamiento geológico permitió reconocer dos unidades principales en el área: la Unidad El Fundo (Plioceno) y la Unidad Changaimina (Cretácico Superior), compuestas por lavas andesíticas y depósitos de flujo de lodo. Posteriormente, se realizaron ensayos de laboratorio en muestras representativas, evaluando la abrasión, granulometría, CBR y Proctor Standart, en conformidad con las normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE). Los resultados confirmaron la idoneidad de los materiales para su uso en construcción.

Las reservas de material se estimaron mediante el método de perfiles, resultando en un volumen total de 2,787,380.403 m³, clasificado en reservas probadas (1,114,952.161 m³), probables (1,672,428.242 m³) y posibles, con el fin de definir zonas óptimas de intervención. A partir de las características del yacimiento, se identificó que la explotación a cielo abierto es el método más adecuado, implementado bajo un esquema de "Excavación descendente y abandono del talud en bancos finales", lo cual optimiza tanto la seguridad como la eficiencia en terrenos de alta pendiente.

El diseño sugerido incrementa la capacidad de producción diaria de 155 m³/día a 420.70 m³/día, mediante un aumento en los ciclos de operación y en las horas de trabajo diario. Este esquema proyecta una rentabilidad positiva a partir del cuarto mes, respaldada por la demanda de materiales en el cantón Calvas. Los resultados de esta investigación reflejan un alto potencial de sostenibilidad y viabilidad económica, contribuyendo al desarrollo regional mediante una explotación responsable y controlada

Palabras Clave: *Explotación minera, sostenibilidad, geología, materiales de construcción, minería responsable*

Abstract

This study presents a mining exploitation design focused on extracting construction materials from the "Jesús del Gran Poder" concession, located in Calvas canton, Loja province, and operated under small-scale mining regulations. By analyzing the geological and topographical conditions of the area—spanning approximately 104,520.673 m² with steep slopes (ranging from 22.8% to 24.2%) and elevations between 1610.7 and 1701 meters above sea level—critical factors for project design and planning were identified. These characteristics necessitate an exploitation approach tailored to maximize performance and ensure long-term sustainability.

The geological survey identified two main units within the area: the El Fundo Unit (Pliocene) and the Changaimina Unit (Upper Cretaceous), consisting of andesitic lavas and mudflow deposits. Subsequently, laboratory tests were conducted on representative samples, evaluating abrasion, granulometry, California Bearing Ratio (CBR), and Standard Proctor tests, in compliance with the Ministry of Transportation and Public Works (MTO) standards. The results confirmed the suitability of the materials for construction purposes.

Material reserves were estimated using the cross-section method, yielding a total volume of 2,787,380.403 m³, classified into proven reserves (1,114,952.161 m³), probable reserves (1,672,428.242 m³), and possible reserves, which allowed for the definition of optimal intervention zones. Based on the deposit's characteristics, open-pit mining was identified as the most appropriate method, implemented under a "Descending excavation and abandonment of the slope in final benches" scheme, optimizing both safety and efficiency in steep terrain.

The proposed design increases the daily production capacity from 155 m³/day to 420.70 m³/day by expanding operational cycles and daily working hours. This scheme projects positive profitability from the fourth month onward, supported by the demand for materials in Calvas canton. The findings of this research demonstrate high potential for sustainability and economic feasibility, contributing to regional development through responsible and controlled exploitation.

Key Words: *Mining exploitation, sustainability, geology, construction materials, responsible mining*

3. Introducción

El crecimiento poblacional a nivel mundial es inapelable con el transcurrir de los años, surgiendo nuevas necesidades y demandas en el sector de la construcción que se deben satisfacer por el incremento de su demanda. Siendo la economía de nuestro país la que más se vio azotada en este ámbito debido a la inestabilidad económica de la pandemia en el año 2020 (Lozano, 2022). En el confinamiento no se generaron obras de construcción, dejando como consecuencia en el ámbito microeconómico el cierre de operaciones de muchas pequeñas y medianas empresas mineras encargadas de la producción de materiales de construcción, resultando ser uno de los sectores productivos más perjudicados. Al ser este sector elemental puesto que emplea mano de obra calificada y no calificada.

En nuestro país, el comercio de materiales de construcción en 2021 fue la actividad que más generó ingresos. Según El Banco Central del Ecuador durante los seis primeros meses de este año, las empresas dedicadas al “comercio de insumos para la construcción” representaron el 39,2% del total de los ingresos generados al interior de la cadena productiva de la construcción (Zabala & Guamán, 2022). En este contexto, es imprescindible influir positivamente en el progreso del país a través de la explotación tecnológica de los recursos áridos y pétreos de forma integral, considerando la demanda existente de este recurso como materia prima para las distintas obras que se requiere en nuestro país como son las de infraestructura vial; al ser los materiales áridos y pétreos los componentes principales a emplearse.

La provincia de Loja presenta una gran potencialidad hacia la actividad minera dada por la existencia de una gran variedad de yacimientos de minerales metálicos y no metálicos, siendo la minería no metálica la que representa el mayor potencial. Sin embargo, esta actividad no cuenta con asistencia técnica para la realización de sus labores (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2019). Por lo tanto, en el desarrollo y aprovechamiento de los minerales en la industria de la construcción, se deben tomar en cuenta varios factores, que permitan realizar actividades productivas sostenibles que no generen riesgos ambientales ni sociales, permitiendo así una mirada racional e integral a la gestión de la minería.

Con la finalidad de dinamizar la economía de la provincia es necesario contar con un sistema vial en buenas condiciones, que permita la interconexión de las poblaciones, zonas productivas, sin embargo, los actuales presupuestos son insuficientes para cubrir la gran

demanda del territorio, en vista de que la vialidad rural cuenta con 4723.66 Km de vías rurales que necesitan ser intervenidas con eficiencia y eficacia.(CONGOPE, 2019).

Existiendo así en el cantón Calvas una vialidad de 569.68 km, donde el 88.18% de la vialidad rural está considerado como vías de segundo y tercer orden; clasificadas como vías de asfalto con el 11.33%, vías lastradas con el 8.95, senderos con el 29.95%. Afectando a sus habitantes debido a la dificultad de transporte para desarrollar sus actividades diarias (PDOT CALVAS, 2021). Por lo que en función de esta información se puede constatar que menos de la mitad de toda la vialidad del cantón Calvas no se encuentra en óptimas condiciones, sin contar que el 8.0% del total de las localidades están actualmente incomunicadas, debido a la ausencia de vías de calidad, por lo cual es necesario contar con sistemas óptimos, tecnologías y métodos modernos para aprovechar los materiales de construcción, garantizando de esta forma un alto rendimiento, mejorando las condiciones económicas y contribuyendo al desarrollo de la población Cálvense.

En la mayoría de las minas, canteras, cauces y terrazas aluviales, donde se extraen materiales de construcción en el cantón Calvas, los métodos de minería y procesos antitécnicos ya implantados provocan pérdidas de hasta el 50% de los recursos (PDOT CALVAS, 2021). Esto se debe a la falta de tecnología y sistemas de explotación antitécnicos, lo que conduce a un uso inadecuado de los materiales, creando una viabilidad no rentable a largo plazo que es perjudicial para el cantón Calvas, al existir una relación directa con la demanda de materiales de construcción y un aprovechamiento inadecuado de este recurso. Por tanto, se ve en la necesidad de contar con sistemas de explotación que permitan un aprovechamiento adecuado con estándares de calidad elevados, al ser los materiales de construcción las materias primas esenciales en la ingeniería, construcción de obras y vías.

Los materiales de construcción a lo largo del tiempo han rescatado un rol fundamental en la sociedad, a consecuencia de ello se logra todo tipo de construcción de obras de distinto tipo y carácter, como viales, hidráulicas, edificaciones sociales, industriales y viviendas.(Betancourt, 2017). De tal modo que un sistema de explotación de forma técnica incide en el aprovechamiento sostenible y adecuado de los recursos mineros áridos y pétreos, al utilizarse en la ejecución de edificaciones, obras de construcción e ingeniería, contribuyendo al desarrollo económico y productivo del cantón Calvas.

Por las razones antes mencionadas, el diseño del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera “Jesús del Gran Poder” es imprescindible tomando en cuenta la necesidad de un aprovechamiento óptimo y adecuado de los materiales de construcción, partiendo de un proyecto que esté en correspondencia con las funciones previstas y realizarse de acuerdo con las tecnologías y técnicas disponibles, en donde exista un sistema óptimo para su correcto aprovechamiento, garantizado su tiempo de vida útil y la cantidad de material a explotar. Evitando la minería antitécnica, la contaminación ambiental y asegurando la explotación integral de reservas con un aprovechamiento técnico y sostenible para las cuales se cuenta con el conocimiento técnico, acceso, tiempo, información y los recursos financieros necesarios para dar cumplimiento al presente proyecto investigativo. Para la obtención de esta información se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo General

- ✓ Diseñar un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, provincia de Loja, cantón Calvas, sector Agua Dulce"

Objetivos Específicos

- ✓ Especificar las características geológicas en el área minera “Jesús del Gran Poder” a partir del levantamiento topográfico a escala detallada.
- ✓ Estimar las reservas de material de construcción en el área minera "Jesús del Gran Poder".
- ✓ Proponer un diseño óptimo al sistema de explotación del área minera “Jesús del Gran Poder” para la correcta explotación de materiales de construcción.

4. Marco Teórico

4.1. Topografía

Según FUENTES (2012), la topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de una porción relativamente pequeña de la tierra, si estamos hablando del campo o naturaleza entonces tenemos una representación de la superficie terrestre, si estamos hablando del ámbito urbano, tenemos que la representación está compuesta de muros, edificios, calles, carreteras entre otras. El trabajo topográfico consta de dos actividades, puede ser la medición de puntos de un terreno y mediante trabajo de gabinete llevar los datos a un plano o por el camino inverso, desde un proyecto ubicar los puntos sobre el terreno

4.1.1. Levantamiento topográfico

En los métodos topográficos de medición en terreno no se considera la verdadera forma de la Tierra, solo se utilizan modelos aproximados a la realidad, entre las prescindencias esta se considera plana, la dirección de la plomada entre dos puntos sería paralela y los trabajos se desarrollan en extensiones relativamente pequeñas. Las actividades topográficas se pueden clasificar en: el levantamiento, el replanteo y el control (Rincón et al., 2019).

Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye:

- Selección del método de levantamiento.
- Elección del equipo a utilizar.
- Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo.
- Realización de mediciones en terreno.
- Cálculo y procesamiento de datos.
- Elaboración de planos.

4.1.2. Instrumentos necesarios para topografía

Existen varios instrumentos utilizados en topografía para realizar mediciones precisas y recopilar datos en el terreno. Estos instrumentos pueden variar según el tipo de levantamiento topográfico y los requisitos del proyecto. A continuación, se enumeran algunos de los instrumentos comunes utilizados en topografía:

4.1.2.1. Estación total.

Es un equipo topográfico electro-óptico, con pantalla alfanumérica LCD, que integra un teodolito óptico y un distanciómetro, puede hacer cálculo de coordenadas, replantear puntos, obtener promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias, corrección electrónica de distancias por constantes de prisma, presión atmosférica, temperatura y correcciones por curvatura y refracción terrestre. Incluye una computadora que registra mediciones y datos en diversos programas los que posteriormente se pueden transferir a un dispositivo. Se distinguen sus modelos, según su tecnología como estación total manual, estación robotizada, estación total con GPS (CIENTEC. S.A., 2021).

4.1.2.2. Drones.

La topografía mediante el uso de nuevas tecnologías geomáticas como drones para la captura, procesamiento y visualización de datos tridimensionales son de gran importancia en el campo de la geología, ya que permite analizar información y parámetros contenidos en afloramientos y formas del terreno (Fernández y Gutiérrez, 2016).

Los vehículos aéreos no tripulados brindan una alternativa en el campo de la topografía, ya que es posible aumentar la productividad, la extensión del terreno con menor costo y tiempo (Villareal, 2015).

4.1.3. Métodos de medición

Existen varios métodos de medición utilizados en topografía, y diferentes autores han propuesto distintas técnicas y enfoques a lo largo del tiempo. A continuación, se describen algunos de los métodos de medición comunes en topografía según algunos autores:

4.1.3.1. Método de triangulación:

Consiste en medir los ángulos y las distancias entre puntos de referencia utilizando estaciones totales o teodolitos. Se determina las coordenadas a partir de puntos distribuidos en triángulos a partir de dos conocidos.(ETSII, 2008a)

4.1.3.2. Método de nivelación.

Es utilizado para determinar las diferencias de altura entre diferentes puntos del terreno. Se utiliza un nivel o un nivel automático para medir la diferencia de altura entre una referencia conocida y los puntos a medir. (ETSII, 2008b)

4.1.3.3. Fotogrametría

La fotogrametría se basa en la utilización de fotografías aéreas o terrestres para medir distancias y elevaciones. Se utilizan técnicas de triangulación y análisis de imágenes para determinar las coordenadas tridimensionales de los puntos en el terreno.(Braulio, 2005)

4.1.3.4. GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

El GPS se ha convertido en una herramienta común en la topografía moderna. Utilizando señales de satélite, se pueden determinar las coordenadas geográficas de los puntos en el terreno con alta precisión. (Wolf y Ghilani Charles, 2016)

4.1.4. Escala

La escala en topografía se refiere a la relación entre las dimensiones reales en el terreno y las representadas en un mapa. Diferentes autores y estándares pueden proporcionar diferentes escalas recomendadas para distintos tipos de levantamientos topográficos.

American Society of Civil Engineers (ASCE) sugiere escalas de 1:500 a 1:5,000 para levantamientos topográficos generales, dependiendo de la complejidad y el tamaño del área a cubrir. Para proyectos de ingeniería civil y construcción, se pueden utilizar escalas más detalladas, como 1:100 a 1:2,000.

4.1.5. Curvas de nivel

Según el Manual de la Federación Internacional de Geómetras (FIG, 2017): "Las curvas de nivel son líneas imaginarias que unen puntos del terreno que tienen la misma elevación. Estas líneas se dibujan de manera regular y suave, y se utilizan para representar las características del terreno, como los relieves, las depresiones y las pendientes. Las curvas de nivel son una herramienta fundamental en la interpretación y análisis de la topografía de un área

4.1.5.1. Equidistancia

Este término hace referencia a la distancia vertical o de elevación entre las curvas de nivel en un mapa topográfico. Es la separación constante en términos de elevación entre dos curvas de nivel consecutivas. La equidistancia es un factor importante a considerar al representar la forma del terreno y las variaciones de altitud en un mapa topográfico.

Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE): La ASCE sugiere que la equidistancia debe seleccionarse de manera que las curvas de nivel se representen de manera clara y legible en relación con la escala del mapa. Se recomienda utilizar una equidistancia que permita mostrar las características esenciales del terreno sin que las curvas se superpongan o se vuelvan confusas.

4.2. Geología

La geología es la ciencia que estudia la composición del planeta Tierra, su estructura y formación, también llamada ciencias geológicas, dado que en su seno se imparten diversas geociencias diversos aspectos del planeta. Por ejemplo, pueden estudiar su composición, o los procesos que en su interior tienen lugar, como las placas tectónicas o la formación del relieve (Salazar, 1999).

4.3. Formación geológica

Una formación geológica es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por sus propiedades litológicas comunes que las diferencian de las adyacentes. Pueden asociarse en mayores, (grupos), subdividirse (miembros) o diferenciarse unidades menos significativas (capas) (Ortiz, 2017).

4.4. Levantamiento Geológico

Es la toma de datos geológicos que se realiza en campo para la representación sobre un mapa topográfico de los diferentes tipos de unidades geológicas que afloran en la superficie terrestre, así como de sus respectivos contactos (Delgado et al., 2010).

4.5.Roca

Una roca se define como una asociación inorgánica de uno o varios minerales originados en forma natural por procesos geológicos endógenos o exógenos. Según su origen se clasifican en 3 tipos: las rocas ígneas, las rocas sedimentarias y las metamórficas (Bowen, 1956).

4.5.1. *Rocas Ígneas*

Las rocas ígneas se forman por el enfriamiento y la solidificación de material fundido, magma, proveniente del interior de la Tierra. Según el proceso de formación se clasifican en rocas ígneas intrusivas o plutónicas y rocas ígneas efusivas o volcánicas: las rocas ígneas intrusivas o plutónicas, son aquellas que se forman en zonas profundas de la corteza, bajo presiones que no permiten el escape de gases, presentan cristales grandes y bien formados. Las rocas ígneas efusivas o volcánicas se forman a partir del magma que fluye hacia la superficie terrestre a través de zonas de debilidad o que fue expulsado desde un volcán (Williams et al., 1982).

4.5.2. *Rocas Sedimentarias*

Las rocas sedimentarias se pueden formar por la acumulación de sedimentos y partículas, que se forman por la meteorización de otras rocas, ya sean ígneas, metamórficas u otras sedimentarias, o por la acumulación de material de origen biológico, o por la precipitación de sustancias químicas o bioquímicas, o por la combinación de todas las anteriores (Orozco-Centeno et al., 2014).

4.5.3. *Rocas Metamórficas*

Las rocas metamórficas, son aquellas que han sido sometidas a cambios de presión y temperatura, generalmente en profundidades relativamente grandes con respecto a la superficie, y que en estado sólido han tenido cambios en la mineralogía y las estructuras como respuesta a los diferentes cambios físicos y químicos que conllevan los cambios de presión y temperatura (Orozco-Centeno et al., 2014).

4.6.Meteorización

Es el proceso por el cual las rocas y los minerales se descomponen y desintegran en pedazos más pequeños debido a la exposición a los elementos atmosféricos, como el agua, el viento, el calor y el frío. Este proceso puede ser físico o químico, y depende de las condiciones climáticas y geológicas del lugar. La erosión, por su parte, es el proceso por el cual los materiales resultantes de la meteorización son transportados y depositados en otro lugar, ya sea por acción del viento, el agua o el hielo.(Forero et al., 2017)

4.7. Erosión

La erosión es un proceso natural que tiene lugar en la superficie de la Tierra y que consiste en la eliminación y transporte de materiales sólidos, como suelo y rocas, por acción del agua, el viento y el hielo. Este proceso puede ser acelerado por la acción humana, como la deforestación, la construcción de carreteras y la agricultura intensiva. Existen diferentes tipos de erosión, como la erosión hídrica, la erosión eólica y la erosión glacial. Cada tipo de erosión está relacionado con un conjunto específico de factores, como la topografía, el clima y la vegetación.(Marqués, 1996)

4.8.Geología Estructural

Es la rama de la geología la cual se encarga del estudio de la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman. Así mismo estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y estudia la deformación de los materiales en la corteza terrestre, cuyas representaciones más habituales son la formación de pliegues y de fallas. Esta tiene relación directa con la ingeniería geológica, desde el momento en que suministra información y permite interpretar procesos geológicos cotidianos con los que se encuentra la ingeniería en el desarrollo de obras civiles (García, 2012b).

4.9.Estructuras Geológicas

El término estructura geológica hace referencia a la configuración geométrica de las rocas y la geología estructural se ocupa de estudiar dicha configuración cuando las rocas han sufrido alguna deformación. Estructura son los rasgos físico-geométricos mayores que presentan las rocas, sedimentos y suelos. Incluye deformaciones como los pliegues, así como los planos de estratificación, discordancias, diaclasas, fallas, etc. Las estructuras indican las

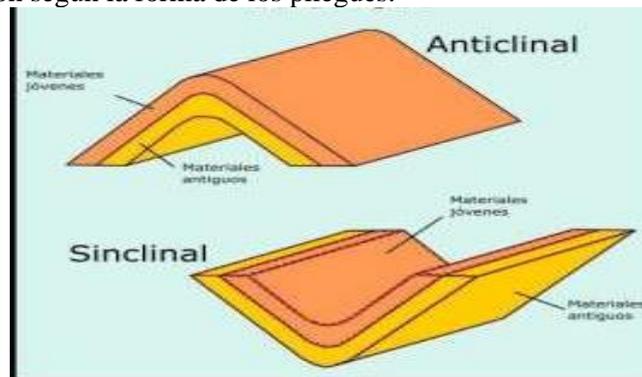
condiciones de formación de las rocas, sedimentos o suelos, así como los cambios físicos posteriores que los han afectado (Fossen, 2010).

4.9.1. *Pliegues.*

Los pliegues son deformaciones los cuales se producen cuando una roca se pliega cuando una superficie de referencia definida antes del plegamiento como plana se transformar en una superficie curva. Las rocas en las que se aprecia el plegamiento con facilidad son las rocas sedimentarias. En las ocas ígneas, cristalinas y de aspecto masivo, resulta más compleja la identificación de pliegues por la escasez de estructuras planares de referencia(García, 2012a)

Pliegues Anticlinales y sinclinales. Un pliegue anticlinal es un pliegue arqueado convexo ascendente con las capas de roca más antigua en su núcleo mientras que un pliegue sinclinal es un pliegue arqueado o cóncavo descendente en el que las capas más jóvenes están en su núcleo.

Figura 1 Clasificación según la forma de los pliegues.



Nota: El grafico representa los tipos de plegamientos tanto sinclinal como anticlinal. Tomado de Maldonado, Y. (2018, January 1). *Fallas geológicas*. <https://geologiaweb.com/geologia-general/fallas-geologicas/>

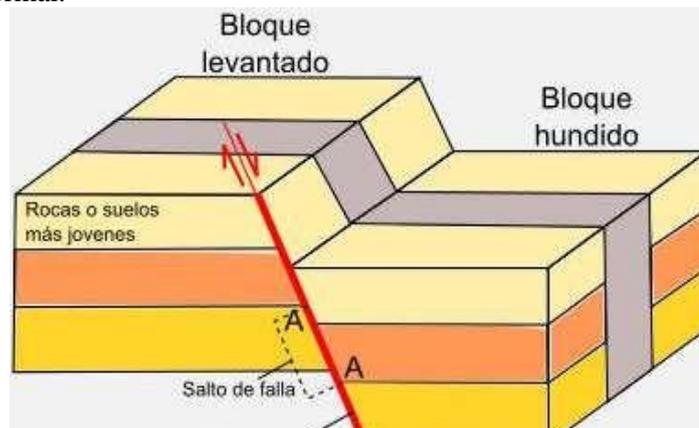
4.9.2. *Fallas*

Se pueden definir las fallas como discontinuidades en rocas a lo largo de las cuales existe un desplazamiento diferencial significativo. Aunque generalmente se han formado durante etapas de deformación frágil, existen todas las transiciones entre fallas frágiles características de rocas situadas en niveles superiores de la corteza, donde el desplazamiento ha tenido lugar a lo largo de un plano de falla bien definido, y zonas de cizalla dúctil, caracterizadas por una deformación importante y rodeadas por rocas que muestran un estado

deformativo menos intenso que el presentado por la zona de cizalla propiamente dicha. (Babín & Gómez, 2010)

Falla Normal. Son aquellas que se forman por la acción de fuerzas de tensión (fuerzas extensivas), es decir que es como que los esfuerzos hacen que la corteza se estire, y se fracture de tal manera que un “bloque” de rocas o suelos se desliza hacia abajo con respecto a otro a través de un plano de falla. (Maldonado, 2018)

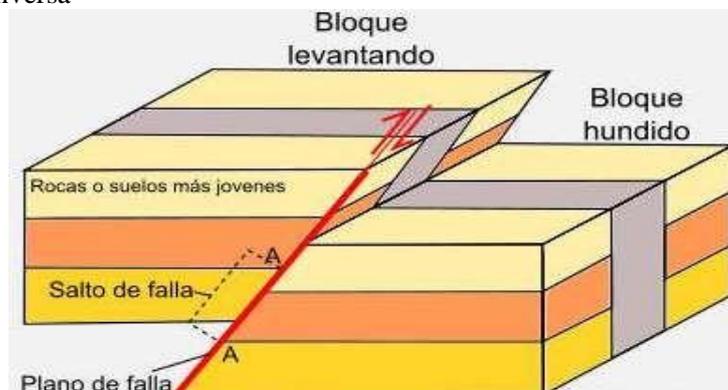
Figura 2. Falla normal.



Nota: El grafico representa las diferentes partes que se representan al momento de darse una falla de tipo normal. Tomado de Maldonado, Y. (2018, January 1). *Fallas geológicas*. <https://geologiaweb.com/geologia-general/fallas-geologicas/>

Falla inversa. Son aquellas que se originan por la acción de esfuerzos compresivos que actúan en la corteza de la tierra, es decir que es como que aquellos esfuerzos hacen que la corteza se comprima y se fracture de tal manera que un “bloque” de rocas se deslice hacia arriba con respecto a otro a través de un plano de falla. (Maldonado, 2018)

Figura 3. Falla Inversa



Nota: El grafico representa las diferentes partes que se representan al momento de darse una falla de tipo inversa. Tomado de Maldonado, Y. (2018, January 1). *Fallas geológicas*. <https://geologiaweb.com/geologia-general/fallas-geologicas/>

4.9.3. Diaclasas

La formación de diaclasas comienza con las microfisura, fracturas microscópicas, pudiendo considerarse de dimensiones no mayor al milímetro, siendo éstas el primer pasó de su formación. Cualquier masa rocosa confinada a condiciones de presión y temperatura, se encuentra bajo un estado de tensiones, donde las microfisuras forman parte del macizo rocoso. Cuando dicho estado de tensión varia, debido a liberación de la presión o disminución de la temperatura, las microfisuras se desarrollan a fisuras de dimensiones mayores al centímetro. Si las tensiones del macizo rocoso se liberan, se tenderá a una expansión, con aumento de volumen donde las fisuras se desarrollan pasando a diaclasas con dimensiones mayores a la décima del metro.

4.9.4. Fracturas

Las fracturas pueden ser generadas por la concentración de esfuerzos en zonas de contraste composicional (contactos de capas, cambio de facies), por pérdida de volumen (compactación), por enfriamiento, durante deformación contraccional o extensional. Pueden ser más abundantes en lugares donde existan heterogeneidades en la roca como: presencia de fósiles, nódulos minerales, en clastos, huecos cársticos, burbujas por gas, ondulaciones en la base de la capa (marcas de ondulaciones y estructuras de carga) entre otros puntos heterogéneos. Las fracturas se distinguen por los movimientos relativos que ocurren a lo largo de la superficie durante su formación (Nelson, 2001)

4.10. Geomorfología

Es la ciencia estudia al relieve terrestre, que es el conjunto de deformaciones de la superficie de la Tierra. La geomorfología es una de las ciencias que estudian el Universo, y la Tierra uno de sus elementos constituyentes, aunque, a la vez, existen otras disciplinas que estudian el planeta en sus partes: los minerales y las rocas, su arquitectura, historia, etc. El relieve terrestre es objeto de estudio de la geografía y la geología, y son las disciplinas de estas ciencias las que apoyan los estudios sobre morfología, origen, edad y dinámica actual del mismo; elementos que, en conjunto, permiten diversos tipos de clasificaciones. (Lugo, 2018)

4.11. Hidrología

Según Linsley, Kohler y Paulhus (1985), la hidrología es la ciencia que trata del agua, su ocurrencia, su circulación, distribución, sus propiedades y su relación con el ambiente y los seres vivos aportando elementos técnicos y científicos que le permitirán conocer adecuadamente el ciclo del agua y realizar estudios y obras para la regulación y ordenamiento de las cuencas hidrográficas.

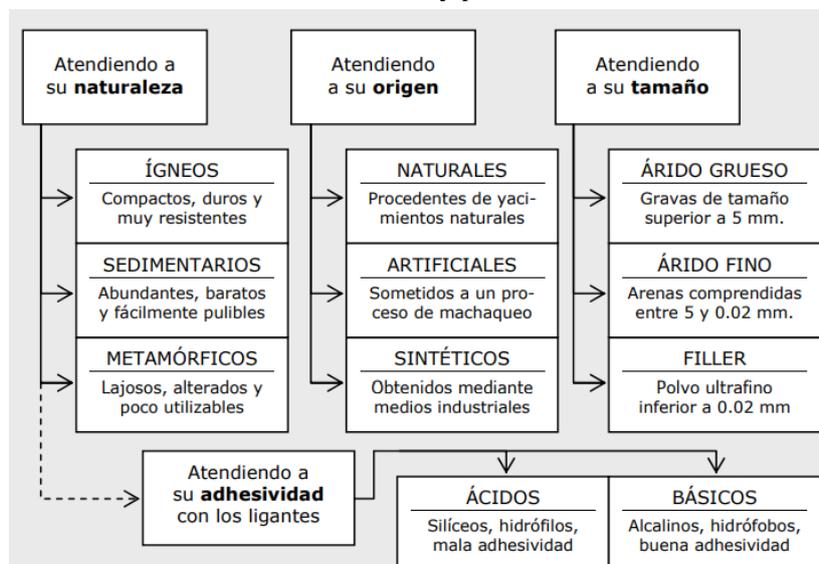
4.12. Materiales áridos y pétreos

Se considera material árido aquel que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas y se caracteriza por su estabilidad química, resistencia mecánica y tamaño; y, se consideran materiales pétreos, los agregados minerales que son suficientemente consistentes y resistentes a agentes atmosféricos, provenientes de macizos rocosos, generalmente magmáticos. Tanto los materiales áridos como los materiales pétreos pueden ser utilizados como materia prima en actividades de construcción. (Bañón y Beviá García, 2000)

4.12.1. Clasificación de materiales áridos y pétreos

Pueden establecerse diferentes criterios de clasificación de los materiales pétreos atendiendo a distintos aspectos, como son su composición mineralógica, su procedencia o el tamaño de sus partículas. (Bañón & Beviá García, 2000)

Figura 4. Clasificación de materiales áridos y pétreos



Nota: El grafico representa los criterios para la clasificación de los diferentes materiales áridos y pétreos de acuerdo a su naturaleza, origen y tamaño. Fuente: (Bañón & Beviá García, 2000)

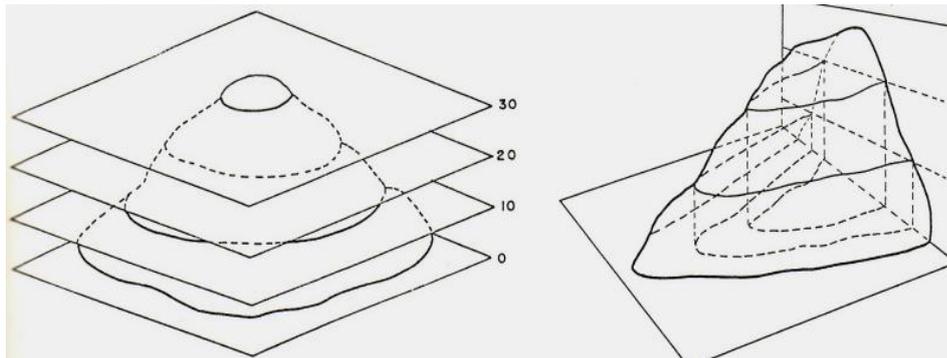
4.13. Métodos para calcular las reservas de materiales áridos y pétreos

El cálculo de material es una de las mediciones primordiales, ya que a partir de esta información se puede establecer el coste de un proyecto.

4.13.1. *Curvas de Nivel o secciones horizontales.*

Si disponemos de un Modelo Digital de Elevaciones una de las formas de representar el relieve es con curvas de nivel. Este método se utiliza para calcular volúmenes aproximados teniendo en cuenta que el volumen que encierran dos curvas de nivel consecutivas se puede asemejar a troncos de cono, por supuesto irregulares. Se opta por utilizar la fórmula de la sección media, en la cual las dos superficies ocupadas por cada curva de nivel, se multiplican la semisuma de estas por la altura del prisma, es decir, la equidistancia de las curvas de nivel (Olivares Belinchón, 2010a).

Figura 5. Curvas de nivel

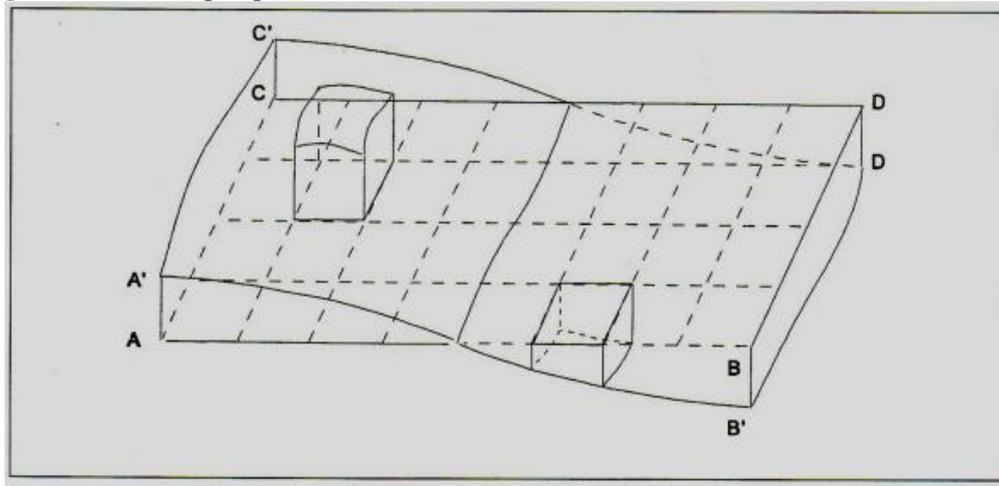


Nota: Representación del relieve a partir de las curvas de nivel. Fuente:(Olivares Belinchón, 2010a)

4.13.2. *Cuadrículas o retículas.*

Este método, utilizado tradicionalmente para calcular movimientos de tierra en abancalamientos del terreno, es el fundamento utilizado por los programas informáticos actuales para el cálculo de volúmenes por métodos directos. Recordemos que partiendo de un plano de curvas de nivel el método consiste en establecer una retícula, normalmente cuadrada, simplificando así el cálculo de volumen total, el cual sería la suma del volumen de cada uno de los prismas generados por cada cuadrícula, tomando como altura de éste la media de las cuatro aristas que lo forman. Estas cotas se pueden obtener interpolando de las curvas de nivel (Olivares Belinchón, 2010c).

Figura 6. Vista en perspectiva de la retícula.

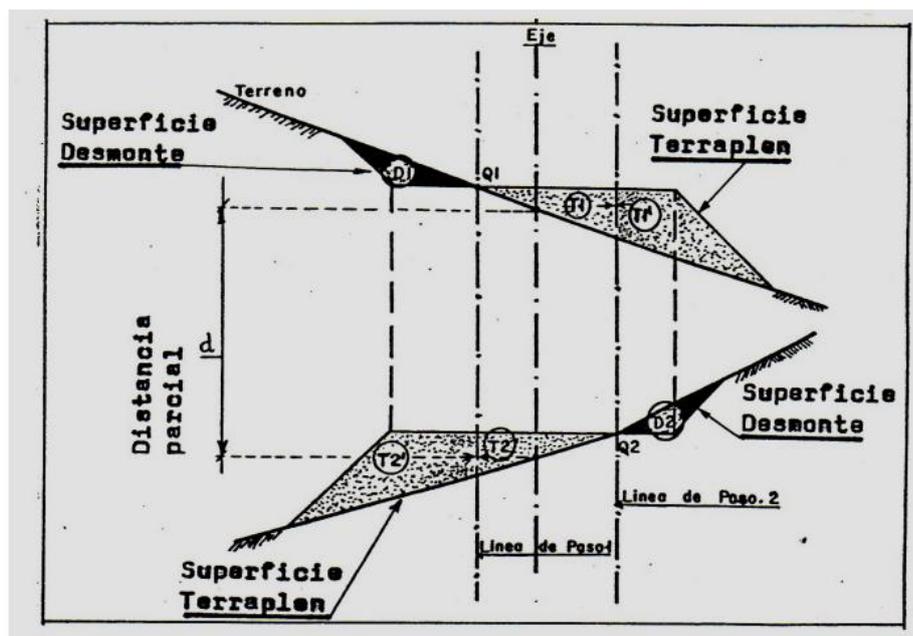


Nota: Representación del método de cuadrículas para calcular movimientos de tierra.
 Fuente:(Olivares Belinchón, 2010c)

4.13.3. Perfiles transversales

Partiremos en todo caso de un perfil longitudinal del terreno, obtenido de un plano de curvas de nivel y sobre él definiremos la rasante en que debe quedar éste después de la actuación proyectada. Sobre este perfil se obtienen perfiles transversales, perpendiculares al longitudinal, cajando en estos la superficie encerrada entre terreno y sección tipo (Olivares Belinchón, 2010b).

Figura 7. Perfiles transversales con líneas de paso.



Nota: En el siguiente grafico se puede observar los perfiles tomados con su respectiva separación par así obtener la superficie de cada perfil. Fuente:(Olivares Belinchón, 2010b)

4.13.4. Método de las secciones horizontales

Este método fue propuesto por Rosin y Rammler (1933) y se utiliza para estimar las reservas de materiales granulares. Se basa en la aplicación de la función de distribución de Rosin-Rammler para modelar la distribución de tamaños de partículas en el yacimiento. Mediante la excavación de calicatas y el muestreo de los materiales, se determinan los parámetros de la función de distribución y se calculan las reservas.

4.13.4.1. Planificación y diseño.

Selecciona el área que deseas evaluar y planifica la disposición de las secciones horizontales o calicatas. Estas deben distribuirse de manera regular y representativa en el área, teniendo en cuenta su tamaño y características. Considera la forma del yacimiento y la heterogeneidad de los materiales para determinar el número y la ubicación de las calicatas.

4.13.4.2. Excavación de las calicatas.

Realiza las excavaciones o calicatas en los puntos determinados en el diseño. Las calicatas deben tener una forma regular, generalmente cuadrada o rectangular, y dimensiones adecuadas para obtener muestras representativas de los materiales presentes en el yacimiento. Es importante asegurarse de que las paredes de las calicatas sean estables y no se derrumben durante el proceso.

4.13.4.3. Muestreo de los materiales.

Extrae muestras de los materiales áridos y pétreos a lo largo de las paredes de las calicatas, preferiblemente en diferentes niveles o estratos. Asegúrate de obtener muestras representativas que abarquen toda la sección horizontal y que capturen posibles variaciones en la composición de los materiales. Las muestras se pueden recolectar utilizando martillos, barrenos u otras herramientas adecuadas.

4.13.4.4. Análisis de laboratorio.

Lleva las muestras obtenidas al laboratorio y realiza los análisis necesarios para determinar las propiedades físicas y químicas de los materiales. Estos análisis pueden incluir determinaciones de la granulometría, densidad, humedad, porcentaje de finos, contenido de

arcilla y cualquier otro parámetro relevante para evaluar las características de los áridos y pétreos.

4.13.4.5. Cálculo de las reservas.

Con base en los resultados de los análisis de laboratorio y teniendo en cuenta las dimensiones de las calicatas, puedes calcular las reservas de áridos y pétreos. Para hacerlo, multiplica el área transversal de cada sección horizontal por la longitud de la sección y luego por el promedio de la densidad aparente obtenida de las muestras. Esto te dará el volumen de material en cada sección. Suma los volúmenes de todas las secciones horizontales para obtener una estimación de las reservas totales en el yacimiento.

4.14. Métodos de explotación

4.14.1. Método de explotación minera subterránea

La explotación minera subterránea es un método de extracción de minerales debajo de la superficie de la tierra. Este método implica la creación de túneles y galerías para acceder a los depósitos de minerales. Este método puede ser más costoso y peligroso que la explotación minera a cielo abierto, pero puede ser más eficiente en la extracción de minerales de alta calidad. También puede tener un impacto menor en el medio ambiente, ya que los desechos pueden almacenarse en la mina subterránea y no afectar la superficie (Herrera, 2019).

4.14.2. Método de explotación minera a cielo abierto

El método de explotación minera a cielo abierto es uno de los más comunes en todo el mundo. Este método implica la eliminación de grandes cantidades de tierra y roca para acceder a los depósitos de minerales debajo de la superficie. La excavación se realiza en capas, con las capas inferiores extraídas primero. Los materiales extraídos se procesan para extraer los minerales valiosos. Este método es eficiente y rentable, pero puede tener un impacto significativo en el medio ambiente. Los desechos se pueden acumular en grandes montones y pueden afectar la calidad del agua y del aire. Además, este método puede afectar la flora y fauna local (Herrera, 2006b).

4.15. Selección del método de explotación

Se requiere un enfoque basado en la matriz de selección de métodos, que considera criterios técnicos, económicos y operativos para evaluar diferentes métodos de explotación en minería subterránea. Algunos de los criterios incluidos son la forma y el tamaño del yacimiento, la resistencia del mineral, la potencia, la productividad, los costos de capital y operativos, la eficiencia energética y el impacto ambiental (Appleyard et al., 2001).

4.16. Sistemas de explotación

Es necesario establecer el sistema de explotación, que estará constituido por los diferentes equipos de arranque, carga y transporte. Según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:

4.16.1. 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. Es, actualmente, el sistema más implantado debido a su gran flexibilidad y versatilidad.

4.16.2. 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.

4.16.3. Sistema mixto con trituradora semimóvil 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.

4.16.4. Sistema continuo con trituradora móvil y arranque discontinuo

En este sistema se prescinde del transporte con volquete, ya que el triturador móvil acompaña constantemente por el tajo al equipo de arranque y carga discontinuo.

4.16.5. Sistema de transporte mixto y arranque continuo

Esta es una variante de la alternativa anterior, donde se ha sustituido el arranque discontinuo por una rotopala o equipo similar. Es un sistema poco utilizado, aunque algunas minas lo aplican

4.16.6. 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 accionadas por motores eléctricos (Herrera, 2006a).

4.17. Selección del sistema de explotación

Consiste en la selección del sistema más apropiado para extraer minerales de un depósito con el propósito de maximizar la rentabilidad y la eficiencia de la operación minera es un proceso de evaluación. Se toman en consideración diversos factores, como la forma y tamaño del depósito, la dureza y composición de la roca, la ubicación geográfica de la mina, entre otros. Existen diferentes enfoques para seleccionar el método de explotación, algunos basados en aspectos geológicos, mientras que otros utilizan técnicas de análisis multicriterio para evaluar las opciones disponibles. El objetivo es elegir el método más adecuado para las condiciones específicas del depósito, que permita una explotación rentable y sostenible. Para lograrlo, es esencial considerar aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, a fin de asegurar una explotación minera responsable y ética.

4.17.1. Metodología para la selección del sistema de explotación.

Existen diversas metodologías para la selección del método de explotación en minería. Una de estas es la metodología propuesta por (Romero et al., 2012), la cual se basa en considerar diversos factores, como el tipo de terreno, la forma del yacimiento, la profundidad de la explotación, Algunos de estos factores pueden incluir la forma, tamaño y potencia del yacimiento, la calidad y cantidad del mineral presente, las características geotécnicas del terreno en el que se encuentra, la complejidad de la mineralización, los costos asociados con la extracción y la producción, la accesibilidad del yacimiento y la disponibilidad de

infraestructuras locales, la calidad del aire y el agua en la zona, los impactos en la biodiversidad y el paisaje, y las restricciones legales y de mercado.

Una vez se tienen claros los factores claves, se debe cuantificar los parámetros relevantes y aplicar técnicas de análisis multicriterio, como el análisis jerárquico, análisis envolvente de datos o análisis de múltiples objetivos. Estas técnicas permiten evaluar el desempeño de cada uno de las opciones, de una manera comparativa, y de esta manera, tomar la mejor decisión.

Es importante destacar que involucrar el criterio de expertos, tanto en los aspectos técnicos como ambientales y sociales, es fundamental. Los expertos pueden aportar un conocimiento detallado y realista de las opciones disponibles, proporcionar información relevante de otras operaciones mineras y explicar cómo se llevan a cabo y cuáles son sus impactos, reduciendo la incertidumbre al momento de tomar la decisión

La metodología propuesta por(Nicholas, 1981), tiene en cuenta factores como la forma del yacimiento, la topografía del terreno, la profundidad de la explotación. Los aspectos a considerar son los siguientes.

- Características del yacimiento. incluyendo la forma, tamaño y potencia del yacimiento, la calidad y cantidad del mineral presente.
- Factores económicos. como los costos asociados con la extracción y la producción, la accesibilidad del yacimiento y la disponibilidad de infraestructuras locales.
- Factores ambientales. entre ellos, la calidad del aire y el agua en la zona, los impactos en la biodiversidad y el paisaje, y las restricciones legales y de mercado.
- Factores sociales: incluyendo las comunidades locales y los grupos de interés, la necesidad de obtener permisos y licencias y la actividad económica y cultural de la región.

Como resultado, se deberá elegir el sistema que no solo sea más técnica y económicamente factible, sino que también minimice los efectos ambientales y sociales, promoviendo una explotación minera sostenible

4.18. Explotaciones para áridos y otros materiales de construcción

La demanda de productos de cantera tiene, en general, una clara trayectoria ascendente función del crecimiento de la población y de la riqueza per cápita. Por otro lado, las especificaciones de los productos de cantera para materiales de construcción o, en su caso, de minerales industriales, son cada vez mayores y más difíciles de cumplir de forma natural por los propios yacimientos, con lo que se acude a cubrir este déficit en las plantas de tratamiento con sistemas que van incrementando su sofisticación. Las exigencias técnicas generales de la explotación se están viendo fuertemente incrementadas y existe una fuerte implantación de criterios de calidad de los productos y de garantía del cumplimiento de sus características y propiedades. (Herrera, 2006b)

4.18.1. Clasificación de los tipos de explotaciones de materiales de construcción

En línea con lo que se ha comentado en el apartado anterior, haciendo una clasificación muy elemental del conjunto de explotaciones de cantera, esta permitiría distinguir:

- Las canteras de áridos (Zahorras, rellenos, escolleras, asfaltos, hormigones, etc.), incluyéndose también en este grupo a las graveras.
- Las canteras de roca ornamental (Pizarras, Granitos, Mármoles, etc.).
- Las canteras de rocas y minerales industriales (Cementos, ladrillera, cerámica y vidrio, etc.).(Herrera, 2006b)

4.18.1.1. Tipología de las explotaciones

Canteras: reserva el término cantera a aquellas explotaciones donde los materiales beneficiables se extraen de un macizo rocoso, generalmente competente.

- Canteras en terrenos horizontales:
- Canteras en ladera
- “Superquarries” (Supercanteras)
- Canteras subterráneas

Graveras: Se denominan así a aquellas explotaciones de áridos naturales granulares y se distinguirán:

- Graveras secas
- Graveras con explotación bajo lámina de agua
- Graveras con rebajamiento del nivel freático

Para los materiales de cantera, las técnicas de perforación y voladura, como arranque, y de carga con palas sobre volquetes son comparables con las cortas, si bien se tiende al uso de plantas de trituración móviles en el propio banco de explotación que seguirán la carga para abaratar el costo operativo y permitir una homogeneización en montones exteriores o en tolvas de clasificación. Para los materiales finos y arcillosos el arranque puede ser directo al tener una resistencia a la compresión, en general, inferior a los 100 Kg. /cm² y cabe el empleo de unos sistemas continuos de explotación parecidos a las descubiertas, con la posibilidad por tanto de efectuar una buena restauración del terreno tras la extracción del árido o arcilla.(Herrera, 2006b)

4.18.2. Cortas.

En yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Estos métodos son los tradicionales de la minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón, introduciendo algunas modificaciones (Herrera, 2006a).

4.18.3. Descubiertas.

Estos métodos se aplican en yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores. El mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación, que coincide con el muro del depósito (Herrera, 2006b).

4.18.4. 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. Las profundidades que se alcanzan son importantes, existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará. Al igual que sucede con los métodos de descubierta y tal como se ha indicado, se efectúa un autorrelleno del hueco creado, por lo que, desde el punto de vista de la restauración de los terrenos, las posibilidades de actuación son grandes (Herrera, 2006b).

4.18.5. Canteras

Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura. Pueden subdividirse en dos grupos, el primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales; y el segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepíedicos, que posteriormente se cortan y elaboran (Herrera, 2006e).

4.18.6. Graveras

Los materiales detríticos, como son las arenas y las gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos, son objeto de una explotación intensa debido a la demanda de dichos materiales por el sector de la construcción. 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 potencia inferior, por lo general, a los 20 m. Cuando las formaciones se encuentran en niveles altos, se utilizan equipos convencionales, como son las palas cargadoras de ruedas y los volquetes. Sin embargo, es frecuente que los materiales se presenten en contacto con el subálveo o los acuíferos infrayacentes, empleándose entonces otros equipos mineros como son las dragas, las dragalinas o las rasas, dando lugar a la posterior formación de lagunas (Herrera, 2006e).

4.19. Operaciones de explotación minera

La explotación minera es una actividad fundamental en la economía mundial, ya que los minerales y otros recursos extraídos son utilizados en una variedad de productos y procesos. Sin embargo, la explotación minera también puede tener efectos negativos en el medio ambiente y en las comunidades cercanas. Por esta razón, es importante conocer las diferentes etapas de la explotación minera y cómo se llevan a cabo.

4.19.1. Destape

La primera etapa en la explotación minera es el destape, que consiste en retirar la vegetación y el suelo superficial para acceder al mineral que se encuentra debajo. Esta operación se realiza con maquinaria pesada como excavadoras y bulldozers. El destape puede tener un impacto ambiental significativo, ya que puede causar la erosión del suelo y la pérdida de hábitats naturales. Por esta razón, es importante que se lleve a cabo de manera responsable y que se tomen medidas para minimizar su impacto (Díaz, 2017).

4.19.2. Preparación

Una vez que se ha realizado el destape, se procede a la preparación del área de trabajo. Esto puede incluir la construcción de caminos, la instalación de infraestructuras como sistemas de agua y electricidad, y la preparación del sitio de trabajo para la extracción de minerales. La preparación también puede incluir la exploración del subsuelo para determinar la calidad y cantidad de los minerales (Díaz, 2017).

4.19.3. Explotación

La etapa final en la explotación minera es la explotación propiamente dicha, que consiste en la extracción de los minerales del subsuelo. Esto se hace utilizando maquinaria pesada como excavadoras y camiones, que extraen y transportan los minerales a la superficie. La explotación también puede incluir la separación y procesamiento de los minerales para su uso posterior (Díaz, 2017).

4.20. Economía minera

La economía minera comprende el análisis de los procesos económicos y de mercado asociados con la explotación y producción de minerales, incluyendo el estudio de los costos de producción, la inversión en proyectos mineros, la determinación de precios, el comercio internacional de minerales, la relación entre la minería y el desarrollo económico, y la gestión de los impactos ambientales y sociales de la actividad minera (HUMPHREYS, 2010).

4.20.1. Flujo de caja en minería

El flujo de caja en la industria minera es una herramienta financiera fundamental para evaluar la viabilidad económica de un proyecto minero y realizar el seguimiento de sus operaciones. El flujo de caja representa los ingresos y gastos de efectivo generados por la actividad minera en un período determinado. El flujo de caja puede ser afectado por factores externos impredecibles, como los cambios en las regulaciones gubernamentales o los desastres naturales. (Smith, 2011) En el contexto de la minería, el flujo de caja se elabora teniendo en cuenta los siguientes elementos:

4.20.1.1. Ingresos.

Representan los ingresos generados por la venta de los minerales extraídos. Estos ingresos se calculan multiplicando la cantidad de mineral vendido por el precio de venta unitario.

4.20.1.2. Costos operativos.

Incluyen todos los gastos necesarios para llevar a cabo las operaciones mineras, como los costos de extracción, procesamiento y transporte del mineral, así como los costos de mantenimiento de la maquinaria y equipos utilizados en la mina.

4.20.1.3. Costos de inversión.

Son los gastos relacionados con la adquisición y desarrollo del proyecto minero, como la construcción de infraestructuras, la compra de maquinaria y equipos, y los estudios y permisos necesarios.

4.20.1.4. Costos de cierre y rehabilitación.

Representan los gastos previstos para el cierre de la mina y la restauración del área afectada una vez que la explotación minera haya finalizado.

4.21. TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo futuros de un proyecto minero con la inversión inicial. En otras palabras, representa la tasa de rendimiento esperada de un proyecto minero. Si el TIR es mayor que la tasa de descuento utilizada en el cálculo, se considera que el proyecto es rentable. Por el contrario, si el TIR es menor que la tasa de descuento, el proyecto se considera no rentable. El TIR se expresa en forma de porcentaje y se utiliza como un indicador clave para la toma de decisiones de inversión (BREALEY et al., 2010).

4.22. VAN (Valor Actual Neto)

El VAN es una medida del valor económico de un proyecto minero en términos de su contribución neta al valor presente de los flujos de efectivo. Se calcula restando la inversión inicial del valor presente de los flujos de efectivo futuros, descontados a una tasa de descuento adecuada. Si el VAN es positivo, se considera que el proyecto genera valor y es rentable. Por otro lado, si el VAN es negativo, se considera que el proyecto no es rentable. El VAN permite comparar diferentes proyectos y seleccionar aquellos que generen el mayor valor económico (BREALEY et al., 2010).

5. Metodología

5.1. Materiales

Tabla 1. Materiales de campo y gabinete.

Topografía	Geología	Laboratorio	Equipos de oficina	Software
GPS de precisión Garmin	Brújula Brunton y martillo geológico	Balanza	Carta topográfica Cariamanga a escala 1:50000	Microsoft Office 2013
Estación total Trimble M3	Martillo Geológico	Mortero	Hoja geológica Cariamanga 1:50000	Software ArcGIS
	GPS Garmin	Bomba de vacíos	Computador	Software AutoCAD
		Picnómetro	Impresora	
	Libreta y fichas de campo			
	Cinta métrica			
	Fundas transparentes (Ziploc)			
	Cámara fotográfica			
	Ácido Clorhídrico			

Nota: En la tabla se detallan los diferentes materiales que serán utilizados en el desarrollo del proyecto.
 Fuente: El autor

5.2. Métodos

Para dar cumplimiento al presente trabajo de investigación “Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja ”

Se utilizó diferentes métodos, que permitieron el desarrollo y cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, los métodos utilizados se describen a continuación.

5.2.1. Método de campo

El autor Arias (2012^a) define: La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables algunas, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes

5.2.2. Método analítico

Es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos. Al referirnos a diversos saberes en los que la aplicación del método analítico es posible, vemos una gradación que va desde las aplicaciones más empíricas y concretas hasta las más abstractas y simbólicas. Las diferentes ciencias y saberes aplican usualmente ambas maneras del método, aunque privilegien una de las dos. (Lopera Echavarría et al., 2010)

5.2.3. Método descriptivo

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere (Arias, 2012b).

5.3. Metodología para el primer objetivo

Especificar las características geológicas en el área minera “Jesús del Gran Poder” a partir del levantamiento topográfico a escala detallada

5.3.1. Recolección y Análisis de información preliminar

En esta etapa se realizó la recopilación de los datos existentes de la zona como son la Hoja Geológica a escala 1: 100 000 y Carta Topográfica Cariamanga a escala 1: 50 000 que se encuentra establecidas en el “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR”. De igual forma se tomó como información secundaria lo establecido por el PDOT del Cantón Calvas pertenecientes al año 2019, en el que se encuentra la carta geológica del mismo año con el fin de obtener una mejor organización y verificación de la información en campo.

5.3.2. Levantamiento topográfico

5.3.2.1. Fase previa al trabajo de campo.

Para el cumplimiento del primer objetivo se realizó el levantamiento topográfico en el área minera “Jesús del Gran Poder” mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (Drone DJI PHANTOM 4). Cuyas características se especifican a continuación.

Tabla 2. Características DRONE DJI PHANTOM 4 RTK

DRONE DJI PHANTOM 4	
Distancia diagonal	350 mm
Techo de servicio máximo sobre el nivel delmar	19685 pies (6000 m)
Máxima velocidad	31 mph (50 kph) (modo P) 36 mph (58 kph) (modo A)
Frecuencia de operación	2.400 GHz a 2.483 GHz
Rango de precisión de desplazamiento	RTK habilitado y funcionando correctamente : Vertical : ± 0,1 m ; Horizontal : ± 0,1 m RTK desactivado Vertical : ± 0,1 m (con posicionamiento visual) ; ± 0,5 m (con posicionamiento GNSS) Horizontal : ± 0,3 m (con posicionamiento visual) ; ± 1,5 m (con posicionamiento GNSS)



Elaborado por: El autor.

Antes de realizar el vuelo se tomó algunas consideraciones como: la revisión de las condiciones meteorológicas, y la influencia del viento debido a que pueden intervenir a en la estabilidad y precisión del dron. De igual forma se eligió un espacio abierto y amplio con escasa vegetación para maniobrar y volar con seguridad con la finalidad de no interferir con la operación y la recopilación de los datos.

5.3.2.2. Trabajo de campo

Inicialmente se realizó la planificación del vuelo donde se ubicó diferentes puntos de control dentro del área minera “Jesús del Gran Poder” (Ver tabla 3), para georreferenciar los datos capturados por el dron y garantizar la precisión y calidad de los resultados. La toma de puntos de control se realizó a partir de la configuración de la estación total Trimble M3 en un punto de referencia conocido como “estación base”. Este punto fue previamente establecido utilizando posicionamiento de alta precisión, como el posicionamiento por satélite, esto se lo realizo en Proyección Universal Transversal de Mercator, Datum UTM/PSAD56/17SUR.

Tabla 3. Punto de estación base

PUNTOS DE ESTACION BASE			
Puntos	Norte	Este	Descripción
1	9526394,7	661667,606	PP

Elaborado por: El autor.

Figura 8. Identificación y toma de puntos de control.



Nota: a) Toma de punto de estación base. b) Vuelo Fotogramétrico

El tiempo de medición de los puntos de control con la estación total M3 se lo realizó en un aproximado de 2h40min debido al cambio necesario de la estación. Estos puntos se colocaron estratégicamente en el área, considerando puntos de fácil acceso y fácilmente identificables en el terreno que fueron debidamente señalados con una estaca y pintura para proceder a realizar el vuelo fotogramétrico.

Tabla 4. Puntos de control establecidos en campo.

PUNTOS DE CONTROL			
Puntos	Norte	Este	Descripción
2	9526425,77	661647,633	P2
3	9526240,48	661567,011	P3
4	9526313,01	661547,012	P4
5	9526395,23	661618,289	P5

Elaborado por: El autor.

Una vez establecidos los puntos de control necesarios y tomado en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, se procedió a configurar el dron de manera adecuada para llevar a cabo el levantamiento topográfico. Se realizó la planificación de la ruta de vuelo, considerando la duración estimada y la autonomía del dron, que se calculó en aproximadamente 2 horas y 13 minutos.

Durante el vuelo, se capturaron fotografías aéreas de la zona mapeada. Posteriormente, se verificó la información para garantizar la precisión y confiabilidad de todos los datos recopilados, lo que permitió generar los resultados necesarios en oficina.

5.3.2.3. Trabajo de oficina

Procesamiento y análisis de los datos:

Una vez que se han recopilado los datos aéreos, estos fueron procesados utilizando un software especializado como es Pix4D para generar un modelo 3D del terreno y los datos topográficos necesarios.

Se realizó la orientación de fotos donde se estableció la posición y orientación de cada imagen en relación con las demás. Esto se hizo mediante la identificación de los diferentes puntos de control.

Seguido, se elaboró una nube de puntos dispersa. Esta se creó mediante la detección de puntos comunes en las imágenes y la triangulación de estos en el espacio tridimensional.

A partir de esta información se generó una segunda nube la que se conoce como nube de puntos densa, mediante la identificación de más puntos comunes en las imágenes y la triangulación de estos en el espacio tridimensional.

Seguidamente se exportó toda esta información al software ArcGIS 10.5 en donde se obtuvo el área total del área minera, las curvas de nivel principales que se trazaron cada 5 metros y las curvas secundarias cada metro, para así generar el mapa topográfico a escala 1:5000 del área minera “Jesús del Gran Poder” en Proyección Universal Transversal de Mercator, Datum UTM/PSAD56/17SUR.

Finalmente se realizaron dos perfiles topográficos con el propósito de obtener una representación visual que muestre los cambios en la elevación del terreno a lo largo del área minera “Jesús del Gran Poder” Estos perfiles se crearon utilizando la información topográfica recopilada.

Como primer paso, se añadieron los datos topográficos previamente obtenidos al proyecto. Luego, se seleccionó la herramienta "Create Features" en la barra de herramientas de edición y se creó una nueva capa de línea que representaba el corte topográfico deseado. Posteriormente, se realizó clic derecho en la capa de línea de corte y se accedió a las

"Properties" En la pestaña "Elevation" se seleccionó la opción "Generate Profile Graph" y se ajustaron las opciones de visualización. Para generar el perfil topográfico, se hizo clic en el botón "Profile Graph" en la barra de herramientas, lo que abrió el gráfico de perfil. A continuación, se seleccionaron el punto inicial y final del corte en la línea de corte creada previamente. Automáticamente, el gráfico de perfil se generó, mostrando la elevación a lo largo del corte. Por último, se exportó los cortes topográficos con un formato de imagen.

5.3.3. Levantamiento Geológico

5.3.3.1. Trabajo de campo

Tras adquirir la base topográfica a escala 1:5000 y utilizar la georreferenciación de la hoja geológica de Carimanga a escala 1:100.000, se obtuvo información preliminar que brindó una visión general de lo que podría encontrarse en el terreno. Para lograrlo, se llevó a cabo el levantamiento de campo donde se exploró el área de estudio detalladamente, empleando una ficha de descripción de afloramientos (ver Anexo 1). Esto incluyó la toma de coordenadas, descripciones de litología, identificación de la formación o unidad geológica correspondiente y medidas estructurales. Además, se llevaron a cabo mediciones de los afloramientos utilizando el sistema de coordenadas UTM/PSAD56/17S

Tabla 5. Puntos de afloramientos.

PUNTOS DE AFLORAMIENTOS			
CODIGO	X	Y	Z
A1	661473	9526269	1684
A2	661655	9526287	1648
A3	661572	9526271	1657
A4	661570	9526357	1659
A5	661649	9526387	1629
A6	661637	9526454	1627
A7	661593	9526519	1635
A8	661483	9526476	1673
A9	661538	9526383	1675
A10	661461	9526312	1686
A11	661598	9526412	1653

Elaborado por: El autor.

Con base a la información recolectada se procedió a la elaboración del mapa geológico del área minera a escala 1:5000, en el software ARGIS 10.5, con el sistema de coordenadas; UTM/PSAD56/17S.

5.3.3.2. Trabajo de oficina

Para crear el mapa geológico se estableció una conexión entre la descripción de la geología recolectada y la información del mapa geológico regional utilizando el software ArcMap 10.5. A través de este proceso, se generaron archivos Shp para representar las unidades litológicas, incluyendo sus rumbos y buzamientos. Además, se incorporaron las estructuras geológicas identificadas a lo largo del área de interés en el mapa.

El resultado obtenido fue la creación de un mapa geológico a escala 1:5000 del área minera "Jesús del Gran Poder",

5.4. Metodología para el segundo objetivo

Estimar las reservas de material de construcción en el área minera "Jesús del gran poder".

Trabajo de campo

5.4.1. Protocolo de muestreo

Con el fin determinar la calidad del material existente dentro del área minera se estableció el protocolo de muestreo a realizar dentro del área minera. Esto se realizó en los afloramientos más representativos que se encuentren en el área minera debido a la naturaleza resistente y compacta de las rocas presentes en el área.

Tabla 6. Puntos de toma de muestra para ensayos de calidad del material.

CODIGO	Coordenadas para la toma de muestras			Fecha
	X	Y	Z	
M001	661473	9526269	1684	23-jul-23
M002	661591	9526274	1658	23-jul-23
M003	661572	9526271	1657	23-jul-23
M004	661570	9526357	1659	23-jul-23
M005	661649	9526387	1629	23-jul-23
M006	661637	9526454	1627	23-jul-23
M007	661483	9526476	1673	23-jul-23

Elaborado por: El autor.

Estas submuestras se tomaron en intervalos regulares, asegurando así una representación homogénea de los materiales presentes en cada punto. Este proceso de mezcla se llevó a cabo con el objetivo de obtener una muestra representativa y promedio de los

materiales presentes en el área minera. En total, se lograron obtener 7 sacos mediante este proceso, los cuales posteriormente se almacenaron en costales. Fue necesario recolectar alrededor de 50 kg de material en cada punto de muestreo. Para mantener un registro claro, se utilizó un marcador permanente para etiquetar cada costal con su correspondiente código identificativo.

Figura 9. Toma y codificación de muestras para ensayos de calidad del material.



Nota: a) Recolección de muestra. b) Codificación de muestras para ensayos de calidad de material.

5.4.2. Calidad de los materiales

Una vez que se recopilaron las muestras, estas fueron transportadas hasta el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA en la ciudad de Loja, donde se realizaron pruebas de abrasión, granulometría completa, CBR y Proctor Standart de acuerdo con las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (Ministerio De Transporte Y Obras Públicas, 2002), específicamente en la Sección 402 relacionada con el Mejoramiento de la Subrasante.

El objetivo de estas pruebas fue la evaluación de la calidad de los materiales utilizados en el área minera "Jesús del Gran Poder".

Trabajo de Oficina

5.4.3. Cálculo de reservas

Para la cubicación y valoración de reservas dentro del área minera se realizó el método de los perfiles al ser una técnica geológica utilizada para analizar y representar la estratigrafía

y estructura de las capas de roca en un área específica. Este enfoque proporcionó un mayor nivel de precisión y control en comparación con otras técnicas de estimación de volúmenes. Al recopilar datos a lo largo de perfiles específicos, se logró una representación más exacta de la topografía y las variaciones del terreno, teniendo en cuenta las particularidades del paisaje presentes en el área minera. A continuación, se detalla el procedimiento empleado en este proceso

El procedimiento consistió en trazar secciones geológicas horizontales a intervalos regulares, donde se representó la forma del depósito y el área que ocupa en cada sección dentro del área proyectada. Se realizaron perfiles a una distancia de 50 metros cada uno considerando la distancia del área minera a fin que se pueden capturar las variaciones en la superficie y obtener una representación precisa de la zona de estudio.

Luego, se determinó las áreas en cada perfil para posteriormente calcular las reservas por bloque considerando tanto el área del bloque como la distancia entre ellos. Finalmente, la reserva total se obtuvo mediante la suma de las reservas por bloque, obteniendo de esta manera el volumen total de material en el área minera.

$$\text{Volumen Total} = (A1 + A2) / 2 * D + (A2 + A3) / 2 * D + \dots + (An + An+1) / 2 * D$$

Se determinó la cantidad de perfiles a realizar basándose en los afloramientos que se detallan en la tabla 6, lo que permitió establecer una relación con el tipo de material presente en el área de estudio. Esta correlación fue esencial para el cálculo del área de cada sección, empleando una distancia de 50 metros entre cada punto. En su totalidad, se trazaron y analizaron 7 perfiles topográficos.

5.5. Metodología para el tercer objetivo

Proponer un diseño óptimo al sistema de explotación del área minera “Jesús del gran poder” para la correcta explotación de materiales de construcción.

El diseño del sistema de explotación tiene múltiples facetas, entre los que sabe destacar como primer punto la sección del método de explotación. La selección del método minero para la explotación del yacimiento se basó en un análisis sistemático y global de todos los parámetros específicos del yacimiento como: ubicación del yacimiento, forma y tamaño del depósito mineral, la calidad del mineral, la geología y topografía del área.

Igualmente, la elección del sistema de explotación constituye un procedimiento crucial que abarca la valoración de diversos aspectos, incluyendo factores técnicos, económicos y medioambientales. Al llevar a cabo las tareas estipuladas en los primeros dos objetivos, como el análisis geológico y topográfico, la estimación de reservas y la evaluación de la calidad del material, se ejecutó el plan del diseño que implica realizar las labores iniciales destape y preparación, como paso previo a la extracción del material. El diseño elegido se elaboró considerando las particularidades de la región bajo investigación, asegurando que abarque las zonas explotables de manera adecuada.

Luego de determinar el sistema de explotación y las técnicas utilizadas en cada proceso, se deben considerar algunos criterios para elaborar el diseño, tales como:

Altura de banco:

La maquinaria empleada es un parámetro fundamental para la determinación de la altura del banco, es decir está limitada por el alcance del cucharón de la pala.

$$h = 0,9 * Ab$$

Donde:

Ab = alcance del brazo de la excavadora (m), esta magnitud se la obtiene mediante catálogos.

Plataformas de trabajo:

Deben permitir el movimiento sin riesgo de máquinas y personal. Los espacios deben ser necesarios para el movimiento del personal y la maquinaria empleada en la extracción, carguío y transporte del material.(Sosa González, 1989)

Pistas:

Las pistas y rampas deben ser 3 o 4 veces más anchas que la anchura del mayor volquete con una pendiente recomendable del 8%.

Se realizaron cálculos sobre las propiedades mecánicas de varios procesos, como el arranque, la carga y el transporte, para determinar el rendimiento por hora. Se realizaron cálculos para excavadoras y volquetas que son los equipos más importantes en el área minera.

Rendimiento teórico

El cálculo de rendimiento de la maquinaria de arranque y carga, mediante ecuaciones matemáticas que ayudaron a obtener el rendimiento de la maquinaria en metros cúbicos por hora.

Ciclos de trabajo

Refiere al tiempo utilizado por la maquinaria en completar un proceso de arranque, carga y transporte de material, para ello se realiza la medición de 3 ciclos de trabajo consecutivos para sacar la media o promedio. Posterior a ello se procede a calcular la producción diaria y vida útil de la mina, considerando las siguientes expresiones:

$$\text{Ciclo por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ ciclo de trabajo en minutos}}$$

$$\text{Producción diaria} = \frac{\text{Producción} \left(\frac{m^3}{h} \right)}{\text{Hora}} * \text{número de horas}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{Volumen de reservas explotables} (m^3)}{\text{Producción diaria} \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right)}$$

5.5.1.1. Análisis económico del sistema de explotación

Luego de definir los procesos, operaciones y producción, se realizará un análisis económico a fin de tener información sobre los ingresos y gastos, permitiendo determinar la solvencia y liquidez del área minera. Para ello se elaboró una tabla en la que se estimen los costos de personal, equipos, consumo de combustible, repuestos y mantenimiento de equipos.

5.5.1.2. Análisis de impactos ambientales

El diseño de explotación se complementó con una ficha ambiental tomando en cuenta los impactos ambientales más significativos en las distintas fases de ejecución del proyecto, pero no se ahondará a profundidad en este tema ya que no realizará estudios de impacto ambiental ni se abordará la mitigación de estos.

5.6. 5Información General del área minera.

5.6.1. Geomorfología

Según lo establecido en la plataforma. (SIGTIERRAS,2015). En la zona de estudio se encuentran las siguientes geo formaciones: El área minera forma se encuentra dominada en su totalidad, así como en la parte sur por colinas medianas que constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan los 100 m, con un rango de pendiente de hasta 70%. La mayoría está cubierta de vegetación arbustiva y herbácea. En la parte norte y este se encuentra dominada por relieves escarpados. Lo cual se puede evidenciar por sus pendientes muy pronunciadas o fuertes desniveles. En el flanco oeste el relieve montañoso que presenta desniveles relativos que sobrepasan los 300 metros, lo que ocasiona movimientos en masa dominados por deslizamientos, flujos y caídas de roca. (Ver Anexo 3)

5.6.2. Hidrología

La hidrología de la provincia de Loja según (SENAGUA, 2014), se ve caracterizada por quebradas, la mayoría de estas, son lechos que conducen grandes masas de agua solamente en la época invernal. Además, el cantón está situado en torno a las cuencas del Catamayo al norte, y Calvas al sur. Los dos sistemas fluyen al Pacífico formando primero el Macará y luego el Zapotillo para ir al Perú.

Dentro del área de estudio hidrográficamente pertenece a la Cuenca Binacional Catamayo – Chira, la que a su vez se encuentra formada por dos principales subcuencas, la Subcuenca del Río Catamayo que ocupa el 46,06 % de la superficie total del Cantón con una extensión de 39196.17 ha, abarcando la mayor parte de las parroquias de Calvas, Cariamanga, Colaisaca y una pequeña parte de Utuana. (Ver Anexo 4)

5.6.3. Clima

En el cantón Calvas se tienen en cuenta seis rangos de precipitaciones diferenciadas en dos periodos siendo las precipitaciones más bajas las que oscilan entre 800 a 900 mm/anuales, que se dan en las partes bajas de las parroquias de Sanguillín, Utuana y Colaisaca por lo general estas precipitaciones están marcadas en la parte alta de las parroquias Cariamanga y Colaisaca (PDOT CALVAS, 2021)

De acuerdo con la información recopilada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en los años 2003-2013 de las estaciones meteorológicas Cariamanga, Gonzanamá y El Lucero se obtuvieron las precipitaciones anuales de cada una de las estaciones, así como los meses más lluviosos comprendidos entre enero y abril y los meses más secos desde mayo a diciembre.

Tabla 7. Coordenadas de estaciones meteorológicas.

Estación	El Lucero		Cariamanga		Gonzanamá	
	X:	Y:	X:	Y:	X:	Y:
	669587,4	9513515,4	660414,3	9520874,4	674127,3	9532242,8

Fuente: (INAMHI, 2022).

Tabla 8: Datos precipitaciones anuales. Año 2003-2013.

Estación	El Lucero			Cariamanga			Gonzanamá		
Código	M0433			M0146			M0149		
Años	PP. Anual (mm)	Meses lluviosos	Meses secos	PP. Anual (mm)	Meses lluviosos	Meses secos	PP. Anual (mm)	Meses lluviosos	Meses secos
2003	199	Marzo	Febrero-Mayo	954,1	Marzo	Agosto	331,1	Noviembre	Marzo
2004	490	Noviembre	Junio	897,7	Abril	Agosto	841,8	Abril	Junio-Agosto
2005	no data	-	-	1297,5	Marzo	Agosto	1680,3	Marzo	Julio-Sept.
2006	no data	-	-	2047,6	Febrero-Mayo		2609,9	Marzo	Julio-Sept.
2007	1323,3	Abril	Julio-Sept	1473,9	Abril	Agosto	2042,3	Marzo	Agosto
2008	2084,8	Marzo	Agosto	1839,3	Febrero-Junio		3283,6	Abril	Junio
2009	1785,1	Enero	Julio-Sept	1367,9	Enero	Septiembre	2637,3	Enero	Agosto
2010	643,6	Abril	Agosto	1344,4	Marzo	Noviembre	1651,9	Febrero	Septiembre
2011	336,2	Febrero	Agosto	1429,6	Abril	Agosto	3043,2	Abril	Julio
2012	1957,6	Enero	Junio-Sept.	1927	Enero	Junio-Sept.	2311,8	Enero	Junio--Agosto
2013	915,4	Mayo	Junio-Sept	898,8	Mayo	Noviembre	1081,8	Febrero	Agosto

Fuente: (INAMHI,2023).

En función de la información recopilada, se elabora el mapa de isoyetas del área minera "Jesús del gran poder". (Ver Anexo 5)

Se recopilaron, asimismo, datos de las estaciones meteorológicas Cariamanga, Gonzanamá y El Lucero, donde se obtuvieron las temperaturas promedio anuales de cada una de las estaciones para la elaboración del mapa de Isotermas del área minera "Jesús del gran poder". (Ver Anexo 6)

Tabla 9. Datos temperatura anual. Año 2003-2013.

Estación		El Lucero		Cariamanga		Gonzanamá	
Código		M0433		M0146		M0149	
Coordenada de la estación	X:	Y:	X:	Y:	X:	Y:	
	669587,4	9513515,4	660414,3	9520874,4	674127,3	9532242,8	
Años	Temperatura ° C		Temperatura ° C		Temperatura ° C		
2003	23,1		18,14		22,1		
2004	23		18,2		22		
2005	24,2		18,1		22		
2004	24		18,22		22		
2007	22		18,4		22,2		
2008	22,6		17,7		21,9		
2009	21,8		17,5		21		
2010	23,5		18,51		22		
2011	22		18		23		
2012	22,3		18,4		24		
2013	22,5		18,36		23		

Fuente: (INAMHI,2023).

5.6.4. Sísmica

Durante el año 2021, la sismicidad en el Ecuador según el informe del año 2021 realizado por la Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG), lo cataloga como un año con una sismicidad moderada y con un número de eventos en el rango de lo esperado.

En la provincia de Loja se registró 1 sismo superficial en la zona limítrofe con Perú, el 28 de noviembre. Por su magnitud y profundidad, fue sentido ampliamente en una gran parte del territorio ecuatoriano. Las intensidades máximas (5-6 EMS) se registraron en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Los daños registrados en algunos puntos del sur del Ecuador se explican por la duración del movimiento, característica particular de este tipo de eventos.(Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2021)

6. Resultados

6.1. Datos generales del Área minera

La información correspondiente al área minera Jesús del gran poder se detallan de manera general en la siguiente tabla:

Tabla 10. Datos Generales área minera: Jesús del gran Poder

Datos generales de la concesión		
Nombre del área:	Jesús del gran Poder	
Código:	600727	
Ubicación Política	Parroquia:	Cariamanga
	Cantón:	Calvas
	Provincia:	Loja
Ubicación Geográfica	Este (X)	Norte (Y)
	661601,549	9526494,226
	661697,245	9526494,226
	661697,981	9526200,514
	661405,429	9526201,232
	661405,741	9526590,658
	661601,659	9526590,146
Superficie Total	11 has.	
Nombre del titular minero:	Hidalgo Ontaneda Manuel Livio	
Tipo de material:	Material de construcción	

6.2. Descripción del área de estudio

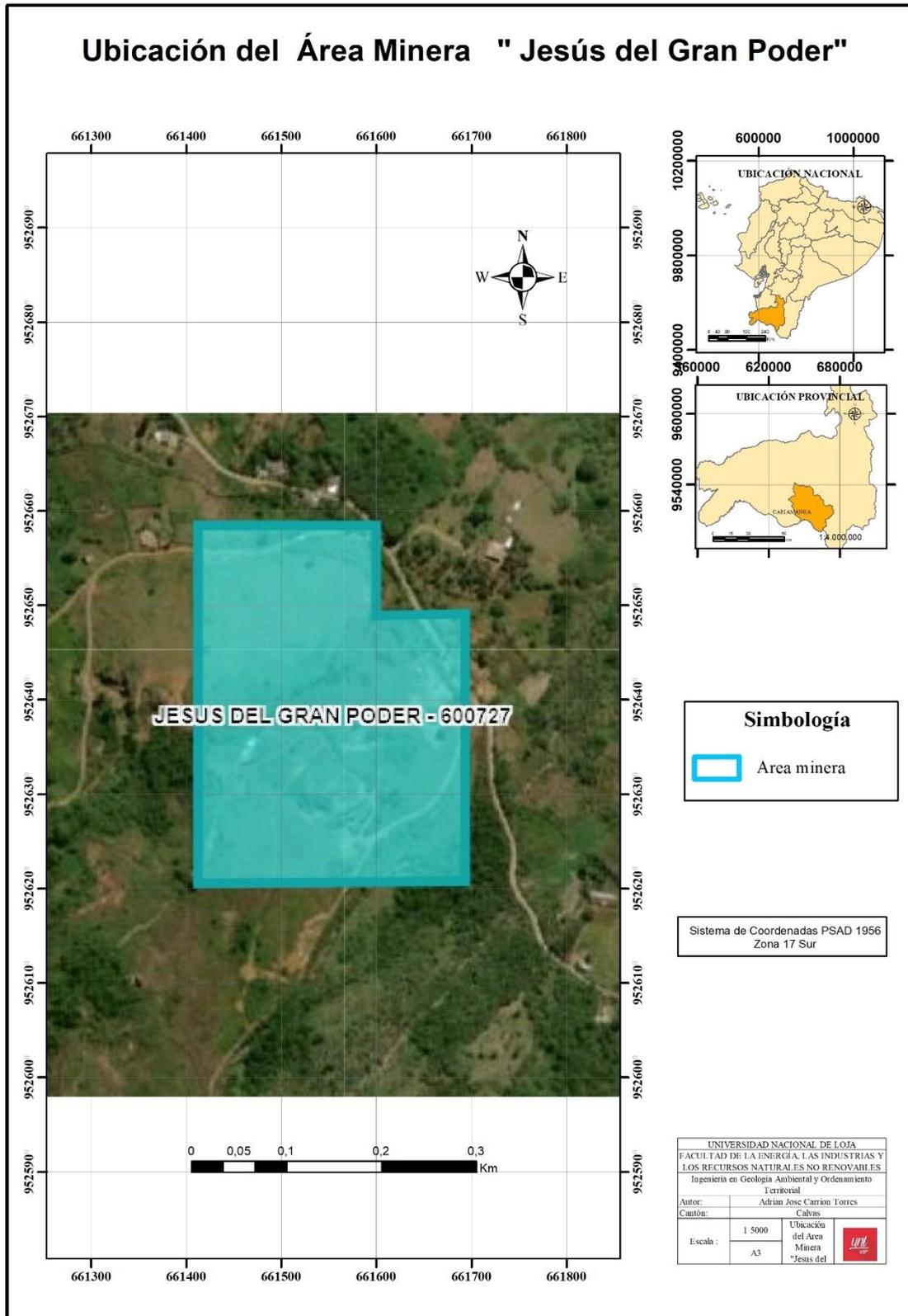
6.2.1. Ubicación

El presente proyecto de investigación se encuentra ubicado en el cantón Calvas provincia de Loja, partiendo desde la ciudad de Cariamanga en la vía. Cariamanga - Loja, sector Agua Dulce, con un área aproximada de 11 hectáreas. Las coordenadas geográficas de ubicación (UTM/PSAD56/17S.) se muestran la siguiente tabla:

Tabla 11. Coordenadas del sector a estudiar

Coordenadas del Área minera "Jesús del gran poder"		
Vértices	Coordenada en X	Coordenada en Y
V1	661601,5491	9526494,226
V2	661697,2448	9526494,226
V3	661697,9809	9526200,514
V4	661405,4285	9526201,232
V5	661405,741	9526590,658
V6	661601,6589	9526590,146

Figura 10. Ubicación del área minera “Jesús del Gran Poder”

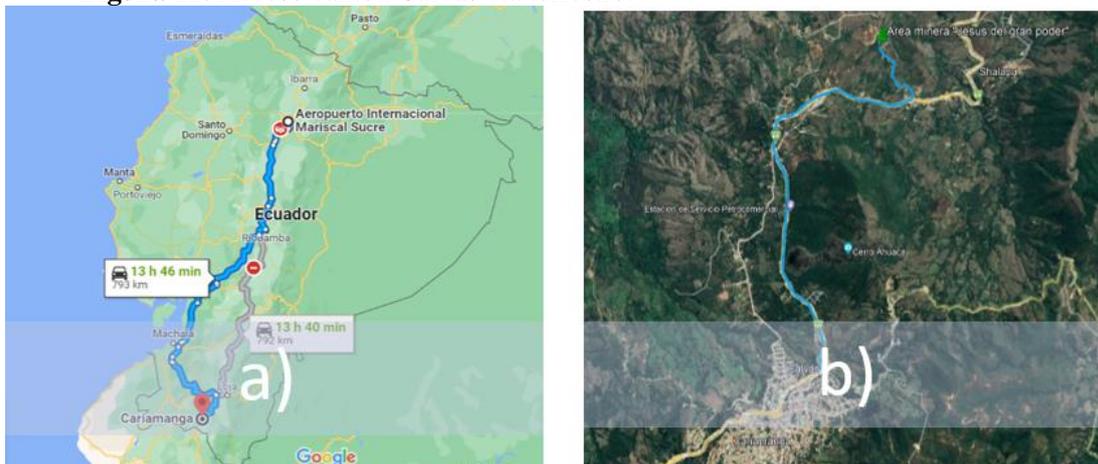


Nota: El grafico representa la ubicación del área a estudiar. (Google Maps 2023).

6.2.2. Acceso

Para acceder a la zona de estudio se lo puede realizar de la siguiente manera, mediante vía terrestre, tomando como referencia la ciudad de Quito, con un recorrido 767.6 km durante 13 h 9 min hasta la ciudad de Cariamanga, posteriormente se toma la vía que conduce a Loja hasta llegar al sector Agua dulce en un tiempo aproximado de 8 min.

Figura 11. Acceso cantón Calvas vía terrestre.

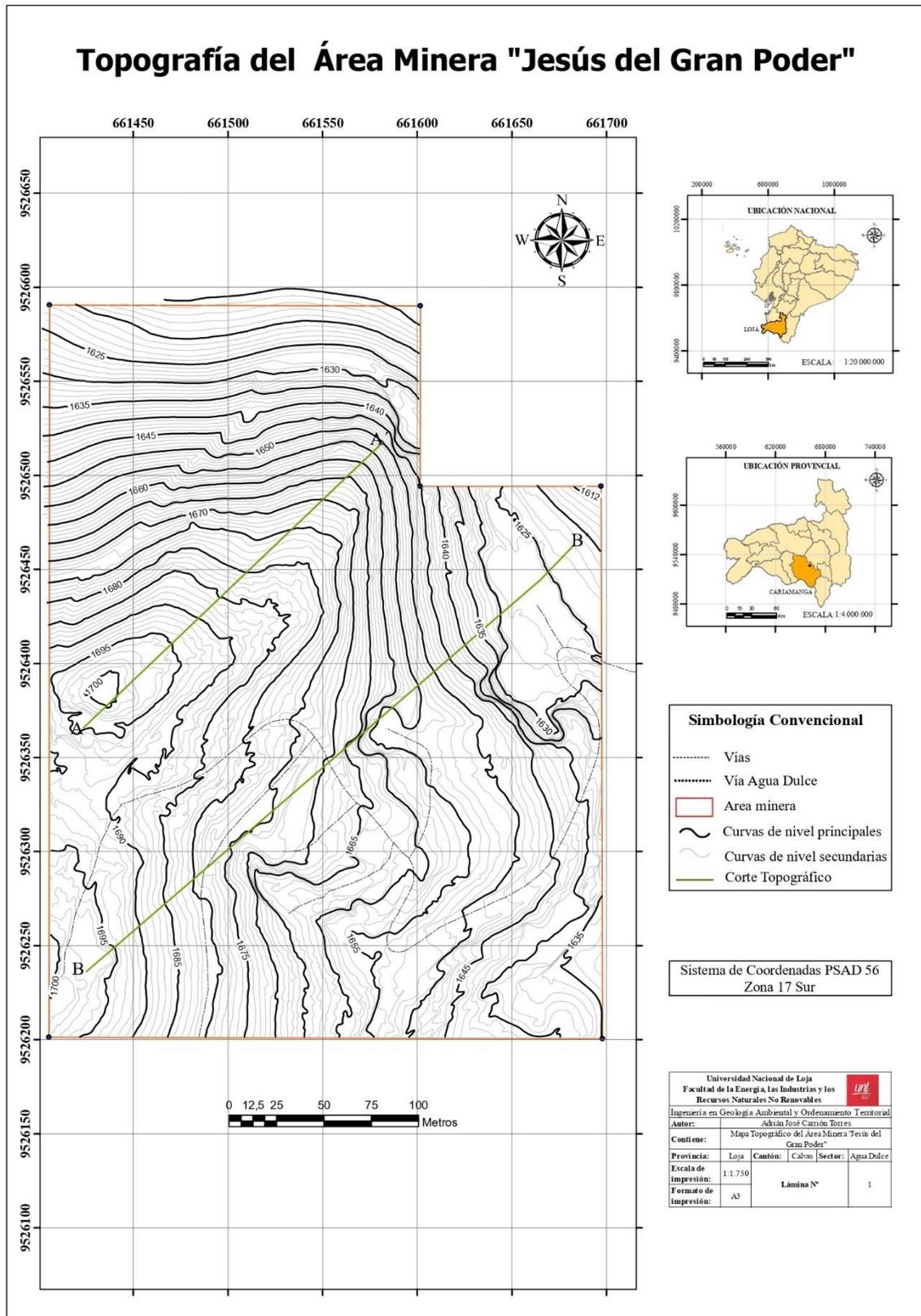


Nota: a) Acceso cantón Calvas vía terrestre desde la ciudad de Quito. b) Acceso área minera Jesús del gran poder desde la ciudad de Cariamanga.

6.3. Topografía

Se realizó el levantamiento topográfico del área minera “Jesús del Gran Poder” mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (Drone DJI PHANTOM 4 RTK). La cual se ve caracterizada por tener un relieve irregular, con el objetivo de que la mayoría de los terrenos se encuentren en la parte Este de la concesión, a 1610,7 m.s.n.m., donde se realizan las operaciones de extracción de materiales de construcción, y la más alta en la zona oeste a 1701 metros de altura. A nivel norte de la concesión existen alturas que alcanzan los 1625 m.s.n.m, mientras que en el sur las alturas alcanzan los 1675 m.s.n.m. Esta información se puede observar a detalle en el mapa topográfico del área minera “Jesús del Gran Poder” (Ver Anexo 7) con las secciones de perfil trazadas.

Figura 12. Topografía del Área Minera “Jesús del Gran Poder”

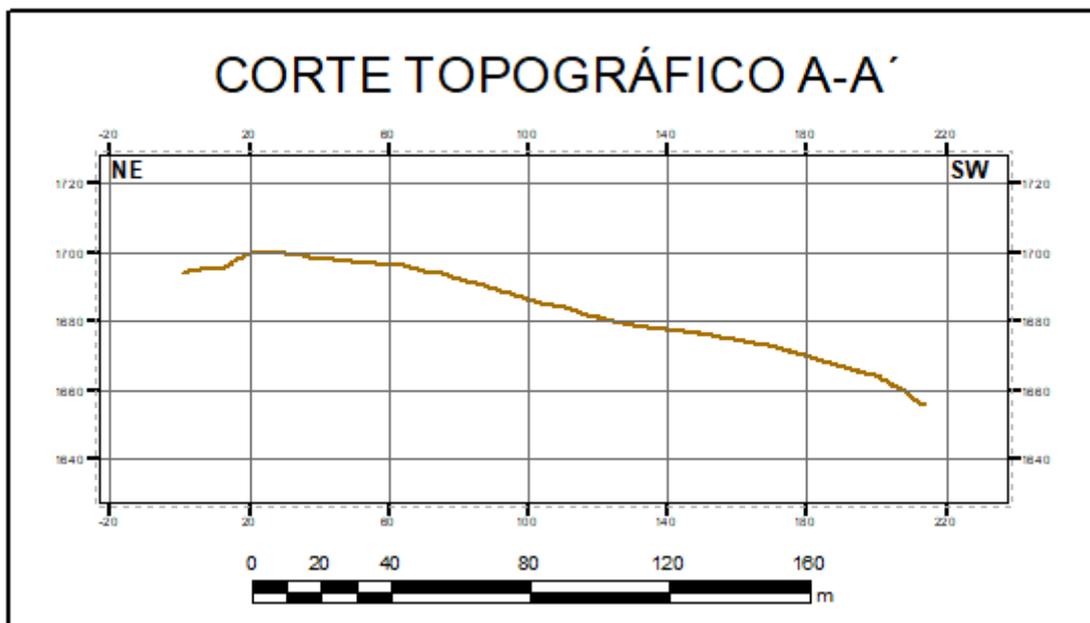


Nota: En el presenta mapa se muestra la topografía del área de estudio con la ayuda del Software ArcMap 10.5.

La zona de estudio tiene una superficie aproximada de 104,520.673 m², las curvas de nivel principales se obtuvieron cada 5 metros y a su vez las curvas secundarias cada metro, con el fin de obtener una mayor precisión. La zona minera está compuesta por vías que se utilizan para la explotación y extracción del material, la vía del flanco este por donde es su ingreso cuenta con una longitud de 768,8 metros que recorre toda el área.

Para determinar el grado de pendiente en el área de estudio, se llevaron a cabo dos cortes topográficos en función de la clasificación establecida por (Demek, 1972), lo cual resultó en el corte A – A' (Figura 12) del 24,2% considerado una pendiente muy inclinada. El corte B – B' (Figura 13) presenta una inclinación del 22,8%, lo que representa una pendiente muy inclinada.

Figura 13. Perfil topográfico A – A' del Área Minera “Jesús del Gran Poder”



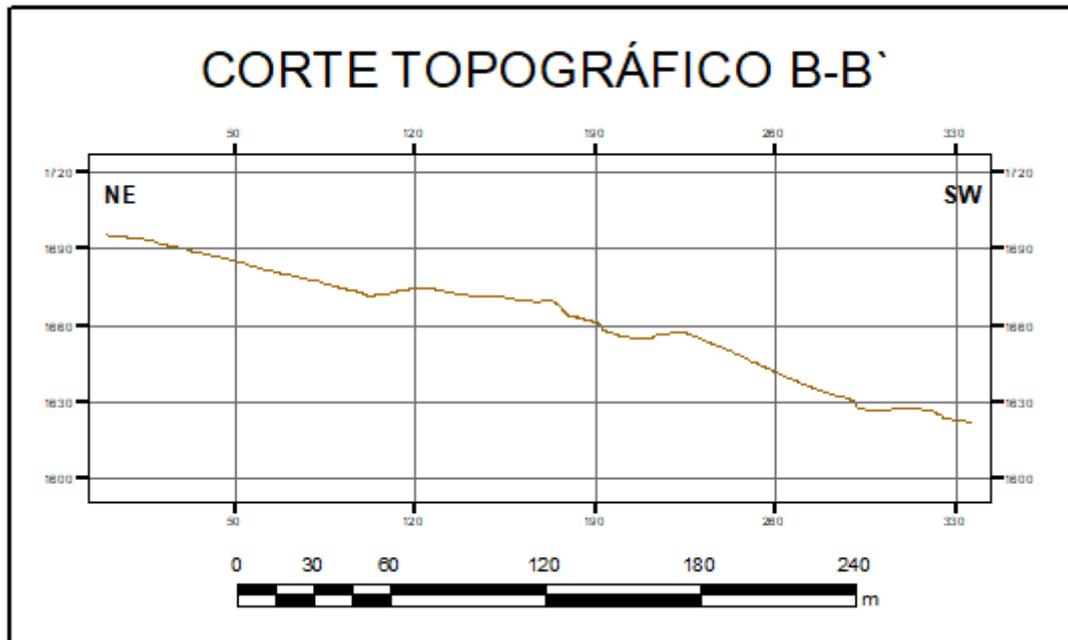
Nota: En el presenta mapa se muestra el perfil topográfico A – A' con la ayuda del Software ArcMap 10.5.

$$\text{Pendiente} = (\text{distancia vertical} / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = (1698 - 1640) \text{m} / 239.5 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente} = 0.242 * 100 = 24,2\%$$

Figura 14. Perfil topográfico B – B' del Área Minera “Jesús del Gran Poder”



Nota: En el presenta mapa se muestra el perfil topográfico B – B' con la ayuda del Software ArcMap 10.5.

$$\text{Pendiente} = (\text{distancia vertical} / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = (1702 - 1620) \text{m} / 359 \text{m}$$

$$\text{Pendiente} = 0.228 * 100 = 22.8\%$$

6.4. Geología

6.4.1. Geología regional

Con la finalidad de establecer la geología regional se utilizó la Hoja Geológica de Cariamanga a escala 1: 100.000 de acuerdo a la información levantada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE, 2017).

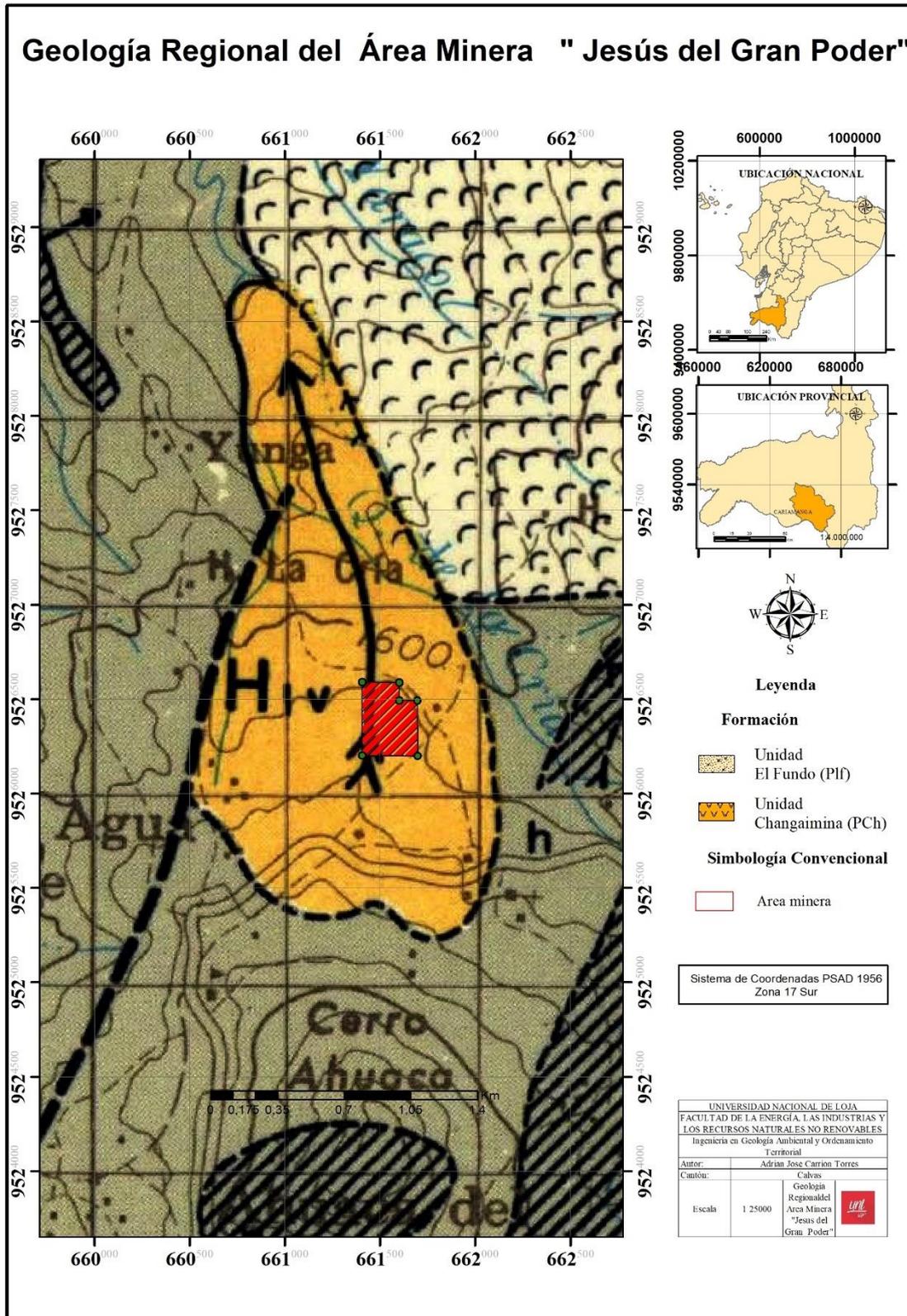
Se tiene entonces que el área minera “Jesús del Gran Poder”, Código 600727” regionalmente se encuentra conformada por:

Formación Sacapalca: (Cretácico Superior) Está constituida de lavas y piroclastos que afloran en un graben, en el lado oriental de la hoja. Las lavas que son más resientes a la erosión forman terrenos altos, mientras que los piroclastos forman las depresiones. Los piroclastos son tobas andesíticas con tobas aglomeráticas y aglomerados subordinados. Las tobas son ligeramente coloreadas, usualmente verde claro. Morado, amarillo o café y compuestas de fragmentos cristalinos, líticos y vítreos en una matriz vítrea parcialmente desvitrificada. Las lavas son pórfidos andesíticos de color café, castaño o gris, en contraste con las andesitas verdes

de la Piñón. Son ricas en fenocristales andesino - labradorita con zona de oscilatorio. Los minerales máficos incluyen enstatita, hipertensa, augita y hornblenda ocasionalmente; constituyen más del 15% de los fenocristales, por lo tanto, las rocas son leucocráticas y por consiguiente clasificadas como andesita más que como basalto.(Villemur, 1967)

Colada lávica: (Holoceno) Existen dos corrientes de lava sobre el flanco descubierto de la cima rocosa del Cerro Ahuaca al norte de Cariamanga, el cual se creyó que era un cuello volcánico.(Villemur, 1967)

Figura 15. Geología Regional Área minera “Jesús del gran Poder”



Nota: En imagen se establece el área minera Jesús del gran Poder tomando como georreferencia la hoja Geología de Carimanga a escala 1: 100.000

6.4.2. *Geología Local*

La geología local del área minera “Jesús del Gran Poder”, código 600727 (Ver Anexo 8), se encuentra definida por la presencia de flujos de lodo compuestos por una matriz limo-arenosa que incorpora clastos andesíticos. Esta unidad, denominada Unidad El Fundo y de edad Pliocénica, se localiza dentro del área minera, aunque en menor proporción, rodeada por lavas y piroclastos atribuibles al Cretácico Superior, los cuales se incluyen en la Unidad Changaimina.

Específicamente, en los afloramientos 1, 4, 5, 7 y 8, se evidencian formaciones de origen antrópico, compuestas mayoritariamente por lavas andesíticas que se hallan expuestas y experimentan procesos de meteorización, generando pequeños fragmentos de roca los cuales son considerados como material Coluvial ya que son producto de la meteorización y desgaste de la roca madre y cuyo origen se da por la depositación de material de las partes más altas o roca madre a las partes más bajas. La textura de la roca exhibe características afaníticas porfíricas, con vetillas de cuarzo de dimensiones reducidas. La secuencia abarca principalmente lavas andesíticas de afinidad calco-alcalina, con tonalidades que oscilan entre el gris y el púrpura, y presenta un notable contenido de plagioclasas, feldespatos y biotita.

Figura 16. Lavas andesíticas presentes en el Área Minera “Jesús del Gran Poder”.



Nota: Fotografía tomada por el autor donde se muestra el material presente en el área minera “Jesús del Gran Poder”.

Los afloramientos 2 y 11 tienen un origen antrópico, mientras que los afloramientos 3, 6, 9 y 10 son de origen natural. Estos afloramientos están compuestos en un 70% por matriz areno-limosa y arcillosa, y un 30% por clastos de composición andesítica que de la misma

manera se los considera como material coluvial producto del desgaste por agentes externos de la roca madre para su posterior transporte y depositación en zonas bajas estos fragmentos de roca son subangulares de diversos tamaños, que varían desde centímetros hasta decímetros. Estos afloramientos naturales están cubiertos por una delgada capa de vegetación. Así mismo los clastos presentes en esta zona son correspondientes al material andesítico que se encuentra sobre yaciendo discordantemente a las rocas volcánicas de la Unidades Changaimina.

Figura 17. Material areno, limo, arcilloso presente en el Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

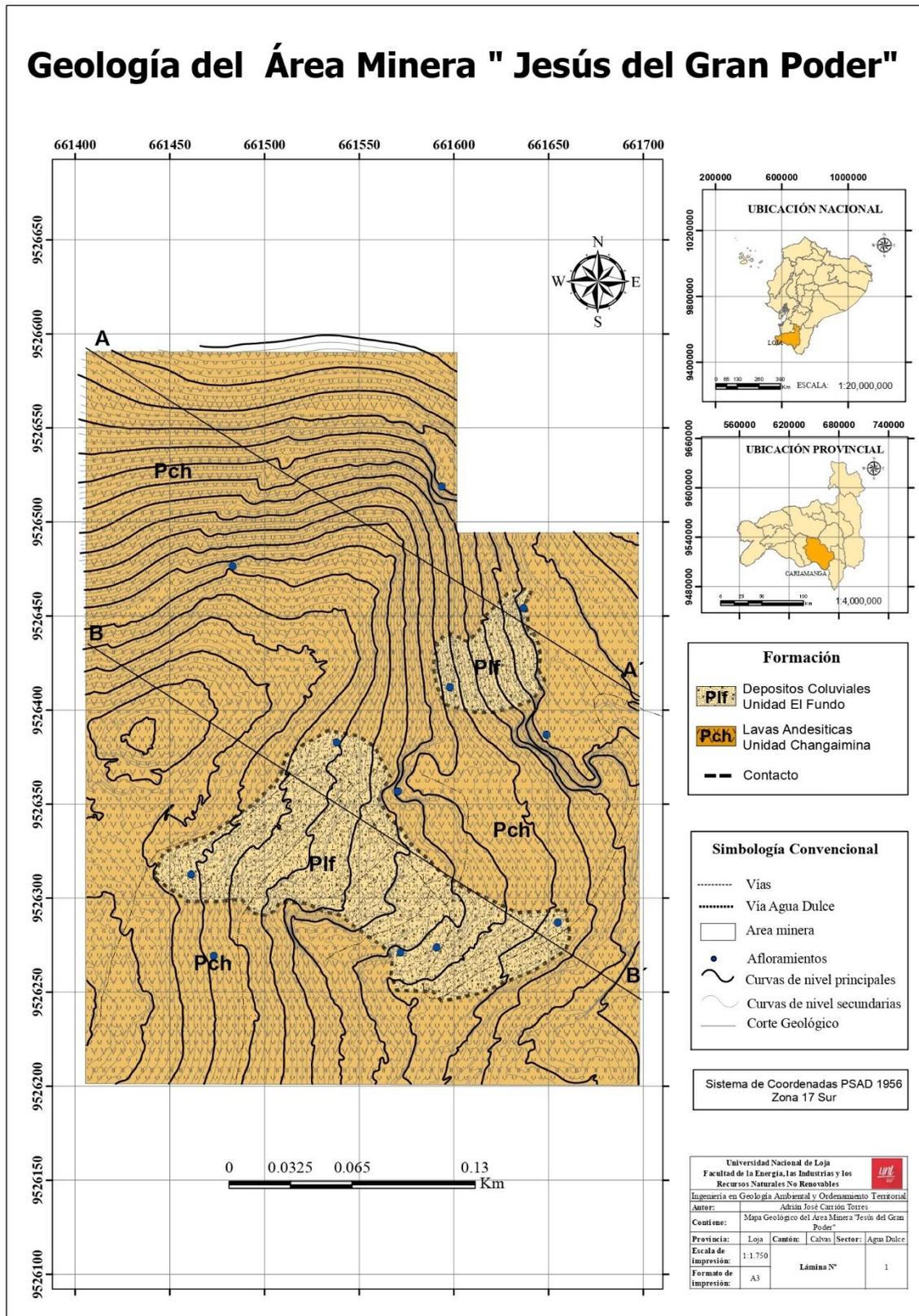


Nota: Fotografía tomada por el autor donde se muestra el material presente en el área minera “Jesús del Gran Poder”.

Como resultado de acuerdo a la información previa recolectada y a partir de la información levantada en campo, se tiene que el área minera “Jesús del Gran Poder” se encuentra dentro de la Unidad Changaimina que corresponde a las facies lávicas de lo que se conocía como Formación Sacapalca. Esta Unidad se encuentra distribuida en los altos farallones al norte de la ciudad de Cariamanga. La secuencia comprende principalmente lavas andesíticas. Así mismo dentro del área minera se encuentra flujos de lodo están conformados por una matriz limo arenosa con clastos andesíticos perteneciente a la Unidad El Fundo el material identificado como material limo arenoso se lo considera como un saprolito cuyo origen se da por el desgaste in situ del material a tal grado de convertirse en un sedimento en nuestro caso un sedimento limo arenoso.

Con base en toda la información recolectada en el terreno, se elaboró el mapa geológico correspondiente al área minera "Jesús del Gran Poder" (Ver Anexo 9).

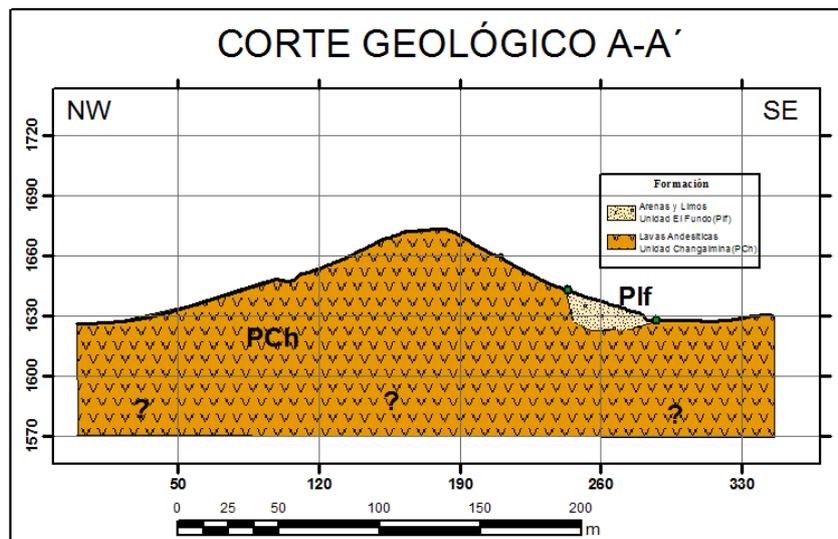
Figura 18. Geología del Área Minera "Jesús del Gran Poder"



Nota: En el presenta mapa se muestra la geología del área de estudio elaborado con la ayuda del Software ArcMap 10.5.

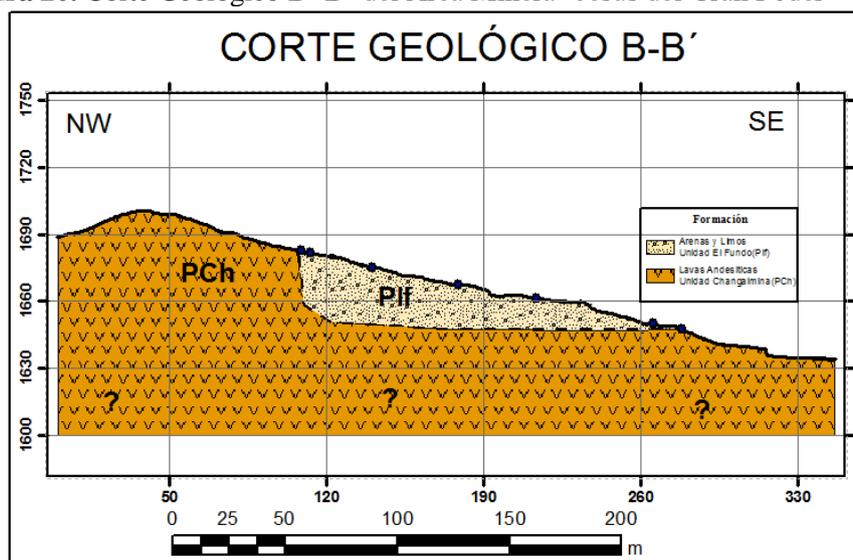
En base a la información geológica del área minera “Jesús del gran Poder”, se elaboró los perfiles geológicos con el objetivo de obtener una representación visual y sistemática de las características geológicas presentes en el área. Este perfil proporciona información para la planificación y el desarrollo de actividades mineras, ya que permite identificar zonas de interés y evaluar la viabilidad de los proyectos en términos geológicos. Mediante el análisis detallado del mapa geológico, se ha logrado obtener un perfil geológico integral que sirve como base para futuras investigaciones y estudios en el área minera de "Jesús del Gran Poder"

Figura 19. Corte Geológico A- A´ del Área Minera “Jesús del Gran Poder”



Nota: En el presenta mapa se muestra el corte geológico del del punto A – A´ del área de estudio con la ayuda del Software ArcMap 10.5.

Figura 20. Corte Geológico B- B´ del Área Minera “Jesús del Gran Poder”



Nota: En el presenta mapa se muestra el corte geológico del del punto B – B´ del área de estudio con la ayuda del Software ArcMap 10.5.

6.5. Calidad de material y reservas

6.5.1. Calidad de material

El área minera "Jesús del Gran Poder" abarca una extensión de 104,520.673 m². En este contexto, se consideró fundamental llevar a cabo un análisis con el propósito de evaluar la calidad del material presente. Los ensayos correspondientes se llevaron a cabo en las instalaciones del laboratorio "ESTSUELCON CIA. LTDA". En dicho laboratorio, se llevaron a cabo una serie de pruebas tal como se detalla en la sección 5.4.1., en relación a la calidad de los materiales, siguiendo las pautas establecidas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes emitidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el año 2002. (Ver Anexo 2)

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) desempeña la función a nivel nacional de instituir los parámetros fundamentales y las directrices de índole técnica concernientes a la edificación de infraestructuras viales de dominio público. En el marco de las regulaciones establecidas, se definen tanto las directrices políticas como los criterios, procedimientos y metodologías que deben ser observados y acatados.

6.5.1. Resultados de los ensayos

Tabla 12. Resultados del ensayo del material explotado en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Parámetros de calificación		
Ensayo	Requerimiento	Resultado
Límite líquido	≤ 25%	No plástico
Índice de plasticidad	< 6%	No plástico
Desgaste a la Abrasión	< 50%	28.99%
Granulometría	Material 100% pasante la malla de 4", material con buenas características granulométricas para ser utilizado como material de mejoramiento.	
Pasante de la malla nro. 200	0-20%	1,95%
CBR	> 20	31,85%

Nota: Resumen de resultados de laboratorio. Fuente: (ESTSUELCON CIA. LTDA, 2023)

Los resultados derivados de las investigaciones empíricas llevadas a cabo en las instalaciones del laboratorio denominado "ESTSUELCON CIA. LTDA." han demostrado congruencia con los requisitos imperativos fijados por las normativas, confiriéndoles aptitud para ser empleados en calidad de componentes destinados a la mejora, de acuerdo con lo preceptuado por las directrices generales delineadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de la República del Ecuador.

De igual manera, en la tabla que se presenta a continuación se muestra los valores que exige la norma del MTOP en el libro de *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*, en el capítulo 400 denominado Estructura de Pavimento, sección 402 que corresponde a Mejoramiento de la subrasante, estos valores son comparados con los obtenidos en los ensayos del laboratorio y se comprueba si cumplen o no con lo requerido por la norma.

Tabla 13. Comprobación de los ensayos del laboratorio respecto al cap. 400, sección 402 de las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes en Ecuador

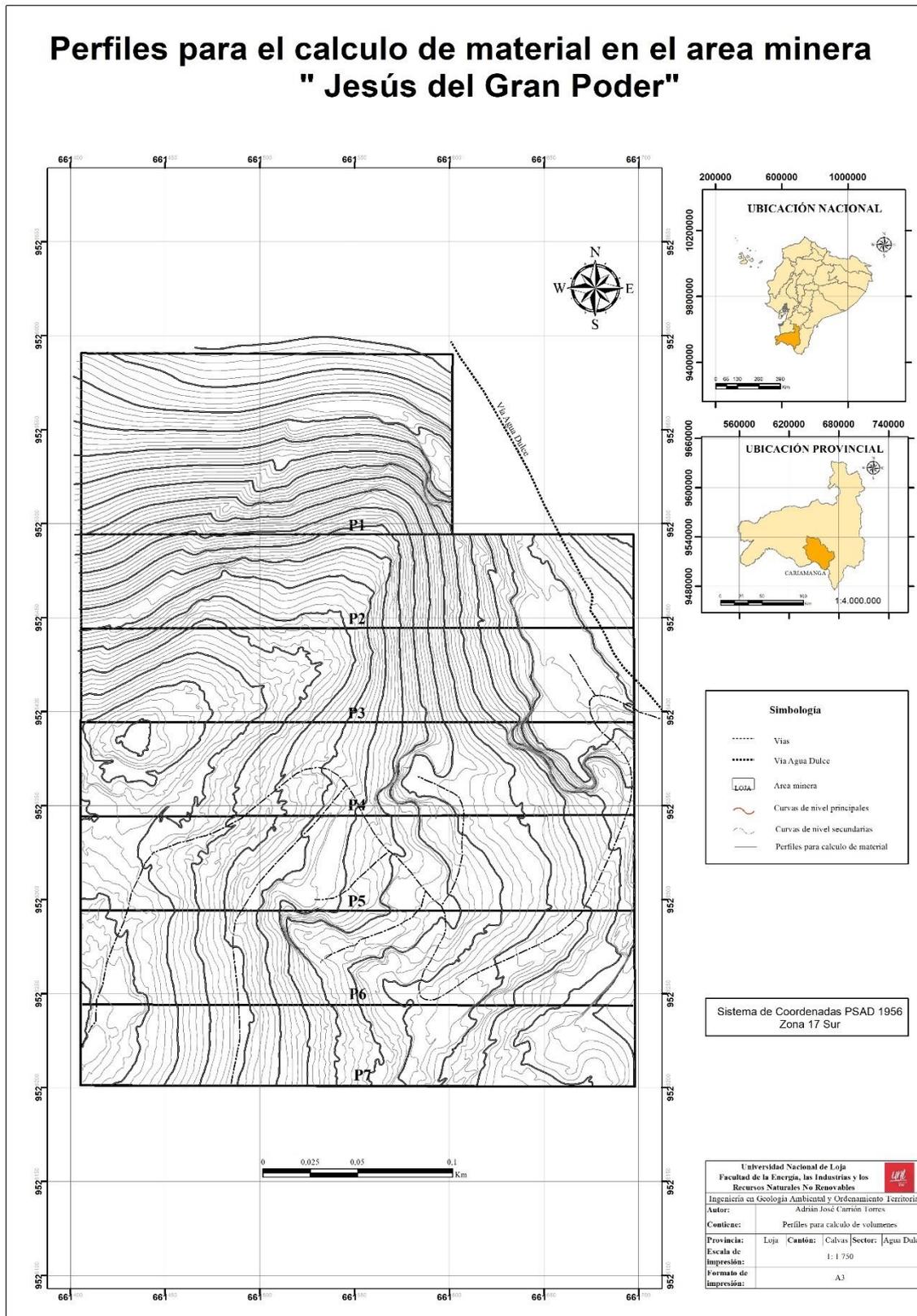
Especificaciones técnicas de los ensayos de laboratorio para mejoramiento de la subrasante			
Ensayo	Requerimiento de la Norma	Resultado de laboratorio	Cumple / No Cumple
Límite líquido	Máximo de 35	0	Cumple
Índice de plasticidad	No mayor de 9	0	Cumple
Desgaste a la abrasión	Máximo 50%	28,99%	Cumple
Granulometría – Pasa malla #200	0 – 20%	1,95%	Cumple
CBR	Mayor al 20%	31,85%	Cumple

De acuerdo con los ensayos de laboratorio, su análisis y comparación con los valores del libro amarillo del MTOP en el cap. 400, se tiene que el material aprovechable del área de estudio sirve única y específicamente como material de mejoramiento de la subrasante (Sección 402), al tener un desgaste a la abrasión menor al 50% y un CBR mayor a 20%. Pues para material de superficie de rodadura (Sección 401) se requiere de un CBR no mayor al 6% y para ser utilizado como material para la fabricación de bases (Sección 404) se requiere un CBR mayor al 80%.

6.5.2. Cálculo de reservas

El cálculo de reservas de material en el área de El área minera "Jesús del Gran Poder" se llevó utilizando el método de los perfiles. Este proceso de cálculo se realizó, teniendo en cuenta factores geológicos y topográficos que influyen en la distribución y concentración de los recursos dentro del área.

Figura 21. Perfiles empleados para cálculo de material en el Área minera “Jesús del gran Poder”



Nota: Mapa en el que se representa los perfiles usados para el cálculo de material en el Área minera “Jesús del gran Poder”.

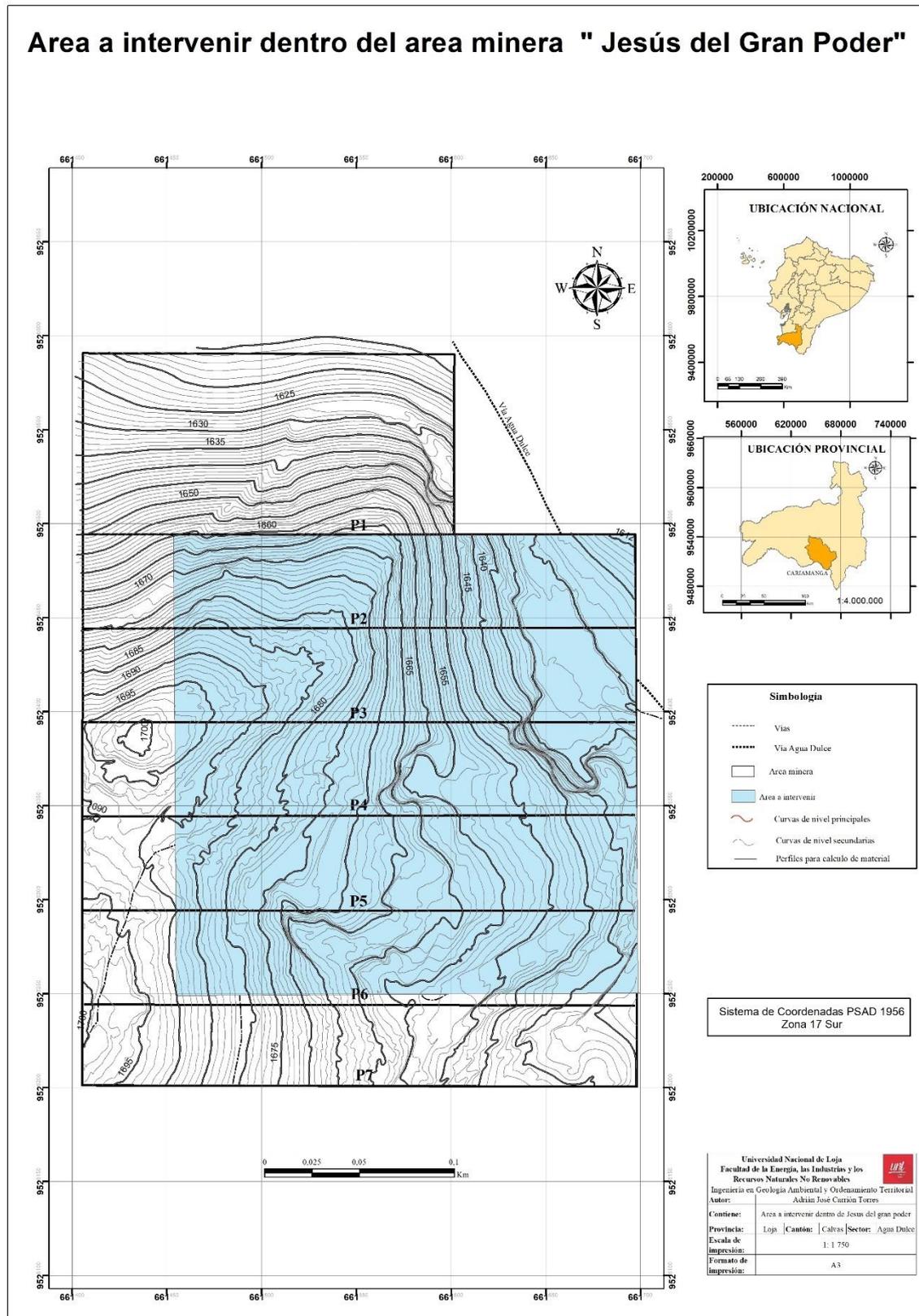
Con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos, se llevó a cabo el cálculo de las reservas en la zona de explotación utilizando el método de perfiles detallado en la sección 5.4.3. del informe, el cual se centra en el cálculo de reservas. Como resultado se obtuvo un volumen de 2,787,380.403 m³.

Tabla 14. Resultados del volumen del material (m³) por el método de los perfiles en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Cubicación de materiales de construcción							
Perfiles	Distancia entre perfiles	Materiales de construcción		Cobertura de desbroce		Material de construcción + Cobertura de desbroce	
		Área (m ²)	Volumen (m ³)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
Perfil 1		10482,8536		345,9172		10828,7708	
Perfil 2	50m	11233,6807	542913,3573	345,4418	17283,9756	11579,12251	560197,3329
Perfil 3	50m	11434,8917	566714,3097	447,0775	19812,9834	11881,96921	586527,2931
Perfil 4	50m	8613,2947	501204,6598	524,1520	24280,7383	9137,446715	525485,3981
Perfil 5	50m	7876,0302	412233,1233	849,1307	34332,0666	8725,160881	446565,1899
Perfil 6	50m	8709,1296	414628,996	527,2754	34410,1510	9236,405	449039,147
Perfil 7	42,96m	7570,4773	349685,9574	419,7056	23674,5250	7990,182955	373360,4824
Total			2787380,403		153794,44		2941174,843

En este proceso, se determinó la zona óptima para establecer los frentes de explotación como factor fundamental y el área a intervenir. La deducción de trabajar con el 40% de la extensión total elegida se sustenta en los datos obtenidos a partir de los afloramientos, los cuales proporcionan una base sólida para la caracterización integral de la composición geológica y las propiedades físicas inherentes de la zona. Por igual, los análisis en laboratorio complementaron esta evaluación, proporcionando una apreciación más profunda de las características de los materiales.

Figura 22. Área a intervenir dentro de la zona minera “Jesús del gran Poder”



Nota: Mapa en el que se representa los perfiles usados para el cálculo de material en el Área minera “Jesús del gran Poder”.

En conformidad con este enfoque, los cálculos se basaron en asignar un 40% (1,114,952.161m³) de recursos a las reservas probadas, representando una estimación de la disponibilidad de recursos. Paralelamente, las reservas probables, que abarcan panoramas más amplios de extracción, se estimaron en un 60% (1,672,428.242m³), trazando un horizonte expansivo en términos de potencial de explotación. Los resultados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 15. Volumen de reservas (m³) en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Volumen de Reservas	
Tipo de reservas	Volumen (m³)
Reservas probadas	1114952,161
Reservas probables	1672428,242
Reservas posibles	2787380,43

Cabe aclarar que se le asignó un 40% de recursos a las reservas probadas, basándonos en la información levantada en los afloramientos encontrados en el área, pues del total de afloramientos levantados, gran parte de los mismos se encuentran dentro de la zona a intervenir, además, esta información se afianzó con la realización de los perfiles que permitieron determinar la continuidad del material aprovechable, sin embargo, hay ciertas zonas donde no se puede evidenciar dicha continuidad (60%), por la falta de afloramientos que nos permitan probar la existencia del material aprovechable.

Estos valores fueron obtenidos a partir de 7 perfiles los cuales se detallan a continuación:

Figura 23. Corte perfil 1 del Área minera “Jesús del gran Poder”

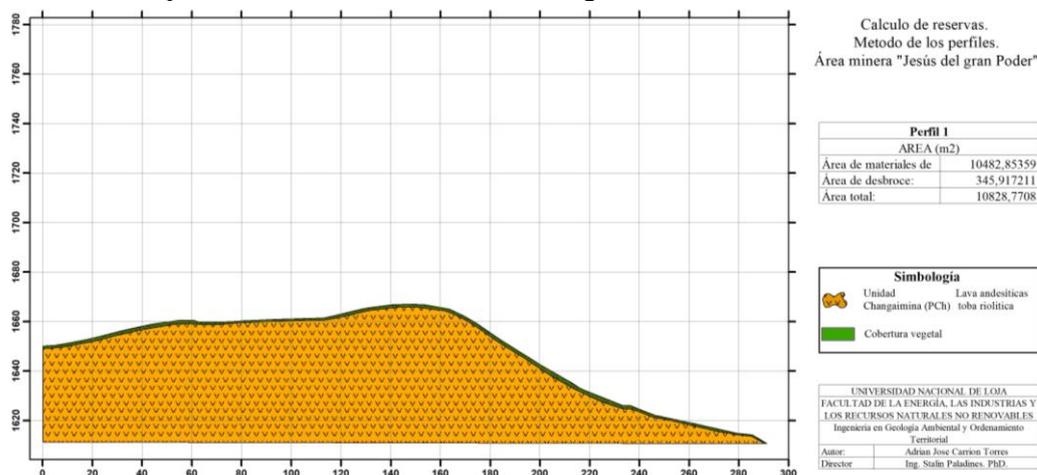


Figura 24. Corte perfil 2 del Área minera “Jesús del gran Poder”

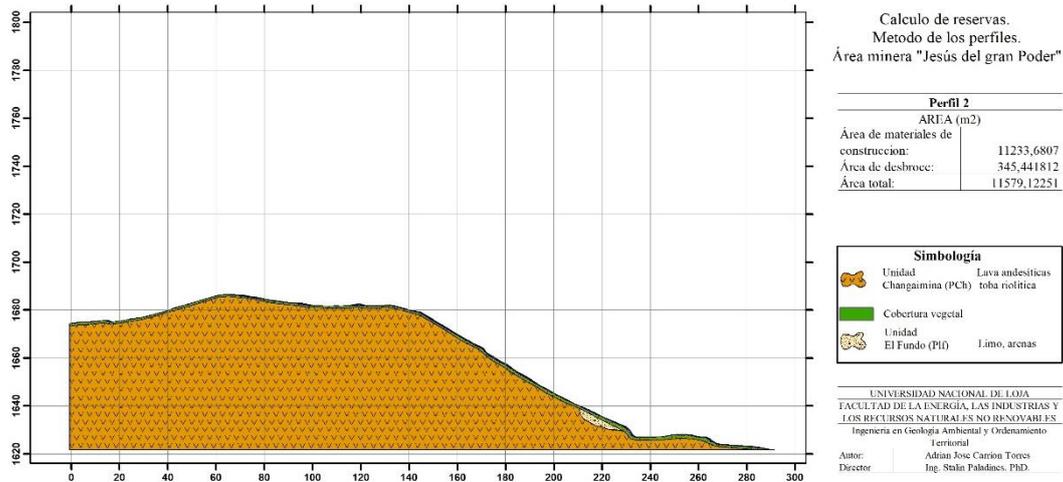


Figura 25. Corte perfil 3 del Área minera “Jesús del gran Poder”

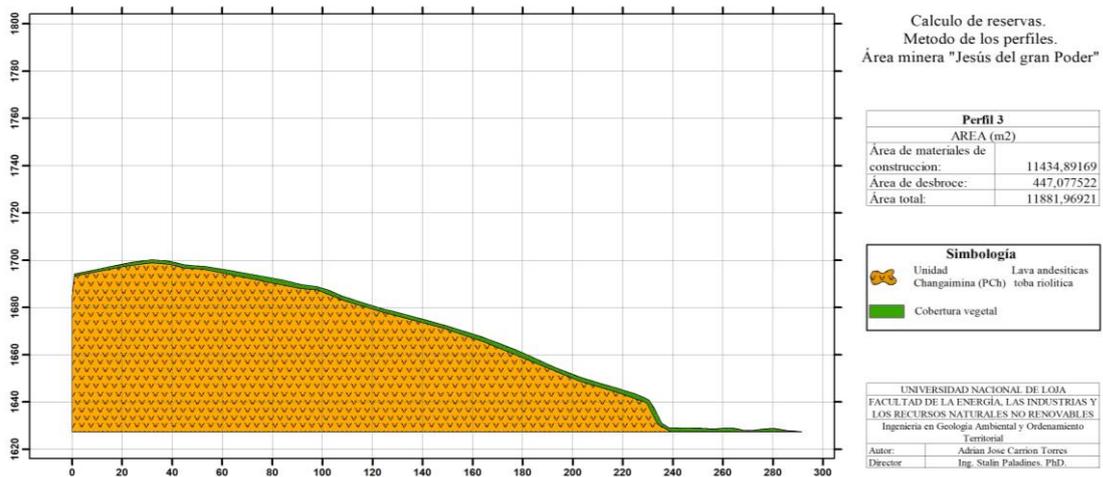


Figura 26. Corte perfil 4 del Área minera “Jesús del gran Poder”

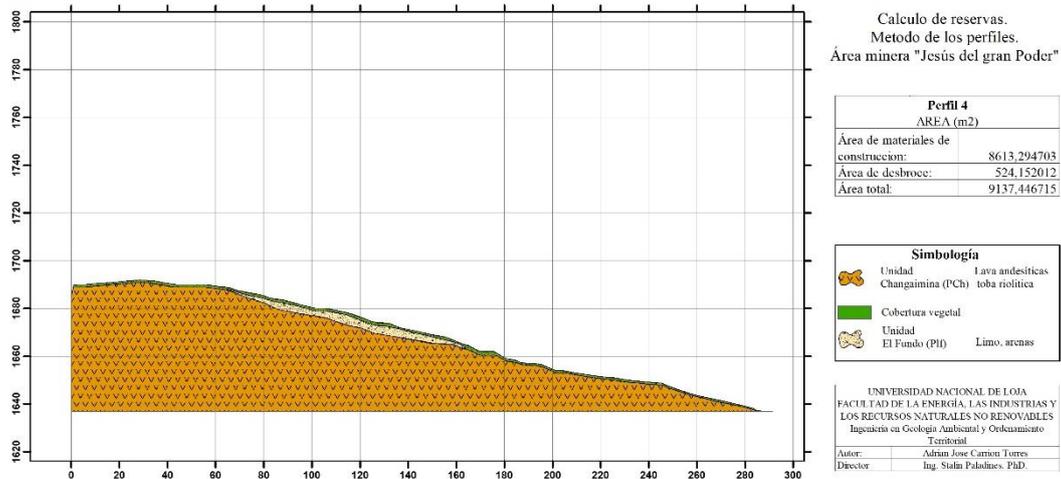


Figura 27. Corte perfil 5 del Área minera “Jesús del gran Poder”

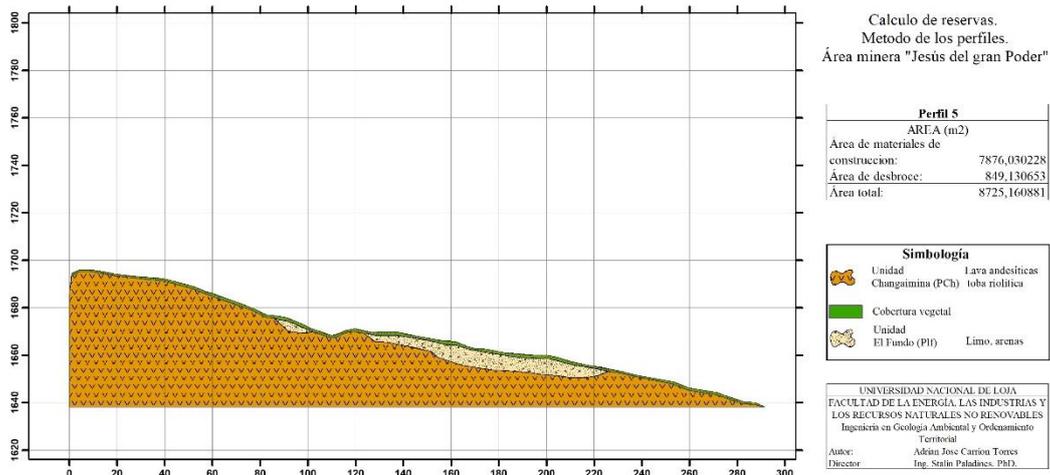


Figura 28. Corte perfil 6 del Área minera “Jesús del gran Poder”

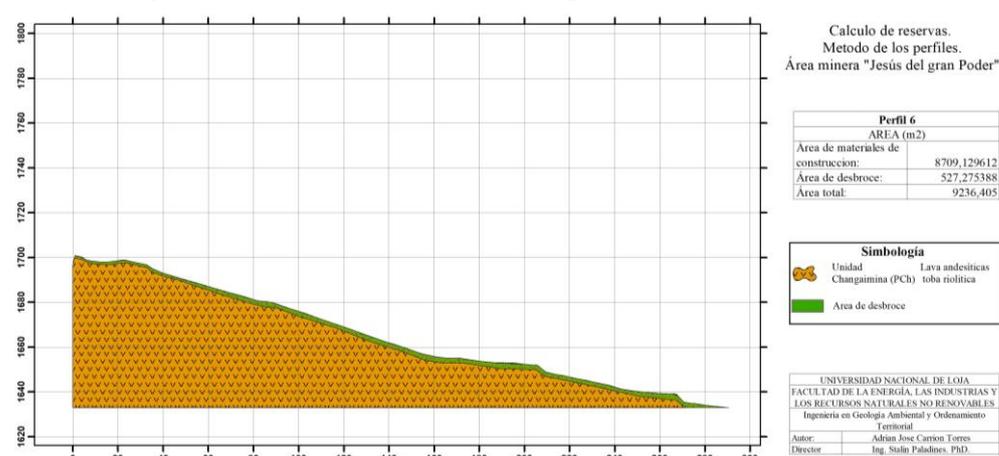
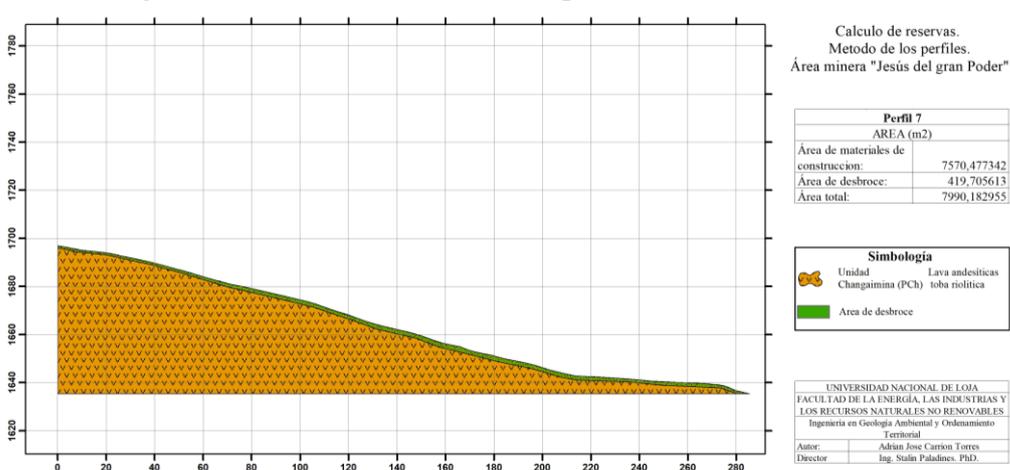


Figura 29. Corte perfil 7 del Área minera “Jesús del gran Poder”



Como una segunda metodología para el cálculo de reservas se utilizó un método

geométrico computarizado en donde mediante la confección del MDT de la metodología anterior y gracias al análisis de los perfiles en el programa ArcGIS 10.3 se delimitó el área total de los polígonos, así como la potencia media del yacimiento la cual es de 47 mts por lo tanto utilizando la ecuación

$$VT = \sum_{i=1}^n vi \quad (2)$$

Donde:

V_m = Volumen total de las reservas

V_i = Volumen de cada polígono generado por la diferencia de superficies de los Modelos Digitales del terreno (M.D.T).

Para el cálculo del Volumen de cada polígono se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 16. Volumen de reservas a través de análisis geométrico computarizado (M.D.T).

Código	Área	Prof. Media	Volumen
1	10,829
2	11,579	47	544,218.7575
3	11,882	47	558,452.5524
4	9,137	47	429,459.9949
5	8,725	47	410,082.5623
6	9,236	47	434,111.035
7	7,990	47	375,538.5963
Reservas Totales			2,751,863.50

Como se evidencia existe una discordancia entre el cálculo de reservas por el método de perfiles y por la metodología del modelo digital del terreno (MDT), dando como resultado para la primera metodología un total de 2'787,380.43m³, mientras que la segunda metodología un total de reservas de 2'751,863.50 m³ la discrepancia entre estos valores se debe a exactitud de cada uno de los métodos. Sin embargo, de acuerdo a la investigación realizada el método de perfiles tiene un mayor grado de confianza en cuanto al cálculo de reservas pues al tomar en cuenta el área de cada perfil con su profundidad hace que la precisión de este método sea mayor ya que con el MDT se utiliza una profundidad media asignado valores estimados a cada sección es por ello que para la presente investigación se tomará los valores obtenidos por la metodología de perfiles debido a su veracidad.

6.6. Descripción de procesos y actividades en el área minera.

En el Área minera "Jesús del Gran Poder", se aplica el método de explotación a cielo abierto. Sin embargo, el plan operativo actual padece de una definición precisa, ya que la extracción se lleva a cabo de manera empírica. En este proceso, el arranque se realiza de forma mecánica en el frente de explotación. Este diseño ha estado en vigor desde los inicios de la actividad minera en la concesión.

La producción actual se estima en aproximadamente 155m³/día, con variaciones inherentes a la demanda del cantón Calvas. Esto obedece a la búsqueda de rentabilidad económica, dada la comercialización de dichos materiales.

6.6.1. Esquema de Producción

Las operaciones que se realizan actualmente en el Área minera "Jesús del Gran Poder" engloban:

- ✓ Arranque
- ✓ Carga
- ✓ Transporte.

Al presente, no se dispone de una escombrera en la concesión, puesto que todo el material se emplea integralmente como insumo para construcción, a continuación, se presenta el esquema del sistema de explotación actual a emplearse.

Figura 30. Esquema del sistema de explotación actual en el Área minera "Jesús del gran Poder"



6.6.2. Actividades en el área minera

6.6.2.1. Arranque o Extracción

La extracción o remoción de materiales destinados a la construcción en el ámbito de la zona minera se efectúa mediante el método a cielo abierto. En el sector actual de explotación dentro de esta área, se emplea maquinaria mecánica específicamente representada por una retroexcavadora de modelo Caterpillar 420F2. (Tabla 19)

Una vez posicionada en el frente de explotación, el operador de la retroexcavadora procede a determinar las dimensiones a ser sometidas a explotación. Esta elección se basa en su experiencia y considera variables como el tipo de material deseado y la cantidad requerida. Mediante movimientos verticales se inicia el proceso de arranque. La consecuencia inmediata es la caída del material extraído en el mismo lugar. Este procedimiento es repetido en cada instancia en la que surge la necesidad de obtener material.

Tabla 17. Maquinaria utilizada para el arranque del material en el área minera "Jesús del Gran Poder"

		Características técnicas
	Motor	Caterpillar Diésel
	Potencia Bruta	93-100 HP
	Peso Operativo	16,000 - 18,000 lbs
	Capacidad Cucharón Frontal	1 metro cúbicos
	Profundidad Excavación	de 4.2672 metros a 5.4864 m
	Alcance Excavación	de 5.4864 metros a 6.4016 metros
	Transmisión	Powershift / Powershuttle
	Sistema Hidráulico	Avanzado
	Tecnología	Controles Electrónicos, Opciones GPS, Telemetría

Fuente: Caterpillar (2023)

6.6.2.2. Carga

Una vez completada la operación de extracción en el frente de explotación, los materiales resultantes son cargados en las volquetas mediante la utilización de la retroexcavadora de tipo Caterpillar 420F2. Esta retroexcavadora tiene una capacidad máxima de 0,9 m³. Las volquetas empleadas en esta operación son de los modelos Hino P11C – VT y FS1ELSD -334, como se detalla en la Tabla 20 del documento. Debido a la ausencia de una

criba en el proceso, los materiales extraídos son cargados y almacenados directamente, sin someterse a una separación o clasificación previa.

Tabla 18. Maquinaria utilizada de carga en el área minera "Jesús del Gran Poder"



Características técnicas Hino 500	
Modelo	P11C - VT
Potencia Máxima	345 HP
Capacidad de carga	10m3
Régimen de máx. Potencia	2100 RPM
Cilindros	6 en línea
Cilindraje	10520L
Características técnicas Hino 700	
Modelo	FS1ELSD -3341
Potencia Máxima	480 HP
Capacidad de carga	12m3
Régimen de máx. Potencia	1800RPM
Cilindraje	12,913cm3

Fuente: HINO (2023)

6.6.2.3. Almacenamiento

El procedimiento de almacenamiento de materiales dentro del área minera "Jesús del Gran Poder" se encuentra estructurado conforme a las fases iniciales de arranque y carga, las cuales se ajustan a la maquinaria. Tras la fase de almacenamiento, el proceso de carga es llevado a cabo por medio de una retroexcavadora del modelo Caterpillar 420F2, la cual se encarga de cargar los materiales a las volquetas, con el fin de ser comercializados.

Figura 31. Almacenamiento de materiales del Área Minera "Jesús del Gran Poder".



6.6.3. Análisis técnico del método actual

El método actual implica una explotación basada en la experiencia, donde se extrae el material directamente desde el frente de explotación. Este enfoque ha sido implementado desde el inicio de la concesión y la producción en el área minera "Jesús del Gran Poder". En relación con el análisis económico de la explotación en curso, se han evaluado diversos aspectos como:

Los costos asociados al personal empleado.

Tabla 19. Costos del personal en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Personal				
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)	Costo/día (\$)
1	Operador de retroexcavadora	1	900	40.90
2	Operador volqueta Hino 500	1	1400	63.63
3	Operador volqueta Hino 700	1	1400	63.63
Costo total del personal				168.13

La maquinaria utilizada en las labores de explotación.

Tabla 20. Costos de maquinaria en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Maquinaria				
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)	Costo/día (\$)
4	Retroexcavadora Cat420F2	1	1760	80
5	Volqueta Hino 500	1	2640	120.00
6	Volqueta Hino 700	1	3080.00	140.00
Costo total de maquinaria				340

Los insumos necesarios para realizar las labores de explotación.

Tabla 21. Insumos de repuesto en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Insumos de repuesto				
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)	Costo/día (\$)
16	Repuestos	1	800.00	36,36
17	Engrasado, cambio de aceite, otros.	1	600.00	27,27
Costo total de insumos de repuestos y mantenimiento				63,63

Y, por último, el consumo de combustible durante los 22 días en que se llevan a cabo las operaciones mensualmente.

Tabla 22. Costos de combustibles en el área minera "Jesús del Gran Poder"

Nro.	Descripción	Combustible				
		Cantidad	Galón/hora	Costo/Galón (\$)	Costo/Hora (\$)	Costo/día (\$)
6	Retroexcavadora Cat420F2	1	6	1.75	10.5	84
7	Volqueta Hino 500	1	7.00	1.75	12.25	98
8	Volqueta Hino 700	1	7.00	1.75	12.25	98
Costo total de maquinaria y equipos						280

Se concluyó que el costo de producción diaria actual es de 606.76 dólares. Este cálculo se basa en la producción diaria actualmente es de 155 metros cúbicos, lo que resulta en un costo de 3.91 dólares por cada metro cúbico extraído y clasificado

6.7. Sistema de explotación del área minera “Jesús del Gran Poder” para la correcta explotación de materiales de construcción.

En el proceso de elección del sistema de explotación en el área minera "Jesús del Gran Poder", la selección del método adecuado juega un papel crucial, pues no solo mejorará el rendimiento en la parte técnica, sino que, a su vez, se verá repercutida en el aumento de la producción y por ende mayor beneficio económico, es decir, mayor rentabilidad del proyecto.

En esta línea, la explotación a cielo abierto se destaca como la opción más idónea para estos depósitos superficiales de materiales. Este enfoque permite una extracción más eficiente de grandes volúmenes de material, algo que sería complejo o costoso de lograr mediante la minería subterránea.

6.7.1. Caracterización del yacimiento

Con la finalidad de escoger un sistema de explotación que se adapte a las particularidades de la zona de estudio, se procedió a identificar las principales características del yacimiento, las cuales se describen a continuación:

Tabla 23. Características técnicas del yacimiento

Características Técnicas del Yacimiento	
Tipo	Cantera
Ubicación	El emplazamiento del área se ubica en el sector Agua Dulce, perteneciente a la ciudad

	de Cariamanga, cantón Calvas. Partiendo desde la ciudad de Cariamanga en la vía. Cariamanga – Loja.
Formación	En el contexto geológico el área minera “Jesús del Gran Poder” se encuentra dentro de la Unidad Changaimina que corresponde a las facies lávicas de lo que se conocía como Formación Sacapalca. Esta Unidad se encuentra distribuida en los altos farallones al norte de la ciudad de Cariamanga. Así mismo dentro del área minera se encuentra flujos de lodo perteneciente a la Unidad El Fundo.
Forma	Yacimiento masivo de contorno irregular
Superficie total	La superficie total que cubre el área de estudio es de 11 hectáreas.
Potencia	45 metros
Volumen	Este tipo de depósito presenta un volumen explotable de 1,114,952.161 metros cúbicos, factible de extraerse mediante maquinaria pesada
Características litológicas	La litología presente en el área de estudio comprende lavas andesíticas y flujos de lodo conformados por una matriz limo arenosa con clastos andesíticos.
Rasgos topográficos	Está emplazada sobre una superficie irregular con un grado de pendiente del 24,2% considerado como pendiente muy inclinada.
Influencia hidrológica	Dentro del área de estudio no existe la presencia de cuerpos de agua, sin embargo, la influencia hidrológica más próxima es la Quebrada San Ignacio que se encuentra a una distancia considerable del área minera.

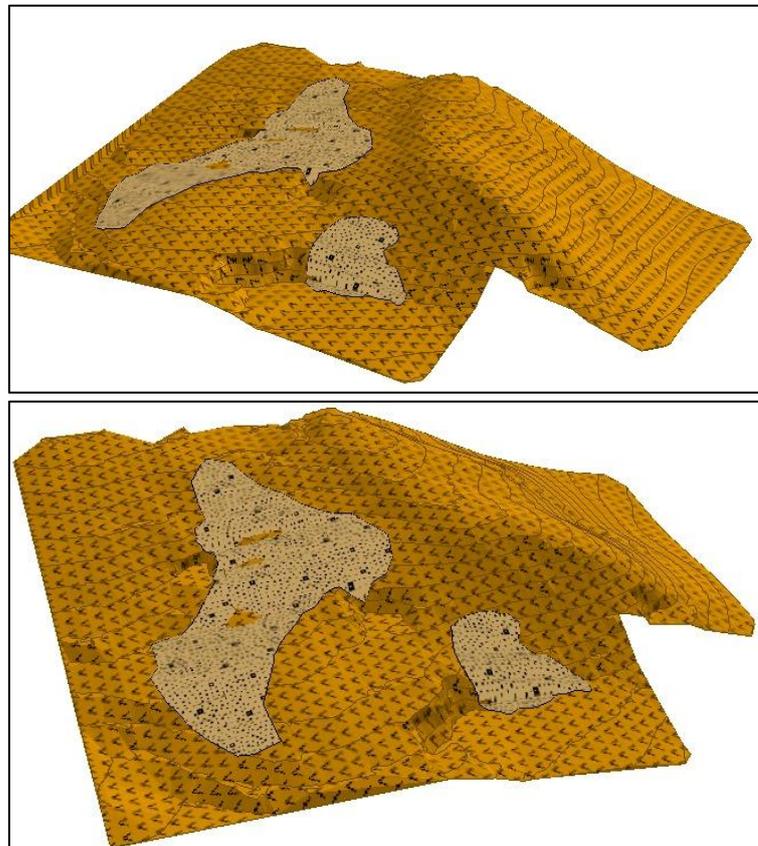
Cobertura superficial

Por su ubicación bien delimitada, no existen infraestructuras ajenas al área o pertenecientes a la misma que se puedan ver afectadas al llevar a cabo los procesos de explotación.

Relación con impactos ambientales y/o paisajísticos con su explotación

En cuanto a los impactos ambientales, dentro del área minera la vegetación no es abundante ni se encuentra flora y fauna de conservación. En cuanto al impacto paisajístico este es notorio al realizar la explotación a través de bancos.

Figura 32. Modelado del área de estudio



6.7.2. Selección de método de Explotación.

Para el método de explotación hay que tener en cuenta factores geológicos-mineros como reservas, potencia de yacimiento, tipo de yacimiento, geomorfología. El área minera “Jesús del Gran Poder” posee un yacimiento de tipo masivo, el cual se encuentra en superficie es decir aflora sobre la cota minina del área minera, posee una potencia de 45 mts, este yacimiento es

de contorno irregular, topográficamente hablando el yacimiento está emplazado sobre una superficie irregular con un grado de pendiente del 24,2% considerado como pendiente muy inclinada por lo que se considera un método de explotación a cielo abierto método elegido por las siguientes condiciones:

- El yacimiento se encuentra en superficie por lo que no es necesario utilización de explosivos o remoción de roca de caja el material será aprovechado en su totalidad mediante el arranque mecánico de excavadora o retroexcavadora
- La potencia del yacimiento es de 45 mts su material no es cohesivo por lo que puede ser arrancado de manera mecánica
- Al ser un yacimiento masivo de contorno irregular lo catalogamos como un yacimiento exógeno, su depositación es sobre la roca madre la andesita concordante a esta capa el yacimiento presenta una pendiente del 24,2%.

Considerando estos criterios el método de explotación a cielo abierto es el más idóneo a ser utilizado en nuestra área minera, las características del yacimiento permiten que sea el método más idóneo para tener una rentabilidad, un menor impacto ambiental y una explotación sostenible y sustentable.

6.7.3. Selección del Sistema de Explotación

Posteriormente se tomó a consideración tres sistemas de explotación para minería a cielo abierto que podrían implementarse en el área minera, considerando varios criterios importantes. Entre estos criterios se incluyen las características del yacimiento, que abarcan la forma, tamaño y potencia del mismo, así como la calidad y cantidad del mineral presente. Con el objetivo de realizar un análisis del sistema que podría implementarse, se tomaron en cuenta los siguientes sistemas de explotación para minería a cielo abierto.

6.7.3.1. Cortas.

En yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Estos métodos son los tradicionales de la minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón, introduciendo algunas modificaciones.(Herrera, 2006a)

6.7.3.2.Descubiertas.

Estos métodos se aplican en yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores. El mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación, que coincide con el muro del depósito.(Herrera, 2006b)

6.7.3.3.Canteras.

Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura. (Herrera, 2006e)

Una vez analizados todos los sistemas de explotación, no resulta viable optar por el sistema de explotación por cortas. Este método demanda una extracción tridimensional, abarcando ancho, largo y profundidad. Implica una actividad minera que no se restringe a una única dirección, sino que involucra distintas dimensiones espaciales para acceder y extraer los recursos. Sin embargo, debido a las características topográficas de la zona, se descarta la aplicación de este método.

El sistema por Descubiertas se descarta debido a que se aplica a depósitos minerales horizontales en lugar de verticales. Estos depósitos están distribuidos en capas planas, sin embargo, dado el terreno irregular del área minera, su aplicación no resultaría factible.

En función de las características específicas del área de estudio, se ha seleccionado el sistema por canteras como el más adecuado. Esta elección se fundamenta en aspectos topográficos, geológicos, reservas y cualidades del material presentes en el yacimiento "Jesús del Gran Poder". El método de explotación por canteras resulta óptimo en este contexto por varias razones: permite iniciar la restauración desde niveles superiores hasta inferiores de manera temprana y requiere una definición previa del talud final. Además, es relevante mencionar que la vegetación en la zona a explotar es escasa o prácticamente inexistente debido a la limitada presencia de capa vegetal. Predominantemente, la roca se compone de formaciones ígneas, lo que facilita su extracción mediante métodos mecánicos.

6.7.4. *Análisis Multicriterio entre los sistemas de Explotación*

Tabla 24. Análisis multicriterio

Subsistemas por sistema de explotación por Canteras	Ventajas	Desventajas
Avance frontal y frente de trabajo de altura creciente	Apertura fácil de las canteras y su cercanía mínima al transporte hacia la planta de tratamiento. A medida que las labores avanzan, las elevaciones se vuelven más prominentes	El área de trabajo esté constantemente en funcionamiento, excepto en un área pequeña. Imposible llevar a cabo la restauración de los taludes hasta que la explotación haya concluido
Avance lateral y abandono del talud final	Facilita la recuperación de los taludes al finalizar la excavación inicial, posibilitando también rellenos parciales. Además, mantener la instalación en el centro de la operación de la cantera permite mantener una distancia constante para el transporte	Es factible realizar esta acción cuando la cantera se ha desarrollado con una excavación limitada en profundidad a lo largo de la pendiente, pero con un amplio avance lateral
Excavación descendente y abandono del talud final en bancos	Facilita el comienzo temprano del proceso de restauración, empezando desde los niveles más altos y descendiendo hacia los de menor elevación. Requiere la creación inicial de toda la infraestructura vial para acceder a los niveles superiores desde el inicio.	Conlleva distancias de transporte más largas durante los primeros años de operación de la cantera.

Nota: tabla donde se muestra los diferentes subsistemas de explotación por el sistema por canteras con sus principales ventajas y desventajas.

Basándose en la información proporcionada en la tabla, se determina que el método más adecuado para la extracción de materiales de construcción en el área minera Jesús del Gran Poder es la "Excavación descendente y abandono del talud final en bancos". Este sistema implica la extracción gradual de recursos minerales desde la superficie hacia abajo, generando bancos o terrazas a medida que avanza la excavación, esto a partir de la información topográfica del área minera. Se inicia la extracción desde la cima del terreno, formando bancos conforme se extrae el material y progresando hacia niveles más bajos. Este procedimiento concluye con la formación de un talud final, que representa la configuración definitiva de la superficie tras la extracción de los recursos.

Una ventaja notable de este método es su dependencia en la extracción mecánica del material, lo que hace imprescindible el empleo de la maquinaria disponible en el área minera. Esto conlleva a una disminución significativa de los costos de implementación al evitar la

necesidad de adquirir nuevos equipos, lo que resulta en ahorros considerablemente substanciales.

Descripción de procesos mediante el sistema de explotación por excavación descendente y abandono del talud final en bancos

6.7.5. Destape

Las operaciones de despeje y desbroce del terreno son las necesarias para dejar el terreno natural, entre límites de explanación, totalmente libre de obstáculos dejándolo en las condiciones adecuadas para iniciar con las labores extractivas

- **Actividades**

Arranque.

El arranque es la remoción de maleza, árboles, vallas, basuras, escombros y cualquier otro material indeseable que se encuentre en el frente de explotación y zona de infraestructura del área minera, de modo que dichas zonas queden aptas y no restrinjan el inicio de los trabajos de extracción. Esta unidad de obra incluye:

Carga y Transporte.

Las operaciones de carga, transporte y descarga de los materiales en vertedero autorizado, abono del mismo, así como su apilado o almacenamiento provisional y cuantas operaciones sean precisas hasta su vertido definitivo.

Almacenamiento.

Para el almacenamiento del material de desbroce se seleccionó una zona dentro de los límites del área minera que no va a ser explotada y que no posea cubierta vegetal, es por ello que se seleccionó la siguiente área para la cual ya existe vía de acceso y posee una geomorfología de planicie, además su ubicación no produce una afectación paisajística y tampoco afecta al medio biótico. Esta zona tiene como objetivo la conservación en buen estado de los materiales apilados producto del desbroce.

Figura 33. Zona de almacenamiento de material de destape



Maquinaria

- **Carga y Transporte**

La maquinaria a utilizar en la fase de destape estará definida por la actividad realizada por la misma, por consiguiente, la actividad de arranque se llevará a cabo utilizando una retroexcavadora Caterpillar 420F2, la cual consta en el listado de maquinarias con las que cuenta el área minera. Esta maquinaria cuenta con un rendimiento práctico de 38,24 m³/h, considerando el coeficiente de llenado del cucharón y el coeficiente de esponjamiento del material.

Para las actividades de carga y transporte del material desbrozado, el área minera cuenta con un Volquete HINO 700, el cual tiene una capacidad de 14 m³, lo que nos refleja un rendimiento práctico de 38.24 m³/ h.

- **Tiempos**

En lo que respecta a los tiempos de trabajo se realizará el destape por año es decir se va a trabajar en dos plataformas de trabajo inicialmente se propone un sistema de destape sistemático, es decir se trabajará por secciones y cada una de ellas se realizará por año como se detalla a continuación en el cronograma de trabajo.

Como se muestra en la tabla 25 se realizarán 6 etapas de destape las mismas se ejecutarán 1 por año esto para distribuir el tiempo total del destape y permitir la implementación del sistema de explotación optimizado, además de que nos permite tener un menor coste de producción por año ya que la inversión también se distribuye en 6 años, en esta

etapa se removerá un total de 153793 m³ de material estéril y cubierta vegetal teniendo un coste total de \$109 289 dólares americanos

Tabla 25. Actividades en la etapa de Destape

DESTAPE		
Actividad	Duración	Costos
Colocación de cerramiento	5 días	\$2000
Remoción de 17284 m ³ de material de desbroce	4 meses	\$12055
Remoción de 19813 m ³ de material de desbroce	5 meses	\$13817
Remoción de 24280 m ³ de material de desbroce	6 meses	\$16934
Remoción de 34332 m ³ de material de desbroce	8 meses	\$23944
Remoción de 34410 m ³ de material de desbroce	9 meses	\$23979
Remoción de 23674 m ³ de material de desbroce	6 meses	\$16510
Total		\$109289

Nota: En esta tabla se especifica la cantidad de material a remover en cada etapa, su duración y costo

- **Costos**

El desarrollo de la actividad de desbroce, está planificada para llevarse a cabo en seis años, para la cual se hará uso de la maquinaria con la que cuenta la concesión, que consta de una retroexcavadora Caterpillar 420F2 y un volquete HINO 700. A continuación, se presenta a detalle el volumen a desbrozar en cada año y los costos que tendrá la actividad realizada.

Tabla 26. Costos para actividad de desbroce

Año	Área (m ²)	Actividad de desbroce			
		Volumen (m ³)	Maquinaria a utilizar	Costos de combustibles	Costo de mantenimiento
1	345,4418	17283,9756	Excavadora, Volquetes	7535	4520.40
2	447,0775	19812,9834	Excavadora, Volquetes	8636.44	5181.87
3	524,1520	24280,7383	Excavadora, Volquetes	10584.13	6350.48
4	849,1307	34332,0666	Excavadora, Volquetes	14965.99	8979.60
5	527,2754	34410,1510	Excavadora, Volquetes	15000	9000
6	419,7056	23674,5250	Excavadora, Volquetes	10319.96	6191.97
TOTAL		153794,44		67041.52	40224.32

De acuerdo a la tabla anterior, el volumen total a desbrozar en seis años será de 153799,44 m³, en cuanto a los costos, el total de costos de combustible en el desarrollo de la actividad de desbroce será de 67041,52 dólares por otro lado se debe considerar los costos de mantenimiento de maquinaria, los cuales suman un total de 40224,23 dólares.

El coeficiente de destape es la relación que existe entre el volumen de estéril para el volumen de mineral en la cantera. En el presente trabajo existe la siguiente relación

$$Kd = \frac{Ve}{Vm}$$

Donde:

Kd= Coeficiente de destape

Ve= Volumen de estéril

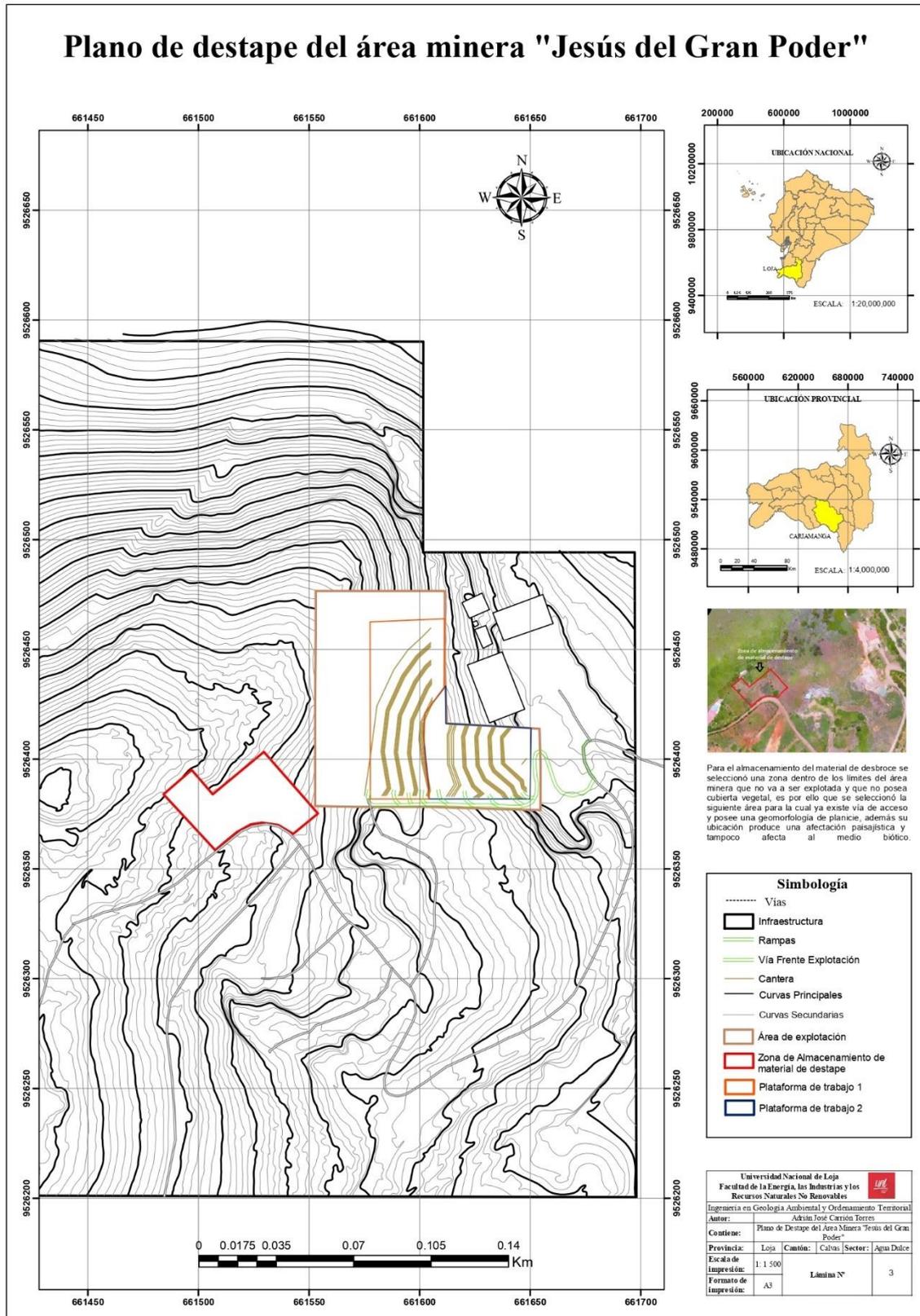
Vm= Volumen de mineral

Con los datos obtenidos tenemos el siguiente resultado

$$Kd = \frac{Ve}{Vm} = \frac{153794,4}{2787380,40} = 0.055$$

A continuación se muestra el plano de destape perteneciente al área minera “Jesús del Gran Poder” (Ver Anexo10)

Figura 34. Plano de destape del área minera "Jesús Del Gran Poder"



Nota: Mapa en el que se representa el plano de destape en el Área minera "Jesús del gran Poder".

6.7.6. Preparación

El primer paso a llevar a cabo dentro del área minera será el mantenimiento y, en caso necesario, la construcción de nuevas vías, caminos o rampas que permitan el acceso a vehículos pesados y maquinaria para realizar las labores de preparación previa al arranque y extracción de material.

Tabla 27. Infraestructuras del área de estudio

Infraestructura	Actividad	Detalle
Zona de recreación y oficina	- Diseño de zona de recreación. - No se construirá oficina.	La zona de recreación se ubicará cercana al campamento. No se construirá oficina debido a la existencia de la misma en óptimas condiciones.
Campamento	- Diseño	Se diseñará un campamento que cuente con comedor y dormitorios y baños.
Vías	- Optimizar	Actualmente existen vías en el área de estudio, sin embargo, se plantea optimizar de tal modo que sean seguras y adecuadas para en transporte.
Zona de taller	- Diseño de la zona de Taller	Se requiere de un taller mecánico para el mantenimiento y reparación de la maquinaria y automotores del área minera
Zona de desechos	- Diseño de la zona de desechos	La zona de desechos es una instalación primordial para el almacenaje y manejo de desechos peligrosos y no peligrosos
Zona de combustibles	- Diseño de la zona de combustibles	Se diseñará una zona de combustibles con dos tanques para el abastecimiento de combustible para la excavadora y la cargadora frontal.
Zona de Stock	- Diseño de la zona de stock	Para el almacenaje del material y tener una cantidad para una distribución más eficiente se planea el diseño de una zona de Stock

6.7.6.1. Zona De Recreación

La construcción de una cancha deportiva tiene como finalidad que los trabajadores que laboran en la misma tengan acceso a realizar alguna actividad deportiva en sus ciclos de descanso o fomentando las pausas activas en el trabajo. La construcción de la misma se emplaza en un área de 13.3 mts x 8.3 mts, los materiales utilizados en la adecuación de la misma se detallan en la siguiente tabla. (Ver Anexo 12)

Tabla 28. Costos de construcción cancha deportiva

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Materiales				
m ²	110.39	Cemento y agregado grueso	12	1324
m ²	12	Barrilla corrugada de acero	10	120
Galón	1	Pintura	26	26
Mano de Obra				
Semana	2	Maestro	150	300
Semana	2	Obreros	300	600
TOTAL				2370

6.7.6.2. Zona De Descanso

Se realizará la construcción de una zona de descanso, cuya infraestructura tendrá medidas de 16mts x 17mts, la cual estará dividida en dos dormitorios, cocina, comedor y zona de baños. El material empleado para construir la infraestructura será de bloque con cubierta de techo tipo zinc. (Ver Anexo 12)

Tabla 29. Costos de construcción de zona de descanso

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m ²	280	Contrapiso de arena y fundición de losa base	18.24	5107
m ²	10	Barrilla N° 8	12	120
Estructura				
m ²	280	Estructura metálica	25	7000
m ²	30	Superficie Horizontal	3.25	97.5
Paredes				
m ²	280	Paredes de bloque	10	2800
m ²	280	Revestimiento de pared	8	2240
Cubierta				
Unidad	35	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	245
Accesorios				
Unidad	8	Puertas	60	480
Unidad	6	Ventanas	50	300

Unidad	2	Lavamanos	25	50
Unidad	4	Inodoro	50	200
Mobiliario				
Unidad	16	Sillas	5	80
Unidad	2	Comedor	55	110
Unidad	2	Muebles dormitorio	200	400
Mano de Obra				
Semana	4	Maestro	150	600
Semana	4	Obreros	300	900
Accesorios Extras				
Unidad	1	Material de aseo	50	50
Unidad	1	Señalética y otros	180	180
TOTAL				20989.5

6.7.6.3. Vías

Actualmente el área de estudio cuenta con vías dentro de la misma, sin embargo, se pretende optimizarlas de tal manera que sean seguras y estar adecuadas para el transporte de materiales. Esto implica la remoción de capas de suelo y roca para acceder al material deseado.

Para la adecuación de las vías se debe tomar en consideración la normativa ecuatoriana la cual menciona que; la pendiente del terreno respecto al plano horizontal no puede superar el 12%, para asegurar un transporte seguro de los volquetes cargados o vacíos. Además, en el cálculo del ancho de vía se considera las dimensiones de la maquinaria más ancha utilizada en el área, berma de seguridad y el número de carriles.

Amplitud de vía = (Ancho de maquinaria * Berma de seguridad) + N.º de carriles

$$\text{Amplitud de vía} = (3 \text{ m} * 2\text{m}) + 2$$

$$\text{Amplitud de vía} = 8 \text{ m}$$

Tras conocer el relieve dentro del área, y la curvatura de ciertas vías es importante calcular el peralte de la misma, que corresponde a la sobreelevación del lado exterior de la curva que se utiliza para contrarrestar la fuerza centrífuga que aparece en las curvas, que pueden ocasionar vuelcos. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{V}{127,14 * R} - f$$

Donde:

θ = Peralte o tangente del ángulo del plano horizontal de la vía

V = Velocidad Km/h

R = Radio de la curva (m)

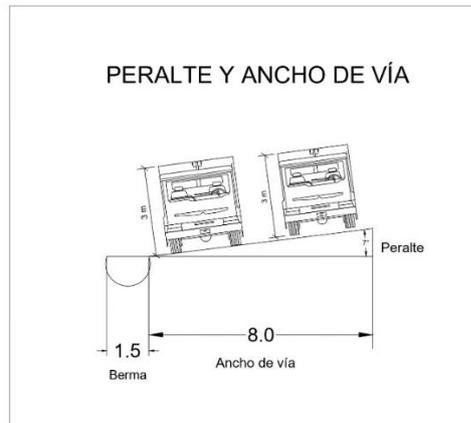
f = Coeficiente de fricción

$$\theta = \frac{3500 \text{ m/h}}{127,14 * 3,86 \text{ m}} - 0,40$$

$$Tg\theta = 0,118$$

$$\theta = 6,73^\circ$$

Figura 35. Diseño de vías del área de estudio



Se realizó una ampliación del ancho de la vía para mayor estabilidad de los volquetes y demás maquinaria que transita en la misma, además, con este mejoramiento se reduce tanto distancia como tiempo entre el área de explotación y la zona de stock del material extraído.

Por otro lado, para determinar la longitud de la vía desde el primer hasta el último banco, nos valimos de cálculos trigonométricos que a continuación se detallan:

$$\mathbf{Sen \theta = \frac{Opuesto}{Hipotenusa}}$$

$$\mathbf{hip = \frac{Op}{Sen \theta}}$$

$$\mathbf{hip = \frac{25 \text{ m}}{Sen 7^\circ}}$$

$$\mathbf{hip = 205,13 \text{ metros}}$$

A partir de los cálculos realizados se determinó que la vía principal que conecta al banco de mayor cota tendrá una longitud aproximada de 205,13 metros, considerando una pendiente de 7° que toma en cuenta la maquinaria utilizada y la capacidad de carga del volquete.

6.7.6.4. Zona De Taller

Se construirá una zona de taller que en donde se realizará el mantenimiento y reparación de la maquinaria y vehículos del área minera. El mismo constara de una oficina, baños y bodega de repuestos, estos espacios serán construidos con estructura y bloque además de una cubierta de zinc, para el área de taller se plantea una losa de hormigón de 15 cm en espesor con un área de 168 m² esto para evitar la contaminación del suelo con aceites o grasas además esto se encontrará bajo una cubierta de zinc a una altura de 5.5 mts. (Ver Anexo 13)

Tabla 30. Costos de Construcción Taller

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m ²	36	Contrapiso de oficina, baño y bodega arena y fundición de losa base	18.24	656.64
m ²	10	Barrilla N° 8	12	120
m ²	168	Contrapiso de taller y fundición de losa base	18.24	3064.32
m ²	30	Barrilla N° 8	12	360
Estructura				
m ²	204	Estructura metálica	25	5100
m ²	30	Superficie Horizontal	3.25	97.5
Paredes				
m ²	204	Paredes de bloque	10	2400
m ²	72	Revestimiento de pared	8	576
Cubierta				
Unidad	75	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	525
Accesorios				
Unidad	3	Puertas	60	180
Unidad	4	Ventanas	50	200
Unidad	1	Lavamanos	25	25
Unidad	1	Inodoro	50	50
Unidad	1	Portón	500	500
Mobiliario				
Unidad	7	Sillas	5	35
Unidad	4	Estante	55	220

Unidad	2	Muebles dormitorio	200	400
Unidad	4	Perchas	75	300
Mano de Obra				
Semana	6	Maestro	150	600
Semana	6	Obreros	300	900
Accesorios Extras				
Unidad	1	Material de aseo	50	50
Unidad	1	Señalética y otros	180	180
TOTAL				17739.46

6.7.6.5.Zona De Desechos

El área no dispone de zona de desechos por lo que se propone la construcción de la misma en una zona cerca las infraestructuras que generan desechos como son la mecánica, oficinas y zona de descansos, se construirá sobre una losa de hormigón con una canaleta para lixiviados y de acuerdo a la norma del COOTAD se debe construir en una área mínima de 40 m² para su construcción se toma lo que indica la norma INEN 2841 que dice lo siguiente acerca de los colores de los recipientes para el almacenaje de desechos.

- **Color negro** No reciclable, no peligroso, incluye todo residuo no reciclable.
- **Color verde:** Desechos orgánicos, de origen Biológico, restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, entre otros. Susceptible de ser aprovechado.
- **Color rojo:** Peligrosos, residuos con una o varias características citadas en el código C.R.E.T.I.B.
- **Color azul:** Reciclables, es todo material susceptible a ser reciclado, reutilizado. (vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros).
- **Color naranja:** Especiales, son los residuos no peligrosos con características de volumen, cantidad y peso que ameritan un manejo especial.

La zona de desechos está conformada por una base de hormigón con espesor de 30 cm de dimensiones de 8.35 mts x 2.80 mts sobre las cuales se incorporan los recipientes clasificados. (Ver Anexo 14)

Tabla 31. Costos de Construcción zona de desechos

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m ²	45	Contrapiso de arena y fundición de losa base	86	3870
m ²	6	Barrilla N° 8	12	72
m ²	6	Malla electrosoldada	16	96
m ²	4.5	Estructura de acero en perfiles para cuneta	86	387
Estructura				
m ²	45	Estructura metálica	40	1800
m ²	30	Superficie Horizontal	3.25	97.5
m ²	45	Cerramiento de malla	8	360
Cubierta				
Unidad	26	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	182
Otros				
Unidad	5	Contenedores	75	375
m ²	12	Tubería y sistema de captación de lixiviados	24	288
Unidad	1	Señalética y otros	241.5	241.5
Mano de Obra				
Semana	4	Maestro	150	600
Semana	4	Obreros	200	800
TOTAL				9169

6.7.6.6.Zona De Combustibles

El área minera no presenta una zona de combustibles los volquetes se tanquean en la gasolinera del cantón Calvas según se necesite o al regreso de la distribución del material sin embargo para el abastecimiento de la cargadora y de la excavadora se prevé la implementación de una zona de combustibles la cual consta de dos barriles de 55 galones cada uno colocados sobre una losa de hormigón de espesor de 30 cm y área de 16 m² además de disponer de una canaleta para captar los derrames la cual tiene un ancho de 55cm, esta zona tendrá una cubierta de Zinc estructura de hierro. (Ver Anexo 15)

Tabla 32. Costos de Construcción de Zona de Combustibles

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m ²	16	Contrapiso de arena y fundición de losa base	86	1376
m ²	6	Barrilla N° 8	12	72
m ²	4	Malla electrosoldada	16	64
m ²	4.5	Estructura de acero en perfiles para cuneta	86	387
Estructura				
m ²	16	Estructura metálica	40	640
m ²	10	Superficie Horizontal	3.25	32.5
m ²	16	Cerramiento de malla	8	128
Cubierta				
Unidad	4	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	28
Otros				
Unidad	2	Barriles de 55 Galones	150	300
Unidad	1	Señalética y otros	150	150
Mano de Obra				
Semana	3	Maestro	150	450
Semana	3	Obreros	200	600
TOTAL				4227.50

6.7.6.7. Zona de Stock

Actualmente el área cuenta con una zona de stock, la ubicación de esta fue realizada conforme la disposición del material, así como también de la disposición de la superficie del terreno, la cual servirá para la acumulación temporal de material árido, tanto ya clasificado como por clasificar. La zona de stock tendrá una superficie inferior a los 550 m², tendrá un encerramiento que consta de vigas de madera y alambre de amarre para evitar el ingreso de personas ajenas al área. (Ver Anexo 16)

Tabla 33. Costos de construcción de zona de stock

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Hora	7	Retroexcavadora	25	175
Hora	7	Volquete	25	175
Hora	15	Compactadora	30	900
Hora	15	Niveladora	25	375
m ³	30	Material de Mejoramiento	10	300
M	550	Alambre	2	1100
Unidad	28	Postes de Madera	5	140
Total				3650

6.7.6.8. Zona de Chatarra

Actualmente la chatarra es colocada de manera directa al suelo por lo que para reducir ese impacto ambiental se construirá una zona de chatarra cerca a la mecánica la cual es la generadora de este desecho, esta zona tiene un área de 80 m², esta infraestructura será sobre una losa de hormigón de 30 cm además se colocara una cubierta de zinc para evitar que el agua lluvia oxide las piezas metálicas y genere lixiviados además se dispondrá de un recipiente para desperdicios peligrosos y un tanque para aceites y grasas usados como lo establece la norma municipal. (Ver Anexo 17)

Tabla 34. Costos de Construcción Zona de Chatarra

Unidad	Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
Cimientos				
m ²	80	Contrapiso de arena y fundición de losa base	86	6880
m ²	12	Barrilla N° 8	12	144
m ²	80	Malla electro soldada	16	960
m ²	4.5	Estructura de acero en perfiles para cuneta	86	387
Estructura				
m ²	80	Estructura metálica	40	3200
m ²	30	Superficie Horizontal	3.25	97.5
m ²	40	Cerramiento de malla	8	320
Cubierta				
Unidad	26	Lamina de Zinc (3.60 x 0.80)	7	186
Otros				
Unidad	1	Barriles de 55 Galones	150	150
Unidad	1	Contenedor	55	55
Unidad	1	Señalética y otros	150	150
Mano de Obra				
Semana	4	Maestro	150	600
Semana	4	Obreros	200	800
TOTAL				13929.5

Para conocer el cronograma de actividades a realizar en la etapa de preparación, nos apoyados del programa Ms Project, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Como se muestra en la tabla 35 en la etapa de preparación se construirán 7 infraestructuras las mismas que permiten que el área minera cumpla con las normativas de la ley minera, además que tienen un beneficio directo con el área ya que al tener todos los servicios a su disposición se puede considerar una minería sostenible y sustentable la construcción de las infraestructuras tomara un tiempo aproximado de 5 meses con un costo total de 74443 dólares americanos sin embargo algunas de las infraestructuras se pueden

construir simultáneamente esto con el fin de reducir el tiempo de la etapa de preparación e iniciar con la etapa de explotación

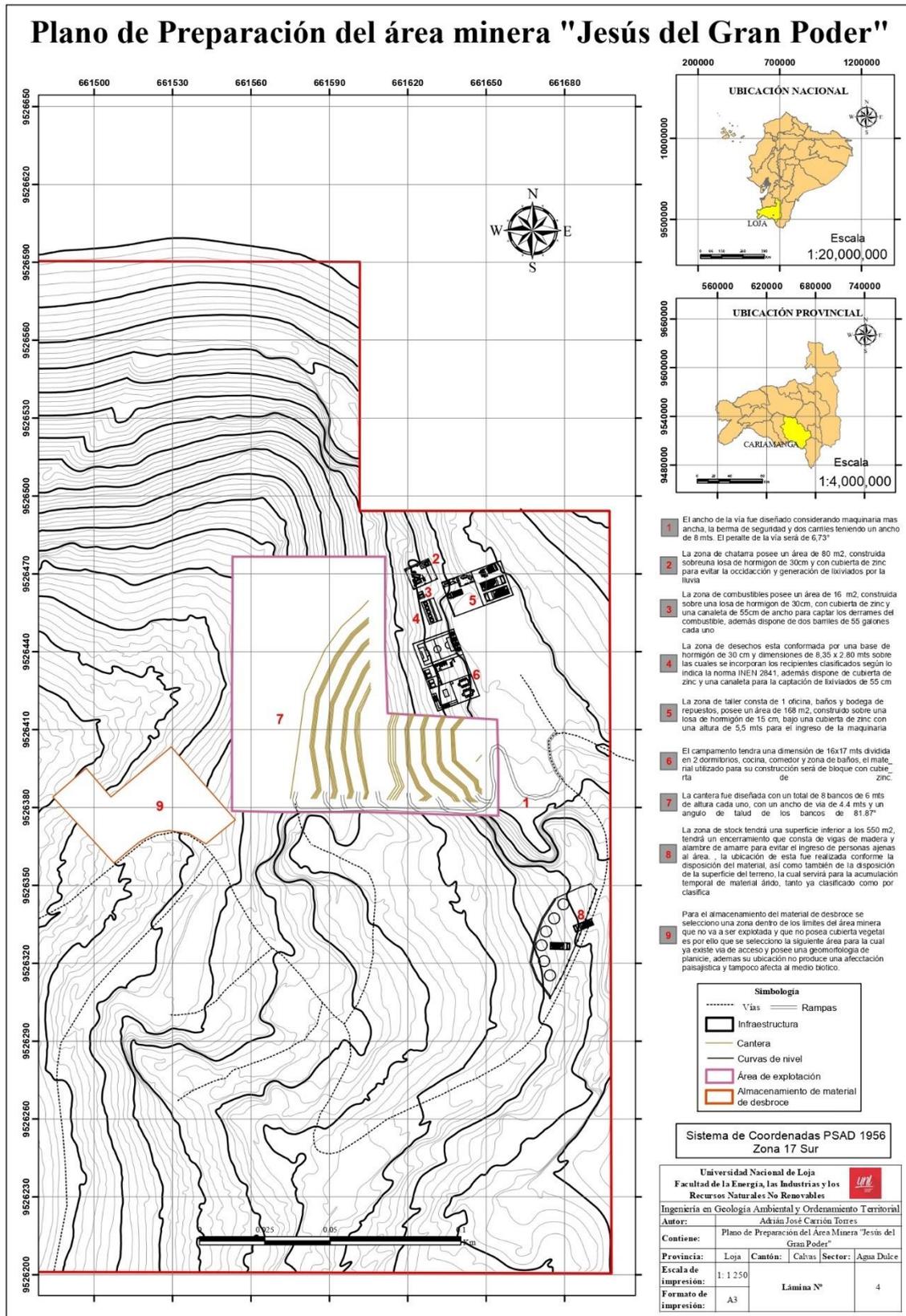
Tabla 35. Actividades en la etapa de Preparación

PREPARACION		
Actividad	Duración	Costos
Zona de descanso	24 días	\$23359
Zona de recreación	11 días	\$2370
Zona de taller	30 días	\$17739
Zona de desechos	19 días	\$9169
Zona de chatarra	18 días	\$13929
Zona de combustibles	14 días	\$4227
Zona de Stock	5 días	\$3650
	Total	\$74443

Nota: En esta etapa se muestran las infraestructuras a construir el tiempo de construcción y el costo de cada obra correspondientes a la etapa de preparación

Luego de haber diseñado las diversas instalaciones correspondientes al nuevo sistema de explotación se procedió a representarlas en un plano en donde se constatará su ubicación dentro del área minera. (Ver Anexo 11)

Figura 36. Plano de preparación del área minera



6.7.7. Arranque y carga

6.7.7.1. Análisis del rendimiento de maquinaria

Maquinaria para el arranque y carga (Retroexcavadora)

Para evaluar rendimiento asociado a las actividades de extracción y carga se conduce en base a la retroexcavadora de categoría Caterpillar 420F2. En línea con este enfoque, se emplea la expresión matemática propuesta por Caterpillar (2010) para derivar el rendimiento teórico de la retroexcavadora.

Tabla 36. Factor de eficacia del cucharón

Tipo de terreno	Coefficiente
Arcilla arenosa o marga mojada	1.00 – 1.10
Arena y grava	0.90 – 1.00
Arcilla dura y compacta	0.80 – 0.90
Roca bien fragmentada por voladura	0.60 – 0.75
Roca mal fragmentada por voladura	0.40 – 0.50

Fuente: Caterpillar (2010).

El coeficiente de transformación según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compactado (Tabla 36)

Tabla 37. Coeficiente de transformación según el material

Clase de terreno	Material Esponjado	Material Compactado
Tierra	1.25	0.90
Arcilla	1.40	0.90
Arena / grava	1.10	0.95

Fuente Caterpillar (2010).

T_c: Es el tiempo de duración del ciclo en segundos, comprende la excavación y el giro hasta la descarga y el giro hasta el origen. El tiempo del ciclo con rotación de 360° teóricamente dependiendo del tipo del terreno (Tabla 37)

Tabla 38. Tiempo de duración del ciclo en segundos

Tipo de terreno	Tcc en segundos
Flojo	15 – 20
Medio	20 – 25
Duro	25 – 30

Nota: tabla elaborada con tiempos de duración el ciclo en segundos según el terreno. Fuente Caterpillar (2010).

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{Tc} \right)$$

Considerando: QT = Rendimiento teórico de la excavadora (m^3/h); E = Capacidad del cucharón; 3600 = Factor de conversión de segundos a horas; Tc = Tiempo de ciclo de la excavadora (Excavación-giro-descarga-giro)

$$QT = 3600 * \left(\frac{1}{90}\right)$$

$$QT = 40 \frac{m^3}{hora}$$

Rendimiento real de la excavadora:

En la determinación del rendimiento efectivo, se emplea la expresión matemática propuesta por Caterpillar (2010), la cual incorpora el tiempo real empleado por la retroexcavadora de categoría Caterpillar 420F2. Para este propósito, se ha considerado lo siguiente:

$$QTEX = QT \times KLL \times KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$$

Considerando: QTEX = Rendimiento practico de la excavación (m^3/h); QT= Rendimiento teórico de la excavación (m^3/h); KLL= Coeficiente de llenado del cucharón; KT = Peso específico considerando el coeficiente de esponjamiento del material; Tt= Tiempo de trabajo ininterrumpido por turno; Tp = Tiempo pérdida inevitable en un turno.

$$QTEX = 40 \times 0,95 \times 1,15 * \left(\frac{7}{7 + 1}\right)$$

$$QTEX = 38,24 \frac{m^3}{hora}$$

El rendimiento práctico de la retroexcavadora logra un total de 38,24 metros cúbicos por hora, influenciado por el potencial de la retroexcavadora de la clase Caterpillar 420F2, conjuntamente con la pericia y habilidad del operador al manejar la maquinaria en el desempeño de la tarea.

Número de cucharas para cargar la máquina de transporte o acarreo:

Se calcula el número de cucharones que necesita efectuar la retroexcavadora de categoría Caterpillar 420F2 para llenar la máquina de transporte volqueta Hino 700.

$$Cc = \frac{Qv}{Qc \times Ec}$$

Donde:

Qv: capacidad de volqueta

Qc: capacidad de cucharon

Ec: Eficiencia de cucharon

$$Cc = \frac{12 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3 \times 0.85}$$

$$Cc = 14,11 \text{ m}^3$$

Es necesario 14 cucharones de 1. m³ Categoría Caterpillar 420F2 para llenar la máquina de transporte volqueta Hino 700.

Se calcula el número de cucharones que necesita efectuar la retroexcavadora de categoría Caterpillar 420F2 para llenar la máquina de transporte volqueta Hino 500.

$$Cc = \frac{10 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3 \times 0.85}$$

$$Cc = 11.9 \text{ m}^3$$

Es necesario 12 cucharones de 1. m³ categoría Caterpillar 420F2 para llenar la máquina de transporte volqueta Hino 500.

6.7.8. Transporte

Tras concluir la etapa inicial de arranque y extracción en el frente de explotación con la retroexcavadora Caterpillar 420F2, dicha máquina asumirá la carga del material en las dos volquetas disponibles en el área minera: la Volqueta Hino 500 y la Volqueta Hino 700. Esta secuencia garantiza una eficiente continuidad en el proceso de trabajo, aprovechando la capacidad y funcionalidad de la retroexcavadora para cumplir con la tarea de cargar los materiales en las volquetas asignadas en la zona de explotación

A partir de los cálculos realizados en el apartado 6.8.1, referente al análisis del rendimiento de la maquinaria se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 39. Rendimiento retroexcavadora Caterpillar 420F2

Rendimiento teórico	40 m³ / hora
Rendimiento real	38.24 m ³ / hora
Tiempo de ciclo de carga	55s
Ciclos de carga por hora	8 ciclos/hora
Ciclos efectivos	6 efectivo/hora
10 cucharones para cargar volqueta Hino 500.	
14 cucharones para cargar volqueta Hino 700.	

Nota: tabla donde se muestra los diferentes cálculos realizados para la retroexcavadora Caterpillar 420F2.

- **Ciclos de Trabajo**

Para conocer el tiempo empleado actualmente en los ciclos de trabajo, se procedió a la toma de tiempo de 3 ciclos de trabajo consecutivos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 40. Ciclos de trabajo

Ciclo de Trabajo 1				
Actividad	Maquinaria	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Capacidad (m3)
Arranque y carga	Retroexcavadora Caterpillar 420F2	15,4	924	1
Transporte	Volquete HINO 700	8	480	14
Ciclo de Trabajo 2				
Actividad	Maquinaria	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Capacidad (m3)
Arranque y carga	Retroexcavadora Caterpillar 420F2	14	840	1
Transporte	Volquete HINO 700	7	420	14
Ciclo de Trabajo 3				
Actividad	Maquinaria	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Capacidad (m3)
Arranque y carga	Retroexcavadora Caterpillar 420F2	11,2	672	1
Transporte	Volquete HINO 700	8	480	14

Tabla 41. Promedio de ciclos de trabajo

Tiempo Promedio De Actividades				
Actividad	Equipos	Capacidad (m3)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)
Arranque y carga	Retroexcavadora			
	Caterpillar 420F2	1	14	812,0
Transporte	Volquete HINO 700	14	8	460,0
Tiempo Total			21	1272

- **Ciclo por hora**

$$\text{Ciclo por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ Ciclo de trabajo en minutos}}$$

$$\text{Ciclo por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{21,20}$$

$$\text{Ciclo por hora} = 2,8$$

- **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{\text{Producción} \left(\frac{m^3}{h} \right)}{\text{Hora}} * \text{número de horas}$$

$$\text{Producción diaria} = \frac{39,62m^3}{1 \text{ hora}} * 6 \text{ horas}$$

$$\text{Producción diaria} = 158,49 \frac{m^3}{\text{día}}$$

- **Vida útil**

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{Volumen de reservas explotables} (m^3)}{\text{Producción diaria} \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right)}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{1114952,16 m^3}{158,49 \frac{m^3}{\text{día}}}$$

$$\text{Vida útil} = 7034,82 \text{ días}$$

$$\text{Vida útil} = 586 \text{ meses}$$

6.7.9. Cálculo De Parámetros Minero – Geométricos

Una vez definido el sistema de explotación, es necesario realizar el cálculo de los parámetros minero - geométricos, tomando en consideración la maquinaria utilizada en el área minera y las reservas del mismo. Para lo cual aplicamos las siguientes fórmulas:

- **Profundidad De La Cantera**

$$\text{Profundidad de la cantera} = C_{\text{máx}} - C_{\text{mín.}}$$

$$\text{Profundidad de la cantera} = 1630 - 1675$$

$$\text{Profundidad de la cantera} = \mathbf{45 \text{ metros}}$$

- **Altura De Banco**

$$h = 0,9 (Ab)$$

$$h = 0,9 (6,4 \text{ m})$$

$$h = \mathbf{6 \text{ metros}}$$

- **Número De Bancos**

$$N^{\circ} \text{ Bancos} = \frac{\text{Profundidad de la cantera}}{\text{Altura del banco}}$$

$$N^{\circ} \text{ Bancos} = \frac{45 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$N^{\circ} \text{ Bancos} = \mathbf{8}$$

- **Ancho De Vía**

$$A = AC * (0.5 + 1.5n)$$

$$A = 2,2 \text{ m} * [0.5 + 1.5*(1)]$$

$$A = \mathbf{4,4 \text{ metros}}$$

- **Ancho De La Berma De Seguridad**

$$B = \frac{h}{3}$$

$$B = \frac{6}{3}$$

$$B = \mathbf{2 \text{ metros}}$$

- **Ancho De La Plataforma De Trabajo**

$$T = C + A + B$$

$$T = 6 + 4,4 + 2$$

$$T = \mathbf{12,4 \text{ metros}}$$

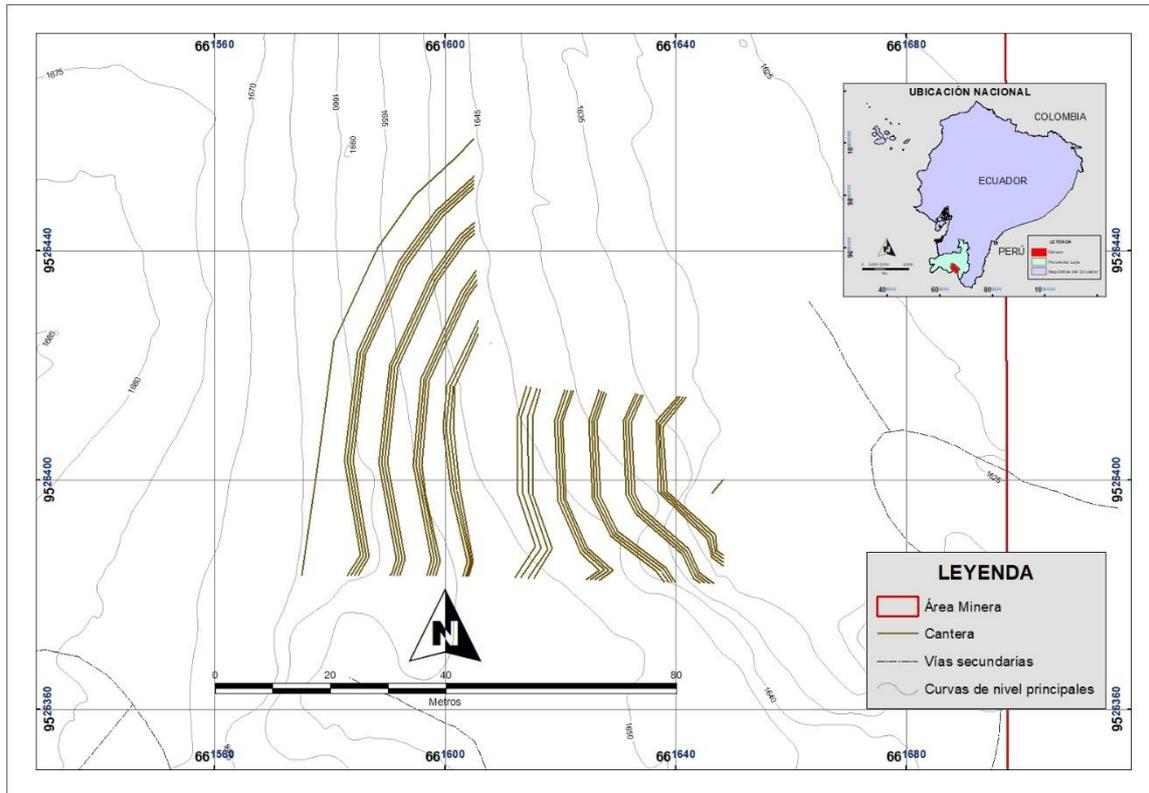
- **Ángulo De Talud De Banco**

$$\emptyset = \tan^{-1} (f)$$

$$\emptyset = \tan^{-1} (7)$$

$$\emptyset = \mathbf{81, 87^{\circ}}$$

Figura 37. Diseño de cantera

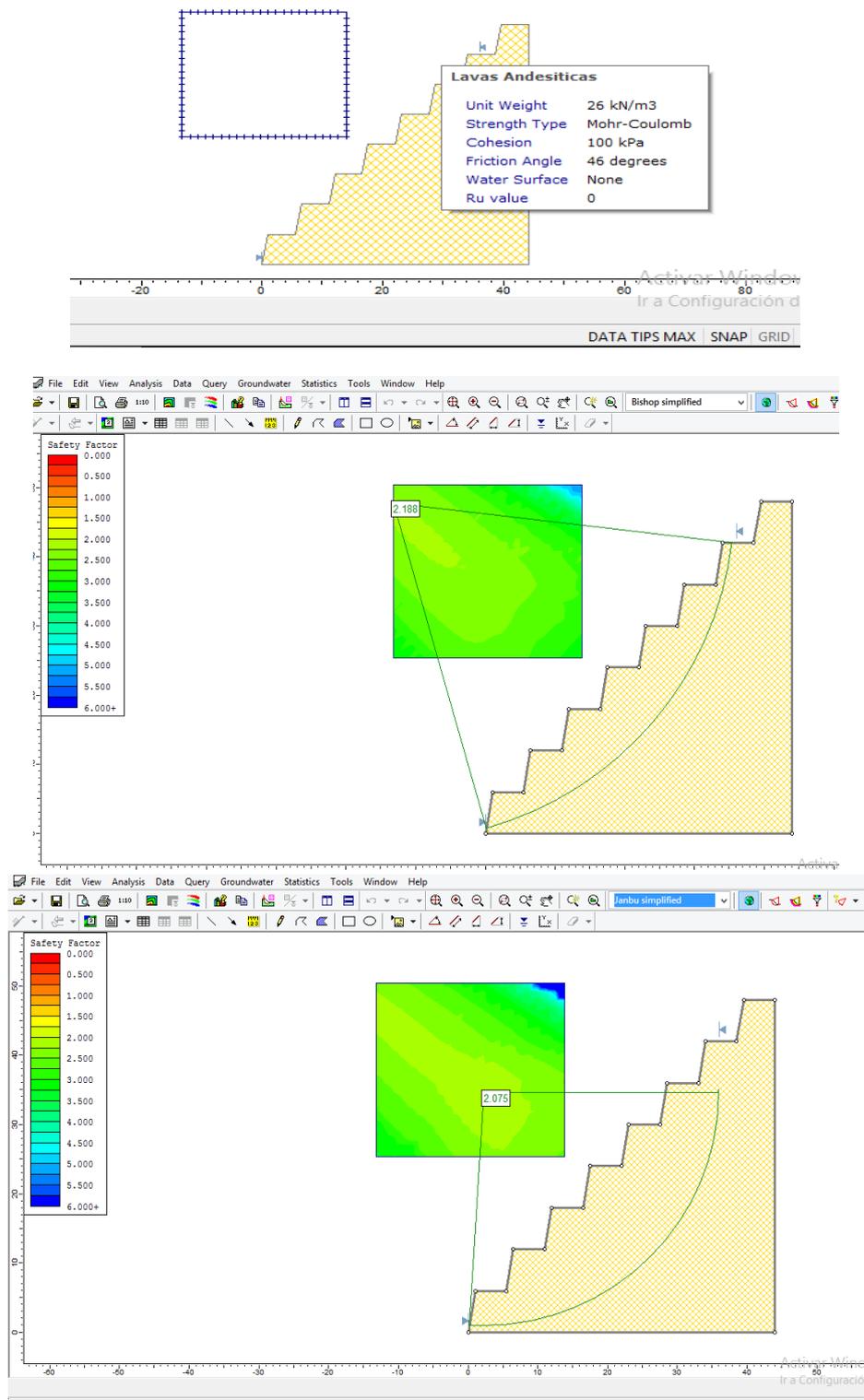


6.7.10. Estabilización de los bancos de la cantera

Un punto fundamental a tomar en cuenta cuando escogemos un sistema de explotación es comprobar la estabilidad de los bancos de explotación con el sistema propuesto, para ello haciendo uso del software SLIDE 6.0, procedemos a determinar el factor de seguridad (FS), utilizando los métodos de mayor confianza en la determinación de estabilidad de taludes que son: Método de Bishop Simplificado y Método de Janbu. Obteniendo los siguientes resultados:

Según los resultados de laboratorio el material que conforma el talud posee un peso específico de 26 Kn/m³, una cohesión de 100KPa, un ángulo de fricción de 46° estos datos fueron usados para el cálculo del FS dándonos un factor para Bishop de 2.18 y para Janbu de 2.08, resultado que equivale a un factor de seguridad estable – seguro para ambos casos

Figura 38. Factor de seguridad por Bishop y Janbu



6.7.11. Escombrera

De acuerdo a las características propias del material del área en el presente proyecto no se pone a consideración la implementación de escombreras. Teniendo en cuenta, además, que se pretende evitar la generación de impacto visual o paisajístico por su ubicación. Para ello existirá un control adecuado para la disposición final, estabilidad y uso del material estéril (material que no sirva para su comercialización) de acuerdo a lo establecido en el Art 79 del Reglamento para Actividades Mineras en la República del Ecuador.

6.7.12. Ciclo de trabajo del sistema propuesto

Tabla 42. Ciclo de trabajo del sistema propuesto

Tiempo Promedio De Actividades				
Actividad	Equipos	Capacidad (m3)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)
Arranque y carga	Retroexcavadora Caterpillar 420F2	1	7,98	478,8
Transporte	Volquete HINO 700	14	4	240,0
Tiempo Total (seg)			11,98	718,8

- **Ciclo por hora**

$$Ciclo\ por\ hora = \frac{60\ minutos}{1\ Ciclo\ de\ trabajo\ en\ minutos}$$

$$Ciclo\ por\ hora = \frac{60\ minutos}{11,98}$$

$$Ciclo\ por\ hora = 5,0$$

- **Producción diaria**

$$Producción\ diaria = \frac{Producción}{Hora} \left(\frac{m^3}{h} \right) * número\ de\ horas$$

$$Producción\ diaria = \frac{70,12m^3}{1\ hora} * 6\ horas$$

$$Producción\ diaria = 420,70 \frac{m^3}{día}$$

- **Costo x m3**

$$\text{Costo por m3} = \frac{\text{Inversión semestral}}{\text{Cantidad de material extraído (semestre)}}$$

$$\text{Costo por m3} = \frac{187296.38 \text{ USD}}{49642.32 \text{ m3}}$$

$$\text{Costo por m3} = 3.77 \text{ USD/m}^3$$

- **Vida útil**

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{Volumen de reservas explotables (m}^3\text{)}}{\text{Producción diaria (} \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \text{)}}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{1114952,16 \text{ m}^3}{420,70 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$\text{Vida útil} = 2650,22 \text{ días}$$

$$\text{Vida útil} = 220 \text{ meses}$$

Tabla 43. Comparación de cálculo de producción

Comparación cálculo de producción				
	Producción actual		Propuesta	
Ciclo por hora	2,83	ciclo/hora	5,0	ciclo/hora
Nº de horas laborables	4	Horas	6	horas
Producción diaria	158,49	m3/día	420,70	m3/día
Vida útil en días	7034,82	Días	2650,22	días
Vida útil en meses	586	Meses	220	meses

6.7.13. Señalética

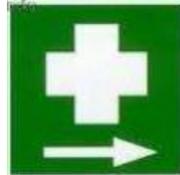
Bajo la normativa de seguridad y salud ocupacional se implementará señalética en el área minera para identificar instalaciones, avisar de zonas peligrosas, prevenir accidentes y establecer normas que se deben seguir como es el uso de EPP en las zonas y actividades determinadas a continuación se presenta la señalética a implementar en el área minera

Tabla 44. Señalética a implementar en el área minera

SEÑALÉTICA INFORMATIVA



Vía De Evacuación



Primeros Auxilios



Extinguidor



Teléfono

SEÑALÉTICA DE CONTROL DE TRÁFICO



Entrada Y Salida De Vehículos

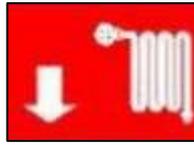


Disminuya La Velocidad

SEÑALÉTICA DE EMERGENCIA



Extintor portátil



Manguera para incendio



Ruta de evacuación



Ubicación de botiquín de primeros auxilios.

SEÑALÉTICA DE OBLIGATORIEDAD



Uso de mascarilla



Uso de casco



Uso de lentes



Uso de orejeras



Uso de guantes



Uso de botas

SEÑALÉTICA PROHIBITIVA



SEÑALÉTICA DE ADVERTENCIA



Nota: Referencia tomada de NORMA TÉCNICA: NTE INEN-ISO 3866-1: 2013.
 Modificado por: El Autor.

6.7.14. Análisis Ambiental del Sistema de Explotación Propuesto

Con la finalidad de conocer e identificar los impactos ambientales que se pueden desencadenar con la aplicación del sistema de explotación propuesto, se muestra a continuación un análisis ambiental realizado mediante la aplicación de la Matriz de Leopold, tomando en cuenta factores ambientales que conforman el medio abiótico, biótico y socioeconómico.

Tabla 45. Identificación de Impactos Ambientales

Identificación de Impactos									
ACTIVIDADES			Explotación					N° de Impactos	
IMPACTOS			Destape	Preparación	Explotación	Zona de Stock	Transporte		
Componente	Subcomponente Ambiental	Impacto Ambiental							
Abiótico	Aire	Generación Mat. Particulado	X	X	X	X	X	5	
		Gases de Combustión					X	1	
		Ruido y Vibraciones	X	X	X	X	X	5	
	Agua	Consumo del Recurso Hídrico		X				1	
		Contaminación de cuerpos de agua							
	Suelo	Topografía y geomorfología			X	X	X		3
		Erosión							

		Estabilidad			X			1
	Paisaje	Alteración visual	X	X	X	X		4
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	X	X				2
		Diversidad de especies vegetales						
	Fauna	Pérdida de Hábitats						
		Migración de especies			X	X		2
Socioeconómico y cultural	Uso de suelo	Forestal	X	X				2
		Agrícola						
	Infraestructura	Red y servicio de transporte		X	X		X	3
		Red de abastecimiento y comercialización				X		1
	Población	Salud			X			1
		Seguridad						
		Acceso a puestos de trabajo	X	X	X		X	4
Nº de Impactos			6	9	9	6	5	35

Nota: Impactos Ambientales, identificados de acuerdo al medio abiótico, biótico, y socioeconómico.

- **Medio Abiótico**

Aire. - Este componente se ve afectado en el desarrollo de las actividades de preparación, extracción de material y transporte principalmente debido a la generación de material particulado, ruidos y vibraciones producidos por las maquinarias en el arranque, carga y transporte del material.

Suelo. - Es otro componente afectado de manera significativa debido al desarrollo de las actividades del proyecto, produciendo cambios en la topografía, el desbroce de la vegetación y el arranque mecánico del material, además de la ubicación de campamentos y zona de stock que modificará el relieve del mismo.

Paisaje. – Existe un impacto visual notorio en el paisaje debido al diseño del sistema propuesto, mismo que modificará la geomorfología actual del sector donde se emplaza el área de estudio.

- **Medio Biótico**

Flora. – Aunque no existe la presencia de vegetación endémica en el sector, la flora existente es afectada por el retiro total de la capa vegetal en el área de explotación del material y por la ubicación de las distintas infraestructuras propuestas en el proyecto.

Fauna. – Comparte similitud con el ítem anterior, debido principalmente a que al haber afectación de la cobertura vegetal se produce la alteración de la fauna terrestre, debido a la destrucción de su hábitat, el impacto principal dentro de este componente es la migración de aves a consecuencia de la constante generación de ruido y vibraciones producto del tránsito de vehículos durante las actividades.

- **Medio Socioeconómico y Cultural**

Uso del suelo. - En cuanto al componente de uso de suelo, este se verá afectado en las etapas de desbroce y preparación principalmente debido al retiro de la capa vegetal, que es arbustiva.

Infraestructura. – La infraestructura vial principalmente afectada será la vía que conduce desde la ciudad de Cariamanga hacia el sector de Agua Dulce, donde se ubica el área minera, dicha infraestructura vial será utilizada en el transporte del material extraído hasta su destino.

Población. – En cuanto a la seguridad y salud, se deben tomar las medidas necesarias para el correcto desarrollo de las actividades del proyecto, para que no pongan en riesgo la integridad física de los trabajadores. En parte de acceso a puestos de trabajo, supone un impacto positivo debido a la generación de empleo para los habitantes del sector o de las zonas de influencia del proyecto.

De acuerdo lo descrito anteriormente, al realizar un análisis de la parte ambiental, con la utilización de la matriz de Leopold, se logró identificar los impactos ambientales que se pudieran desencadenar con la implementación del sistema de explotación propuesto. Tomando en consideración los factores ambientales que conforman el medio abiótico, tenemos principalmente impactos en el aire, suelo y paisaje, provocados por el cambio en el uso de suelo y utilización de maquinarias en la construcción de las infraestructuras y cantera. En el medio biótico, la flora y fauna del área de estudio tendrán un impacto debido a la implementación de infraestructuras que conlleva a un retiro temporal de la vegetación que ocupa el frente de explotación y por consiguiente el cambio en la morfología del terreno. Finalmente, en la parte socioeconómica refleja un impacto positivo al generar plazas de empleo para la población de las zonas de influencia directa del área de estudio.

6.7.15. Cierre de mina

Al inicio de la actividad minera se realizó el desbroce de material en el que la vegetación que ocupaban el frente de explotación correspondía a matorrales y forrajes herbáceos, los cuales al ser retirados fueron depositados en la zona de almacenamiento de material de desbroce

El material de desbroce, será reinsertado conforme se vayan culminando la explotación en cada uno de los bancos, con el fin de optimizar recursos y tiempos en el cierre de mina.

La etapa de cierre de mina se realizará al momento que se termine el total de reservas aprovechables del área minera. Para el cierre definitivo del área se debe considerar el destino final de las infraestructuras construidas en la misma.

El impacto visual que tiene la cantera en su etapa de explotación sin embargo se puede considerar dejar los bancos con sus caminos de acceso como un mirador turístico que por su altura es una opción viable y lo que nos permitiría mantener la infraestructura y convertirla en un parador turístico u hostería.

6.7.16. Costo económico del proyecto

Para iniciar con el estudio de los costos económicos del proyecto iniciamos identificando el capex y el opex del proyecto minero

Capex.

Se define como los costos de inversión que se tienen para la implementación de bienes muebles e inmuebles para el mejoramiento de la empresa en la zona de estudio se propone la construcción de diversas infraestructuras que permitirán tener un mayor rendimiento y producción del área minera, además de ello también se propone una mejora en la maquinaria por lo que los costos de inversión o capex se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 46. Cálculo del Capex del proyecto minero

CAPEX		
Infraestructura	Costo	Total
Zona de recreación	2370.68	
Zona de descanso	20989.5	
Mejoramiento de vías	10000	82085.64
Taller Mecánico	17739.46	

Zona de desechos	9169	
Zona de combustible	4227.5	
Zona de Stock	3650	
Zona de chatarra	13939.5	
Adecuación del terreno	Costo	Total
Desbroce	12055.4	12055.4
Mejora de Maquinaria	Costo	Total
Cubre baldes para los volquetes	1348.6	5858.96
Cambio de cucharon de excavadora	4510.36	
Total, Final		100 000

Opex.

Luego de haber calculado el Ápex se procede a calcular el Opex el mismo que hace referencia a los costos de operación de las actividades que se realizan en la mina dentro de estos costos tenemos, sueldos del personal, mantenimiento de maquinaria, regalías al estado, costos de agua, luz e internet, entre otros gastos en la siguiente tabla se especifica cada uno de los gastos de operación que tiene el área minera.

Tabla 47. Cálculo del Opex del proyecto minero

OPEX	
Sueldos	3700
Maquinaria	7480
Consumo energético y agua	500
Consumo de combustible	6160
Regalías	138.11
Repuestos y mantenimiento	1400
Gastos de desbroce	1004.62
Otros Gastos	2500
Total	22882.73

Obtenido el Capex y el Opex se procede a realizar el análisis mediante un flujo de caja a continuación, se presenta el flujo de caja el cual se lo realizó para lograr identificar el tiempo que demorará el área minera en recuperar el dinero invertido en la construcción e implementación del sistema de explotación propuesto la misma que está realizado con la inversión inicial costos mensuales que tiene el área, nuevo ritmo de producción y un precio estimado del producto como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 48. Flujo de caja del nuevo sistema de explotación

Tiempo	PRIMER SEMESTRE					
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Inversión inicial		74797.805	49595.610	24393.415		
	100000	2	4	6	808.7792	26010.974
Sueldos	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Maquinaria	7480	7480	7480	7480	7480	7480
Consumo energético y agua	500	500	500	500	500	500
Consumo de combustible	6160	6160	6160	6160	6160	6160
Regalías	138.11	138.11	138.11	138.11	138.11	138.11
Repuestos y mantenimiento	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Gastos de desbroce	1004.62	1004.62	1004.62	1004.62	1004.62	1004.62
Otros Gastos	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Total	22882.73	22882.73	22882.73	22882.73	22882.73	22882.73
Cant. Material extraído	8233.72	8233.72	8233.72	8233.72	8233.72	8233.72
Valor x m3	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84
Ingresos mensuales	48084.924	48084.924	48084.924	48084.924	48084.924	48084.924
	8	8	8	8	8	8
Líquidos	25202.194	25202.194	25202.194	25202.194	25202.194	25202.194
	8	8	8	8	8	8
Valor pendiente a recuperar o ganancia	-	-	-			
	74797.805	49595.610	24393.415			51213.168
	2	4	6	808.7792	26010.974	8

Tiempo	SEGUNDO SEMESTRE					
	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inversión inicial	51213.168	76415.363	101617.55	126819.75	152021.94	177224.14
	8	6	8	3	8	3
Sueldos	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Maquinaria	7480	7480	7480	7480	7480	7480
Consumo energético y agua	500	500	500	500	500	500
Consumo de combustible	6160	6160	6160	6160	6160	6160
Regalías	138.11	138.11	138.11	138.11	138.11	138.11
Repuestos y mantenimiento	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Gastos de desbroce	1004.62	1004.62	1004.62	1004.62	1004.62	1004.62
Otros Gastos	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Total	22882.73	22882.73	22882.73	22882.73	22882.73	22882.73
Cant. Material extraído	8233.72	8233.72	8233.72	8233.72	8233.72	8233.72
Valor x m3	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84

Ingresos mensuales	48084.924	48084.924	48084.924	48084.924	48084.924	48084.924
	8	8	8	8	8	8
Liquides	25202.194	25202.194	25202.194	25202.194	25202.194	25202.194
	8	8	8	8	8	8
Valor pendiente a recuperar	76415.363	101617.55	126819.75	152021.94	177224.14	202426.33
	6	8	3	8	3	8

Total, de ingresos

Para el cálculo de este valor consideramos la cantidad de material a extraer en un semestre por el valor de venta del material, actualmente el área está vendiendo el material a un costo de 7.12 USD/m³

$$\text{Total de ingresos} = \text{Cant. de material extraído} \times \text{precio de venta}$$

$$\text{Total de ingresos} = 49402.32 \text{ m}^3 \times 5.84 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Total de ingresos} = 288509.55 \text{ USD}$$

Utilidad Bruta

Para el cálculo de este parámetro consideramos el total de ingresos menos el valor asociado a la extracción del material es decir el costo de operación

$$\text{Utilidad Bruta} = \text{Total de ingresos} - \text{Costos de operación}$$

$$\text{Utilidad Bruta} = 288509.55 \text{ USD} - 85956.66 \text{ USD}$$

$$\text{Utilidad Bruta} = 202552.89 \text{ USD}$$

Utilidad Neta

Para el cálculo de este parámetro consideramos el total de ingresos menos el valor asociado a la extracción del material y costos de implementación de infraestructuras.

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Total de ingresos} - \text{Costos de implementación} - \text{Costos de operación}$$

$$\text{Utilidad Neta} = 288509.55 - 137481.72 - 85956.66$$

$$\text{Utilidad Neta} = 64071.17 \text{ USD}$$

VAN

El VAN nos proporciona un resultado en términos absolutos de la viabilidad de un proyecto, el cual es dado en relación a la inversión, flujo de caja generado y tasa de descuento o coste de oportunidad que para nuestra actividad se considera de un 10%.

$$VAN = -A + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(2+i)^2}$$

$$VAN = -122200 + \frac{64071.17}{(1+0.10)^1} + \frac{64071.17}{(1+0.10)^2} + \frac{64071.17}{(1+0.10)^3} + \frac{64071.17}{(1+0.10)^4}$$

$$VAN = -80896.99$$

TIR

Para empezar, podemos decir que el resultado de este cálculo, viene **expresado en forma porcentual (%)**. Para calcular la TIR, se debe restar el valor inicial (costo) del valor final (venta o retorno de la inversión) de la operación, dividirlo entre el valor inicial y multiplicar el resultado por 100.

$$TIR = \frac{\text{Valor Final} - \text{Valor inicial}}{\text{Valor Inicial}} \times 100$$

$$TIR = \frac{5.84 - 3.77}{3.77} \times 100$$

$$TIR = 54.9\%$$

Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio nos sirve para evaluar la rentabilidad del proyecto, es decir, con el punto de equilibrio sabemos cuánto se necesita vender para generar ganancias.

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costos Fijos}}{(\text{Precio de Venta} - \text{Costo de producción})}$$

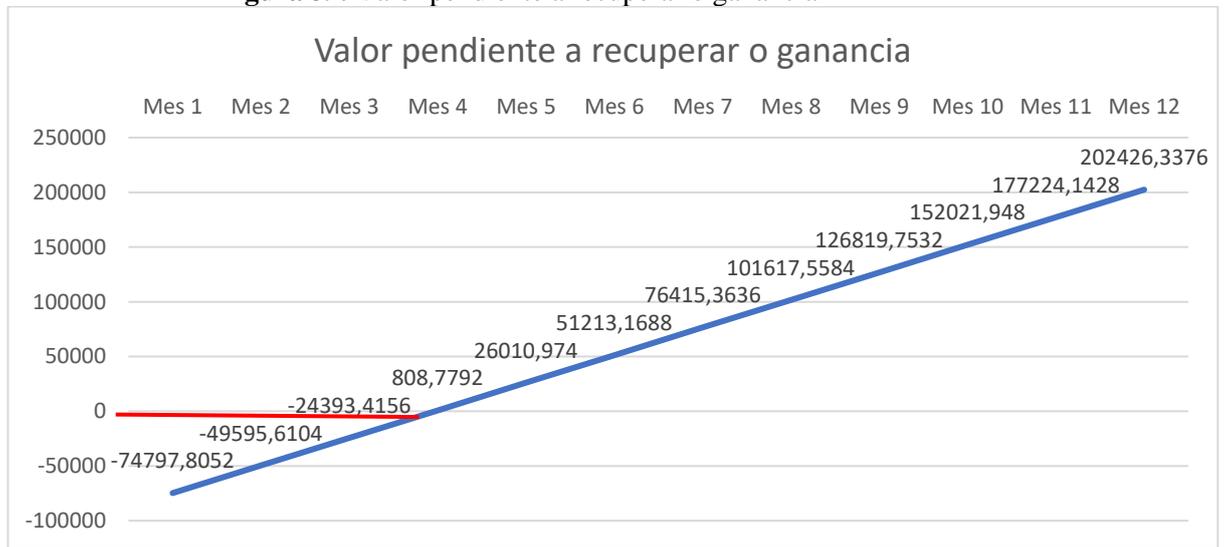
$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{144503.17 \text{ USD}}{(7.12 - 4.56)}$$

Punto de Equilibrio = 26321.16 m³

Tiempo aproximado a recuperar la inversión

Con las utilidades calculadas, así como con el TIR y el punto de equilibrio el área minera debe vender 26321.16 m³ para recuperar la inversión que con lleva la puesta en marcha de la optimización sabiendo que semestralmente el área minera explotara 49642.32 m³ de material se estima que en un año de producción el área minera recupere la inversión, por lo que existe una gran rentabilidad en la aplicación del presente proyecto.

Figura 39. Valor pendiente a recuperar o ganancia



7. Discusión

La geología del Área minera Jesús del Gran Poder fue comparada con la información proporcionada por el PDOT del cantón Calvas de 2021, en donde, este documento hace referencia a la presencia de la Formación Sacapalca, la cual dentro de su litología se incluyen lavas y piroclastos. Esta información corroborada en campo, permitió identificar con mayor detalle las propiedades de estas lavas andesíticas y piroclastos dentro de la Unidad Changaimina, incluyendo sus texturas porfiríticas. Además, que se han encontrado flujos de lodo pertenecientes a la Unidad El Fundo, los cuales no han sido considerados a detalle en el PDOT.

La elección del método de explotación a cielo abierto para el área minera "Jesús del Gran Poder" fue determinada considerando varios factores, como: el yacimiento es de tipo masivo y con una potencia de 45 metros, presenta un contorno irregular en una topografía con una pendiente de 24,2%. Para ello Herrera (2006), destaca las ventajas y desventajas de los distintos sistemas de explotación a cielo abierto y su aplicabilidad en la explotación de áridos y pétreos. Considerando la falta de cohesión del material y la disposición irregular del yacimiento se promueve la eficiencia del arranque mecánico, eliminando la necesidad de explosivos y reduciendo tanto los costos operativos como el impacto ambiental asociado. El análisis inicial evaluó tres sistemas de explotación detallados por Herrera (2006) para minería a cielo abierto: cortas, descubiertas y canteras, en concordancia con particularidades geológicas, topográficas y económicas de cada yacimiento. El método de explotación por canteras fue seleccionado debido a su capacidad eficiente para extraer el material de interés desde los bancos superiores hasta los inferiores.

Además del método de explotación, se definió un sistema de explotación, el cual trata de "Excavación descendente y abandono del talud final en bancos" mismo que fue seleccionado porque permite la extracción gradual del material, desde los bancos superiores, lo que a su vez facilita la restauración ambiental en aquellos bancos donde ya se ha aprovechado el material árido, mejorando la eficiencia operativa, conforme lo mencionado por Herrera.

Para la estimación de reservas en el área minera "Jesús del Gran Poder", se utilizó el método de los perfiles geológicos para lo cual se trazaron siete perfiles topográficos con intervalos regulares de 50 metros, excepto uno que se redujo a 40 metros debido a la topografía del sitio, permitiendo calcular con exactitud las reservas por bloque y el volumen total de

material. Comparativamente, el método geométrico empleado por (Orbe, 2018) utilizando el software Civil Cad 2015 y definido con seis perfiles equidistantes, también consideró las particularidades topográficas. Ambos enfoques ofrecen estimaciones precisas de reservas, diferenciándose principalmente en el uso de herramientas tecnológicas específicas. En nuestro caso, el método de perfiles empleado nos dio como resultado $1114952,161\text{m}^3$ para reservas probables y $1672428,242\text{m}^3$ para reservas posibles, siendo esta metodología de cálculo una de las más utilizadas por su alta confiabilidad en la estimación de reservas.

En el Área minera "Jesús del Gran Poder", actualmente se aplica el método de explotación a cielo abierto, sin embargo, el plan operativo actual padece de una definición precisa, ya que la extracción se lleva a cabo de manera empírica, donde la producción actual se estima en aproximadamente $155\text{m}^3/\text{día}$, con variaciones inherentes a la demanda del cantón Calvas. Por otro lado, el sistema de explotación que se propone que es cantera con excavación descendente y abandono del talud final en bancos, se proyecta a brindar una producción diaria de $420,70\text{m}^3$, pasando de 2,83 a 5 ciclos/ hora, lo que refleja la viabilidad del sistema de explotación que se propone.

8. Conclusiones

- El área minera “Jesús del Gran Poder ”, con una extensión de 10.45 hectáreas, posee una geomorfología muy irregular con pendientes de entre 22.8% a 24.2% las mismas que son consideradas como pendientes muy inclinadas, En el frente de explotación las cotas van desde los 1610 a 1701 msnm, mismas que se tomaron en cuenta para la optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción, siendo estas condiciones topográficas unas de las características más importantes al momento de cambiar el sistema de explotación
- De acuerdo con la geología regional en la zona de estudio existen dos unidades litológicas como son la Unidad El Fundo compuesta por depósitos coluviales y la Unidad Changaimina conformada por lavas andesíticas, esta litología fue corroborada en campo mediante el levantamiento de afloramientos en donde se logró determinar que el material a aprovechar son las lavas andesíticas que hayan sufrido un proceso de meteorización y se hayan depositado en zonas más bajas este material es conocido como saprolitos.
- Como resultado del levantamiento de afloramientos además de la realización de calicatas se logró recoger muestras mismas que bajo el protocolo de muestreo y etiquetado fueron llevadas a ser analizadas en el laboratorio de "ESTSUELCON CIA. LTDA.". Estas muestras fueron sometidas a pruebas detalladas de abrasión, granulometría, CBR y Proctor Standart, estos ensayos fueron escogidos de acuerdo al uso que se le da al material siguiendo las especificaciones del libro amarillo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Los resultados obtenidos demostraron que el material cumple con los requisitos establecidos por las normativas, lo que lo hace adecuado para su uso como material de mejoramiento de la subrasante.
- Las reservas de material disponibles se calcularon utilizando el método de los perfiles. Este proceso, que tomó en cuenta factores geológicos y topográficos, arrojó un volumen total de 2, 787,380.403 m³. Las reservas fueron categorizadas en dos niveles: probadas, probables. Se asignó un 40% del volumen total a las reservas probadas (1,114,952.161 m³), y para las reservas probables, se consideró un 60% del volumen total (1,672,428.242 m³) esto debido a la incertidumbre ya que al realizar las calicatas se verifico la existencia del material hasta cierta profundidad sin embargo los perfiles geológicos nos arrojan la continuidad del estrato debajo de las calicatas

- En base a las características del yacimiento en el área minera "Jesús del Gran Poder", el método de explotación a cielo abierto se presenta como la opción más adecuada. Esto se debe a que el yacimiento aflora en la superficie, tiene una potencia suficiente y no cohesiva, permitiendo un arranque mecánico eficiente sin necesidad de explosivos. Además, la topografía y la pendiente del terreno favorecen este método, asegurando rentabilidad y minimizando el impacto ambiental. Por otro lado, el sistema de "Excavación descendente y abandono del talud final en bancos" también se considera óptimo, aprovechando la topografía y la geología favorables para una extracción controlada y eficiente.
- Al describir las actividades en la concesión minera 'Jesús del Gran Poder', se ha destacado la eficacia operativa enfocada en el arranque directo y transporte material mediante excavador y volquetas, respectivamente. Sin embargo, es importante recalcar la necesidad de diseñar e implementar infraestructuras complementarias como zonas de recreación, taller, gestión de desechos, almacenamiento de combustibles y áreas de stock fuera del área central de operaciones. Estas instalaciones no solo mejorarán la eficiencia operativa, sino que también garantizarán el estricto cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad, promoviendo así un entorno laboral seguro y sostenible para las actividades mineras en 'Jesús del Gran Poder', asegurando el bienestar de los trabajadores y la protección del entorno natural.
- El diseño propuesto para la explotación del área minera 'Jesús del Gran Poder' representa una mejora significativa en la producción diaria, estimada en 420.70 m³/día, en comparación con la producción actual de aproximadamente 155 m³/día. Este aumento se logra mediante un incremento en el número de ciclos por hora (de 2.83 a 5.0) y en las horas de operación diaria (de 4 a 6) además de pasar de un costo por m³ actual de 3.91\$/m³ a un costo propuesto de 3.77\$/m³
- El diseño propuesto no solo busca aumentar la capacidad productiva, sino también optimizar la rentabilidad económica. Se espera que a partir del cuarto mes se generen ganancias, con una tendencia positiva a medida que avanza el tiempo. Esto indica que el proyecto tiene un potencial claro para ser rentable a mediano plazo, considerando la demanda fluctuante del cantón Calvas y la comercialización eficiente de los materiales extraídos.

9. Recomendaciones

- Las actividades mineras necesitan ciclos de trabajos continuos por lo que la paralización de estas actividades por unos minutos representa pérdidas enormes para el área minera y dado que la maquinaria es crucial para las operaciones mineras, es fundamental establecer un programa riguroso de mantenimiento preventivo. Este programa debe incluir inspecciones periódicas, lubricación adecuada y reparaciones preventivas para reducir al mínimo el riesgo de paradas no planificadas que puedan afectar la producción.
- Es esencial proporcionar capacitación regular al personal que trabaja en las actividades extractivas. Esto debe cubrir el uso adecuado del equipo de protección personal, procedimientos seguros de operación de maquinaria y protocolos para manejar situaciones de emergencia. La capacitación también debe enfocarse en los aspectos específicos del sistema de explotación diseñado para mejorar tanto la eficiencia como la seguridad.
- La actividad minera debe ser sustentable y sostenible por lo que es imprescindible cumplir con todas las normativas legales y ambientales aplicables al desarrollo minero en el área. Esto incluye la obtención y renovación oportuna de los permisos de explotación, así como la actualización regular de los estudios de impacto ambiental de acuerdo con los requisitos legales vigentes.
- Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar el cumplimiento de los parámetros técnicos establecidos en el diseño de explotación. Además, es crucial programar visitas periódicas de un ingeniero de minas para verificar la correcta implementación del diseño y realizar ajustes según sea necesario para optimizar la producción y mitigar riesgos.

10. Bibliografía

- Arias, F. (2012a). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica* (6a ed.). Episteme.
- Arias, F. (2012b). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica* (6a ed.). Episteme.
- Babín, R., & Gómez, D. (2010). Problemas de Geología Estructural 8. Fallas. *Reduca (Geología). Serie Geología Estructural*, 2(1), 1.
- Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento: Vol. Volumen II* (C. de O. S. A. Ortiz e Hijos, Ed.).
- Baroco, X. (2020). Guía básica para la toma de muestras geológicas. *Guía Básica Para La Toma de Muestras Geológicas*, 2-7. https://www.academia.edu/42805203/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_la_toma_de_muestras_geol%C3%B3gicas
- Betancourt, R. (2017). *MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN* (M. Artiles, Ed.; Vol. 1). Feijóo. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/12418/Libro-MC.-S.-Betancourt.pdf>
- Bowen, N. L. , & S. J. F. (1956). *The Evolution of the Igneous Rocks*. Dover.
- Braulio, C. (2005). *PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA FOTOGAMETRÍA ACTUAL*. Instituto Politécnico Nacional.
- BREALEY, R., MYERS, S., & ALLEN, F. (2010). *PRINCIPIOS DE FINANZAS CORPORATIVAS* (9th ed.). The McGraw-Hill Companies, Inc.
- CIENTEC. S.A. (2021, November 17). *Principales 9 Instrumentos Utilizados en Topografía / Cientec*. <https://cientecinstrumentos.cl/principales-instrumentos-utilizados-en-topografia/>
- CONGOPE. (2019). *Plan De Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Loja*. <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Loja-plan-vial-integral.pdf>
- Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales el Ecuador. (2019). *Plan De Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Loja 2019*. <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Loja-plan-vial-integral.pdf>
- Delgado, J., Francisco, M., Benítez, P., & Barrientos, V. (2010). *Prácticas de GEOLOGÍA Mapas Geológicos y Problemas*.
- Diaz, E. (2017). *OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS PARA MAXIMIZAR UTILIDADES EN LA MINA PANULCILLO DE MINERA CRUZ LTDA. UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO.”*

- ETSII. (2008a). *Métodos Topográficos* (pp. 8–9). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- ETSII. (2008b). *Métodos Topográficos* (pp. 20–23). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Fernández, J., & Gutiérrez, G. (2016). Revista de la Sociedad Geológica de España 29 (1) APLICACIONES GEOLÓGICAS DE LOS DRONES Geological applications of UAVs. *Revista de La Sociedad Geológica de España*, 29(1), 1–3. www.topografiapirineos.com
- FIG. (2017). *Manual de Marcos de Referencia en la Práctica* (G. Blick, Ed.). Federación Internacional de Geómetras (FIG).
- Forero, M., Colegial, J., Fuentes, A., & Gomez, S. (2017). Characterization of weathering profiles of the crystal rocks of eastern Bucaramanga and definition of hydrogeological properties. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 41, 16–30. <https://doi.org/10.15446/RBCT.N41.59347>
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. Cambridge University Press.
- FUENTES GUZMAN JOSE. (2012). *Topografía* (Vol. 1). RED TERCER MILENIO S.C.
- García, M. (2012a). *Geología estructural. Esfuerzos y deformaciones de las rocas. Deformación dúctil: los pliegues y sus tipos. Mecanismos de plegamiento. Deformaciones frágiles: diaclasas y fallas. Características y tipos. Asociaciones de pliegues y fallas.* https://www.researchgate.net/publication/263925700_Geologia_estructural_Esfuerzos_y_deformaciones_de_las_rocas_Deformacion_ductil_los_pliegues_y_sus_tipos_Mecanismos_de_plegamiento_Deformaciones_fragiles_diaclasas_y_fallas_Caracteristicas_y_tipos_Asoc
- García, M. (2012b). *Geología estructural. Esfuerzos y deformaciones de las rocas. Deformación dúctil: los pliegues y sus tipos. Mecanismos de plegamiento. Deformaciones frágiles: diaclasas y fallas. Características y tipos. Asociaciones de pliegues y fallas. Cenoposiciones.* https://www.researchgate.net/publication/263925700_Geologia_estructural_Esfuerzos_y_deformaciones_de_las_rocas_Deformacion_ductil_los_pliegues_y_sus_tipos_Mecanismos_de_plegamiento_Deformaciones_fragiles_diaclasas_y_fallas_Caracteristicas_y_tipos_Asoc
- Herrera, J. (2006a). *Metodos de mineía a cielo abierto* [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_2.pdf
- Herrera, J. (2006b). *Metodos de minería a cielo abierto* [Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.book.10675>
- Herrera, J. (2006c). *Métodos de minería a cielo abierto.* <https://doi.org/10.20868/UPM.book.10675>

- Herrera, J. (2006d). *Métodos de minería a cielo abierto*.
https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_2.pdf
- Herrera, J. (2006e). *Métodos de minería a cielo abierto*.
<https://doi.org/10.20868/UPM.book.10675>
- Herrera, J. (2019). *Introducción a la Minería Subterránea*. 1, 7.
<https://doi.org/10.20868/UPM.book.62723>
- HUMPHREYS, D. (2010). *The Great Metals Boom: A Retrospective* (Vol. 35). Resources Policy.
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2021). *Informe sísmico para el año 2021*.
<https://www.igepn.edu.ec/servicios/busqueda-informes>
- Lopera Echavarría, J. D., Ramírez Gómez, C., Zuluaga Aristazábal, M. U., & Ortiz Vanegas, J. (2010). *El método analítico como método natural*. 25(1).
- Lozano, B. (2022). Oferta y demanda en mercados competitivos: Enfoque al sector de la construcción en el Ecuador. *E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar*, 4(10), 50–65.
<https://doi.org/10.53734/mj.vol4.id194>
- Lugo, J. (2018). Elementos de geomorfología aplicada. *Instituto de Geografía*, 132.
<http://www.ellibroylarosa.unam.mx/handle/123456789/1363>
- Maldonado, Y. (2018, January 1). *Fallas geológicas* . <https://geologiaweb.com/geologia-general/fallas-geologicas/>
- Marqués, M. A. (1996). El concepto de erosión. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra: Revista de La Asociación Española Para La Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra, ISSN 1132-9157, Vol. 4, Nº. 3, 1996 (Ejemplar Dedicado a: Nomenclatura y Terminología En Las Ciencias de La Tierra), Págs. 198-202, 4(3), 198–202*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=234582&info=resumen&idioma=ENG>
- Ministerio De Transporte Y Obras Publicas. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES*.
- Nicholas, D. E. (1981). “*Method Selection—A Numerical Approach*,” *Design and Operation of Caving and Sublevel Stopping Mines* (D. Stewart, ed, Vol. 4).
- Olivares Belinchón, J. (2010a). *DISEÑO GEOMÉTRICOS DE OBRAS*.
- Olivares Belinchón, J. (2010b). *DISEÑO GEOMÉTRICOS DE OBRAS*.
- Olivares Belinchón, J. (2010c). *DISEÑO GEOMÉTRICOS DE OBRAS* .

- Orozco-Centeno, W. P., Branch Bedoya, J. W., & Jiménez-Builes, J. A. (2014). Classification of fine-grained igneous, sedimentary and metamorphic rocks through structured programming. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 36, 5–9. <https://doi.org/10.15446/rbct.n36.44037>
- Ortiz, M. (2017). *Formación geológica*. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/geologia-del-petroleo/formacion-geologica-trabajo-completo-sobre-las-formaciones-geologicas/9401599>
- PDOT CALVAS. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del canton Calvas 2019-2023*.
- Rincón, M. A., Wilson, V., Vargas, E., Carlos, V., & Vergara, J. G. (2019). *CONCEPTOS Y APLICACIONES TOPOGRAFÍA* (1r ed., Vol. 1). ECOE.
- Romero, J., Triana, L., & Cortes, F. (2012). *Selección del método de explotación minera a partir de información cuantificada aplicando técnicas de decisión multicriterio*.
- Salazar, L. (1999). *Nociones de geología para Ingeniería Civil*. Universidad Nacional de Colombia.
- Smith, L. (2011). *Discounted Cash Flow Analysis Methodology and Discount Rates*. 95.
- Villareal, J. (2015). *Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados respecto a la densidad de puntos de control*. [Universidad Técnica Particular de Loja]. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal%20Moncayo%20Joffre%20Vicente.pdf>
- Villemur, J. R. (1967). *Estudio de reconocimiento geológico- mineralógico de la provincia de Loja*. *Cooperacion Técnica Francesa*.
- Williams, H., Turner, F., & Gilbert, C. (1982). *Petrography: An introduction to the study of rocks in thin section*. (Second). WH Freeman and Company. .
- Wolf, P., & Ghilani Charles. (2016). *Topografía* (S. A. de C. V. Alfaomega Grupo Editor, Ed.; 14th ed.). Pearson Education, Inc.
- Zabala, J., & Guamán, J. (2022, September 22). *Balance de las ventas del sector de la construcción (edificaciones y obras de construcción) al primer semestre de 2022*. <https://mundoconstructor.com.ec/noticias/cifras-del-sector/balance-de-las-ventas-del-sector-de-la-construccion-edificaciones-y-obras-de-construccion-al-primer-semester-de-2022>

11. Anexos

Anexo 1. Fichas de afloramientos

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "						
FICHA MAPEO GEOLOGICO						
Fecha:	3/6/2023	Ficha N. ^a	1	Código	A1	
Descripción de: Adrián José Carrión Torres						
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA			
Provincia	Loja					
Cantón	Calvas					
Parroquia	Cariamanga					
Barrio/Sector	Agua Dulce					
COORDENADAS						
Datum	PSAD56					
Coord. X	661472					
Coord. Y	9526269					
Altura (m.s.n.m.)	1683,7					
Descripción Macroscópica						
Afloramiento (X)		Rodado		()		
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	8m				
	Ancho	4.20				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS			
			Color: Café rojizo			
			Textura: arenosa			
			Minerales: hierro.			
			Estructura: Roca foliada o esquistos () Roca no foliada o masiva ()			
			Tipo de metamorfismo: Medio		Tipo de alteración: Física	
			Alto			
			Meteorización: Alta			
			Roca o suelo: Matriz Arcillosa			
Observaciones: Afloramiento origen natural conformados por arenas, arcillas y limos de tonalidad rojiza debido a la alta presencia de óxidos, presenta poca vegetación. Se encuentran fragmentos de rocas que van desde los 2cm hasta los 42cm. Las rocas tienen una tonalidad purpura pertenecientes a la unidad changaimina que se conforma por lavas andesíticas.						

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "						
FICHA MAPEO GEOLÓGICO						
Fecha:	3/6/2023	Ficha N.º	2	Código	A2	
Descripción de: Adrián José Carrión Torres						
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA			
Provincia	Loja					
Cantón	Calvas					
Parroquia	Cariamanga					
Barrio/Sector	Agua Dulce					
COORDENADAS						
Datum	PSAD56					
Coord. X	661654					
Coord. Y	9526287					
Altura (m.s.n.m.)	1648					
Descripción Macroscópica						
Afloramiento (X)		Rodado				
()						
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura	1.72m			
		Ancho	10.38m			
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS			
			Color: Café amarillento, rojizo			
			Textura: arenosa			
			Minerales: hierro			
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()			
			Roca no foliada o masiva ()			
			Tipo de metamorfismo:		Tipo de alteración:	
			Medio		Física	
			Alto			
Meteorización: Alta						
Roca o suelo: matriz arcillosa						
Observaciones: Afloramiento de origen antrópico, con una pequeña capa de cobertura vegetal. En la parte superior se observa una capa, arcillo limosa con clastos de roca que van desde los 2 mm hasta los 9 cm, en la parte inferior se puede observar el mismo material con una tonalidad más rojiza debido a la presencia de óxidos.						

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "							
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	3/6/2023	Ficha N.º	3.	Código	A3		
Descripción de: Adrián José Carrión Torres							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	Loja						
Cantón	Calvas						
Parroquia	Cariamanga						
Barrio/Sector	Agua Dulce						
COORDENADAS							
Datum	PSAD56						
Coord. X	661571						
Coord. Y	9526270						
Altura (m.s.n.m.)	1657						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (X)		Rodado					
()							
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	4.90m					
	Ancho	7.80m					
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café rojizo				
			Textura: arenosa				
			Minerales: hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()				
			Roca no foliada o masiva ()				
			Tipo de metamorfismo: Medio	Tipo de alteración:			
			Alto	Física			
			Meteorización: Alta				
Roca o suelo: Matriz Arcillosa							
Observaciones: Afloramiento de origen natural, con una pequeña capa de cobertura vegetal. En la parte superior se observa una capa, arcillo limosa con clastos con coloración amarillenta, cuenta con clastos de roca que van desde los 2 mm hasta los 13 cm. En la parte inferior se aprecia un pequeño bloque de lavas andesíticas con una tonalidad púrpura pertenecientes a la Unidad Changaimina y fragmentos de roca debido a la alta meteorización.							

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "

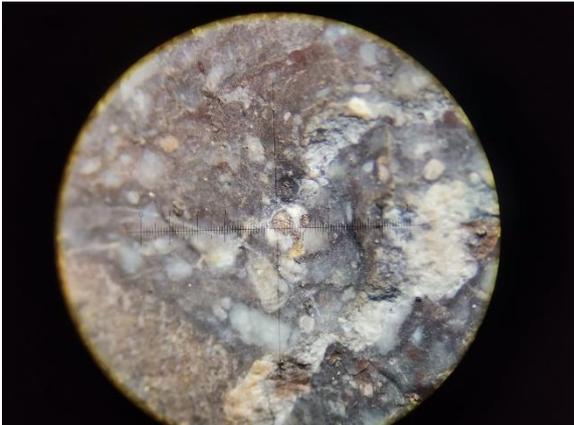


FICHA MAPEO GEOLÓGICO

Fecha:	3/6/2023	Ficha N.º	4	Código	A4
---------------	----------	------------------	---	---------------	----

Descripción de: Adrián José Carrión Torres

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	AFLORAMIENTO/ ESQUEMA																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Provincia</td><td>Loja</td></tr> <tr><td>Cantón</td><td>Calvas</td></tr> <tr><td>Parroquia</td><td>Cariamanga</td></tr> <tr><td>Barrio/Sector</td><td>Agua Dulce</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">COORDENADAS</td></tr> <tr><td>Datum</td><td>PSAD56</td></tr> <tr><td>Coord. X</td><td>661570</td></tr> <tr><td>Coord. Y</td><td>9526356</td></tr> <tr><td>Altura (m.s.n.m.)</td><td>1658,5</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Descripción Macroscópica</td></tr> <tr><td>Afloramiento (X)</td><td style="text-align: right;">Rodado</td></tr> <tr><td>()</td><td></td></tr> <tr> <td style="width: 30%;">Datos estructurales (AZ/BUZ)</td> <td style="width: 10%;">Altura</td> <td style="width: 60%;">13.4m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ancho</td> <td>15.74m</td> </tr> </table>	Provincia	Loja	Cantón	Calvas	Parroquia	Cariamanga	Barrio/Sector	Agua Dulce	COORDENADAS		Datum	PSAD56	Coord. X	661570	Coord. Y	9526356	Altura (m.s.n.m.)	1658,5	Descripción Macroscópica		Afloramiento (X)	Rodado	()		Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	13.4m		Ancho	15.74m	
Provincia	Loja																														
Cantón	Calvas																														
Parroquia	Cariamanga																														
Barrio/Sector	Agua Dulce																														
COORDENADAS																															
Datum	PSAD56																														
Coord. X	661570																														
Coord. Y	9526356																														
Altura (m.s.n.m.)	1658,5																														
Descripción Macroscópica																															
Afloramiento (X)	Rodado																														
()																															
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	13.4m																													
	Ancho	15.74m																													

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS										
	<p>Color: Rojizo y azulado</p> <p>Textura: Lava andesítica, altos contenidos de óxidos</p> <p>Minerales: Vetillas de cuarzo, pegmatita y fenocristales.</p> <p>Estructura: Roca foliada o esquistos () Roca no foliada o masiva ()</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipo de metamorfismo:</td> <td style="width: 50%;">Tipo de alteración:</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>Física</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Meteorización: Alta</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Roca o suelo: Matriz Arcillosa</td> </tr> </table>	Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:	Medio		Alto	Física	Meteorización: Alta		Roca o suelo: Matriz Arcillosa	
Tipo de metamorfismo:	Tipo de alteración:										
Medio											
Alto	Física										
Meteorización: Alta											
Roca o suelo: Matriz Arcillosa											

Observaciones: Afloramiento natural se aprecia una composición de lavas andesíticas las cuales se encuentran expuestas por lo que se produce meteorización del mismo dejando pequeños fragmentos de roca. La roca presenta una textura afanítica porfiritica, con pequeñas vetillas de cuarzo en una tonalidad azul. En la parte inferior su tonalidad es rojiza debido a la alta presencia de óxidos.

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "									
FICHA MAPEO GEOLÓGICO									
Fecha:	3/6/2023	Ficha N.º	5	Código	A5				
Descripción de: Adrián José Carrión Torres									
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA				AFLORAMIENTO/ ESQUEMA					
Provincia	Loja								
Cantón	Calvas								
Parroquia	Cariamanga								
Barrio/Sector	Agua Dulce								
COORDENADAS									
Datum	PSAD56								
Coord. X	661648								
Coord. Y	952638								
Altura (m.s.n.m.)	1629								
Descripción Macroscópica									
Afloramiento (X)		Rodado							
()									
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	16m	Ancho	29.40m					
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA				CARACTERÍSTICAS					
 				Color: Amarillenta					
				Textura: Piroclástica					
				Minerales: Cuarzo					
				Estructura: Roca foliada o esquistos ()					
				Roca no foliada o masiva ()					
				Tipo de metamorfismo: Medio	Tipo de alteración:				
				Alto	Física				
Meteorización: Alta									
Roca o suelo: Matriz Arcillosa									
Observaciones: Afloramiento de tipo antropico, en donde se aprecia un macizo rocoso compuesto por lavas andesíticas con tamaño de los cristales inferior a los 2 mm, presenta una coloración gris amarillenta. Se encuentra expuesto por lo que se produce un intemperismo del mismo debido a agentes externos como el sol y la lluvia.									

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "					  Universidad Nacional de Loja		
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	3/6/2023		Ficha N.º	6	Código	A6	
Descripción de: Adrián José Carrión Torres							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA				AFLORAMIENTO/ ESQUEMA			
Provincia	Loja						
Cantón	Calvas						
Parroquia	Cariamanga						
Barrio/Sector	Agua Dulce						
COORDENADAS							
Datum	PSAD56						
Coord. X	661636						
Coord. Y	9526454						
Altura (m.s.n.m.)	1627,3						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (X)		Rodado					
()							
Datos estructurales (AZ/BUZ)		Altura	3.50m				
		Ancho	9.80m				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA				CARACTERÍSTICAS			
				Color: Café rojizo			
				Textura: Arcillosa			
				Minerales: hierro.			
				Estructura: Roca foliada o esquistos ()			
				Roca no foliada o masiva ()			
				Tipo de metamorfismo: Medio		Tipo de alteración:	
				Alto		Física	
Meteorización: Alta							
Roca o suelo: Matriz Arcillosa							
Observaciones: Afloramiento de tipo antrópico con material areno limo, arcilloso. Presenta una tonalidad rojiza debido a la alta presencia de óxidos, pequeños clastos de roca que van desde los 2 mm hasta los 8 cm. Están conformados en un 70% por matriz limo arenosa y 30% de clastos de composición andesítica subangulares de diferente tamaño, que van desde centímetros a decímetros							

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "						  Universidad Nacional de Loja	
FICHA MAPEO GEOLÓGICO							
Fecha:	3/6/2023	Ficha N.º	7	Código	A7		
Descripción de: Adrián José Carrión Torres							
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA				
Provincia	Loja						
Cantón	Calvas						
Parroquia	Cariamanga						
Barrio/Sector	Agua Dulce						
COORDENADAS							
Datum	PSAD56						
Coord. X	661593						
Coord. Y	9526518						
Altura (m.s.n.m.)	1634,9						
Descripción Macroscópica							
Afloramiento (X)		Rodado					
()							
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	7.2m					
	Ancho	13m					
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA			CARACTERÍSTICAS				
			Color: Café rojizo				
			Textura: Lava andesítica, altos contenidos de óxidos				
			Minerales: hierro.				
			Estructura: Roca foliada o esquistos ()				
			Roca no foliada o masiva ()				
			Tipo de metamorfismo: Medio		Tipo de alteración:		
			Alto		Física		
			Meteorización: Alta			Roca o suelo: Matriz Arcillosa	
Observaciones: Afloramiento natural se aprecia una composición de lavas andesíticas las cuales se encuentran expuestas por lo que se produce meteorización del mismo dejando pequeños fragmentos de roca altamente meteorizada. Su tonalidad es rojiza debido a la alta presencia de óxidos.							

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "				  Universidad Nacional de Loja	
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	18/6/2023	Ficha N.º	8	Código	A8
Descripción de: Adrián José Carrión Torres					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	Loja				
Cantón	Calvas				
Parroquia	Cariamanga				
Barrio/Sector	Agua Dulce				
COORDENADAS					
Datum	PSAD56				
Coord. X	661483				
Coord. Y	9526476				
Altura (m.s.n.m.)	1673,320				
Descripción Macroscópica					
Afloramiento (x)		Rodado		()	
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Largo	1.6m			
	Ancho	2m			
CARACTERÍSTICAS					
Color: Gris					
Textura: Lava andesítica					
Minerales: Vetillas de cuarzo, pegmatita y fenocristales					
Estructura: Roca foliada o esquistos ()					
Roca no foliada o masiva ()					
Tipo de metamorfismo:			Tipo de alteración:		
Medio			Física		
Meteorización: Alta					
Roca o suelo: Matriz Arcillosa					
Observaciones: Afloramiento origen natural conformados por lavas andesíticas las cuales se encuentran expuestas por lo que se produce meteorización del mismo dejando pequeños fragmentos de roca. La roca presenta una textura afanítica porfiritica, con pequeñas vetillas de cuarzo en una tonalidad azul					

Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "					 Universidad Nacional de Loja	
FICHA MAPEO GEOLÓGICO						
Fecha:	14/7/2023	Ficha N.º	9	Código	A9	
Descripción de: Adrián José Carrión Torres						
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA				AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	Loja					
Cantón	Calvas					
Parroquia	Cariamanga					
Barrio/Sector	Agua Dulce					
COORDENADAS						
Datum	PSAD56					
Coord. X	661538					
Coord. Y	952638					
Altura (m.s.n.m.)	1675					
Descripción Macroscópica						
Afloramiento	(X)					
Rodado	()					
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	1.72m				
	Ancho	5.81m				
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA				CARACTERÍSTICAS		
				Color: Café amarillento, rojizo		
				Textura: arenosa		
				Minerales: hierro		
				Estructura: Roca foliada o esquistos ()		
				Roca no foliada o masiva ()		

	Tipo de metamorfismo: Medio	Tipo de alteración:
	Alto	Física
	Meteorización: Alta	
	Roca o suelo: matriz arcillosa	
<p>Observaciones: Afloramiento de origen natural, que cuenta con una delgada cubierta de vegetación en su superficie. En su parte superior, se evidencia una capa de lodo arcilloso con fragmentos de roca que varían en tamaño desde 2 mm hasta 9 cm. En la porción inferior, el mismo material muestra un tono más pronunciadamente rojo debido a la presencia de óxidos y clastos de mayor tamaño de composición andesítica de diversos tamaños pertenecientes a la Unidad Changaimina</p>		
<p>Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "</p>		
FICHA MAPEO GEOLÓGICO		
Fecha:	14/7/2023	Ficha N.º
		10
		Código
		10
Descripción de: Adrián José Carrión Torres		
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		AFLORAMIENTO/ ESQUEMA
Provincia	Loja	
Cantón	Calvas	
Parroquia	Cariamanga	
Barrio/Sector	Agua Dulce	
COORDENADAS		
Datum	PSAD56	
Coord. X	661461	
Coord. Y	9526312	
Altura (m.s.n.m.)	1686	
Descripción Macroscópica		
Afloramiento	(X)	
Rodado	()	
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	1.72m
	Ancho	3.38m
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		CARACTERÍSTICAS
		Color: Café amarillento, rojizo

	Textura: arenosa				
	Minerales: hierro				
	Estructura: Roca foliada o esquistos ()				
	Roca no foliada o masiva ()				
	Tipo de metamorfismo: Medio		Tipo de alteración:		
	Alto		Física		
Meteorización: Alta					
Roca o suelo: matriz arcillosa					
<p>Observaciones: Afloramiento de origen natural con material areno limo, arcilloso. Se compone principalmente de sedimentos de arena, limo y arcilla, y que exhibe un color rojizo a causa de la abundancia de óxidos. Contiene pequeños fragmentos de roca que varían en tamaño desde 2 mm hasta 8 cm, siendo en su mayoría una mezcla de partículas de limo y arena, representando un 70% del total, junto con aproximadamente un 30% de fragmentos subangulares de composición andesítica de diversos tamaños, que pueden ir desde centímetros hasta decímetros.</p>					
<p>Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja "</p>					
FICHA MAPEO GEOLÓGICO					
Fecha:	14/7/2023	Ficha N.º	11	Código	A11
Descripción de: Adrián José Carrión Torres					
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			AFLORAMIENTO/ ESQUEMA		
Provincia	Loja				
Cantón	Calvas				
Parroquia	Cariamanga				
Barrio/Sector	Agua Dulce				
COORDENADAS					
Datum	PSAD56				
Coord. X	661597				
Coord. Y	9526412				
Altura (m.s.n.m.)	1652				

Descripción Macroscópica			
Afloramiento (<input checked="" type="checkbox"/>)			
Rodado (<input type="checkbox"/>)			
Datos estructurales (AZ/BUZ)	Altura	1.12m	
	Ancho	8.3847m	
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		CARACTERÍSTICAS	
		Color: Café amarillento, rojizo	
		Textura: arenosa	
		Minerales: hierro	
		Estructura: Roca foliada o esquistos (<input type="checkbox"/>)	
		Roca no foliada o masiva (<input type="checkbox"/>)	
		Tipo de metamorfismo: Medio	Tipo de alteración:
		Alto	Física
		Meteorización: Alta	
		Roca o suelo: matriz arcillosa	
		<p>Observaciones: Afloramiento de origen natural, con una pequeña capa de cobertura vegetal. En la cual podemos observar que se presenta una capa de material arcillo limosa con incrustaciones de clastos de roca que van desde los 2 mm hasta los 8 cm.</p>	

Anexo 2. Ensayos de laboratorio

Granulometría completa



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

GRANULOMETRÍA MATERIAL DE MEJORAMIENTO

ASTM D422

PROYECTO : ELECCION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN EL AREA MINERA "JESUS DEL GRAN PODER" BAJO EL REGIMEN DE PEQUEÑA MINERIA, CODIGO 600727, SECTOR AGUA DULCE, CANTON CALVAS, PROVINCIA DE LOJA OBRA : GRANULOMETRIA COMPLETA UBICACIÓN : AGUA DULCE, CALVAS OPERADOR : E.B.R.						
H/S : S C.H. : 0,00 % LIMITE LIQUIDO: NP PESO IN HUMEDO: 6.800,00 gr LIMITE PLASTICO: NP PESO SECO: 6.800,00 gr						
MALLA No.	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	% RET.	% PASA	% PASA CORREG.	% RET.AC
4	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00
3	550,00	550,00	8,09	91,91	91,91	8,09
2	706,00	1.256,00	18,47	81,53	81,53	18,47
1	905,00	2.161,00	31,78	68,22	68,22	31,78
3/4	578,00	2.739,00	40,28	59,72	59,72	40,28
1/2	654,00	3.393,00	49,90	50,10	50,10	49,90
3/8	276,00	3.669,00	53,96	46,04	46,04	53,96
# 4	721,00	4.390,00	64,56	35,44	35,44	64,56
PASA # 4	2.410,00	2.410,00	35,44			
SUMAN	6.800	6.800	100,00			
PESO HUM=	2410,00	w% =	0,50	P.SECCO=	2398,01	
# 8	785,00	785,00	32,74	67,26	23,84	76,16
# 16	656,00	1441,00	60,09	39,91	14,14	85,86
# 30	387,00	1828,00	76,23	23,77	8,42	91,58
# 50	288,00	2116,00	88,24	11,76	4,17	
# 100	102,00	2218,00	92,49	7,51	2,66	97,34
# 200	48,00	2266,00	94,50	5,50	1,95	98,05
PASA #200	144,00	144,00	6,00			
SUMAN	2410,00	2410,00	100,50			

Ensayo de compactación Proctor Norma AASHTO T-180



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYEC: ELECCION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN EL AREA MINERA "JESUS DEL GRAN PODER" BAJO EL REGIMEN DE PEQUEÑA MINERIA, CODIGO 600727, SECTOR AGUA DULCE, CANTON CALVAS, PROVINCIA DE LOJA

OBRA: PRUEBAS DE CALIDAD

LOCALZ.: LOJA

FECHA: AGOSTO-2023

MUESTRA : JESUS DEL GRAN PODER

OPERADOR: C.G.C. PROFUND.: STOCK

NORMA ENSAYO:	T-180	DATOS DEL MOLDE	8,00
GOLPES/CAPA:	25	ALTURA : 11,56 cm. No. DE CAPAS:	5,00
PESO MARTILLO:	10,00 Lbr	DIAMETRO:	10,17 cm.
ALT. DE CAIDA:	45,72 cm.	VOLUMEN :	939 cm ³
		PESO :	1856,, gr.

DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	3.875	3.923	3.975	3.940
Peso suelo:	2.019	2.067	2.119	2.084
Dens. Hum :	2.150	2.201	2.257	2.219

CONTENIDOS DE HU EDAD:

W. hum.:	188,29	135,69	122,28	115,99	95,20	104,31	107,40	95,23
W. seco:	176,10	127,46	113,92	107,36	87,76	95,93	98,10	87,43
W. caps:	25,09	24,80	25,24	25,09	19,12	18,32	12,70	20,15
w (%)	8,07	8,02	9,43	10,49	10,84	10,80	10,89	11,59
promedio		8,04		9,96		10,82		11,24
Dens. Seca:	1.990		2.002		2.036		1.995	

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MAXIMA =	2.040 Kg/m ³
	CONT. DE AGUA OPTIMO =	10,60 %

Ensayo C. B. R. "



**ESTSUELCON CIA.
 LTDA.**

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE CBR

HOJA 1

PROYECTO: ELECCION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN EL AREA MINERA "JESUS DEL GRAN PODER" BAJO EL REGIMEN DE PEQUEÑA MINERIA, CODIGO 600727, SECTOR AGUA DULCE, CANTON CALVAS, PROVINCIA DE LOJA						
OBRA: MATERIAL DE MEJORAMIENTO						
LOCALIZ.: AGUA DULCE, CALVAS		MUESTRA No. :		1		
FECHA: AGOSTO-2023		PROFUND. (m):				
DATOS DEL MOLDEO: No. DE CAPAS = 5		PESO MARTILLO = 10 Kg.		Alza =	6,15	
		OPERADOR:		c.g.c		
MOLDE No.:	21	45	20			
Haltura -	17,71 cm.	17,84 cm.	17,72 cm.			
Diámetro -	15,18 cm.	15,20 cm.	15,18 cm.			
Golpes/capa	56	25	10			
Peso comp.:	10.899	11.771	11.901			
Peso molde:	6.000	6.880	7.095			
Peso suelo:	4.899	4.891	4.806			
Volumen :	2.092	2.121	2.094			
Dens. Hum :	2.342	2.306	2.295			
CONTENIDOS DE HJMEDAD DE MOLDEO :						
W. humedo :	114,79	85,57	124,43	91,33	102,97	93,49
W. seco :	110,05	80,82	116,71	86,00	98,42	86,89
W. capsula:	12,84	19,04	14,28	19,46	19,86	13,39
w (%) :	4,88	7,69	7,54	8,01	5,79	8,98
w(%) prom.:		6,28		7,77		7,39
Dens. Seca:	2.203		2.139		2.137	
CONTENIDOS DE HUMEDAD LUE O DE LA SATURACION:						
W. humedo :	94,60	73,11	90,75	89,97	76,91	73,07
W. seco :	89,13	68,96	85,71	86,23	73,01	69,13
W. capsula:	18,52	18,17	18,01	18,85	19,40	19,28
w (%) :	7,75	8,17	7,44	5,55	7,27	7,90



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

w(%) prom.:	7,96	6,50	7,59
PORCENTAJE DE AGUA ABSORVIDA:			
Peso satr.:	10.899	11.776	11.908
Agua abs. :	0	5	7
% agua ab.:	0,00	0,10	0,15
PORCENTAJE DE COMPACTACION:			
DENSIDAD MAXIMA:	2.203	HUMEDAD OPTIMA:	10,60
% Compact.:	100,01	97,11	97,02
Variacion w%:	4,32	2,83	3,21
<p>PROYECTO: ELECCION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN EL AREA MINERA "JESUS DEL GRAN PODER" BAJO EL REGIMEN DE PEQUEÑA MINERIA, CODIGO 600727, SECTOR AGUA DULCE, CANTON CALVAS, PROVINCIA DE LOJA</p> <p>OBRA: MATERIAL DE MEJORAMIENTO</p> <p>LOCALIZ.: AGUA DULCE, CALVAS MUESTRA No. : 1</p> <p>FECHA: AGOSTO-2023 PROFUND. (m): 0,00</p> <p style="text-align: right;">OPERD.: C.G.C</p>			
ENSAYO DE CBR			HOJA 2
ESPONJAMIENTO:			
MOLDE No.:	21,00	45,00	20,00
Tiempo (dias dial E -3 " %	dial %	dial %	dial %
0 0 0,00	0,0 0,00	0 0,00	0 0,00
1 0,0 0,00	0,0 0,00	3 0,07	3 0,07
4 4,8 0,11	5,0 0,11	5 0,11	5 0,11
CONS. DEF =			1,00
PENETRACION TE. DEL ANILLO =			71,56
MOLDE No.:	21,00	45,00	20,00



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

penetracion (pulgadas)	dial KN	presion lb/plg2	dial KN	presion lb/plg2	dial KN	presion lb/plg2
0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,025	0,91	65,12	0,30	21,47	0,79	56,53
0,050	1,97	140,97	1,07	76,57	1,52	108,77
0,075	3,00	214,68	2,14	153,14	2,42	173,17
0,100	4,42	316,29	3,49	249,74	3,37	241,15
0,150	7,65	547,43	6,66	476,58	5,42	387,85
0,200	10,45	747,79	9,26	662,64	7,40	529,54
0,300	16,67	1.192,89	14,98	1.071,95	9,86	705,57
0,400	22,75	1.627,96	20,10	1.438,33	11,63	832,23
0,500	29,50	2.110,99	24,69	1.766,79	12,77	913,81
VALORES CORREGIDOS:						
presion lb/plg2		valor CBR		% de compact.		
316,29		31,63		100,01		
249,74		24,97		97,11		
241,15		24,12		97,02		

ANOTACIONES:

Abrasión



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYO DE ABRASIÓN INEN 861

PROYECTO: OBRA: UBICACIÓN: FECHA:	ELECCION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA LA EXTRACCION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN EL AREA MINERA "JESUS DEL GRAN PODER" BAJO EL REGIMEN DE PEQUEÑA MINERIA, CODIGO 600727, SECTOR AGUA DULCE, CANTON CALVAS, PROVINCIA DE LOJA PRUEBAS DE CALIDAD MUESTRA: JESUS DEL GRAN PODER AGUA DULCE, CALVAS PROF: STOCK AGOSTO-2023 OPERADOR: E.B.R.
--	--

ENSAYO DE ABRASIÓN MÉTODO A

TAMIZ PASA	TAMIZ RET.	MASA IN.	MASA FINAL	%
1 1/2"	1"	1.246,12		
1"	3/4"	1.250,50		
3/4"	1/2"	1.251,00		
1/2"	3/8"	1.250,60		
SUMA		4.998,22	3.549,00	28,99%
ESPECIF:		50,00%	CUMPLE	SI

Número de esferas:	12	Masa carga abrasiva	4.995,50 gr.
Porcentaje de Abrasión:			28,99 %
Valor de abrasión en % $V = (A - B) / Ax100$		Desgaste a la Abrasión Máximo Porcentaje 50%	

OBSERVACIONES:

Anexo 3. Geomorfología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 4. Hidrología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 5. Isoyetas del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 6. Isotermas del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 7. Topografía del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

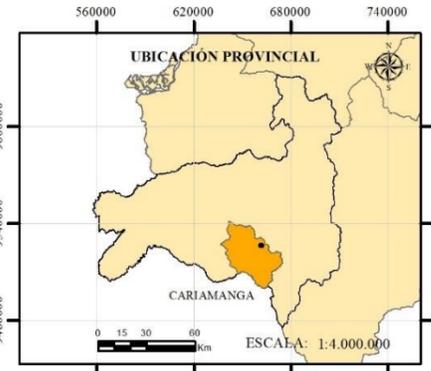
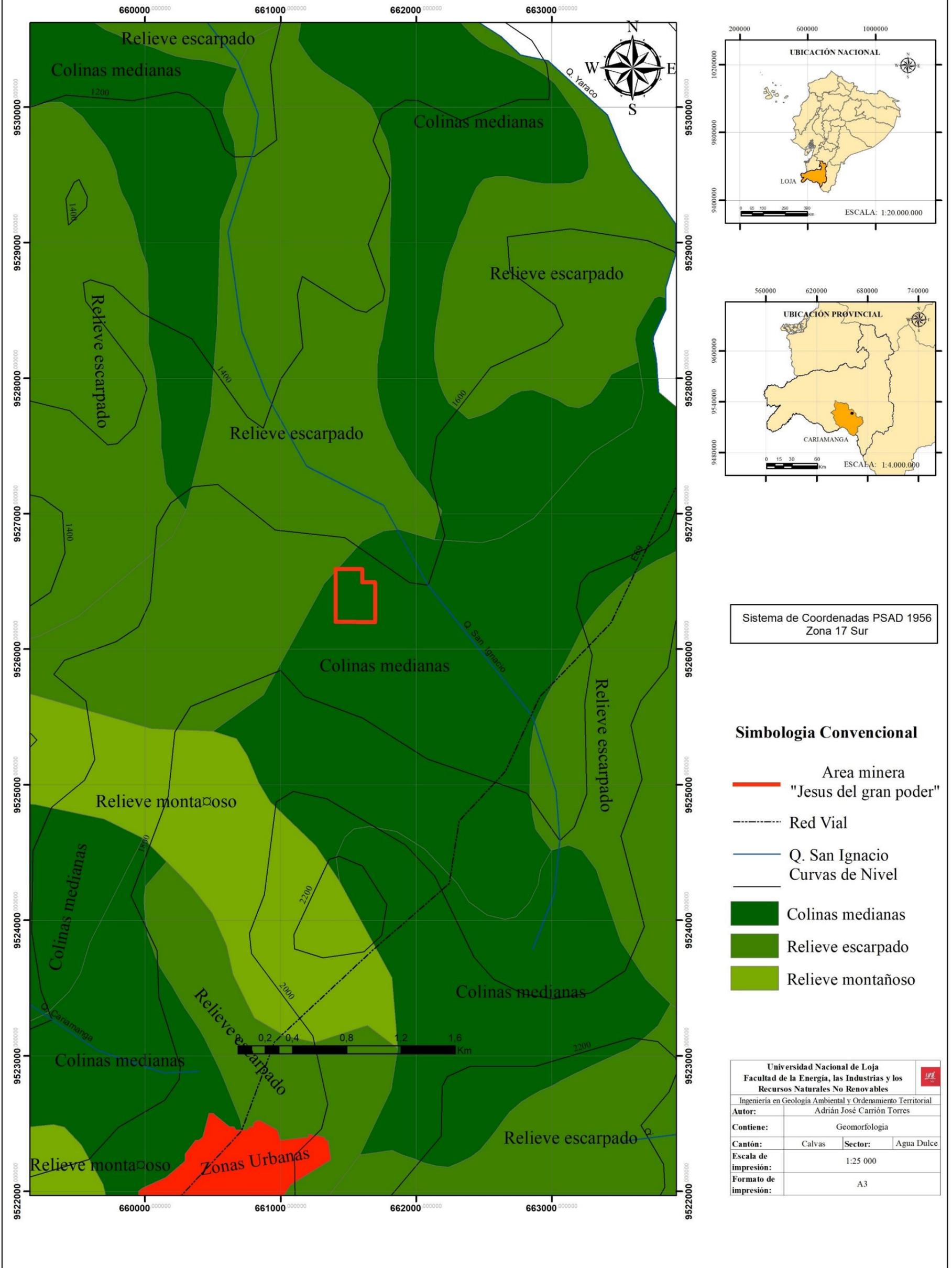
Anexo 8. Afloramientos del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 9. Geología del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 10. Plano de destape del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Anexo 11. Plano de preparación del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.

Geomorfología del Área Minera " Jesús Del Gran Poder"



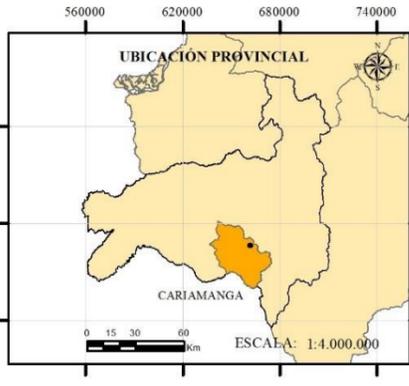
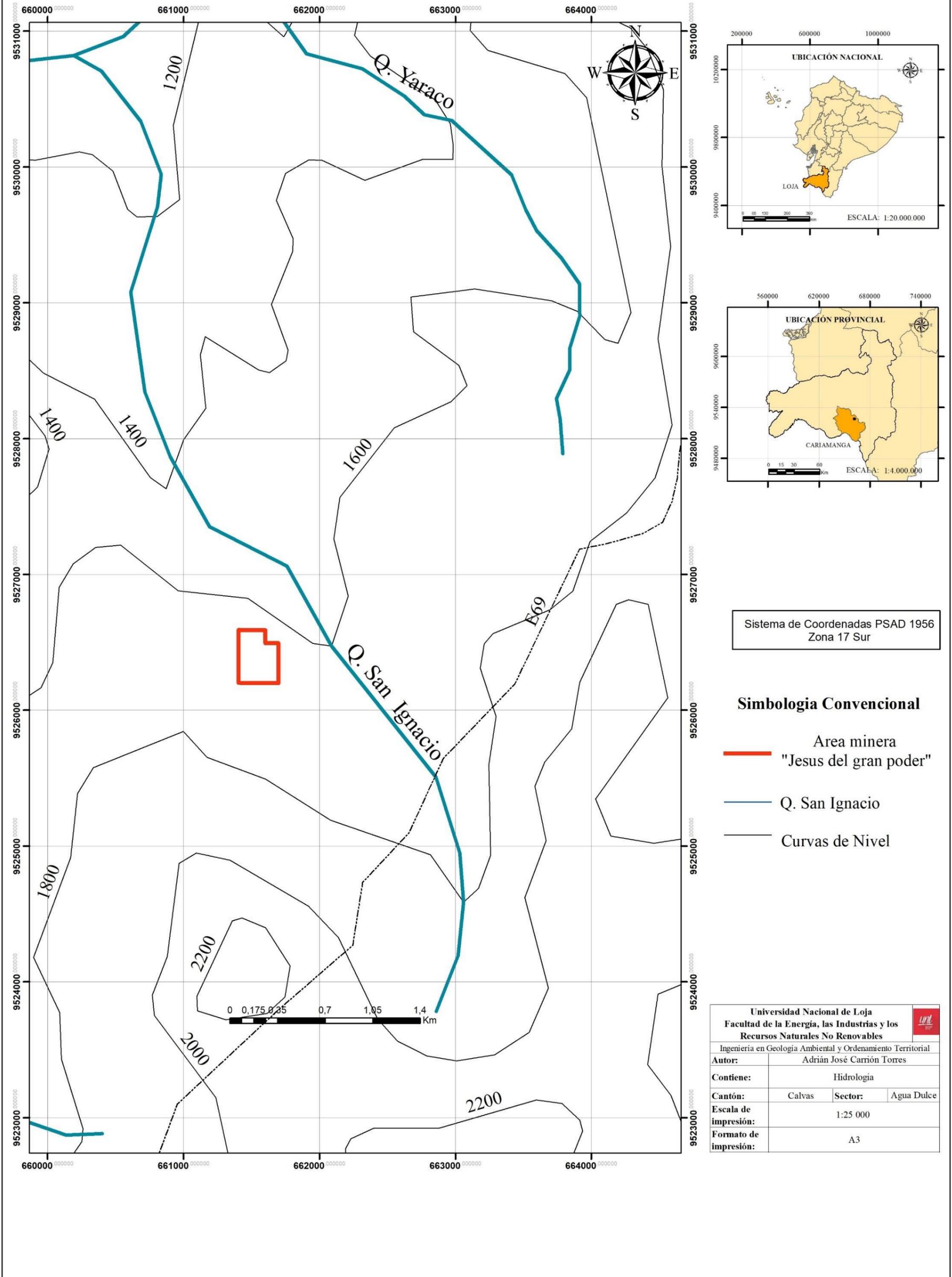
Sistema de Coordenadas PSAD 1956
 Zona 17 Sur

Simbología Convencional

- Area minera "Jesus del gran poder"
- - - - - Red Vial
- Q. San Ignacio
- Curvas de Nivel
- Colinas medianas
- Relieve escarpado
- Relieve montañoso

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Autor:	Adrián José Carrión Torres		
Contiene:	Geomorfología		
Cantón:	Calvas	Sector:	Agua Dulce
Escala de impresión:	1:25 000		
Formato de impresión:	A3		

Hidrología Del Área Minera " Jesús Del Gran Poder"

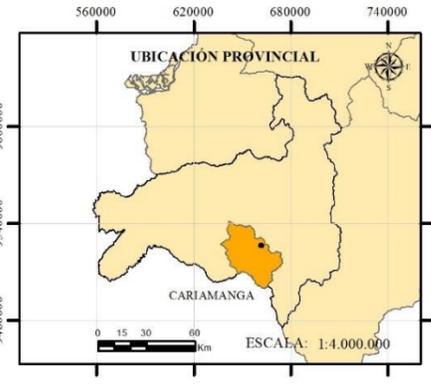
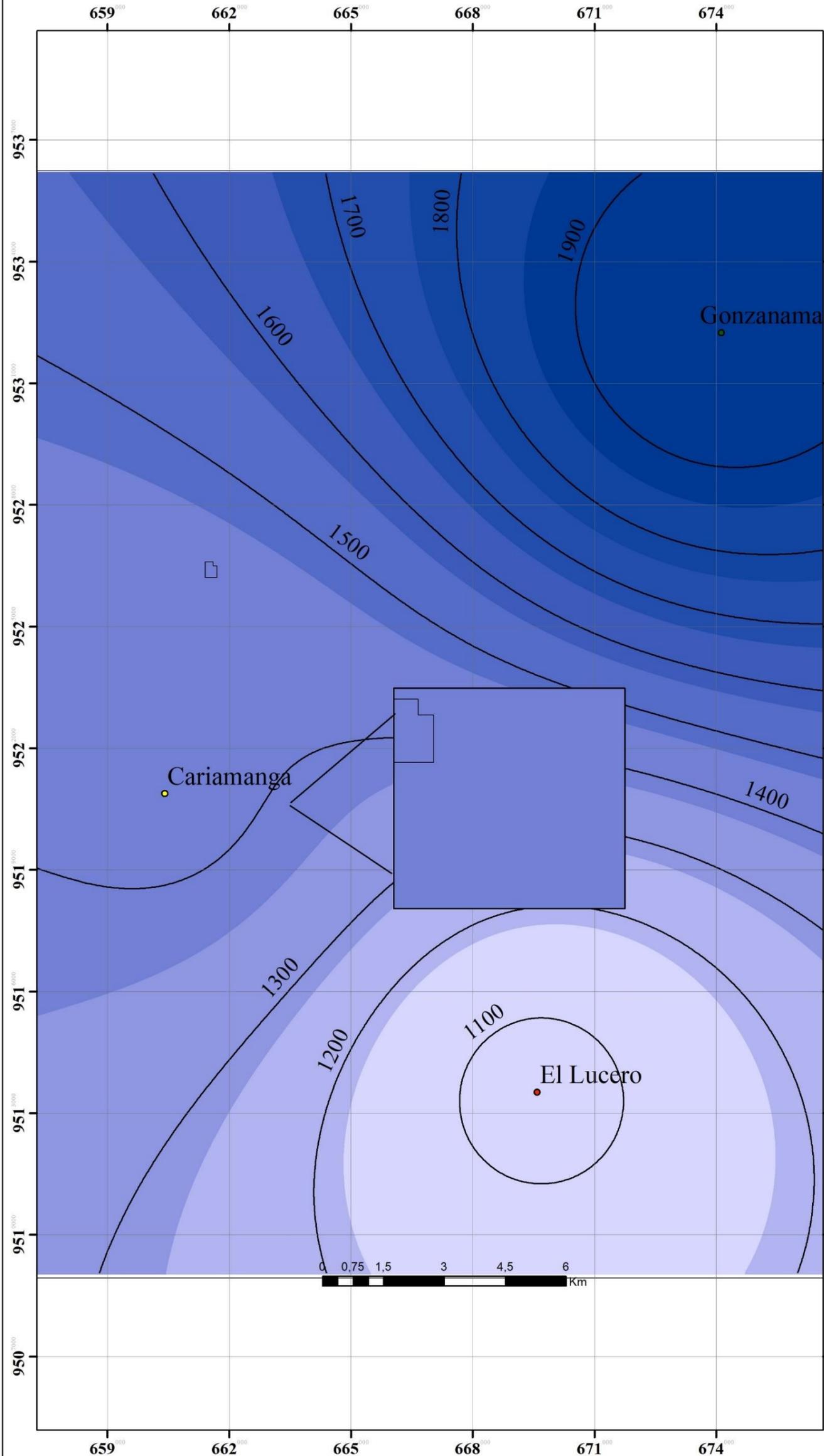


Sistema de Coordenadas PSAD 1956
 Zona 17 Sur

- Simbología Convencional**
- Area minera "Jesus del gran poder"
 - Q. San Ignacio
 - Curvas de Nivel

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Autor:	Adrián José Carrión Torres		
Contiene:	Hidrología		
Cantón:	Calvas	Sector:	Agua Dulce
Escala de impresión:	1:25 000		
Formato de impresión:	A3		

Isoyetas Del Área Minera " Jesús Del Gran Poder



Sistema de Coordenadas PSAD 1956
 Zona 17 Sur

Simbología Convencional

Estaciones Meteorológicas

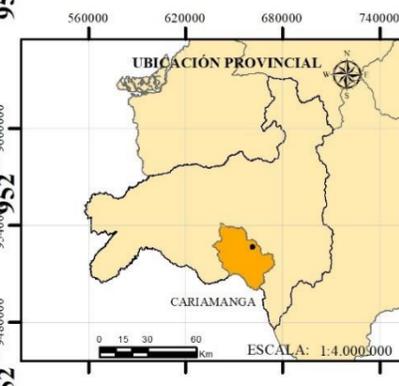
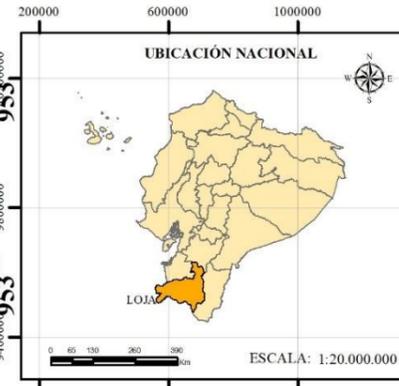
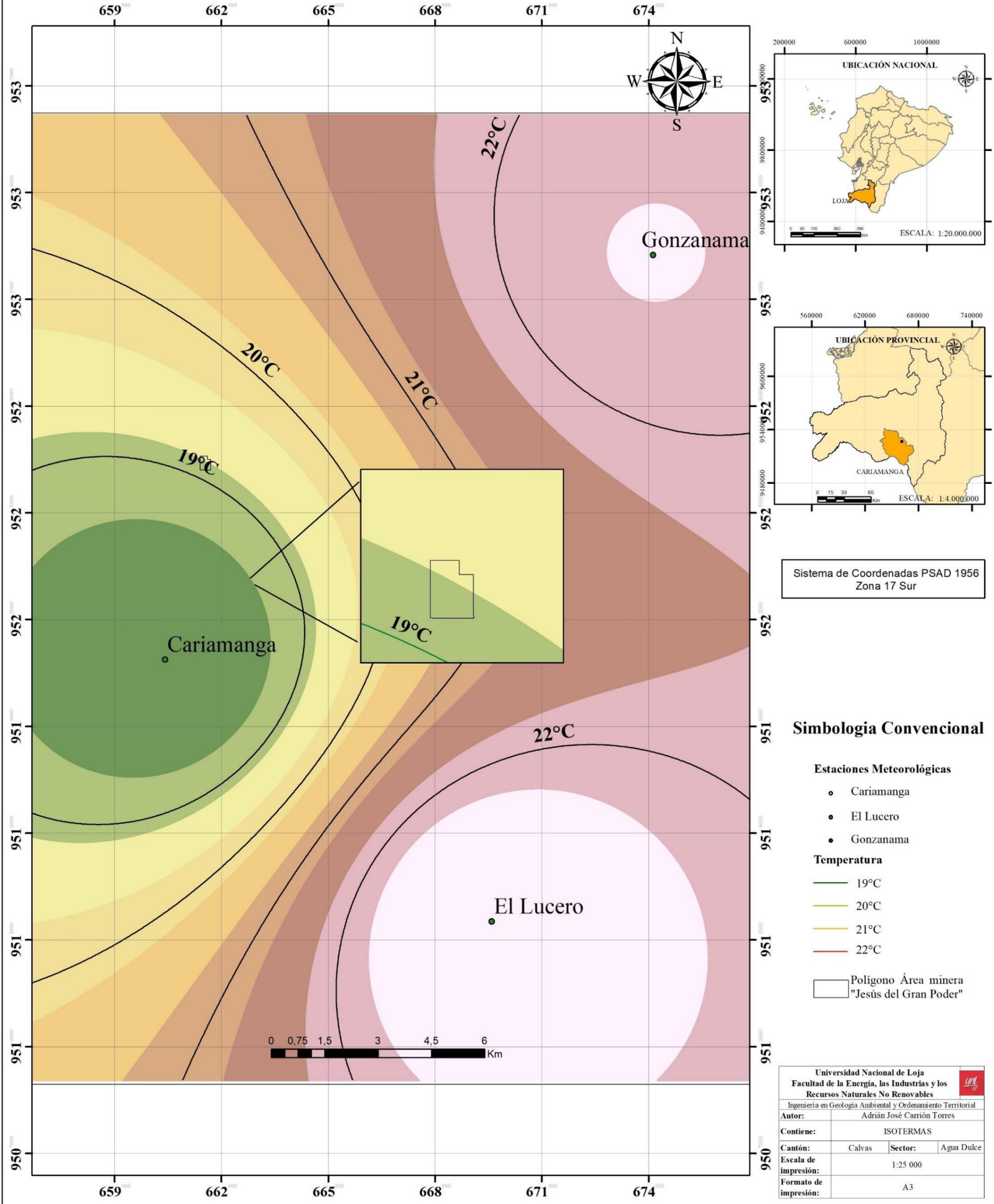
- Cariamanga
- El Lucero
- Gonzanama

Precipitación (mm)

- 1100
- 1200
- 1300
- 1400
- 1500
- 1600
- 1700
- 1800
- 1900
- Polígono Área minera "Jesús del Gran Poder"

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Autor:		Adrián José Carrión Torres	
Contiene:		ISOYETAS	
Cantón:	Calvas	Sector:	Agua Dulce
Escala de impresión:		1:25 000	
Formato de impresión:		A3	

Isotermas del área minera " Jesús del gran poder"



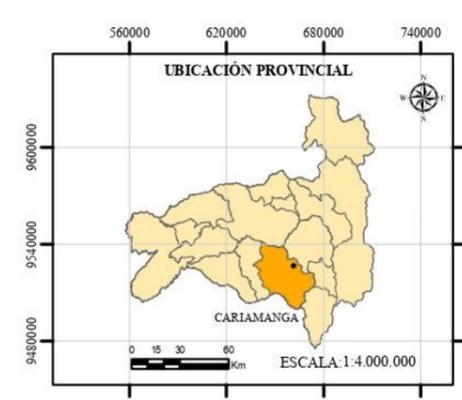
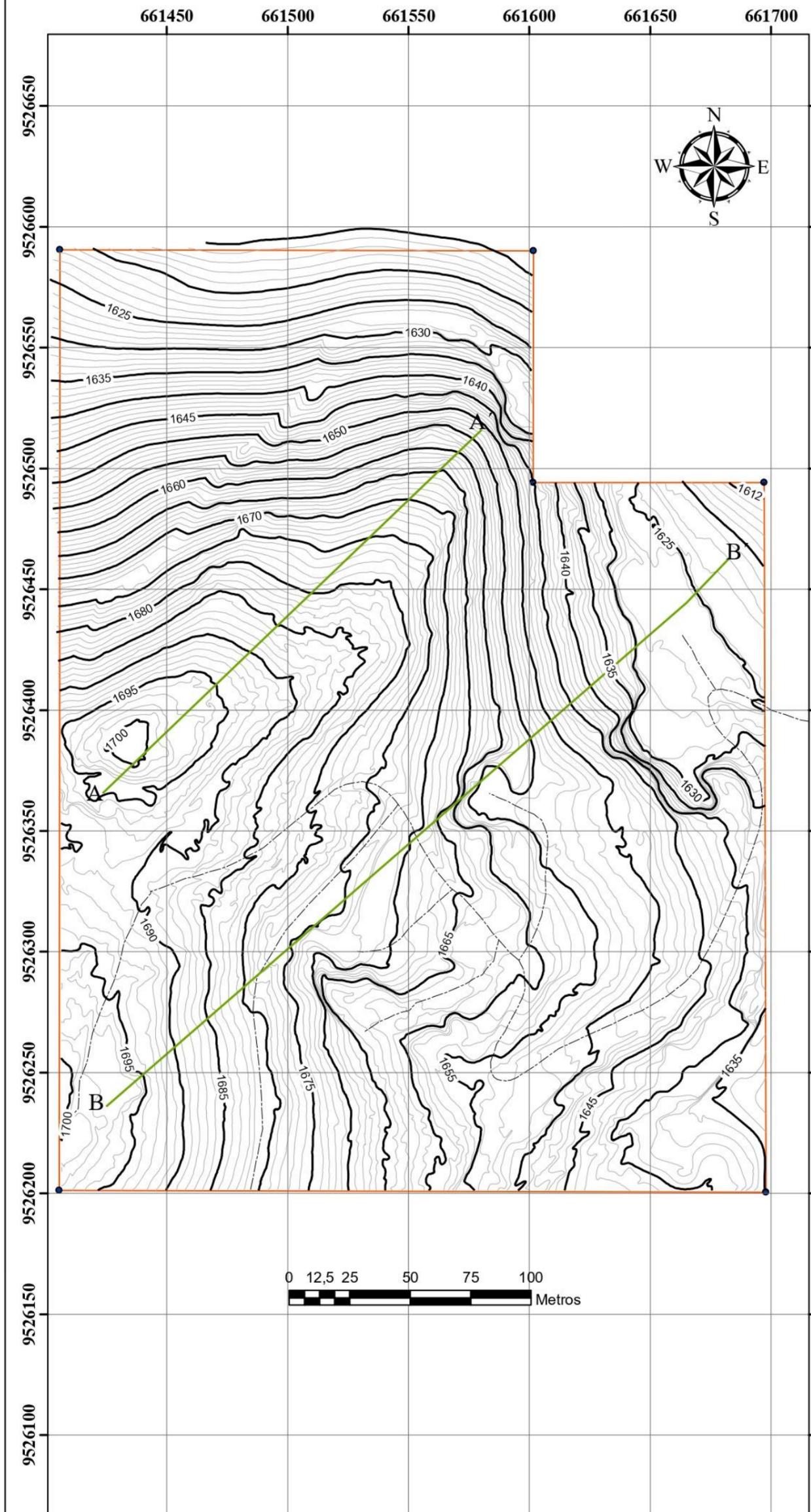
Sistema de Coordenadas PSAD 1956
 Zona 17 Sur

Simbología Convencional

- Estaciones Meteorológicas**
- Cariamanga
 - El Lucero
 - Gonzanama
- Temperatura**
- 19°C
 - 20°C
 - 21°C
 - 22°C
- Polígono Área minera "Jesús del Gran Poder"

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables		
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
Autor: Adrián José Carrión Torres		
Contiene: ISOTERMAS		
Cantón:	Calvas	Sector: Agua Dulce
Escala de impresión:	1:25 000	
Formato de impresión:	A3	

Topografía del Área Minera "Jesús del Gran Poder"

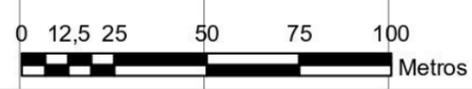


Simbología Convencional

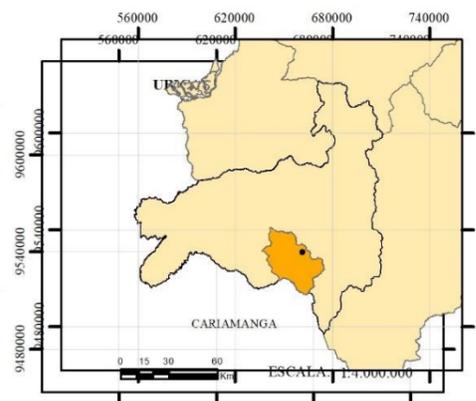
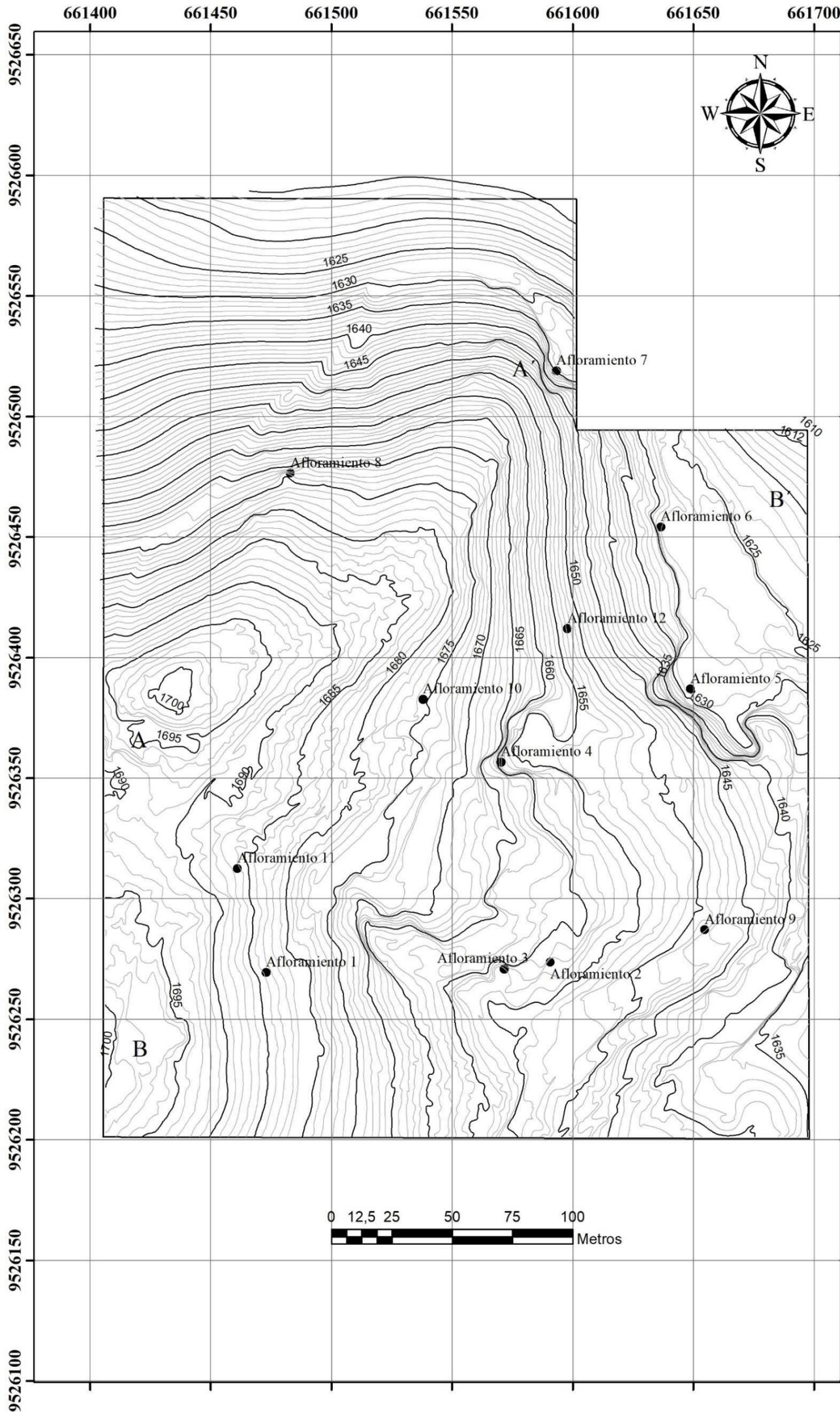
- Vías
- Vía Agua Dulce
- Área minera
- ~ Curvas de nivel principales
- ~ Curvas de nivel secundarias
- Corte Topográfico

Sistema de Coordenadas PSAD 56
 Zona 17 Sur

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Autor:	Adrián José Carrión Torres		
Contiene:	Mapa Topográfico del Área Minera "Jesús del Gran Poder"		
Provincia:	Loja	Cantón:	Calvas Sector: Agua Dulce
Escala de impresión:	1:1.750	Lámina N°	1
Formato de impresión:	A3		



Afloramientos del Área Minera "Jesús del Gran Poder"



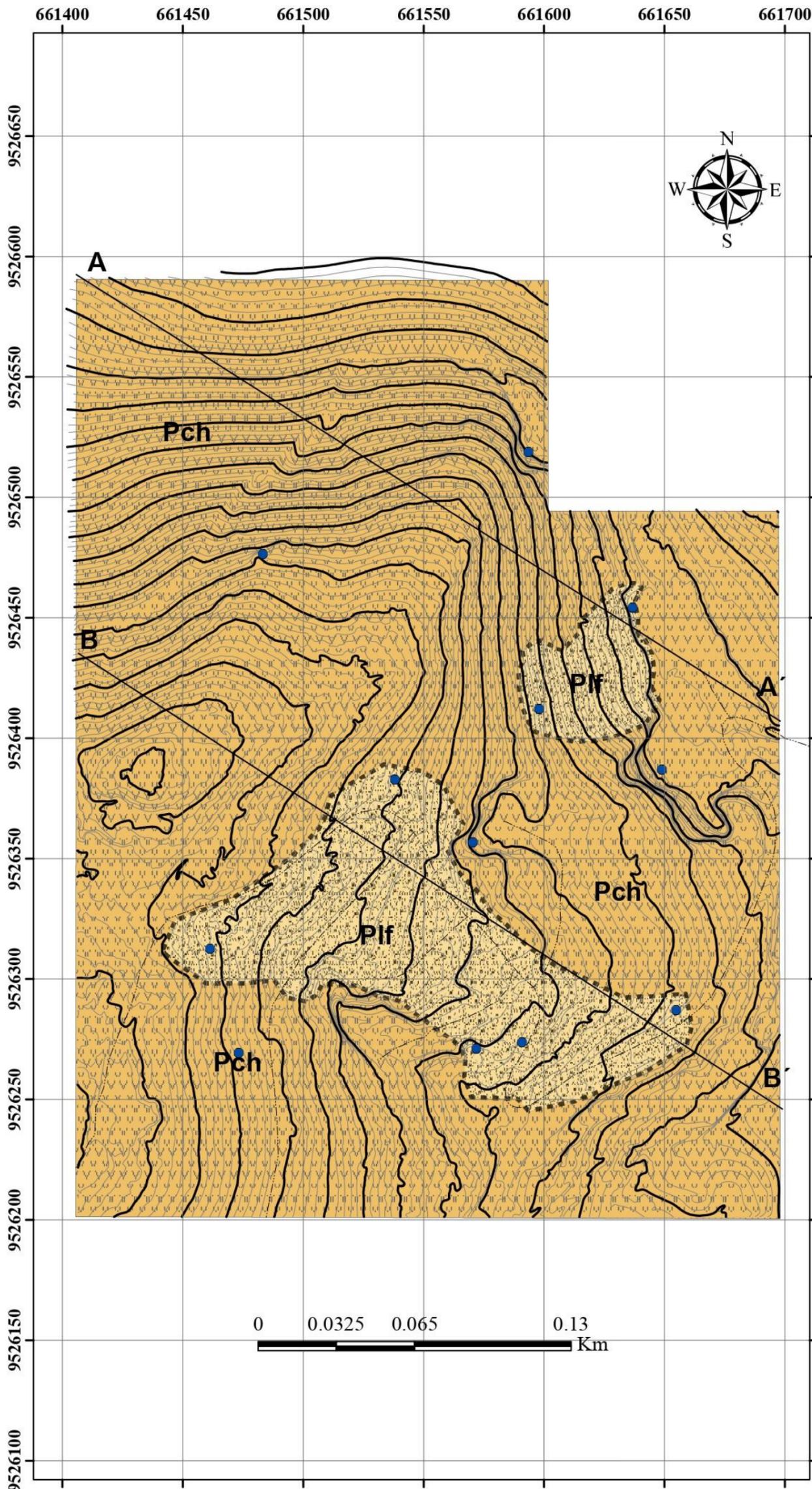
Simbología Convencional

- Vías
- Vía Agua Dulce
- Área minera
- Afloramientos
- ~ Curvas de nivel principales
- ~ Curvas de nivel secundarias

Sistema de Coordenadas PSAD 1956
 Zona 17 Sur

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
Autor:	Adrián José Carrión Torres		
Contiene:	Afloramientos		
Cantón:	Calvas	Sector:	Agua Dulce
Escala de impresión:	1:25 000		
Formato de impresión:	A3		

Geología del Área Minera " Jesús del Gran Poder"



Formación

Plf	Depositos Coluviales Unidad El Fundo
Pch	Lavas Andesíticas Unidad Changaimina
- - -	Contacto

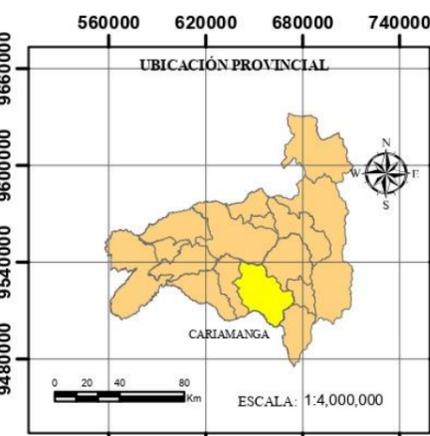
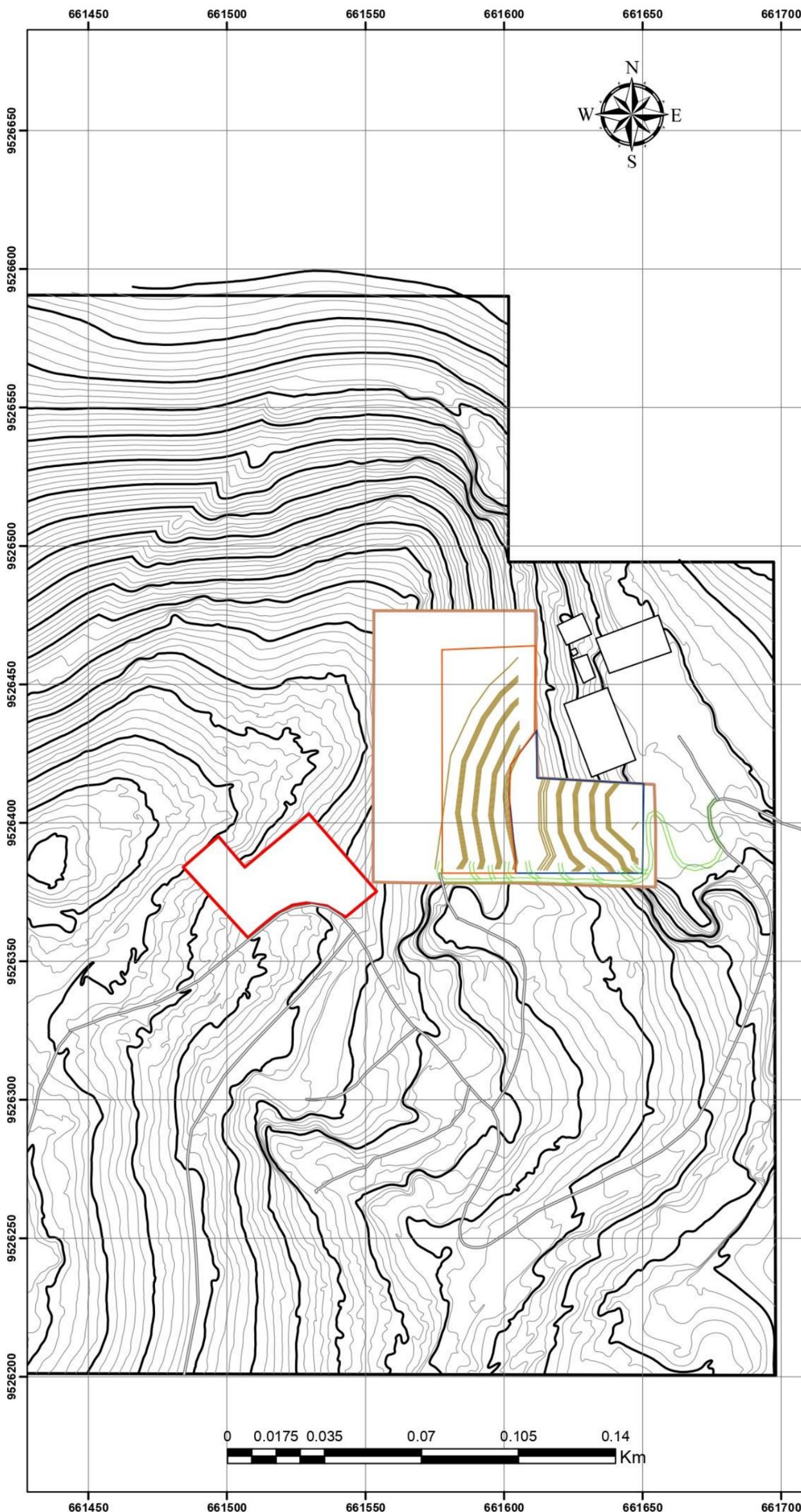
Simbología Convencional

-----	Vías
.....	Vía Agua Dulce
□	Area minera
●	Afloramientos
~	Curvas de nivel principales
~	Curvas de nivel secundarias
—	Corte Geológico

Sistema de Coordenadas PSAD 1956
Zona 17 Sur

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables					
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial					
Autor: Adrián José Carrión Torres					
Contiene: Mapa Geológico del Área Minera "Jesús del Gran Poder"					
Provincia:	Loja	Cantón:	Calvas	Sector:	Agua Dulce
Escala de impresión:	1:1.750	Lámina N°		1	
Formato de impresión:	A3				

Plano de destape del área minera "Jesús del Gran Poder"

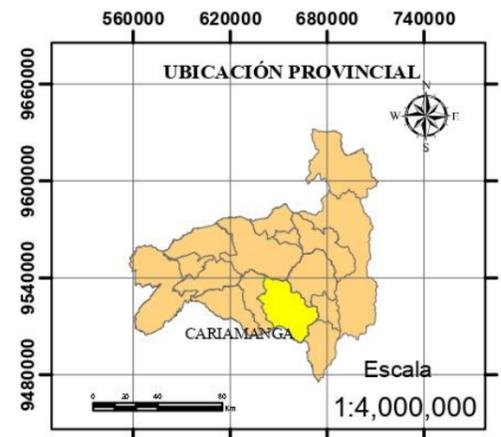
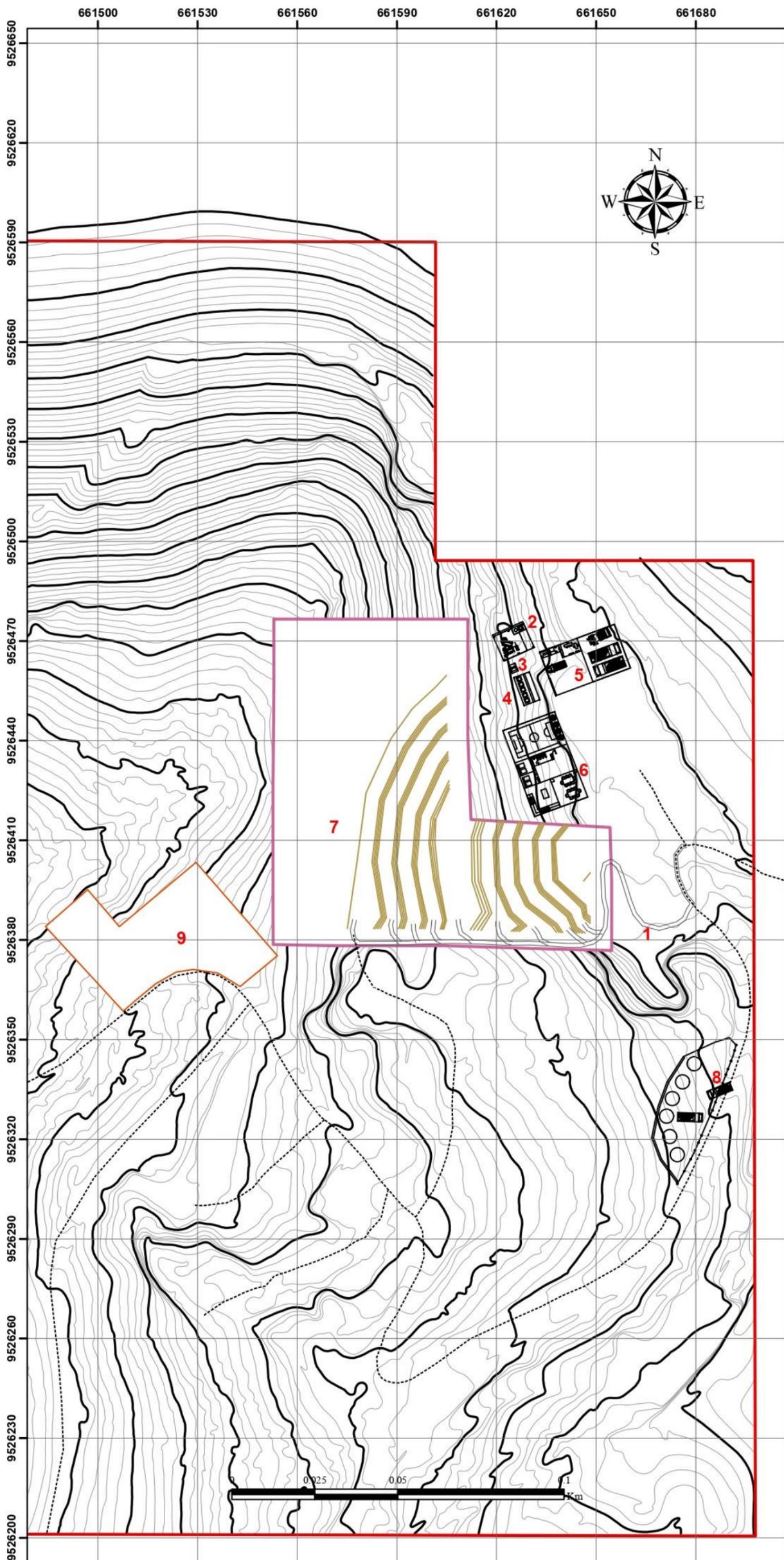


Para el almacenamiento del material de desbroce se seleccionó una zona dentro de los límites del área minera que no va a ser explotada y que no posea cubierta vegetal, es por ello que se seleccionó la siguiente área para la cual ya existe vía de acceso y posee una geomorfología de planicie, además su ubicación produce una afectación paisajística y tampoco afecta al medio biótico.

Simbología	
-----	Vías
▭	Infraestructura
—	Rampas
—	Vía Frente Explotación
—	Cantera
—	Curvas Principales
—	Curvas Secundarias
▭	Área de explotación
▭	Zona de Almacenamiento de material de destape
▭	Plataforma de trabajo 1
▭	Plataforma de trabajo 2

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial Autor: Adrián José Carrión Torres			
Contiene: Plano de Destape del Área Minera "Jesús del Gran Poder"			
Provincia:	Loja	Cantón:	Calvas Sector: Agua Dulce
Escala de impresión:	1:1 500	Lámina N°	3
Formato de impresión:	A3		

Plano de Preparación del área minera "Jesús del Gran Poder"



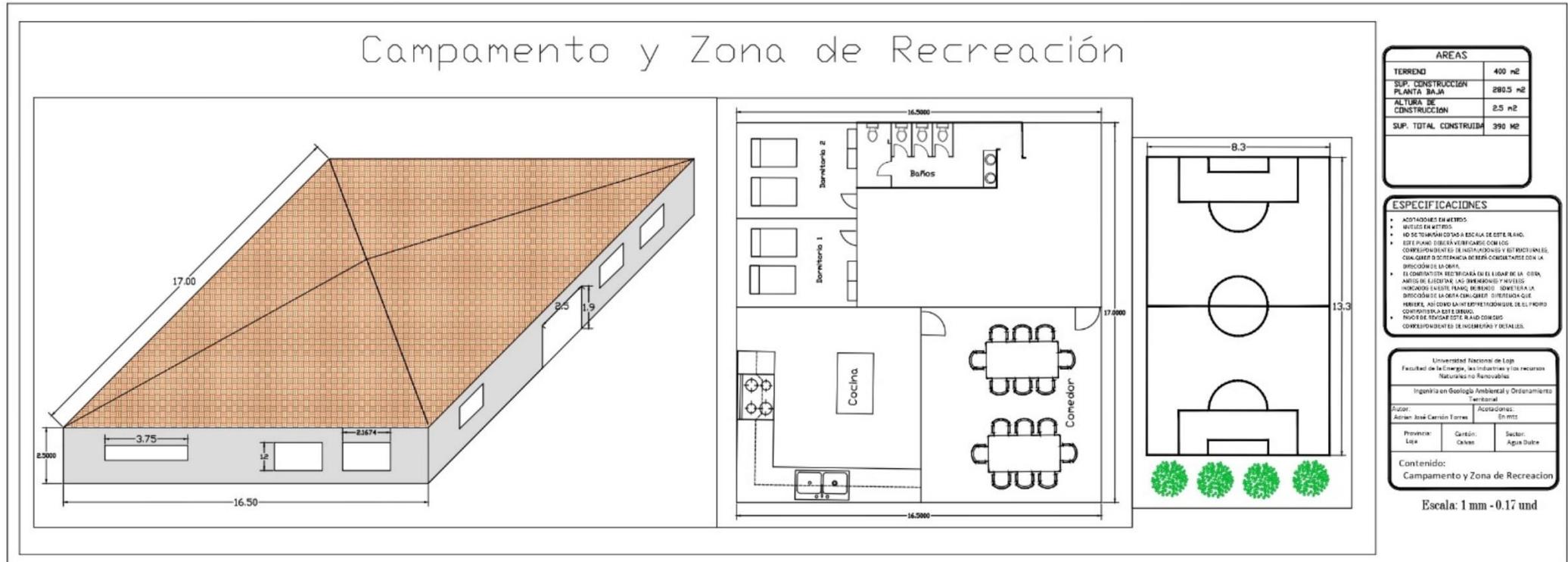
- 1 El ancho de la vía fue diseñado considerando maquinaria mas ancha, la bermas de seguridad y dos carriles teniendo un ancho de 8 mts. El peralte de la vía será de 6,73°
- 2 La zona de chatarra posee un área de 80 m², construida sobre una losa de hormigón de 30cm y con cubierta de zinc para evitar la oxidación y generación de lixiviados por la lluvia
- 3 La zona de combustibles posee un área de 16 m², construida sobre una losa de hormigón de 30cm, con cubierta de zinc y una canaleta de 55cm de ancho para captar los derrames del combustible, además dispone de dos barriles de 55 galones cada uno
- 4 La zona de desechos esta conformada por una base de hormigón de 30 cm y dimensiones de 8,35 x 2,80 mts sobre las cuales se incorporan los recipientes clasificados según lo indica la norma INEN 2841, además dispone de cubierta de zinc y una canaleta para la captación de lixiviados de 55 cm
- 5 La zona de taller consta de 1 oficina, baños y bodega de repuestos, posee un área de 168 m², construido sobre una losa de hormigón de 15 cm, bajo una cubierta de zinc con una altura de 5,5 mts para el ingreso de la maquinaria
- 6 El campamento tendrá una dimensión de 16x17 mts dividida en 2 dormitorios, cocina, comedor y zona de baños, el material utilizado para su construcción será de bloque con cubierta de zinc.
- 7 La cantera fue diseñada con un total de 8 bancos de 6 mts de altura cada uno, con un ancho de vía de 4.4 mts y un ángulo de talud de los bancos de 81.87°
- 8 La zona de stock tendrá una superficie inferior a los 550 m², tendrá un encerramiento que consta de vigas de madera y alambre de amarre para evitar el ingreso de personas ajenas al área, la ubicación de esta fue realizada conforme a la disposición del terreno, así como también de la disposición de la superficie del terreno, la cual servirá para la acumulación temporal de material árido, tanto ya clasificado como por clasificar
- 9 Para el almacenamiento del material de desbroce se selecciono una zona dentro de los límites del área minera que no va a ser explotada y que no posea cubierta vegetal es por ello que se selecciono la siguiente área para la cual ya existe vía de acceso y posee una geomorfología de planicie, además su ubicación no produce una afectación paisajística y tampoco afecta al medio biótico.

Simbología	
-----	Vías
-----	Rampas
▭	Infraestructura
▭	Cantera
—	Curvas de nivel
▭	Área de explotación
▭	Almacenamiento de material de desbroce

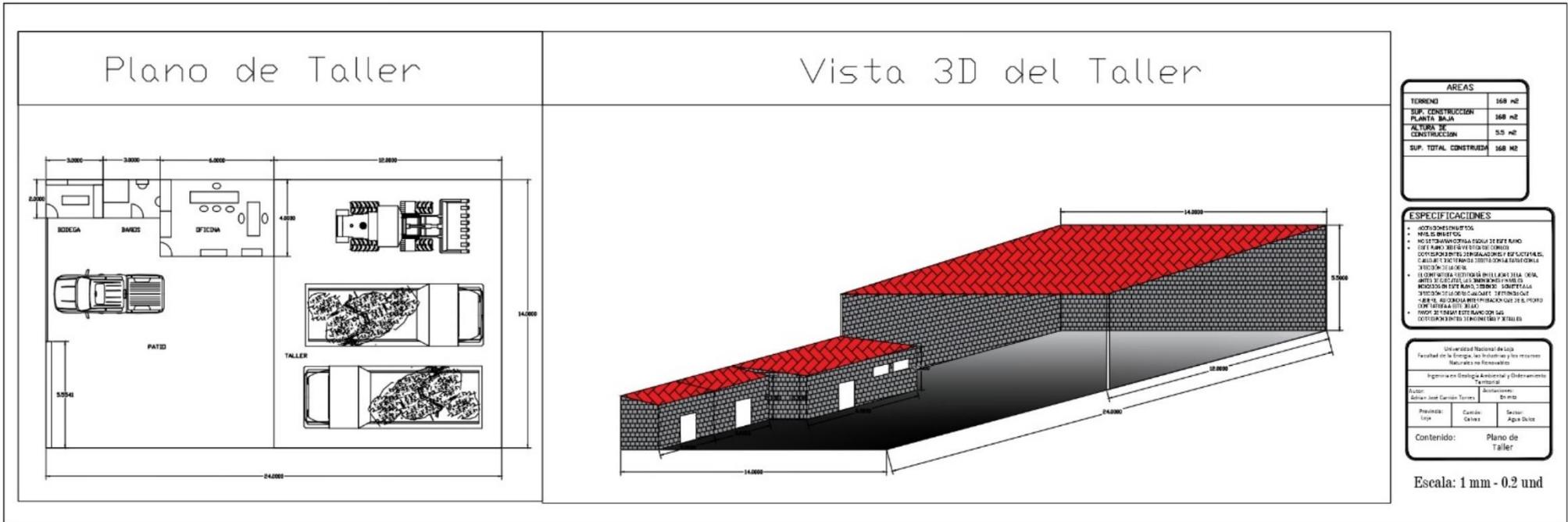
Sistema de Coordenadas PSAD 1956
Zona 17 Sur

Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables					
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial Autor: Adrián José Carrión Torres					
Contiene: Plano de Preparación del Área Minera "Jesús del Gran Poder"					
Provincia:	Loja	Cantón:	Calvas	Sector:	Agua Dulce
Escala de impresión:	1:1250	Lámina N°		4	
Formato de impresión:	A3				

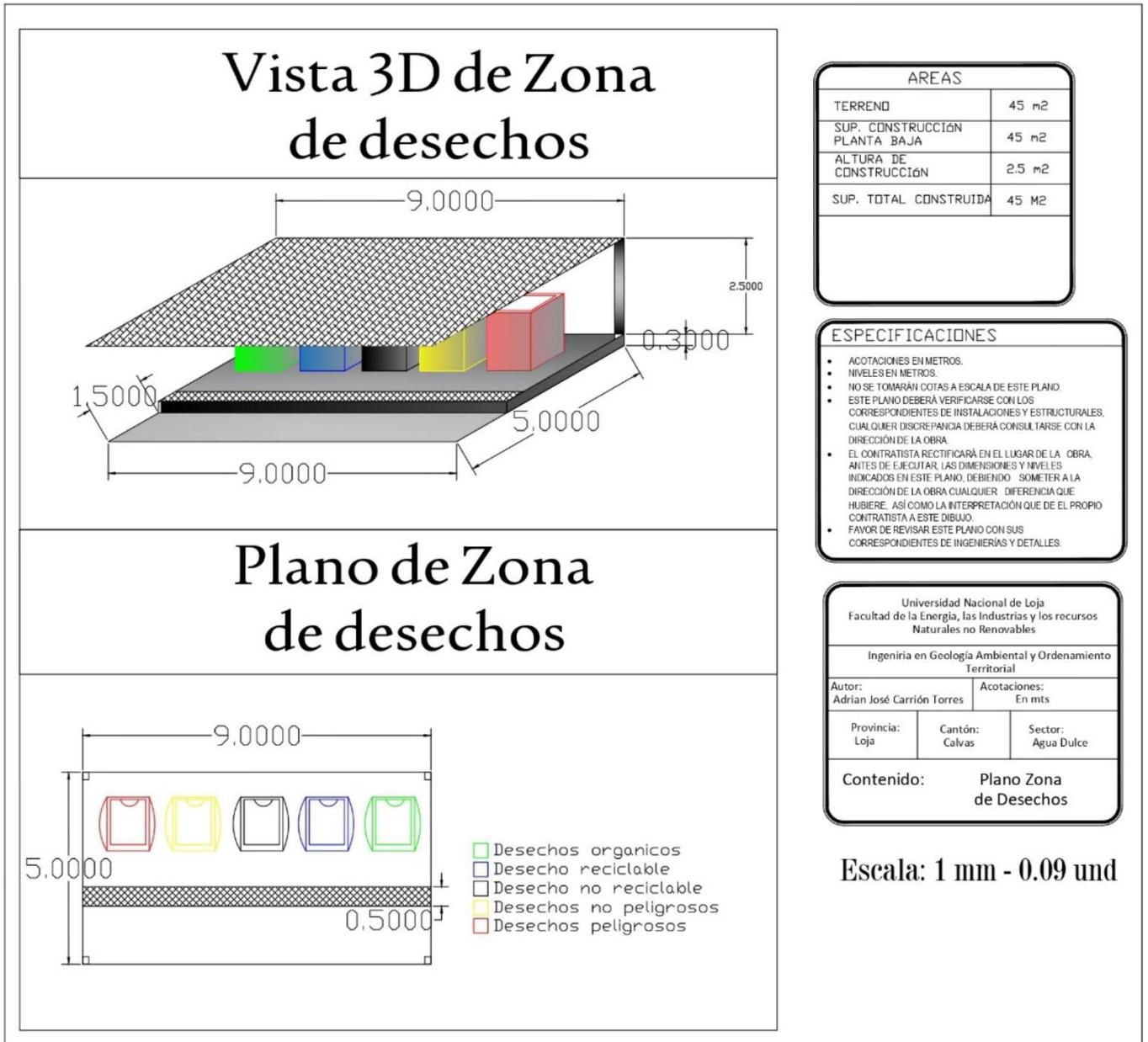
Anexo 12. Plano de recreación y zona de descanso del “Jesús del Gran Poder”.



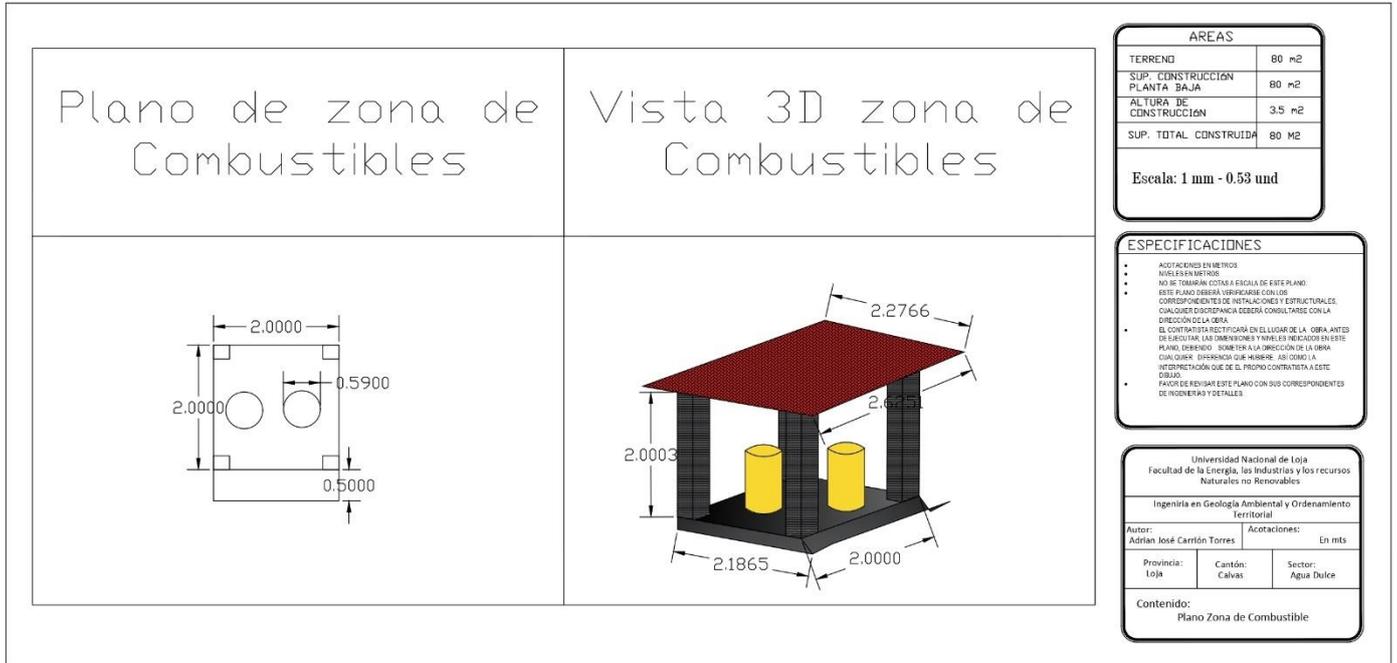
Anexo 13. Plano de Taller “Jesús del Gran Poder”.



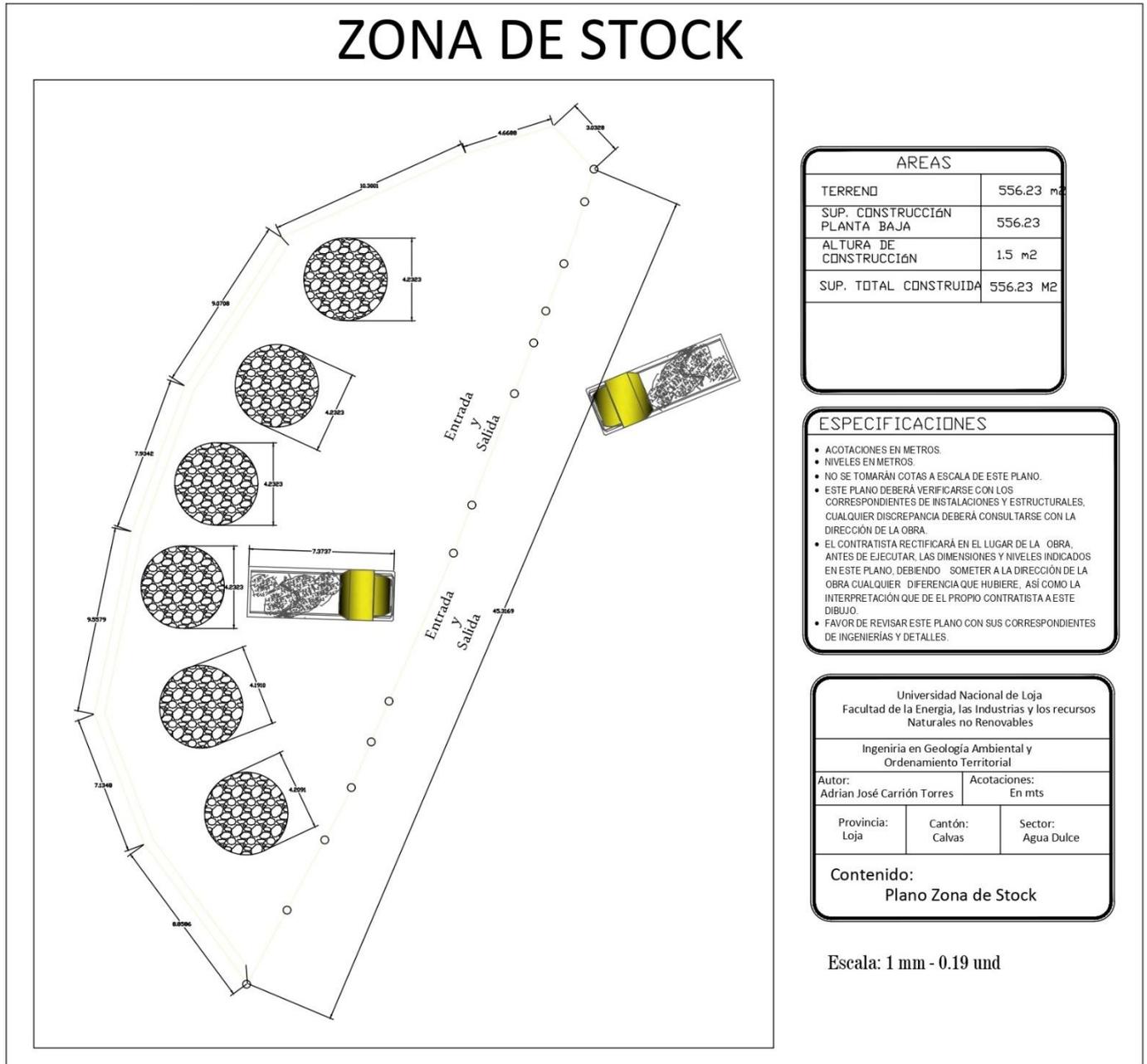
Anexo 14. Plano de desechos del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.



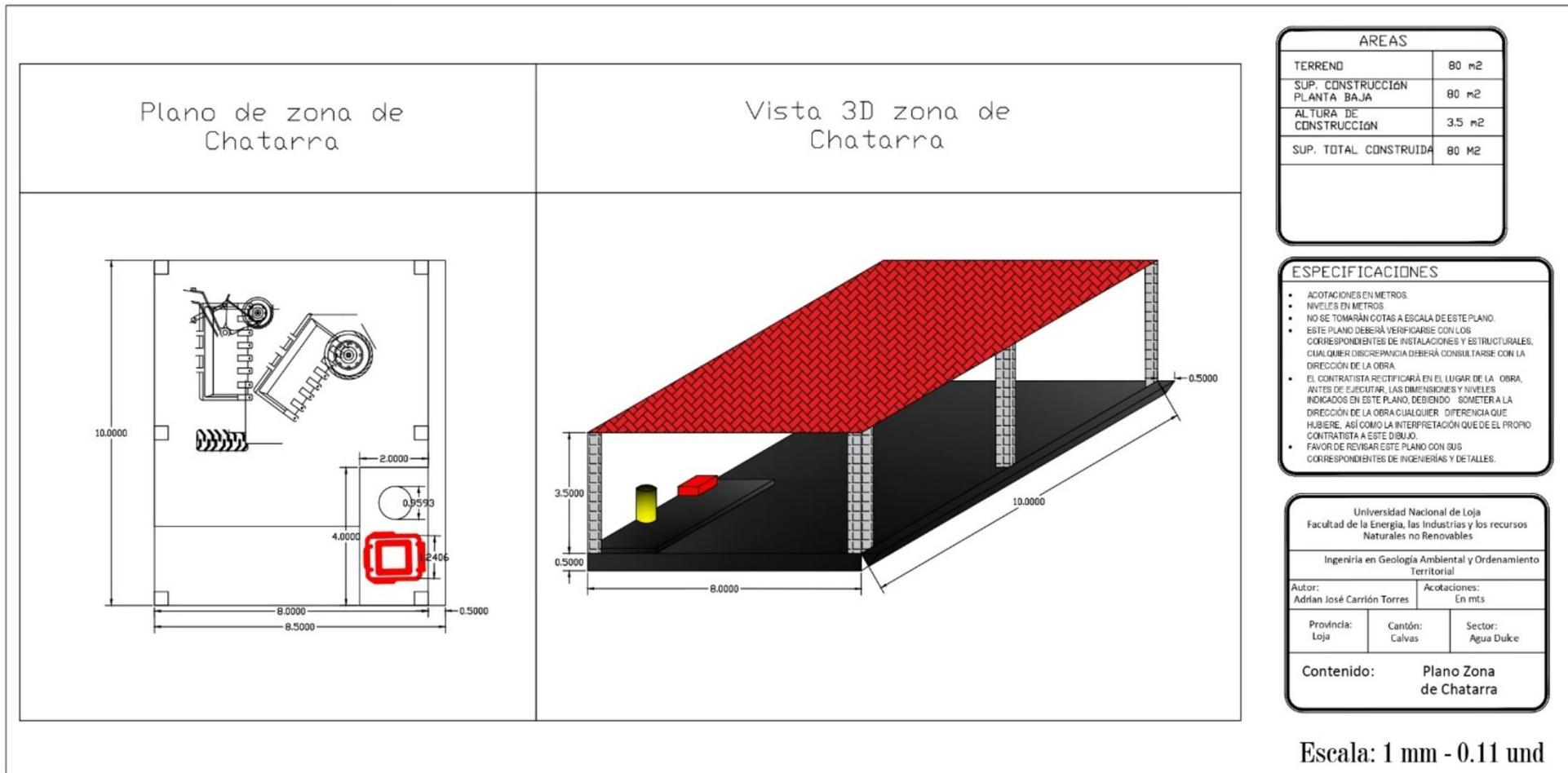
Anexo 15. Plano de combustibles del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.



Anexo 16. Plano de zona de stock del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.



Anexo 17. Plano de zona de chatarra del Área Minera “Jesús del Gran Poder”.



Escala: 1 mm - 0.11 und

Anexo 18. Certificado de traducción de resumen



Loja, 22 de enero de 2025

Lic. José Luis Alejandro Jumbo

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS

CERTIFICO:

Yo, José Luis Alejandro Jumbo con cédula de identidad Nro. 1104313307, **Licenciado en Ciencias de la Educación Mención Inglés** por la Universidad Técnica Particular de Loja, con número de registro 1031-2017-1903844 en la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, señalo que el presente documento es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación denominado **"Elección del Sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área minera 'Jesús del Gran Poder' bajo el régimen de pequeña minería, código 600727, sector Agua Dulce, cantón Calvas, provincia de Loja."** elaborado por el Sr. Adrián José Carrión Torres, con cédula de identidad Nro. 1104424476, estudiante egresado de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.



Lic. José Luis Alejandro Jumbo

C.I. 1104313307

REGISTRO SENESCYT N°: 1031-2017-1903844