



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

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

**Carrera de Ingeniería en Minas**

**Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar  
la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código  
50001325, perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza.**

**Trabajo de Integración Curricular  
previo, a la obtención del título de  
Ingeniera en Minas**

**AUTORA:**

Liliana Elizabeth González Freire

**DIRECTOR:**

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2024

## **Certificación**

Loja, 03 de diciembre del 2024

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mgs. Sc

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al GAD Municipal de Yantzaza.**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Minas**, de la autoría de la estudiante **Liliana Elizabeth González Freire**, con cédula de identidad N°. **1150701025**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mgs. Sc

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, Lilliana Elizabeth González Freire, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular 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 mi Trabajo de Integración Curricular o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1150701025

**Fecha:** 03/12/2024

**Correo electrónico:** [liliana.e.gonzalez@unl.edu.ec](mailto:liliana.e.gonzalez@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997511117

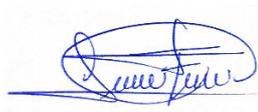
**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Liliana Elizabeth González Freire**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza., como requisito para optar por el título de Ingeniería en Mina**, 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 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 Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los tres días del mes de diciembre del dos mil veinticuatro.

**Firma:** 

**Cédula de identidad:** 1150701025

**Fecha:** 03/12/2024

**Correo electrónico:** [liliana.e.gonzalez@unl.edu.ec](mailto:liliana.e.gonzalez@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997511117

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de Trabajo de Integración Curricular:** Ing. Fernando Javier Rengel Jiménez, Mg. Sc

### **Dedicatoria**

Este Trabajo de Titulación se lo dedico a mis padres Noemi Freire y Ramiro González Papa (†), aunque hoy ya no estés conmigo sé que estás orgulloso al verme cumplir este logro. Gracias por guiar mi camino siempre con sus enseñanzas y valores en todo este proceso, sin su apoyo, amor, comprensión y sacrificio de ustedes esto no hubiera sido posible. A mis hermanos, gracias por estar siempre allí alentándome en cada cosa y por sentirse orgullosos de mí.

*Liliana Elizabeth González Freire*

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme la fuerza y sabiduría necesaria y siempre guiar mis pasos para bien.

A mis padres, Noemi y Ramiro, por enseñarme que todo sacrificio vale la pena, por su apoyo brindado en todo este arduo proceso.

Al Ingeniero Fernando Rengel, gracias por compartirme sus enseñanzas, teniéndome paciencia y sobre todo apoyándome en este logro. Sus comentarios, sugerencias y recomendaciones han sido de valiosa ayuda para lograr mis objetivos propuestos.

A mis amigos y seres queridos, quienes han sido mi apoyo incondicional en momentos de dificultad.

A mis compañeros de la universidad, gracias por todo los momentos compartidos.

Con gratitud sincera,

*Liliana Elizabeth González Freire*

## Índice de Contenido

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de Contenido</b> .....	<b>vii</b>
Índice de Tablas .....	x
Índice de Figuras .....	xii
Índice de Anexos.....	xv
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1 Macizos Rocosos.....	6
4.1.1 Propiedades Físico-Mecánicas de la Matriz Rocosa .....	6
4.1.2 Propiedades físicas .....	7
4.1.3 Propiedades Mecánicas .....	9
4.2 Discontinuidades .....	10
4.2.1 Características de las discontinuidades .....	10
4.3 Clasificación geomecánica de los macizos rocosos .....	12
4.3.1 RMR .....	13
4.3.2 RQD.....	16
4.3.3 SMR.....	16
4.4 Minería .....	18
4.4.1 Métodos de Explotación.....	18
4.4.2 Destape .....	19
4.4.3 Arranque .....	19
4.4.4 Carguío y Acarreo .....	20
4.4.5 Transporte.....	20

4.5	Sistemas de Explotación en Minería a Cielo Abierto .....	20
4.5.1	Cortas.....	20
4.5.2	Terrazas .....	21
4.5.3	Graveras.....	21
4.5.4	Canteras .....	21
4.6	Métodos de Arranque en Minería a Cielo Abierto.....	23
4.6.1	Método Manual .....	23
4.6.2	Método Mecánico.....	24
4.6.3	Método por Perforación y Voladura.....	24
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>25</b>
5.1	Ubicación y Acceso al Área de estudio.....	25
5.1.1	Ubicación.....	25
5.1.2	Acceso .....	25
5.2	Descripción biofísica del área de estudio.....	26
5.2.1	Clima .....	26
5.2.2	Hidrología.....	28
5.2.3	Geomorfología.....	29
5.2.4	Geología Regional.....	30
5.3	Materiales .....	32
5.4	Procedimiento.....	33
5.4.1	Metodología del primer objetivo .....	34
5.4.2	Metodología del segundo objetivo .....	45
5.4.3	Metodología del tercer objetivo.....	46
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>53</b>
6.1	Resultados del primer objetivo.....	53
6.1.1	Topografía .....	53
6.1.2	Geología Local .....	55
6.1.3	Propiedades Físico-Mecánicas .....	58
6.1.4	Zonificación lito-estructural .....	63
6.1.5	RQD.....	64
6.1.6	RMR .....	65
6.1.7	SMR.....	66
6.2	Resultados del Segundo Objetivo .....	69
6.2.1	Análisis del Sistema de Explotación Actual.....	69

6.2.2	Análisis del Ciclo de Producción Actual.....	71
6.2.3	Análisis del Rendimiento de la Maquinaria .....	72
6.2.4	Producción por jornada de trabajo.....	74
6.2.5	Análisis económico de los costos de producción del sistema actual.....	74
6.2.6	Análisis retrospectivo del Sistema de Explotación Actual.....	75
6.3	Resultados del Tercer Objetivo .....	75
6.3.1	Cálculo de Reservas .....	75
6.3.2	Modelado del Yacimiento .....	77
6.3.3	Selección del Método de Explotación .....	77
6.3.4	Elección del Sistema de Explotación .....	78
6.3.5	Selección del método de arranque.....	79
6.3.6	Parámetros de Diseño de la Cantera.....	81
6.3.7	Implementación del Sistema de Explotación .....	84
6.3.8	Seguridad Minera .....	85
6.3.9	Diseño final de la Cantera .....	86
6.3.10	Volumen de producción .....	88
6.3.11	Matriz de identificación de impactos .....	91
6.3.12	Plan de Manejo Ambiental .....	93
<b>7.</b>	<b>Discusión de Resultados .....</b>	<b>110</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>112</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>113</b>
<b>10.</b>	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>114</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>117</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Grado de meteorización de la roca.....	6
<b>Tabla 2.</b> Propiedades Físico-Mecánicas de la Matriz Rocosa.....	7
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de las rocas según su resistencia de acuerdo al ISRM.....	9
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de las rocas de acuerdo al martillo geológico.....	9
<b>Tabla 5.</b> Espaciado de las discontinuidades.....	10
<b>Tabla 6.</b> Continuidad o persistencia recomendada.....	11
<b>Tabla 7.</b> Descripción de la abertura de las discontinuidades.....	12
<b>Tabla 8.</b> Descripción de las filtraciones en discontinuidades.....	12
<b>Tabla 9.</b> Métodos de clasificación geomecánica de macizos rocosos.....	13
<b>Tabla 10.</b> Parámetros del RMR de la resistencia en roca sana.....	13
<b>Tabla 11.</b> Índice de la calidad de roca (RQD).....	13
<b>Tabla 12.</b> Espaciado de discontinuidades.....	14
<b>Tabla 13.</b> Condición de las discontinuidades.....	14
<b>Tabla 14.</b> Flujo de agua.....	14
<b>Tabla 15.</b> Orientación de las discontinuidades del talud.....	14
<b>Tabla 16.</b> Rugosidad de acuerdo al índice de rugosidad JRC.....	15
<b>Tabla 17.</b> Valores del RMR Básico.....	16
<b>Tabla 18.</b> Factor de ajuste de las juntas (Romana, 1985).....	18
<b>Tabla 19.</b> Factor de ajuste según el método de excavación.....	18
<b>Tabla 20.</b> Clasificación SMR.....	18
<b>Tabla 21.</b> Coordenadas de ubicación del área de estudio “Cantera Chimbutza”.....	25
<b>Tabla 22.</b> Clasificación de Isoyetas de la zona de estudio.....	26
<b>Tabla 23.</b> Clasificación de isotermas de la zona de estudio.....	27
<b>Tabla 24.</b> Clasificación Geomorfológica de la zona de estudio.....	29
<b>Tabla 25.</b> Listado de Materiales y Equipos.....	32
<b>Tabla 26.</b> Valoración Geomecánica con los métodos de Bieniawski RMR y Romana SMR.....	45
<b>Tabla 27.</b> Efecto de los Métodos de Excavación (Román 1996).....	47
<b>Tabla 28.</b> Clasificación mecánica de rocas de Protodyakonov.....	49
<b>Tabla 29.</b> Eficiencia operativa global.....	51
<b>Tabla 30.</b> Factor de llenado del cucharón.....	51
<b>Tabla 31.</b> Resultados del peso específico aparente por cada muestra de roca.....	58
<b>Tabla 32.</b> Resultados del peso específico real por cada muestra de roca.....	58
<b>Tabla 33.</b> Resultados de la porosidad por cada muestra de roca.....	59

<b>Tabla 34.</b> Resultados del coeficiente de absorción por cada muestra de roca .....	60
<b>Tabla 35.</b> Resultados del contenido de humedad por cada muestra de roca.....	61
<b>Tabla 36.</b> Resultados de la densidad específica por cada muestra de roca .....	61
<b>Tabla 37.</b> Resultados de la resistencia a la compresión simple .....	62
<b>Tabla 38.</b> Zonificación lito-estructural de la Cantera Chimbutza.....	63
<b>Tabla 39.</b> Cálculo para determinar la calidad del macizo rocoso en función del RQD (Zona 1) .....	64
<b>Tabla 40.</b> Resultados del RQD.....	64
<b>Tabla 41.</b> Cálculo de la calidad del macizo rocoso en función del RMR de la zona 1 .....	65
<b>Tabla 42.</b> Resultados del RMR .....	66
<b>Tabla 43.</b> Cálculo del SMR para rotura planar (Zona 1) .....	67
<b>Tabla 44.</b> Cálculo del SMR para rotura en vuelco de la zona 1.....	67
<b>Tabla 45.</b> Resultados del SMR para rotura planar .....	67
<b>Tabla 46.</b> Resultados de SMR Vuelco .....	68
<b>Tabla 47.</b> Personal que labora actualmente en al área Minera "Chimbutza" .....	70
<b>Tabla 48.</b> Actividades del ciclo de trabajo.....	70
<b>Tabla 49.</b> Maquinaria actual disponible para la Cantera.....	71
<b>Tabla 50.</b> Tiempos por labor de la excavadora CAT 320 D para el llenado de un volquete. .	71
<b>Tabla 51.</b> Resumen de los costos de Producción .....	74
<b>Tabla 52.</b> Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación a Cielo Abierto.....	78
<b>Tabla 53.</b> Efecto de los Métodos de Excavación .....	80
<b>Tabla 54.</b> Parámetros del ciclo de carga .....	85
<b>Tabla 55.</b> Áreas y volúmenes del material a extraer.....	88
<b>Tabla 56.</b> Maquinaria y personal requerido para optimizar la producción .....	90
<b>Tabla 57.</b> Costos por insumos de producción .....	91
<b>Tabla 58.</b> Matriz de identificación de impactos para la Cantera Chimbutza .....	92

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Escala según la rugosidad, para observaciones de hasta un metro de longitud.....	11
<b>Figura 2.</b> Estimación de la rugosidad mediante el peine de Barton.....	11
<b>Figura 3.</b> Perfiles normalizados que propusieron Barton y Choubey .....	15
<b>Figura 4.</b> Relación entre Jr., sistema Q y JRC para muestras de 200mm y 1m en el sistema RMR.....	15
<b>Figura 5.</b> Esquema de Sistema de Explotación por Cortas .....	21
<b>Figura 6.</b> Método de terrazas .....	21
<b>Figura 7.</b> Explotación de cantera de áridos.....	22
<b>Figura 8.</b> Parámetros o criterios de diseño de una mina a cielo abierto .....	22
<b>Figura 9.</b> Ancho del banco.....	23
<b>Figura 10.</b> Acceso y recorrido del área de estudio.....	26
<b>Figura 11.</b> Mapa de isoyetas para el área de estudio .....	27
<b>Figura 12.</b> Mapa de isotermas para el área de estudio .....	28
<b>Figura 13.</b> Mapa hidrológico para el área de estudio.....	29
<b>Figura 14.</b> Mapa geomorfológico para el área de estudio.....	30
<b>Figura 15.</b> Mapa geológico regional para el área de estudio .....	32
<b>Figura 16.</b> Puntos de control.....	34
<b>Figura 17.</b> Ubicación de los puntos de control .....	34
<b>Figura 18. a)</b> Estación GPS RTK, <b>b)</b> Levantamiento de los puntos de control.....	35
<b>Figura 19.</b> Inicio del vuelo con Dron.....	35
<b>Figura 20. a)</b> posicionamiento y solapamiento de imágenes, <b>b)</b> Modelo digital de elevaciones .....	36
<b>Figura 21.</b> Ortomosaico de la cantera Chimbutza.....	36
<b>Figura 22.</b> Reconocimiento del área de estudio cantera Chimbutza.....	37
<b>Figura 23.</b> Análisis macroscópico de las muestras: <b>a)</b> muestras de mano tomadas insitu, <b>b)</b> Análisis con el microscopio petrográfico.....	37
<b>Figura 24.</b> Muestras de roca obtenidas para la determinación de los ensayos físicos-mecánicos. ....	38
<b>Figura 25.</b> Determinación del peso natural por cada muestra de roca .....	39
<b>Figura 26.:</b> <b>a)</b> Muestras sumergidas por 24 horas en agua destilada, <b>b)</b> Peso saturada por cada muestra de roca, <b>c)</b> Peso sumergido por cada muestra de roca .....	39
<b>Figura 27. a)</b> Muestras puestas por 24 horas en el horno a una temperatura de 105°C, <b>b)</b> Peso seco por cada muestra de roca.....	40

<b>Figura 28.</b> a) Pulverización de las muestras, b) Pasante por el tamiz #200, c) peso del picnómetro vacío y lleno con agua destilada, d) 30 gramos de muestra tamizada en la capsula metálica, e) Colocación de muestra en el picnómetro más un cuarto destilada, f) Eliminación del aire sobrante, g) Medida del peso del picnómetro mas muestra mas agua destilada.....	41
<b>Figura 29.</b> Ensayo de compresión simple: a) Obtención de muestras cubicas (5x5x5cm), b) Medida de peso del cubo, c) Medida de alto, ancho y largo del cubo (pie de rey), d) Ingreso de los datos a la prensa hidráulica e inicio del ensayo a la resistencia simple. ....	42
<b>Figura 30.</b> Levantamientos de datos de las discontinuidades: a) Determinación de línea de escaneo, b) Buzamiento y dirección de buzamiento (Brújula Burton), c) separación entre juntas, d) Longitud de la junta, e) Apertura entre juntas, f) Rugosidad (peine de Barton).....	44
<b>Figura 31.</b> Topografía de la zona de estudio.....	53
<b>Figura 32.</b> Perfil topográfico 1.....	54
<b>Figura 33.</b> Perfil topográfico 2.....	54
<b>Figura 34.</b> Afloramiento de depósitos aluviales con clastos de tamaño milimétrico a desimétricos de entre 1 a 10cm influenciado por intrusivos como el intrusivo de Zamora o por formaciones ígneas como la formación Napo.....	56
<b>Figura 35.</b> Afloramiento de la roca Granodiorita perteneciente al intrusivo del Batolito de Zamora .....	56
<b>Figura 36.</b> Afloramiento de Sapolito de granodiorita.....	57
<b>Figura 37.</b> Mapa de Geología Local de la zona de estudio.....	57
<b>Figura 38.</b> Distribución gráfica del peso específico aparente. ....	58
<b>Figura 39.</b> Distribución gráfica del peso específico real .....	59
<b>Figura 40.</b> Distribución gráfica de la porosidad .....	60
<b>Figura 41.</b> Distribución gráfica de la Absorción.....	60
<b>Figura 42.</b> Distribución gráfica del contenido de humedad.....	61
<b>Figura 43.</b> Distribución gráfica de la gravedad específica.....	62
<b>Figura 44.</b> Distribución de la resistencia a la compresión simple .....	63
<b>Figura 45.</b> Resultado del ensayo de compresión simple: a) fractura del cubo 1, b) fractura del cubo 2, c) fractura del cubo 3, d) fractura del cubo 4, e) fractura del cubo 5.....	63
<b>Figura 46.</b> Distribución del RQD.....	65
<b>Figura 47.</b> RMR.....	66

<b>Figura 48.</b> SMR Planar .....	68
<b>Figura 49.</b> SMR Vuelco .....	69
<b>Figura 50.</b> Secciones transversales para la cubicación de reservas .....	76
<b>Figura 51.</b> Parámetros de Diseño de Explotación de la Cantera Chimbutza .....	83
<b>Figura 52.</b> Vista en 3D de la implantación del sistema de explotación para la Cantera Chimbutza .....	86
<b>Figura 53.</b> Perfil 1 y 2 .....	87
<b>Figura 54.</b> Perfil 3 y 4 .....	87
<b>Figura 55.</b> Perfil 5 y 6 .....	87
<b>Figura 56.</b> Perfil 7 y 8 .....	88
<b>Figura 57.</b> Perfil 9 y 10 .....	88

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Mapa de Ubicación .....	117
<b>Anexo 2.</b> Mapa de Isoyetas.....	118
<b>Anexo 3.</b> Mapa de Isotermas .....	119
<b>Anexo 4.</b> Mapa hidrológico .....	120
<b>Anexo 5.</b> Mapa geomorfológico .....	121
<b>Anexo 6.</b> Mapa de la Geología Regional.....	122
<b>Anexo 7.</b> Ficha para la caracterización geomecánica en superficie .....	123
<b>Anexo 8.</b> Ficha geológica para análisis de muestras macroscópicas.....	128
<b>Anexo 9.</b> Ficha de Zonificación lito-estructural .....	133
<b>Anexo 10.</b> Ficha para la Caracterización Geomecánica .....	138
<b>Anexo 11.</b> Parámetros de Clasificación RMR .....	146
<b>Anexo 12.</b> Mapa topográfico para el área minera "Cantera Chimbutza" .....	147
<b>Anexo 13.</b> Mapa de la geología local .....	148
<b>Anexo 14.</b> Mapa del RQD .....	149
<b>Anexo 15.</b> Mapa del RMR.....	150
<b>Anexo 16.</b> Mapa del SMR Planar .....	151
<b>Anexo 17.</b> Mapa del SMR Vuelco.....	152
<b>Anexo 18.</b> Ficha de tiempos de producción.....	153
<b>Anexo 19.</b> Mapa de Perfiles para cálculo de Reservas del Área Minera (Cantera Chimbutza) .....	155
<b>Anexo 20.</b> Dimensiones de Excavadora CAT 320D .....	156
<b>Anexo 21.</b> Parámetros geométricos para la explotación de la Cantera Chimbutza.....	157
<b>Anexo 22.</b> Vía de acceso hacia los taludes de la Cantera Chimbutza .....	158
<b>Anexo 23.</b> Plano de implantación del sistema de explotación para la Cantera Chimbutza... 158	
<b>Anexo 24.</b> Certificación de traducción del resumen.....	158

## **1. Título**

**“Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza”**

## 2. Resumen

El presente trabajo de investigación se enfoca en la Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza. El objetivo es presentar una propuesta de optimización que permita incrementar la producción de la Cantera reduciendo costos innecesarios y la subutilización de la maquinaria.

La realización del trabajo de investigación consistió primero en la recopilación de información bibliográficamente del área de estudio y en conjunto con la información levantada en campo se pudo caracterizar el macizo rocoso alojado en la Cantera Chimbutza, donde se hizo el levantamiento de la topografía, la geología, se tomó muestras para posterior ser analizadas y también se usó fichas. Estas fichas utilizadas en la fase de campo permitieron conocer las características geomecánicas y resistencia del material extraído.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis retrospectivo de la situación actual de la Cantera, detallando los procesos y actividades que se desarrollan durante la jornada laboral, a través de observación directa y registro detallado en campo. Se recopilaron datos sobre los tiempos de ciclo de trabajo, producción diaria y rendimiento de la maquinaria. Con todas las características antes descritas, se procedió a elegir el sistema de explotación que mejor se asemeja a la explotación del área de estudio, se basó en un análisis multicriterio que evaluó las ventajas y desventajas de los métodos de explotación a cielo Abierto, siendo el sistema de explotación mediante “Cantera”, por medio de bancos descendentes, con el propósito de mejorar la producción y la extracción del material pétreo dado que actualmente no se tiene un plan de explotación definido.

Todos estos resultados obtenidos permitieron determinar el método de arranque, siendo el método de arranque mecánico el idóneo debido a la resistencia baja que presenta la roca lo que impide la aplicación de la técnica de perforación y voladura. Esta elección contribuye a un mayor rendimiento de la maquinaria, menores costos y una mejora significativa en la producción.

***Palabras Clave:*** Caracterización geomecánica, resistencia del material, producción diaria, sistema de explotación, método de arranque.

## **Abstract**

This research work focuses on the optimization of the start-up method in order to improve production and productivity in the Chimbutza Quarry Code 50001325 belonging to Gad Municipal de Yantzaza. The objective is to present an optimization proposal to increase the production of the quarry, reducing unnecessary costs and underutilization of machinery.

The research work consisted first in the compilation of bibliographic information of the study area and together with the information collected in the field, it was possible to characterize the rocky massif located in the Chimbutza Quarry, where the topography and geology were surveyed, samples were taken to be analyzed later and also cards were used. These cards used in the field phase allowed us to know the geomechanical characteristics and resistance of the extracted material.

Subsequently, a retrospective analysis of the current situation of the quarry was carried out, detailing the processes and activities that take place during the working day, through direct observation and detailed field recording. Data was collected on work cycle times, daily production and machinery performance. With all the characteristics described above, we proceeded to choose the exploitation system that best resembles the exploitation of the study area, based on a multicriteria analysis that evaluated the advantages and disadvantages of the open pit exploitation methods, being the exploitation system by “Quarry”, by means of descending benches, with the purpose of improving the production and extraction of the stone material given that currently there is no defined exploitation plan.

All these obtained results allowed to determine the starting method, being the mechanical starting method the ideal one due to the low resistance of the rock, which prevents the application of the drilling and blasting technique. This choice contributes to a higher performance of the machinery, lower costs and a significant improvement in production.

**Key words:** *Geomechanical characterization, daily production, mining system, starting method.*

### **3. Introducción**

En referencias de Cornejo Aguilar, P. I., (2016): “El Ecuador dispone de variados recursos y minerales industriales o minerales no metalíferos, siendo los más importantes la caliza, mármol, arcillas, yeso, piedra pómez, baritina y la bentonita, conocidos como materiales de construcción las rocas y minerales naturales que se emplean en la construcción de obras civiles como: carreteras y caminos, presas, puentes, edificios, viviendas, canales”. Las rocas industriales o de aplicación en forma de materiales áridos se hallan disponibles en todas las regiones del país: andesitas, basaltos, granitos, pizarra, puzolanas, arenas y gravas que son útiles para la industria de la construcción. No obstante, a lo largo de la Cordillera Real existe un gran potencial no investigado de rocas graníticas y pegmatíticas. La minería como en cualquier otra industria necesita de una constante innovación tecnológica y maquinaria, para fundamentar el desarrollo sostenible, en la actualidad existen diferentes técnicas o procesos que se usan para el arranque del material en minería de tipo superficial y subterránea, como también por canteras y aluviales.

En la provincia de Zamora Chinchipe existe la actividad extractiva de los minerales no metálicos específicamente en depósitos aluviales y en canteras, aportando en gran parte a la industria de cemento y en la construcción civil como carreteras, complejos y espacios públicos, entre otros.

En este contexto, el proyecto de Investigación de Integración Curricular titulado “Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza”, pretende dar solución a la necesidad de reducir los tiempos y costos por la actual subutilización de la maquinaria, enfocado principalmente en mejorar la producción y productividad de la explotación considerando las características geomecánicas del macizo rocoso y los criterios técnicos necesarios, que otorguen seguridad, comodidad y funcionalidad para el desarrollo de las operaciones mineras en este contexto el problema de investigación se centra en solventar la o las formas de optimizar el proceso de explotación, esta realidad se evidencia en las labores mineras recientes acogidas en la cantera.

#### **Objetivos:**

##### **Objetivo General**

Optimizar el método de arranque, en función de las características geomecánicas del macizo rocoso, la fragmentación de la roca y la disposición de los frentes de explotación, en la Cantera Chimbutza.

##### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el macizo rocoso de la Cantera Chimbutza al considerar las propiedades geomecánicas.
- Optimizar el método de arranque y realizar el dimensionamiento geométrico de los bancos de explotación, mediante el análisis detallado de las propiedades geomecánicas del macizo de roca en función del sistema de explotación empleado en la Cantera Chimbutza.
- Diseñar el método de arranque a fin de incrementar la producción en el ciclo de trabajo de la Cantera Chimbutza.

## 4. Marco Teórico

### 4.1 Macizos Rocosos

Velasco, (2022), manifiesta que: “Los macizos rocosos son el conjunto de bloques de la matriz rocosa y de discontinuidades de diverso tipo que afectan al medio rocoso. Mecánicamente los macizos rocosos son medios anisótropos, discontinuos y heterogéneos” (p.5).

Para caracterizar un macizo rocoso se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

Resistencia: Para González, (2018): “La resistencia de una roca en campo se determina en relación al número de golpes que son necesarios para fracturar la misma” (p.13)

Grado de meteorización: “Es la descomposición física y química de la roca al estar expuesta a agentes atmosféricos” (González, 2018, p.13).

Condiciones hidrogeológicas: González, (2018), argumenta que: “El agua fluye a través del macizo rocoso dependiendo de las fisuras, micro fisuras y porosidad de la roca, este hecho influye en el comportamiento mecánico del macizo rocoso” (p.13).

**Tabla 1.** Grado de meteorización de la roca.

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>	<b>Grado</b>
Inalterada o Roca Fresca (F)	No presenta signos visibles de meteorización en la roca	I
Levemente Alterada (SW)	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades.	II
Moderadamente Alterada (NM)	Menos de la mitad de la roca esta descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada puede presentarse en capas o testigos continuos	III
Muy Alterada (HW)	Más de la mitad de la roca esta descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada puede presentarse en capas o testigos discontinuos	IV
Completamente Meteorizada (CW)	Toda la roca esta descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta	V
Suelo residual (R)	Toda la roca esta convertida como suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas.	VI

**Nota:** ISRM (1981), **Elaborado:** González (2018); **Modificado:** La autora (2024)

#### 4.1.1 Propiedades Físico-Mecánicas de la Matriz Rocosa

Samaniego, (2021) enfatiza que “Las propiedades físicas de las rocas son el resultado de su composición mineralógica, fábrica e historia geológica, deformacional y ambiental, incluyendo los procesos de alteración y meteorización” (p.38).

Velasco, (2022), expresa lo siguiente: “En las propiedades y en el comportamiento mecánico de los macizos rocosos influye el grado de fracturación, meteorización, la presencia de agua, la orientación y tipo de discontinuidades, el tamaño de los bloques” (p.8).

González, (2018) manifiesta lo siguiente: “Las propiedades mecánicas dependen de la variabilidad de las propiedades físicas para determinar el comportamiento mecánico del macizo rocoso, evaluando por medio de ensayos de laboratorio” (p.8). A continuación, se detallan las propiedades a determinarse en el presente trabajo, ver en la (Tabla 2).

**Tabla 2.** Propiedades Físico-Mecánicas de la Matriz Rocosa

	<b>Propiedades</b>	<b>Métodos de Determinación</b>
Propiedades Físicas	Tipo de roca Genesis y textura y color Composición mineralógica	Descripción visual (Campo)
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la comprensión simple	Ensayo de comprensión simple Martillo Schmidt

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

#### 4.1.2 Propiedades físicas

Feijoo, (2021) menciona que: “Para la determinación de las propiedades físicas es necesario establecer los pesos de las rocas en: estado natural, seco y saturado, también elaboración de probetas simétricas o irregulares de la matriz rocosa o mineral” (p.15).

Entre las propiedades físicas más conocidas se tiene las siguientes:

- **Peso específico**

Según la Universidad de los Andes, (2018) el peso específico llamado también peso unitario, se define por el peso de la muestra por unidad de volumen de la muestra.

$$\rho_{e(\gamma)} = \frac{w}{v}$$

Dónde:

w: Peso.

v: Volumen.

Además, se puede determinar el peso específico aparente y real.

*Peso específico aparente*

$$\rho_a = \frac{W_{seco}}{W_{saturado} - W_{sumergido}} \times \rho_w \quad [gr/cm^3]$$

Donde:

$\rho_w$ : El peso específico del agua expresada en 1gr/cm<sup>3</sup>.

*Peso específico real*

$$\rho_r = \frac{W_{pulverizada}}{W_2 + W_{pulverizada} - W_1} \times \rho_w \quad \left[ \frac{gr}{cm^3} \right]$$

Donde:

$W_2$  = Peso del picnómetro + agua

$W_{pulv}$  = Muestra pulverizada

$W_1$  = Peso del picnómetro + agua + muestra pulverizada.

- **Porosidad**

Alonso, (2023 citado por Feijoo, 2021) la porosidad hace referencia a: “La medida del espacio intersticial entre grano y grano, la cual representa la relación entre el volumen poroso y el volumen total de la roca” (p.17).

$$n = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right) \times 100 (\%)$$

Dónde:

$n$ : porosidad.

$\rho_a$ : peso específico aparente.

$\rho_r$ : peso específico real

- **Absorción**

En 2021, Feijoo, señala que: “La absorción hace referencia a como el agua llena los vacíos o poros de una muestra de roca sumergida en líquido, estos valores de absorción se determinan en porcentaje y se calcula entre la razón del peso del agua absorbida y el peso de la muestra seca” (p.17)

$$C_{abs} = \left(\frac{W_{aire} - W_{seco}}{W_{seco}}\right) \times 100 (\%)$$

Dónde:

$C_{abs}$ : coeficiente de absorción.

$W_{aire}$ : peso natural de la muestra.

$W_{seco}$ : peso en seco.

- **Contenido de humedad**

Ramírez Oyanguren y Monge, (2004) describe lo siguiente: “La humedad de una muestra se define como la razón entre la masa de agua contenida en la roca y la masa de muestra seca; se expresa en porcentaje” (p.18).

$$C.H. = \left(\frac{W_{sat} - W_{seco}}{W_{seco}}\right) \times 100 (\%)$$

- **Gravedad específica**

La gravedad específica es la densidad de un material en relación con el agua. Se deduce con la siguiente expresión:

$$G_s = \left(\frac{W_{seco}}{W_{seco} + W_2 - W_{s1}}\right) \times \rho_w$$

Donde

$W_2$  = Peso picnómetro + agua

$W_{s1}$  = Peso del picnómetro + agua + muestra pulverizada.

#### 4.1.3 Propiedades Mecánicas

Feijoo, (2021) plantea que: “Las propiedades mecánicas tienen la finalidad de establecer relaciones entre los esfuerzos a los que está sometida la roca, las deformaciones durante el proceso de carga y la rotura de las rocas” (p.19).

“La determinación de las propiedades mecánicas se realiza mediante ensayos que se realizan en laboratorio con una muestra tomada (probeta de roca o cubos de roca), entre estos tenemos: ensayo de compresión simple o uniaxial, triaxial, de tracción indirecta, de carga puntual, también, existe otro método para estimar la resistencia compresiva de la roca, es mediante el uso del martillo de Schmidt siendo un proceso en el cuál la roca no es destruida y usa un efecto de rebote con el objetivo de conocer la dureza de la roca” (p.20).

- **Resistencia a la Compresión Uniaxial o Simple**

Como señala Rodríguez (2007; como se cita en Feijoo, 2021) “la resistencia a la compresión uniaxial (RCU) es un parámetro que permite determinar y clasificar la matriz rocosa, determina la calidad de la roca para mantener unido todos sus componentes y depende de la composición mineral y grado de alteración que posee” (p.19).

**Tabla 3.** Clasificación de las rocas según su resistencia de acuerdo al ISRM.

Resistencia (MPa)	Clasificación
>250	Extremadamente alta
100-250	Muy alta
50-100	Alta
25-50	Media
2-25	Baja
1-5	Muy baja
0.25-1	Extremadamente baja

**Nota:** Tomado de Brown, (1981)

“La clasificación de la resistencia de la roca, se realiza mediante el uso de martillo geológico o de Schmidt, su determinación de cuan resistente es la roca, es cuando se requiere más de un golpe con el uso del martillo geológico” (Feijoo, 2021, p.22)

**Tabla 4.** Clasificación de las rocas de acuerdo al martillo geológico.

Grado	Clasificación	Identificación	Rango aproximado R.C.U (MPa)
R0	Roca extremadamente débil	Se puede marcar con la uña	0.25-1.0
R1	Roca muy débil	Se desmorona al golpear con la punta del martillo.	1.0-5

Grado	Clasificación	Identificación	Rango aproximado R.C.U (MPa)
R2	Roca débil	Se descascarilla con dificultad. Al darle golpes con la punta del martillo se forman pequeñas marcas.	5-25
R3	Roca moderadamente dura	No se puede raspar. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo saltan esquirlas, tiene sonido metálico al darse el golpe.	>250

**Nota:** ISRM (1981), **Elaborado:** Feijoo (2018); **Modificado:** La autora (2024)

## 4.2 Discontinuidades

González de Vallejo (2003) manifiesta con respecto a las discontinuidades lo siguiente: “Las superficies o los planos de discontinuidad de los macizos rocoso condicionan la forma definitiva de sus propiedades y el comportamiento resistente además dictaminan un carácter discontinuo y anisótropo a los macizos, haciéndolos más deformables y poco resistentes, además las discontinuidades se evidencian en los planos preferentes de alteración, meteorización y fractura, y permiten el flujo de agua” (p.176).

### 4.2.1 Características de las discontinuidades

Velasco, (2022) hace referencia a “La descripción de las diferentes familias de discontinuidades en un macizo rocoso que incluyen las siguientes características y parámetros geométricos”.

**Orientación:** definida por el buzamiento y dirección de buzamiento.

**Espaciado:** Según González, (2018) “el espaciado es la distancia perpendicular entre dos discontinuidades de una misma familia, este determina el tamaño de los bloques de la roca” (p.16).

**Tabla 5.** Espaciado de las discontinuidades

Descripción	Espaciado (mm)
Extremadamente cerrado	< 20
Muy cerrado	20 – 60
Cerrado	60 -200
Moderado	200 – 600
Abierto	600 – 2000
Muy abierto	2000 – 6000
Extremadamente abierto	>6000

**Nota:** Ramírez Oyanguren y Monge, (2004)

**Continuidad:** Según Cueva, (2024) “la continuidad es la extensión del plano de discontinuidad, medida por la longitud según la dirección del plano y su buzamiento” (p.16-17).

**Tabla 6.** Continuidad o persistencia recomendada

Término	Continuidad (mm)
Muy pequeña	< 1
Pequeña	1 – 3
Media	3 – 10
Grande	10 – 20
Muy grande	>20

**Nota:** Ramírez Oyanguren y Monge, (2004)

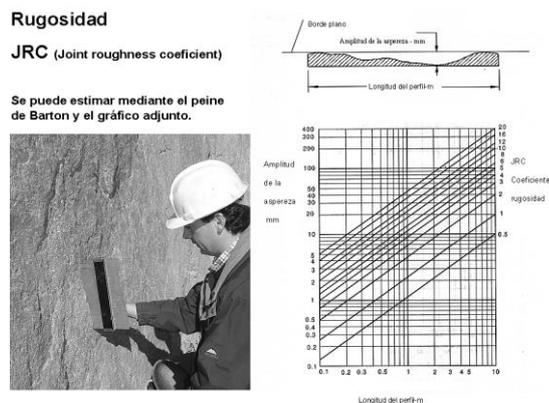
**Rugosidad:** Según González, (2018) “la rugosidad es la irregularidad y ondulación de la discontinuidad, ambas afectan la resistencia del macizo rocoso” (p.16).

El método sencillo para determinar la rugosidad es el uso de los perfiles estándar de rugosidad. (Figura 1):

Descripción	Perfil	Jr	JRC 200mm	JRC 1m
Rugoso		4	20	11
Suave		3	14	9
Espejo de falla		2	11	8
Escalonado				
Rugoso		3	14	9
Suave		2	11	8
Espejo de falla		1,5	7	6
Ondulado				
Rugoso		1,5	2,5	2,3
Suave		1	1,5	0,9
Espejo de falla		0,5	0,5	0,4
Plano				

**Figura 1.** Escala según la rugosidad, para observaciones de hasta un metro de longitud.

**Nota:** Ramírez Oyanguren y Monge, (2004)



**Figura 2.** Estimación de la rugosidad mediante el peine de Barton.

**Nota:** Ramírez Oyanguren y Monge, (2004)

**Abertura:** “es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno” (González de Vallejo, 2003 como se cita en Cueva, 2024, p.17).

**Tabla 7.** Descripción de la abertura de las discontinuidades.

<b>Abertura</b>	<b>Descripción</b>
< 0,1 mm	Muy cerrada
0,1 – 0,25 mm	Cerrada
0,25 – 0,5 mm	Parcialmente abierta
0,5 – 2,5 mm	Abierta
2,5 – 10 mm	Moderadamente ancha
>10 mm	Ancha
1 – 10 cm	Muy ancha
10 – 100 cm	Extremadamente ancha
>1 m	Cavernosa

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

**Relleno:** Según Cueva, (2024) señala que “las discontinuidades aparecen con relleno de materiales blandos arcillosos o con material roco o de naturaleza distinta a la de las paredes”. (p.18).

**Alteración - Meteorización:** “El grado de meteorización de la roca condiciona de forma definitiva sus propiedades mecánicas. Según avanza el proceso de meteorización aumentan la porosidad, permeabilidad y deformabilidad del material rocoso, al tiempo que disminuye su resistencia”. (González, 2018, p.16).

**Flujo o filtración:** Para González, (2018) el flujo o infiltración “es el agua presente en la discontinuidad” (p.16).

**Tabla 8.** Descripción de las filtraciones en discontinuidades.

<b>Clase</b>	<b>Discontinuidad sin relleno</b>	<b>Discontinuidad con relleno</b>
<b>I</b>	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece posible que circule agua.	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua.
<b>II</b>	Junta seca sin evidencia de flujo de agua.	Relleno húmedo, pero sin agua libre.
<b>III</b>	Junta seca, pero con evidencia de haber circulado agua.	Relleno mojado con goteo ocasional.
<b>IV</b>	Junta húmeda, pero sin agua libre	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (estimar el caudal 1/min.).
<b>V</b>	Junta con rezume, ocasionalmente goteo, pero sin flujo continuo.	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal y presión)
<b>VI</b>	Junta con flujo continuo de agua (estimar el caudal en 1/min. y la presión)	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas.

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

### 4.3 Clasificación geomecánica de los macizos rocosos

Según González de Vallejo, (2003), refiere lo siguiente: “las clasificaciones de los macizos rocosos están basadas en factores que determinan su comportamiento mecánico como:

propiedades de la matriz rocosa, frecuencia y tipo de discontinuidades, grado de meteorización estado tensional in situ y la presencia de agua” (p.132).

Los criterios para clasificar geomecánicamente el macizo rocoso en el presente trabajo de investigación se basan en métodos cualitativos y cuantitativos.

**Tabla 9.** Métodos de clasificación geomecánica de macizos rocosos

<b>Métodos Cualitativos</b>	“RQD” Deere (1989)
<b>Métodos Cuantitativos</b>	“RMR” Bieniawski (1985) “SMR” Romana (1985)

**Nota:** González Maldonado, (2018)

#### 4.3.1 RMR

Según Belandria y Bongiorno, (2012) el RMR: “indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural”.

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:

- Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice (RMR básico).

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

Dónde:

1. Parámetro (1): Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa

**Tabla 10.** Parámetros del RMR de la resistencia en roca sana.

Descripción	Resistencia a la Compresión Simple	Ensayo Carga Puntual (MPA)	Valoración
Extremadamente dura	>250	>10	15
Muy dura	100 -250	4 – 10	12
Dura	50 – 100	2 – 4	7
Moderadamente dura	25 – 50	1 – 2	4
Blanda	5 - 25		2
Muy blanda	1 - 5	< 1	1
	< 1		0

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

2. Parámetro (2): R.Q.D. Grado de fracturación del macizo rocoso

**Tabla 11.** Índice de la calidad de roca (RQD)

Índice de Calidad RQD	Calidad	Valoración
0 - 25 %	Muy mala	3
25 – 50%	Mala	8
50 – 75 %	Regular	13
75 – 90%	Buena	17
90 – 100%	Excelente	20

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

3. Parámetro (3): Espaciado de las discontinuidades

**Tabla 12.** Espaciado de discontinuidades.

Descripción	Calidad	Tipo de macizo rocoso	Valoración
Muy separadas	> 2m	Sólido	20
Separadas	0,6 - 2 m	Masivo	15
Moderadamente juntas	200 - 600 mm	En bloques	10
Juntas	60 - 200 mm	Fracturado	8
Muy juntas	< 60 mm	Machado	5

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

4. Parámetro (4): Condición de las discontinuidades, se considera los siguientes parámetros: abertura, continuidad, rugosidad, alteración y relleno).

**Tabla 13.** Condición de las discontinuidades

Parámetro	Rango de valores				
<b>Longitud de la discontinuidad</b>	<1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	>20 m
<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Apertura</b>	Nada	<0, mm	0,1 - 1,0	1 - 5 m	>5 mm
<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Relleno</b>	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm
<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Meteorización</b>	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy Alterada	Muy Alterada
<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

**Nota:** González de Vallejo, (2003)

5. Parámetro (5): Condiciones hidrológicas

**Tabla 14.** Flujo de agua

Caudal 10 m de túnel	Relación presión agua-tensión	Descripción	Valoración
Nulo	0	Seco	15
< 10 litros/min	< 0,1	Ligeramente húmedo	10
10 - 25 litros/min	0,1 - 0,2	Húmedo	7
25 - 125 litros/min	0,2 - 0,5	Goteando	4
> 125 litros/min	>0,5	fluyendo	0

**Nota:** Bieniawski, (1989)

Orientación de las discontinuidades (Tabla 15)

**Tabla 15.** Orientación de las discontinuidades del talud

Rumbo perpendicular al eje de la obra						
Dirección según buzamiento		Dirección contra buzamiento		Rumbo paralelo al eje de la obra		Buzamiento 0-20°
Buzam. 45°- 90°	Buzam. 20°- 45°	Buzam. 45°- 90°	Buzam. 20°- 45°	Buzam. 45°- 90°	Buzam. 20°- 45°	Independiente del rumbo
Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable
0	-2	-5	-10	-12	-5	-10

**Nota:** Bieniawski, (1989)

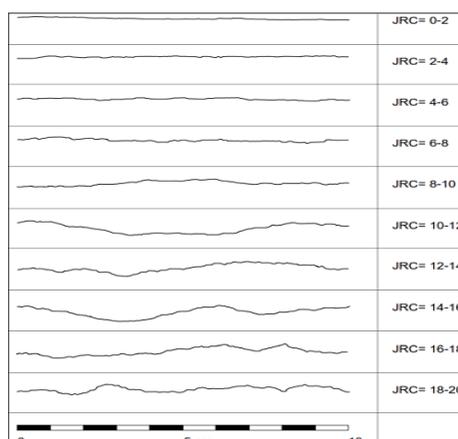
De acuerdo a Bieniawski (1989), “el Sistema RMR evalúa los rangos de rugosidad en una escala de rugosos a muy rugosos, con términos del índice JRC de 20 a 0” (p.59).

**Tabla 16.** Rugosidad de acuerdo al índice de rugosidad JRC

Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
JRC 20-16	JRC 16-12	JRC 12-8	JRC 8-4	JRC 4-0

**Nota:** Bieniawski, (1989)

Para la evaluación de la rugosidad se puede hacer uso de los perfiles de Barton y Choubey (Figura 3) o los perfiles de Barton y Bandis (Figura 4). En 2018, González afirma que “El índice de rugosidad se determina por apreciación visual o por comparación con el peine de Barton, el cual es un dispositivo que replica el perfil de rugosidad de una discontinuidad tanto en campo como en muestras en laboratorio” (p.21)



**Figura 3.** Perfiles normalizados que propusieron Barton y Choubey

**Nota:** Barton y Choubey, (1997)

Descripción	Perfil	Jr	JRC 200mm	JRC 1m
Rugosa		4	20	11
Lisa		3	14	9
Pulida		2	11	8
	Escalonada			
Rugosa		3	14	9
Lisa		2	11	8
Pulida		1.5	7	6
	Ondulada			
Rugosa		1.5	2.5	2.3
Lisa		1.0	1.5	0.9
Pulida		0.5	0.5	0.4
	Plana			

**Figura 4.** Relación entre Jr., sistema Q y JRC para muestras de 200mm y 1m en el sistema RMR

**Nota:** Barton y Bandis, (1990)

Para obtener la relación entre el Tabla 17 y la calidad de la roca primero se debe calcular los valores de los cintos parámetros antes descritos.

**Tabla 17.** Valores del RMR Básico

Clase	Calidad de Roca	RMR
I	Muy buena	81 – 100
II	Buena	61 – 80
III	Media	41 – 60
IV	Mala	21 – 40
V	Muy mala	0 - 20

**Nota:** Bieniawski, (1989)

#### 4.3.2 RQD

Feijoo, (2018), menciona que: “El RQD es definido como el índice de calidad de la roca; fue desarrollado por Deere en 1967, con el objetivo de valorar la calidad del macizo rocoso fundamentándose en el grado de fracturación de la roca y los núcleos de perforación” (p.24).

$$RQD = 115 - 3.3 Jv$$

Según Palmstron (2005; como se cita en Feijoo, 2021) “cuando no se posee testigos de perforación o sondeos se puede optar por otra forma de calcular el índice RQD; esto es mediante el análisis de las juntas (diaclasas) por unidad de volumen que se presentan en los afloramientos, taludes, excavaciones” (p.25). Se utiliza la siguiente relación:

$$RQD = 110 - 2.5 Jv$$

$$RQD = 0\% \text{ para } Jv > 44$$

$$RQD = 100\% \text{ para } Jv < 4$$

Donde

$Jv$ : índice volumétrico de fisuras por cada  $m^3$

$$Jv = \sum \left( \frac{1}{SMi} \right)$$

$SMi$ : Espaciamiento o separación medio de cada fisura en m.

El valor obtenido en las fórmulas anteriores es comparado con la, ver (Tabla 11).

#### 4.3.3 SMR

Para Hizarra, López y Navarro, (2021) “El SMR es una clasificación geomecánica desarrollado por Romana (1985) para evaluar la estabilidad de los taludes rocosos. El SMR se obtiene corrigiendo el RMR básico de Bieniawski (1989) a través de una serie de factores dependientes de la geometría del talud” (p.49).

Para calcular el SMR se debe considerar lo siguiente:

“El índice SMR se obtiene restando del RMR primario un factor de ajuste F que depende de la orientación de las discontinuidades y sumando un factor de excavación F4 que es función del método de excavación utilizado. A su vez, el factor F es el producto de tres subfactores que consideran: la orientación relativa del rumbo del plano del talud con respecto al de las

discontinuidades, F1, la diferencia entre el buzamiento de las discontinuidades y del talud, F3, y el propio buzamiento de las discontinuidades, F2” (Ramírez y Monge, 2004, p.168)

$$SMR = RMR_{básico} + (F_1 * F_2 * F_3) + F_4$$

Como señala (Ramírez y Monge, 1985, como se citó en López 2023) “F1 depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y el de la cara del talud. Se le asigna un valor de 1 cuando los dos rumbos son paralelos y 0,15 cuando éstos difieren en más de 30°” (p.168) Empíricamente, ha obtenido la siguiente relación:

$$F_1 = (1 - \text{sen}(\alpha_j - \alpha_s))^2$$

Donde:

$\alpha_j$  es la dirección de buzamiento de las discontinuidades.

$\alpha_s$  es la dirección de buzamiento del talud.

- F<sub>2</sub>: “Depende del buzamiento de la discontinuidad si la rotura plana es el mecanismo más probable de fallo del talud. Cuando la discontinuidad buza 45° o superior, al factor F2 se le asigna un valor de 1 y de 0,15 cuando dicho buzamiento es inferior a 20°” (Ramírez Oyanguren y Monge, 2004, p. 169)

Para el cálculo de F2 se utiliza la siguiente formula:

$$F_2 = \tan^2 * \beta_j$$

Donde:

$\beta_j$ : buzamiento de la discontinuidad.

- F<sub>3</sub>: “Evalúa la dirección entre el ángulo de buzamiento de la junta y el talud. En caso de rotura plana, F3 indica la probabilidad de que las juntas afloren en la cara del talud. Se considera normal cuando el buzamiento medio de la familia de discontinuidades es igual al del talud. En caso de vuelco, como el proceso de rotura del talud es progresivo, no se consideran en ningún caso condiciones desfavorables” (Ramírez Oyanguren y Monge, 2004, p. 169)
- F<sub>4</sub>: “Es un factor de ajuste por el método de excavación empleado. Incluye talud natural, precorte, voladura suave, voladura normal o excavación mecánica y voladura deficiente. Este factor considera que los taludes naturales son más estables debido al equilibrio natural alcanzado a lo largo del tiempo. El precorte y las voladuras suaves (recorte) bien ejecutados incrementan la estabilidad de los taludes en media clase respectivamente. Las voladuras normales y las excavaciones mecánicas, generalmente realizadas mediante ripado acompañado o no de pre voladuras poco cuidadas, no tienen influencia alguna en la estabilidad

del talud definitivo, por lo que el factor F4 adopta el valor de 0 puntos” (Hizarra et al., 2021). (Tabla 19).

**Tabla 18.** Factor de ajuste de las juntas (Romana, 1985)

Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
<b>P</b>	$\alpha_j - \alpha_s$	$>30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$<5^\circ$
<b>T</b>	$\alpha_j - \alpha_s - 180^\circ$					
<b>P/T</b>	$F_1$	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
<b>P</b>	$\beta_j$	$<20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$>45^\circ$
	$F_2$	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
<b>T</b>	$F_2$	1	1	1	1	1
<b>P</b>	$\beta_j - \beta_s$	$>10^\circ$	$10^\circ - 0$	$0^\circ$	$0 - (-10^\circ)$	$<-10^\circ$
<b>T</b>	$\beta_j + \beta_s$	$<110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$>120^\circ$		-
<b>P/T</b>	$F_3$	0	-5	-25	-50	-60

**Rotura:** P = Rotura plana; T = Rotura por vuelco;  $\alpha_s$  = Dirección de buzamiento del talud;  $\alpha_j$  = Dirección de buzamiento de las juntas;  $\beta_s$  = Buzamiento del talud;  $\beta_j$  = Buzamiento de las juntas

**Nota:** Ramírez Oyanguren y Monge (2004)

**Tabla 19.** Factor de ajuste según el método de excavación

Método	Talud Natural	Precorte	Voladura Suave	Voladura o Mecánico	Voladura Deficiente
$F_4$	+15	+10	8	0	-8

**Nota:** Romana, (1985)

La (Tabla 20) muestra la clasificación del SMR y las diferentes clases de estabilidad, calidad.

**Tabla 20.** Clasificación SMR

Clase	V	IV	III	II	I
SMR	0 – 20	21 - 40	41 -60	61 - 80	81 - 100
Calidad	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamientos	Re excavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

**Nota:** Romana, (1985)

## 4.4 Minería

“La minería es una actividad económica que comprende el proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales que se hallan en la superficie terrestre con fines comerciales. Es la aplicación de la ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales” (Banco Central del Ecuador, 2022, p.1)

### 4.4.1 Métodos de Explotación

De acuerdo a Herrera Herbert, (2006) “el método minero es un proceso iterativo desde el punto de vista temporal como espacial, el cual permite llevar a cabo la explotación minera de

un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma sistemática, ordenada, repetitiva y rutinaria” (p. 2)

Además, mencionan que existen actualmente tres métodos de explotación que son:

- El método de explotación por minería a cielo abierto.
- El método de explotación por minería subterránea.
- El método de explotación mixto

#### **4.4.1.1 Minería Subterránea**

“Es la que desarrolla su actividad de explotación en el interior de la tierra a través de túneles, ya sean verticales u horizontales. En las minas, se trabaja desde una chimenea de acceso y se establecen niveles a intervalos regulares, así como también a partir de túneles de acceso con diferente altura o rampas de acceso que unen diferentes niveles” (Banco Central del Ecuador, 2017)

#### **4.4.1.2 Minería a Cielo Abierto**

Según Herberth (2016), la minería a cielo abierto consiste:

“En la extracción de minerales útiles que se encuentran en la superficie terrestre, sin necesidad de realizar labores subterráneas, debido a que los recursos minerales tanto metálicos como no metálicos se encuentran agrupados en distintos tipos de depósitos o yacimientos que se encuentran cercanos a la superficie, mediante las técnicas de explotación se podrán extraer de su lugar de origen con presencia de material de interés y material que no representa ningún valor económico. Todo ello mediante el uso de maquinaria e insumos para las diferentes etapas en el desarrollo de esta actividad con la finalidad de obtener productos finales que puedan ser utilizados en una variedad de industrias”.

Por ello en la minería se destacan las siguientes etapas:

#### **4.4.2 Destape**

“Es la actividad que permite retirar todo el material de sobrecarga y dejar el material útil listo para que sea arrancado por cualquiera de los medios, sea por perforación, voladura o mediante retroexcavadoras. Esta operación da la oportunidad de conservar el suelo fértil y las especies nativas, para reforestar y recuperar del espacio explotado” (Herbeth, 2016).

#### **4.4.3 Arranque**

Muñoz y Siachoque (2014), definen al arranque como: “La operación de extracción de mineral y estéril, del área de explotación. Este depende de factores como el tipo de material, disposición del mismo y la topografía del terreno, entre otras. Para el descapote, este se realizará con la retroexcavadora y se llevará a unas zonas preestablecidas para depositar la capa vegetal,

el arranque del material crudo en los bancos de explotación se realizará con la misma máquina” (p. 65).

Mientras que, Martínez (2013), respecto al arranque menciona que es la: “extracción del estéril y del mineral de interés fragmentando a un tamaño que pueda ser manipulado por el sistema definido de cargue y transporte. En la extracción del cuerpo mineralizado se debe evitarla contaminación del material de interés con el estéril” (p. 40).

#### **4.4.4 Carguío y Acarreo**

Según Saavedra (2017), el carguío y transporte: “constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estas son las responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en el proceso de tronadura” (p. 4).

Por otra parte, Martínez (2013): “define al carguío como la operación de cargue del mineral o estéril al sistema de transporte definido y puede ser de dos formas (método cíclico y método continuo)”:

- **Método Cíclico:** “se utilizan herramientas como palas de empuje, cargadores, retroexcavadoras”.
- **Método Continuo:** “se utiliza rueda de cangilones que alimenta a bandas transportadoras”.

#### **4.4.5 Transporte**

Según Bada, (2018) “El transporte es parte del proceso de retirar el material arrancado del Frente de trabajo transportándolo adecuadamente a su lugar de destino (planta, botadero, stock)” (diapo, 2).

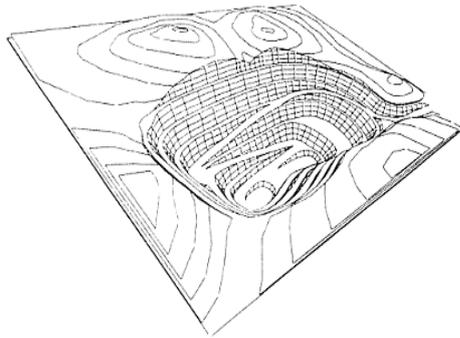
Para Barrea (2017): “El transporte consta del traslado del material fragmentado presente en el Frente de explotación pudiendo ser estéril o material; en el caso de mineral será llevado hasta el punto de stock o cancha mina, mientras que el estéril será llevado a los centros de acopio como escombreras” (pág. 2).

### **4.5 Sistemas de Explotación en Minería a Cielo Abierto**

Entre las fases y métodos de explotación más conocidos se encuentran los siguientes:

#### **4.5.1 Cortas**

Herberth (2006), afirma que: “La explotación se lleva a cabo por bancos 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 tradicionalmente utilizados en minería metálica y se adaptan para yacimientos de carbón”.

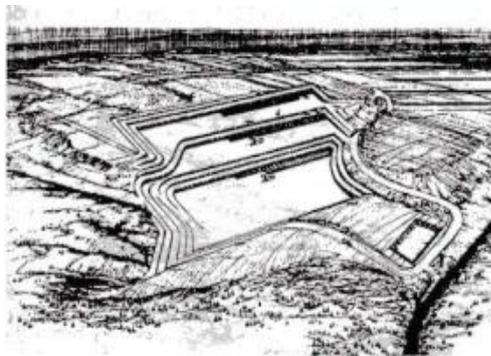


**Figura 5.** Esquema de Sistema de Explotación por Cortas

**Nota:** Herberth, (2006)

#### **4.5.2 Terrazas**

Herbert (2006), menciona que las terrazas se basan en: “Una minería de banqueo unidireccional, aplicada en yacimientos 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”.



**Figura 6.** Método de terrazas

**Nota:** Herberth, (2006)

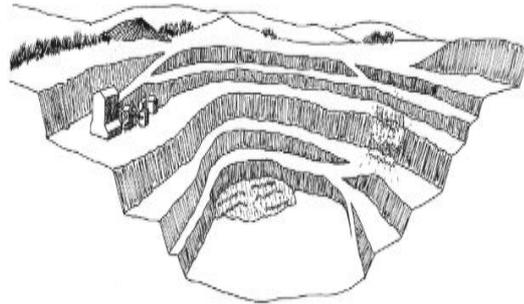
#### **4.5.3 Graveras**

“Referente a las gaveras están son usadas en materiales detríticos, como arenas y gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos, siendo objeto de una explotación intensa debido a la alta demanda de dichos materiales en 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” (Herberth, 2006, p. 9).

#### **4.5.4 Canteras**

“Referente a canteras es que son las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, 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. El método de

explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera” (Herberth, 2006, p. 8).

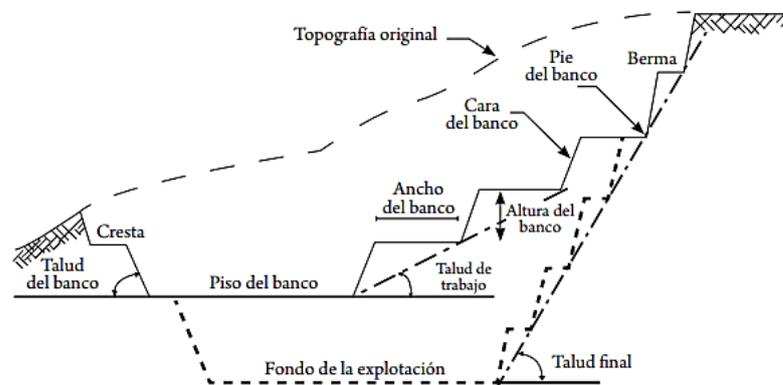


**Figura 7.** Explotación de cantera de áridos

**Nota:** Herberth, (2006)

#### 4.5.4.1 Parámetros Geométricos de una Cantera

El diseño de explotación a cielo abierto se estructura de acuerdo a los siguientes parámetros:



**Figura 8.** Parámetros o criterios de diseño de una mina a cielo abierto

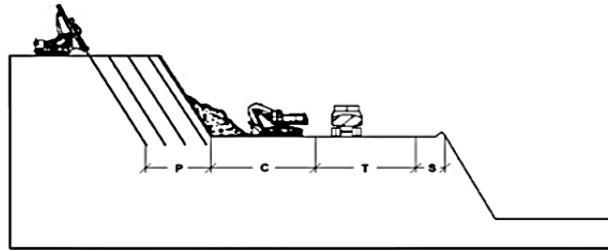
**Nota:** Aburto López Víctor Manuel, (2012 )

**Profundidad de la Cantera:** Sosa (1989), respecto a la profundidad de la cantera menciona que: “Es la diferencia de nivel que existe entre la cota de la superficie y la del fondo de la cantera”.

**Altura de banco:** Para López V, (2012) “ La altura del banco se establece a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de cargado y de las características del macizo rocoso” (p. 152-153). Tiene importancia la disposición estructural, durante la extracción se debe tener control de la dilución, alcance de los equipos, entre otros.

**Ancho del banco:** López, (2012) “Define al ancho del banco como el ancho mínimo del banco de trabajo, la suma de los espacios necesarios para el movimiento de los equipos que trabajan en ellos simultáneamente” (p. 154-155).

La figura 12 muestra, los tres procesos básicos que ocurren en el interior de un banco de trabajo: (P) perforación, (c) carga y (T) transporte.



**Figura 9.** Ancho del banco

**Nota:** Guiampu, (2018)

**Ángulo de cara del banco:** López, (2012) “Define al ángulo de cara del banco en función de dos factores: tipo de material y altura de banco. Cuanto más coherente y más bajo sea el banco, más vertical puede ser la cara del mismo y, por el contrario, cuanto más suelto y alto, más extendido será el banco. Así mismo, dependerá de las características estructurales y resistentes de los materiales, las cuales deberán ser determinadas geomecánicamente” (p.155).

**Ángulo de talud del banco:** Según López (2012) “Es el ángulo que forman la horizontal y la línea de máxima pendiente en la cara del banco” (p.144).

**Bermas:** López, (2022) afirma que: “Las bermas son espacios diseñados con el fin de proteger al detener y almacenar el material que se puede desprenderse de los frentes de los bancos superiores y plataformas de acceso o separación entre bermas, siendo función de las características geotécnicas del macizo rocoso. En el caso de que la berma se utilice para la circulación de vehículos, su anchura debe cumplir con lo establecido para las pistas de rodamiento” (p.156).

**Pistas y rampas:** Para López, (2022) sobre pistas y rampas aporta que: “Son caminos a través de los cuales se realizará el transporte de materiales rocosos dentro del área de explotación. Algunas rampas se utilizan exclusivamente como accesos a los frentes de trabajo de las máquinas que realizan el arranque, por lo que su uso es esporádico” (p.157).

#### **4.6 Métodos de Arranque en Minería a Cielo Abierto**

Están función de las propiedades de la roca como su resistencia, calidad, se elige el tipo de arranque para la extracción del material, siendo estos de tipo: manual, mecánico o fracturamiento con explosivo, que estarán determinados según el ciclo de trabajo.

##### **4.6.1 Método Manual**

Julio (2011) menciona, según el ciclo de trabajo, se puede definir el tipo de arranque:

“El arranque se realiza de tres maneras: con herramientas, con máquinas y con explosivos. Los dos primeros métodos sólo son rentables cuando las rocas a explotar son

relativamente blandas, tales como el carbón o los fosfatos. Cuando las rocas son duras es necesario acudir al arranque mediante explosivos. En el caso de las rocas ornamentales (mármol, granitos, pizarras), empleadas en arquitectura y construcción se utilizan herramientas de corte de diamante y voladuras muy cuidadosas con muy poca cantidad de explosivo”.

**Equipos y Maquinaria:** el arranque manual se realiza con herramientas como pico y pala.

#### **4.6.2 Método Mecánico**

Este método implica el uso de maquinaria pesada para arrancar y cargar los minerales. A continuación, se describe algunas de las maquinas utilizadas para el arranque:

**Excavadora:** Es una maquina empleada para la excavación y movimiento de tierras u otros materiales.

**Mototraíllas:** Según Piqueras, (2014) expresa lo siguiente: “las Mototraíllas son maquinas utilizadas para la excavación, carga, transporte, descarga y nivelación de materiales de consistencia media tales como tierras, arena, arcilla, rocas disgregadas, zahorras, entre otros” (párr. 1).

**Bulldozer:** Komatsu, (2023) menciona que: “Está máquina se caracteriza por ser un equipo potente capaz de roturar sobre cualquier terreno, además puede ser usado para una gran variedad de tareas de excavación y empleado para remolcar cargas bastante pesadas e incluso para movilizar otras máquinas de menor tamaño” (p.8).

#### **4.6.3 Método por Perforación y Voladura**

De acuerdo a Julio (2011) “Al aplicar el método de perforación y voladura se requiere hacer barrenos o agujeros en la roca y distribuirlos de tal manera que a cada barreno se le dé una secuencia de detonación y vaya dando salida uno en secuencia de otro. Generalmente para hacer dichos barrenos se utilizan máquinas neumáticas conocidas como martillo de fondo integrado mientras que para las voladuras se usa explogell, dinamita, Anfo y accesorios como: retardos, mecha lenta, entre otros” (párr. 3).

## 5. Metodología

La presente investigación fue de carácter analítico y experimental, con enfoque mixto tanto cualitativa como cuantitativa.

El estudio se enfocó en mejorar el método de arranque basado en la caracterización del macizo rocoso ubicado en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al GAD Municipal de Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe, cuyo objetivo se basó en mejorar la producción y productividad, reduciendo costos innecesarios.

### 5.1 Ubicación y Acceso al Área de estudio

#### 5.1.1 Ubicación

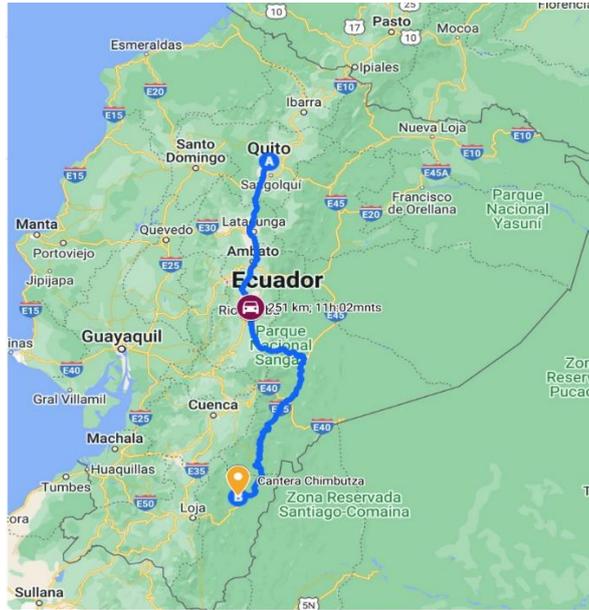
La Cantera Chimbutza código catastral 50001325 se encuentra ubicada políticamente en la provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Yantzaza, parroquia Yantzaza (*Anexo I*), geográficamente el área cuenta con una superficie total de 4 hectáreas, localizándose en la parte sur oriental del Ecuador, Cantón Yantzaza, las coordenadas de ubicación del área se detallan en la tabla 21:

**Tabla 21.** Coordenadas de ubicación del área de estudio “Cantera Chimbutza”

UTM/PSAD56, Zona 17S		
Punto	Este	Norte
<b>P. P</b>	750743	9584427
<b>P.1</b>	750300	9582200
<b>P.2</b>	750500	9582200
<b>P.3</b>	750500	9582000
<b>P.4</b>	750300	9582000

#### 5.1.2 Acceso

El acceso se lo realiza por vía terrestre partiendo desde la ciudad de Quito, siguiendo la carretera Panamericana Troncal de la Sierra E35, seguido se toma la ruta Panamericana E20 Amazónica y de allí se toma la ruta E45 llegando al cantón Yantzaza que continua hasta la parroquia de Chimbutza la cual es una vía de segundo orden, que se rige por tener el trayecto del Río Chicaña, llegando de esta manera a la Cantera, el tiempo de recorrido estimado es de 11:09 H, con un recorrido de 651 Km.



**Figura 10.** Acceso y recorrido del área de estudio

**Nota:** Tomado de Google Maps (2023)

## 5.2 Descripción biofísica del área de estudio

### 5.2.1 Clima

#### 5.2.1.1 Isoyetas

El análisis de isoyetas se lo realizó de acuerdo a los anuarios de 20 años de las estaciones Yantzaza, Paquisha y El Pangui, estos datos de precipitación fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, las isoyetas para la cantera de explotación se muestran en la tabla 22, la Figura 11 evidencia el mapa de isoyetas de la concesión, para una mejor visualización (Ver *Anexo 2*).

**Tabla 22.** Clasificación de Isoyetas de la zona de estudio.

Nº	Clasificación	Rango (mm)
	Húmedo	750-2000
	Muy Húmedo	2000-2500
	Lluvioso	2500-3000
	Lluvioso	3000-4000

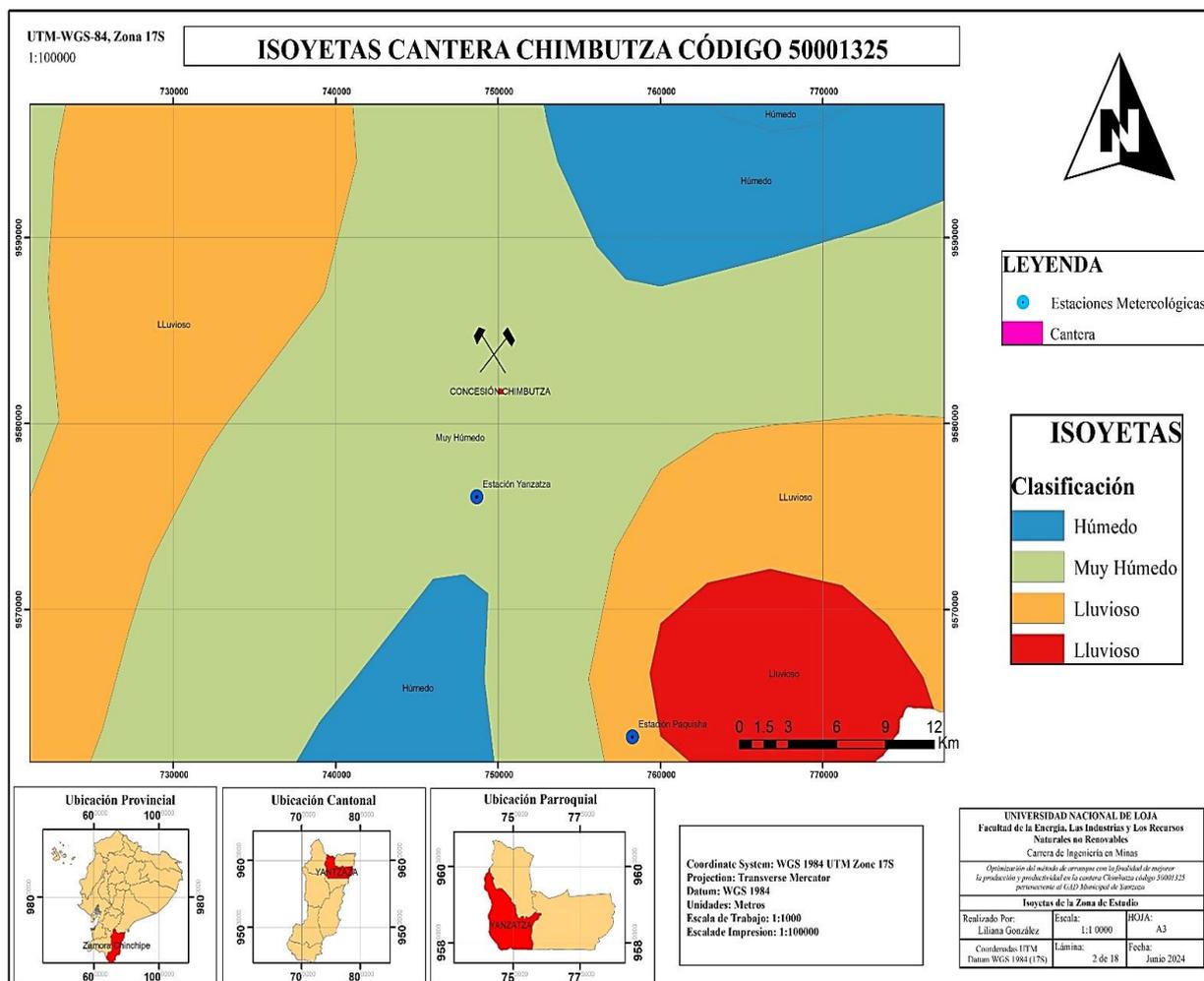


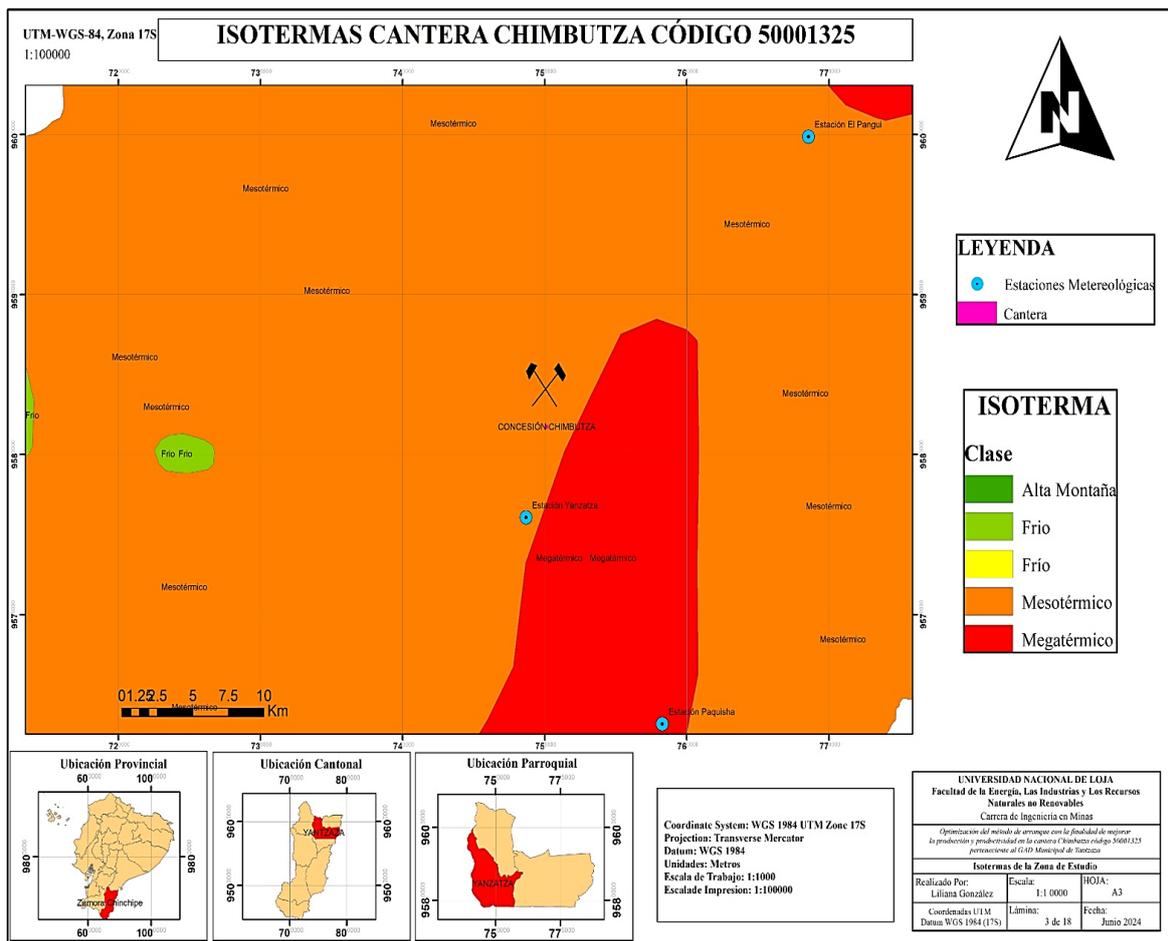
Figura 11. Mapa de isoyetas para el área de estudio

### 5.2.1.2 Isotermas

El análisis de isotermas se lo realizó de acuerdo a los anuarios de 20 años de las estaciones Yantzaza, Paquisha y El Panguí, estos datos de temperatura fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, las isotermas para la cantera de explotación se muestra en la siguiente tabla, (Ver Anexo 3).

Tabla 23. Clasificación de isotermas de la zona de estudio

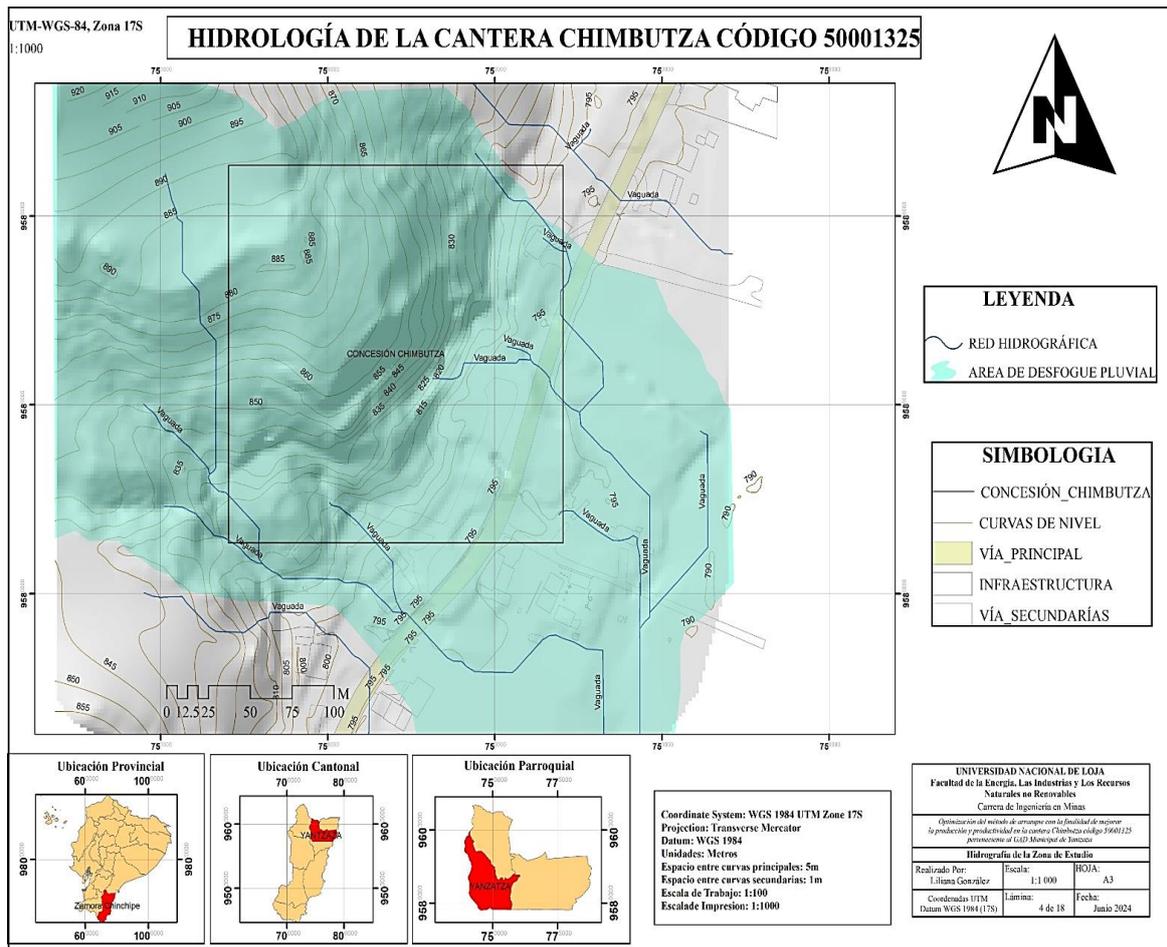
N°	Clasificación	Rango (°C)
1	Alta Montaña	6-8
2	Frío	8-10
3	Frío	10-12
4	Mesotérmico	12-22
5	Megatérmico	22-24



**Figura 12.** Mapa de isotermas para el área de estudio

### 5.2.2 Hidrología

Mediante el estudio hidrológico de la zona de estudio podemos conocer y valorar sus características hidrológicas (vaguadas) y geomorfológicas de la cantera, analizar y tratar la información hidrometeorológica existente en la zona, analizar y valorar la escorrentía mediante y obtener los caudales sintéticos (vaguadas) en épocas de mayor precipitación, (Ver *Anexo 4*).



**Figura 13.** Mapa hidrológico para el área de estudio

### 5.2.3 Geomorfología

El análisis geomorfológico se lo realizó a manera de conocer cómo va cambiando y evolucionando en función de los factores naturales que lo afectan, lo que más ha contribuido con dichos cambios es la intervención humana (cantera de explotación). Factores naturales como lluvia, la actividad tectónica y la erosión, entre otros, teniendo como resultado actual, la clasificación que se muestra en la siguiente tabla: (Ver *Anexo 5*).

**Tabla 24.** Clasificación Geomorfológica de la zona de estudio

N°	Clasificación
1	Llanuras onduladas ligeramente diseccionadas
2	Llanuras colinosas ligeramente diseccionadas
3	Lomeríos medianamente diseccionados

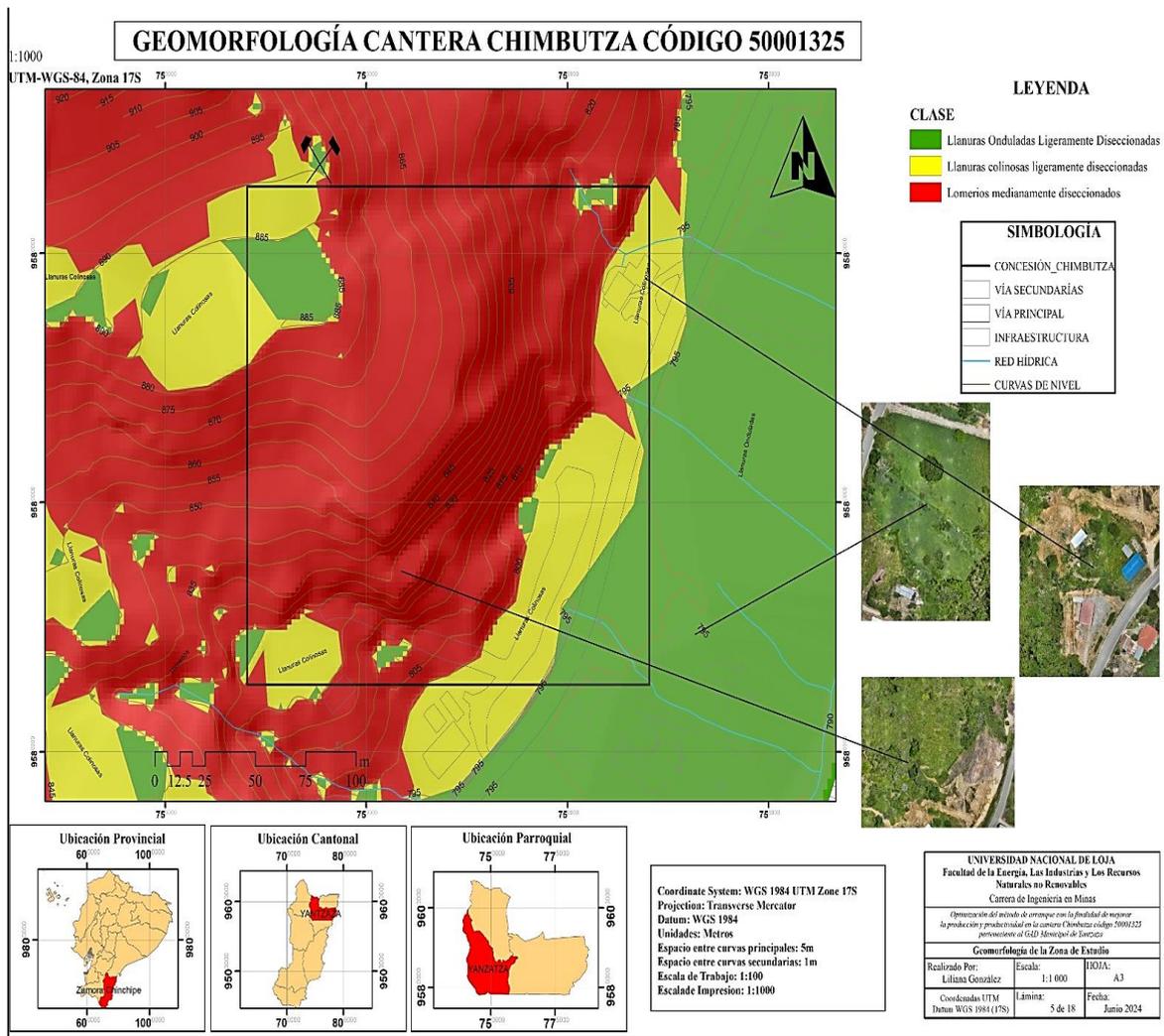


Figura 14. Mapa geomorfológico para el área de estudio

#### 5.2.4 Geología Regional

La geología regional de la zona de estudio se identificó de a la Hoja Geológica Paquisha a escala 1:100000, ya que la ubicación de la cantera se posiciona sobre esta hoja geológica, de la cual se identificaron las siguientes formaciones como formaciones de influencia y que fueron corroboradas al momento de elaborar la geológica local.

**Complejo Intrusivo Zamora (Jz).** (Litherland et al, 1994) “Un gran porcentaje aflora en la hoja geológica. Importantes afloramientos se encuentran en el río Ungumiatza (UTM: 743 404E/9 588 346N), al oeste del sector de Guaguayme Alto, Contrafuerte de Cutuntza (UTM: 739 308E/9 560 828N), sector de San Francisco (UTM: 731 931E/ 9 563 060N) y a lo largo de la vía Guadalupe-La Paz. Comprende granodioritas, Su composición mineralógica característica es plagioclasa, anfíbol, piroxeno y cuarzo. Este batolito se encuentra meteorizado, deleznable. En algunos lugares se presenta cortado por un gran número de diques volcánicos de andesitas-basálticas y por Intrusivos más jóvenes de diferente composición. Este batolito se

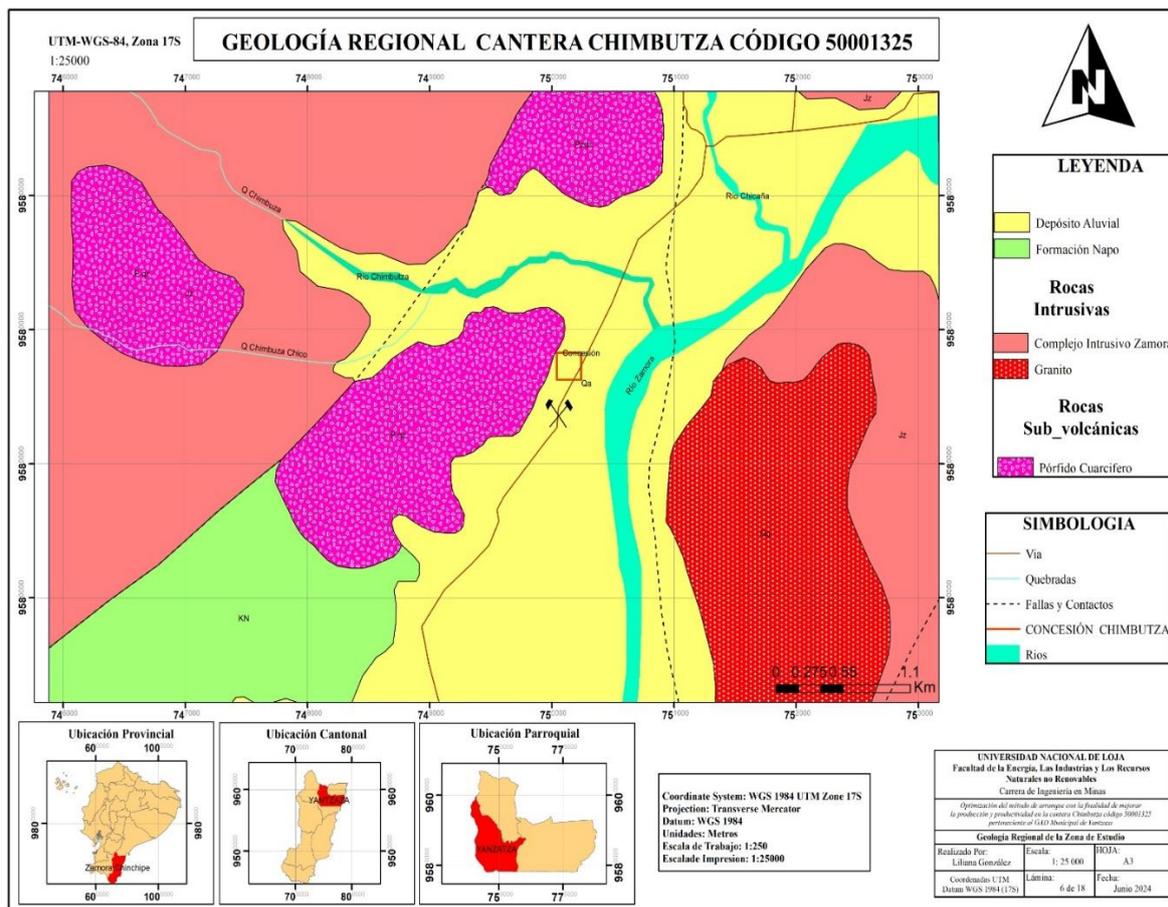
encuentra afectando al volcanismo Jurásico, en algunos sectores se observa que está sobreyacido por la secuencia sedimentaria del Cretácico de la cuenca Oriente. Su edad está entre 150 y 165 Ma. y cambien se reporta una edad de 210 Ma” (Litherland et al, 1994).

**Formación Napo (Kn).** Según Watson y Sinclair, (1927) “Se la encuentra al noroeste de Yantzaza, con claros afloramientos en la vía perimetral de la base población de Yantzaza y en las quebradas de Pita y Yantzaza. South. Litológicamente se encuentran lutitas calcáreas de color negro, de Aspde textura filítica a pizarrosa, se presentan físoles y ocasionalmente se evidencia la estratificación. En el sector de Yantzaza, en la quebrada Baby, de Pita Alto, estas rocas fueron afectadas por un pórfido cuarcífero, que las está deformando especialmente en sus contactos y como resultado se tienen plegamientos locales y un leve metamorfismo de contacto”. Según Duque, (2000) “La Formación Napo sobreyace en concordancia a la Formación Hollín "En el sector de Yantzaza se encuentra en contacto relación tectónico con el Complejo Intrusivo Zamora e intruida por un pórfido de cuarzo. Debido a la rica fauna de foraminiferos y ostrácodos se ha podido determinar una edad que va del Albiense al Santoniense resource”.

**Depósitos Aluviales (Qa).** “Los depósitos aluviales más La G importantes se encuentran en las riberas de los ríos Zamora, Lithe Yacuambi, Chicaña y en las quebradas principales. Consisten de cantos, gravas redondeados y arenas subredondeadas, es material transportado por los ríos y su composición depende de las unidades litológicas por donde atraviesa cabe mencionar que en algunos sitios tres de estos aluviales se ejecutan labores de extracción de oro”.

**Granito (Gg).** “Son cuerpos que afloran en la quebrada de Cumbaratza (UTM: 732 431E/9 558 262N). La Hueca (UTM: Uni 743 206E/9 567 411N). sector El Carmelo (UTM: 738 256E/ 9 575 087N) y al norte de la quebrada de Wintza (UTM: 747 856E/ Rom 9 586 040N). Mineralógicamente están compuestos de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, hornblenda poca biotita y a veces clorita des como mineral de alteración”.

**Pórfidos cuarcíferos (Pqz).** “Se localizan al sur del río Chimbutza (UTM: 746 317E/9 576 247N) y al oeste de Yantzaza en la ad quebrada Yantzaza. Se encuentran afectando al Batolito de Zamora y a las rocas de la Formación Napo lo que provoca un metamorfismo de contacto y deformación. Son pórfidos hidrotermales de color blanco con un alto contenido de sílice y mineralizado con pirita, arsenopirita y as desarrollo de óxidos de hierro. Al estar afectando a las secuencias son cretácicas se interpreta que pertenecen al post-Cretácico”. (Ver *Anexo 6*).



**Figura 15.** Mapa geológico regional para el área de estudio

### 5.3 Materiales

Los materiales, equipos y softwares utilizados para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en la presente investigación y que sirvieron como base para la recolección de datos y realización del proyecto se describe en la Tabla 25:

**Tabla 25.** Listado de Materiales y Equipos

Materiales y Equipos		
Campo	Laboratorio	Oficina y Softwares
Libreta de Campo	Microscopio	Computadora
Martillo Geológico	Muestras de roca	Impresora
Esclerómetro	Ácido Clorhídrico	Flash memory
Lupa 20x		Software ArcGIS
Carta geológica		Google Earth Pro
Brújula, GPS		Software Recmin
Escalímetro		Software AutoCAD
Cinta Métrica		
Casco		
Chaleco Reflectivo		
Zapatos de Campo y guantes		

## 5.4 Procedimiento

Para el presente trabajo de investigación acorde al procedimiento realizado tanto en campo como en laboratorio, se ordenó sistemáticamente junto con el material necesario para el cumplimiento de las actividades planteadas, lo cual se obtuvo:

1. Recopilación de información preliminar y datos preliminares.
2. Visita de campo y reconocimiento visual del área de estudio.
3. Elaboración de fichas de campo:
  - Ficha de descripción de afloramientos ver en Anexo 7.
  - Ficha geológica para análisis de muestras macroscópicas ver en Anexo 8.
  - Fichas para la Zonificación Lito-estructural ver en Anexo 9.
  - Fichas para la caracterización geomecánicamente ver en Anexo 10.
4. Organización de material y equipo de campo.

La metodología utilizada para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos propuestos en la presente investigación se dividió en 4 etapas:

**Fase preliminar:** En esta fase se efectuó la revisión bibliográfica previa en la que se incluyen proyectos, libros y manuales que hacen referencia al sistema, procedimientos y método utilizados en investigaciones similares que guardan relación con la explotación a cielo abierto, diseños de mallas de voladuras, selección de explosivos a utilizar para la extracción de materiales de construcción; con todos los criterios y definiciones encontrados se realizó un diagnóstico del sistema de arranque actual, los cuales sirvieron de base para la selección y aplicación idónea del método de arranque y con esto llegar al resultado esperado.

**Fase de campo:** Consistió en la visita y reconocimiento visual del área de estudio, la caracterización del área, realizar el levantamiento topográfico y geológico de los afloramientos los cuales nos permitieron identificar la litología y establecer las zonas geomecánicas, finalmente se tomó datos insitu, que sirvieron para la caracterización del macizo rocoso.

**Fase laboratorio:** Aquí se llevó a cabo la determinación de las propiedades físico-mecánicas de las rocas como: ensayos de peso específico (real y aparente), porosidad, densidad, contenido de humedad y resistencia a la compresión simple.

**Fase de oficina:** Consistió en la elaboración del mapa topográfico, interpretación de la información que a partir de esto y con la información recolectada de la litología se confeccionó la geología del área de estudio. Seguidamente se tomó la información la cual se interpretó y permitió valorar el comportamiento del macizo rocoso.

### 5.4.1 Metodología del primer objetivo

**Objetivo específico 1:** Caracterizar el macizo rocoso de la Cantera Chibutza al considerar las propiedades geomecánicas.

#### 5.4.1.1 Levantamiento topográfico

En el campo, se llevó a cabo el reconocimiento del área de estudio. Luego, se realizó el levantamiento topográfico utilizando un vehículo aéreo no tripulado (Dron) equipado con una cámara fotográfica de alta resolución, estabilizadores de cámara y GPS RTK (Real Time Kinematic) integrados. Se obtuvo fotos áreas georreferenciadas, modelamiento en 3D, generación de la ortofoto y las curvas de nivel. Antes de la ejecución, se planificó el vuelo del dron definiendo la zona a mapear y estableciendo los puntos de referencia necesarios.

El levantamiento topográfico del área de estudio se lo realizó de la siguiente manera:

- Primeramente, se planificó la ruta de vuelo con los 11 puntos de control ubicados en el polígono, esta planificación se llevó a cabo mediante el uso del software Google Earth Pro, ver en figura 16.



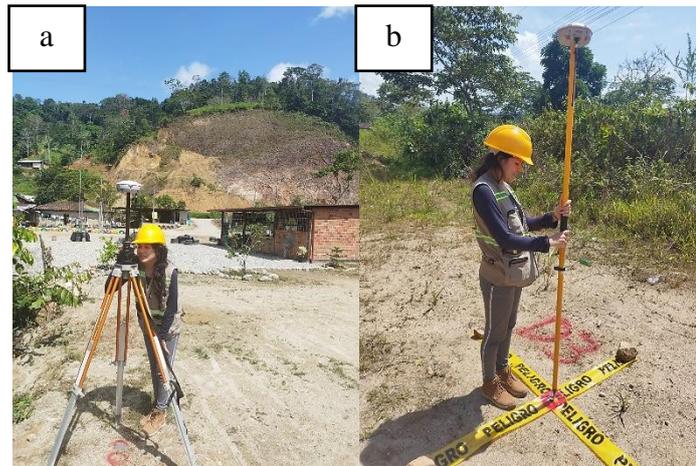
**Figura 16.** Puntos de control

- Se colocó puntos de control visibles con la ayuda de una cinta de color amarilla de 20 cm de ancho junto con su codificación, su colocación fue cautelosa para poder ser localizado a altura por el Dron.



**Figura 17.** Ubicación de los puntos de control

- Seguidamente con la estación GPS RTK ubicada en un punto fijo se levantó los 11 puntos de control, se hizo el registro de las coordenadas y correcciones para ello se utilizó el datum WGS 84 Zona 17 Sur.



**Figura 18.** a) Estación GPS RTK, b) Levantamiento de los puntos de control

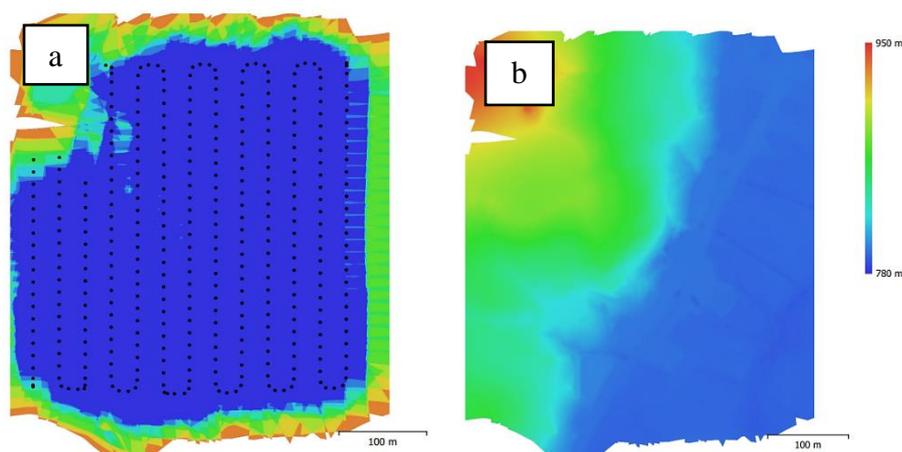
- Con el vuelo del Dron iniciado se tomó un total de 391 imágenes de las cuales 368 estuvieron alineadas, a una altura de 73m, con una resolución del terreno de 1.9 cm/pix, cubriendo un área total de 21,6 hectáreas. Las fotos tuvieron un traslape horizontal de 76.1 %, lo que indica una superposición entre las imágenes captadas por el dron.



**Figura 19.** Inicio del vuelo con Dron

- El proceso que permitió obtener el modelo 3D del terreno consistió, primeramente, en la descarga de los datos almacenados como puntos e imágenes tomadas con el Dron durante el vuelo, luego se realizó el procesamiento y la superposición de las fotografías con el empleo del software Agisoft Metashape con la ayuda de los puntos de control tomados, creando la nube de puntos, la

superposición de imágenes, y la creación de modelos digitales de elevación (MDE) en 2D y 3D.



**Figura 20.** a) posicionamiento y solapamiento de imágenes, b) Modelo digital de elevaciones

- Finalmente, se llevó a cabo la creación de la ortofoto mediante el procesamiento de las fotografías en el software Agisoft Metashape el cual se encargó de superponer estas fotografías, además se subió a este programa los puntos de control levantados en campo para georreferenciar la ortofoto.



**Figura 21.** Ortomosaico de la cantera Chimbutza

Obtenida la ortofoto de la Cantera Chimbutza, utilizando el software ArcGIS 10.5 se elaboró el mapa topográfico a escala 1:100 con curvas principales cada 5 m y secundarias cada 1 m georreferenciadas geográficamente con el Datum: WGS 1984 Zona 17 Sur.

#### **5.4.1.2 Caracterización geológica en superficie**

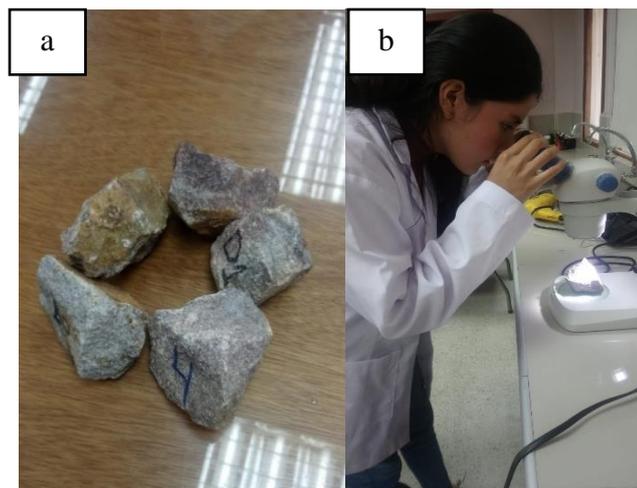
**Fase de campo:** Para el levantamiento geológico primero se llevó a cabo un recorrido por el área de estudio, donde se identificó visualmente las zonas de interés en base a la litología

y discontinuidades presentes en cada uno de los afloramientos utilizando la ficha de descripción de afloramientos (Anexo 7), además se tomó como referencia la carta geológica regional de Paquisha escala 1: 100.000, perteneciente a la serie J62 – G, Hoja 76, Ñ VI-E. el cual permitió determinar las formaciones geológicas influyentes.



**Figura 22.** Reconocimiento del área de estudio cantera Chimbutza

Una vez identificados los afloramientos y plasmando sus datos obtenidos en la ficha de caracterización geológica en superficie, seguidamente se recolectó muestras de mano y se determinó el tipo de roca para ello se utilizó la ficha geológica ver (*Anexo 8*) de las diferentes zonas litológicas.



**Figura 23.** Análisis macroscópico de las muestras: **a)** muestras de mano tomadas insitu, **b)** Análisis con el microscopio petrográfico

### **Fase de gabinete**

Con la información obtenida en la fase de campo se procedió al tratamiento de los datos, de la siguiente manera:

- Se inicio la creación de una base de datos Excel, la cual contiene coordenadas de afloramientos y litologías identificadas esto en coordenadas DATUM WGS-84 y

PSAD-56. Para el desarrollo y mayor facilidad de trabajo se estableció el Datum WSG-84 como sistema de coordenadas en el Software ArcMap 10.5.

- Posterior se sobrepuso la topografía, y se generó los shapefiles de los afloramientos con la información de litologías, esto facilitará la visualización de los puntos muestreados en campo.
- Seguidamente, se trazó los polígonos que representan la geología local, considerando la homogeneidad de las litologías levantadas y observadas en los afloramientos.
- Una vez definidos los polígonos correspondientes a las litologías presentes en la cantera, se procedió a realizar el trazado y coloración siguiendo la metodología del Instituto de Investigación Geológico y Energético para elaboración de mapas geológicos.
- Finalmente se realizó un corte geológico que permitió interpretar el orden de las litologías que afloran dentro del área minera.

#### **5.4.1.3 Determinación de las propiedades físico-mecánicas del Macizo Rocoso**

Para determinar las propiedades se realizaron ensayos en el laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

- ***Propiedades físicas***

En base a la norma ASTM (2023), se siguió en su orden los siguientes pasos:

- 1) En campo se tomó una muestra de roca por cada zona o cambio de litología (figura 24), se la codificó con el propósito de diferenciarla aplicando criterios de cadena de custodia, la muestra no debe de exceder de los 300 gramos.



**Figura 24.** Muestras de roca obtenidas para la determinación de los ensayos físicos-mecánicos.

- 2) En laboratorio se procedió a pesar la muestra traída de campo, obteniendo así el peso natural (figura 25).



**Figura 25.** Determinación del peso natural por cada muestra de roca

- 3) Se sumergió la muestra durante 24 horas en agua destilada (figura 26a) y posteriormente se la peso obteniendo su peso saturado (figura 26b), con la muestra humedecida se obtuvo su peso sumergido, para obtener este peso se sumergió la muestra con la ayuda de un cordel y se la colocó en un vaso de precipitación con agua destilada, (figura 26c).



**Figura 26.:** a) Muestras sumergidas por 24 horas en agua destilada, b) Peso saturada por cada muestra de roca, c) Peso sumergido por cada muestra de roca

- 4) Una vez que se obtuvo el peso natural, saturado y sumergido a las muestras se las puso en el horno por un tiempo de 24 horas (figura 27a) para obtener su peso seco con ayuda de la balanza analítica, (figura 27b).



**Figura 27.** a) Muestras puestas por 24 horas en el horno a una temperatura de 105°C, b) Peso seco por cada muestra de roca

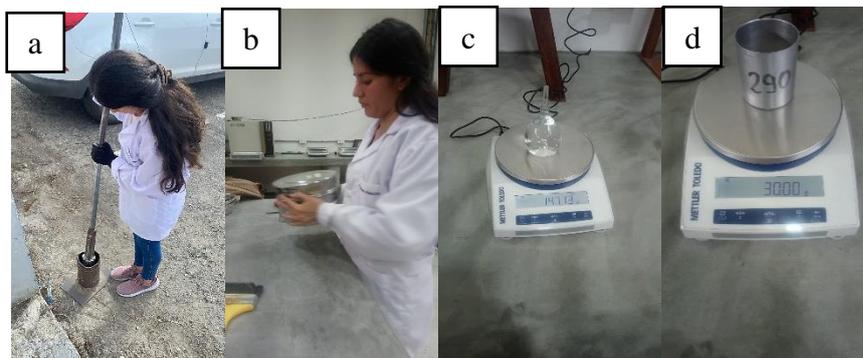
5) El peso aparente se calculó aplicando la siguiente fórmula:

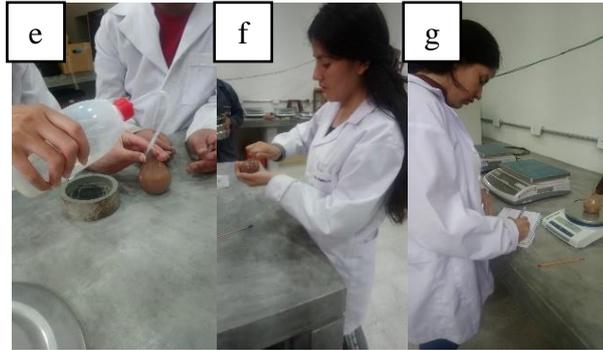
$$\rho_a = \frac{W_{seco}}{W_{saturado} - W_{sumergido}} \times \rho_w \text{ [gr/cm}^3\text{]}$$

Donde:

$\rho_w$ : El peso específico del agua a temperatura ambiente de 18 °C equivalente a 0.9986 gr/cm<sup>3</sup>.

6) Para el peso específico real, se realizó el ensayo del picnómetro, primero se pulverizaron las muestras de roca (figura 28a), luego se las pasó por un tamiz de malla #200, (figura 28b), seguidamente se procedió a pesar el picnómetro vacío y luego lleno con agua destilada (figura 28c), luego en una capsula metálica se pesó 30 gramos de cada muestra (figura 28d) y se las colocó en el picnómetro con un cuarto de agua destilada (figura 28e). Para finalizar este ensayo se eliminó las burbujas de aire agitando suavemente el picnómetro, e inclinándolo un poco para liberar estas burbujas (figura 28f) y se llenó por completo el picnómetro, obteniendo se así su peso, (figura 28g).





**Figura 28.** a) Pulverización de las muestras, b) Pasante por el tamiz #200, c) peso del picnómetro vacío y lleno con agua destilada, d) 30 gramos de muestra tamizada en la capsula metálica, e) Colocación de muestra en el picnómetro más un cuarto destilada, f) Eliminación del aire sobrante, g) Medida del peso del picnómetro mas muestra mas agua destilada.

- 7) Finalizando el ensayo y tomados los datos, se optó aplicar la siguiente expresión:

$$\rho_r = \frac{W_{pulverizada}}{W_2 + W_{pulverizada} - W_1} \times \rho_w \quad [gr/cm^3]$$

Donde:

$W_2$  = Peso del picnómetro + agua

$W_{pulv}$  = Muestra pulverizada

$W_1$  = Peso del picnómetro + agua + muestra pulverizada.

$\rho_w$  = se consideró el peso específico del agua a temperatura ambiente de 18 °C equivalente a 0.9986 gr/cm.

- 8) Se calculó la porosidad en base a la siguiente fórmula:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right) \times 100 (\%)$$

- 9) La Absorción se calculó entre la razón del peso del agua absorbida y el peso de la muestra seca, los valores serán reflejados en la siguiente expresión:

$$C_{abs} = \left(\frac{W_{aire} - W_{seco}}{W_{seco}}\right) \times 100 (\%)$$

- 10) El contenido de humedad se la determinó mediante siguiente fórmula donde se tomó en cuenta el peso saturado y el peso seco obtenidos anteriorente.

$$C.H. = \left(\frac{W_{sat} - W_{seco}}{W_{seco}}\right) \times 100 (\%)$$

- Finalmente, la gravedad especifica toma en cuenta el peso de la muestra con el agua. Su cálculo se realizó tomando como referencia la siguiente expresión:

$$GS = \left(\frac{W_{seco}}{W_{seco} + W_2 - W_{s1}}\right) \times \rho_w$$

- **Propiedades Mecánicas**

- *Ensayo de compresión simple:*

De igual manera para las propiedades mecánicas se obtuvo un total de 5 muestras de roca de buena calidad cuyo objetivo fue de caracterizar el macizo de roca aplicando criterios geomecánicos.

Para la ejecución del ensayo se utilizó cubos de roca de 5x5x5cm (figura 29a) esto debido al grado alto de fracturamiento del macizo rocoso que negó la obtención de testigos de roca, inicialmente se tomaron las medidas de las aristas de cada cubo de roca con ayuda del pie de rey (figura 29b), posteriormente se pesó los cubos (figura 29c), los datos obtenidos fueron ingresados en el tablero, se elevó la palanca del paso de aire y se dio inicio al ensayo (figura 29d), se tomó los datos arrojados por la prensa y un registro fotográfico de la rotura producida.



**Figura 29.** Ensayo de compresión simple: a) Obtención de muestras cubicas (5x5x5cm), b) Medida de peso del cubo, c) Medida de alto, ancho y largo del cubo (pie de rey), d) Ingreso de los datos a la prensa hidráulica e inicio del ensayo a la resistencia simple.

Para el cálculo del RCS se determinó según la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{FC}{A} = \frac{\text{Fuerza de compresión aplicada}}{\text{Área de aplicación}} \text{ (MPa)}$$

#### 5.4.1.4 Caracterización geomecánica por criterios de calidad del macizo rocoso

Ya definidas las zonas litológicas se procedió a dividir el macizo rocoso en diferentes zonas de comportamiento lito-estructural empleando la ficha de zonificación (ver *Anexo 9*). La metodología aplicada se basó en la línea de escaneo cada 10m (figura 30a), según como lo propone Nixon López (2023), la línea de escaneo estableció los datos a lo largo del macizo rocoso. Posteriormente, se llevó a cabo el levantamiento de los datos estructurales para ello se utilizó una brújula se tomó como datos el Dip y Dip Direction. Además, se registró la ubicación de las distintas zonas antes definidas.

Para la caracterización del macizo rocoso alojado en la cantera se tomó como base la ficha de toma de datos del macizo rocoso la cual se la lleno en campo, (Ver *Anexo 10*), la recopilación de datos geomecánicos se realizó a través de una campaña de levantamiento

geotécnico, durante la cual se identificó el número de familias de diaclasas con sus respectivas medidas presentes en el macizo rocoso como:

- Con ayuda de una cinta métrica de 3 m, se determinó el espaciado para cada familia de discontinuidades. La descripción y valoración del espaciamiento depende del espaciado que existe entre las juntas en la tabla 5.
- La apertura se determinó tomando medidas para cada familia utilizando una regla graduada en mm y se seleccionó el valor promedio dentro del rango de valores estimados según la Tabla 7.
- Para el relleno con ayuda de una lupa de 20x se determinó el tipo de material de relleno en las fisuras, los datos obtenidos se estimaron según los rangos de valores descritos en tabla 13.
- La rugosidad se la estimó visualmente a partir de los perfiles estándar utilizando el peine de Barton como se muestra en la Figura 2.
- Visualmente se determinó la meteorización considerando las siguientes condiciones: fresca, ligeramente, moderadamente, altamente, completamente meteorizada y suelo residual. El grado de meteorización se determinó según la tabla 1.
- Las filtraciones en las discontinuidades se las determinó visualmente, tomando en cuenta si existen discontinuidades con o sin relleno, su valoración se estimó según la descrito en la tabla 14.
- Para la orientación, se tuvo en cuenta dos casos, según la tabla 15, cuando el rumbo es perpendicular al eje y cuando es paralelo.





**Figura 30.** Levantamientos de datos de las discontinuidades: **a)** Determinación de línea de escaneo, **b)** Buzamiento y dirección de buzamiento (Brújula Burton), **c)** separación entre juntas, **d)** Longitud de la junta, **e)** Apertura entre juntas, **f)** Rugosidad (peine de Barton)

Una vez obtenidas las propiedades física-mecánicas, se procedió a ordenar y sumar los parámetros medidos en campo con el objetivo de realizar la clasificación de la calidad del macizo rocoso con ayuda de los métodos propuestos por Bieniawski RMR (Tabla 17) y Romana SMR (Tabla 20).

### ***RQD***

El cálculo del RQD se lo determinó en base al número de discontinuidades presentes en el macizo rocoso por metro cúbico, utilizando la siguiente fórmula empírica propuesta por Palmstron (2005), ya que no es posible obtener núcleos de perforación en el macizo rocoso fracturado:

$$RQD = 110 - 2.5 Jv$$

Donde:

$Jv$ : índice volumétrico de fisuras por cada  $m^3$

$$Jv = \sum \left( \frac{1}{SMi} \right)$$

$SMi$ : Espaciado o separación medio de cada fisura en metros.

### ***RMR***

Para el cálculo del RMR se utilizó el método propuesto por Bieniawski 1989, donde se determinó la clase del macizo rocoso, que varía de Clase V muy bueno a Clase I muy mala, en donde se le otorgará una valoración a cada parámetro de acuerdo a los datos tomados en campo, RQD, el resultado del ensayo de compresión (Ver Anexo 11); mediante la siguiente expresión:

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

### ***SMR***

Para el cálculo del SMR se utilizó el método propuesto por Romana, el cual cuenta con un índice RMR básico sumando un "factor de ajuste" que está dado en función de la orientación

de las juntas (producto de tres subfactores) y un "factor de excavación". De acuerdo a la fórmula descrita:

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3 * ) + F4$$

**Tabla 26.** Valoración Geomecánica con los métodos de Bieniawski RMR y Romana SMR

Zona	RDQ	Calidad de la Roca	RMR básico	Clase -Calidad del Macizo	SMR	Clase – Calidad del Macizo
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-

**Nota:** Bieniawski, (1989)

Con la clasificación geomecánica realizada, se elaboró un mapa del índice de calidad de roca (RDQ), un mapa del RMR y un mapa del SMR tanto para el tipo de rotura vuelco como en cuña, estos mapas fueron generados en el software ArcGIS 10.5 para cada una de las zonas geomecánicas.

#### 5.4.2 Metodología del segundo objetivo

**Objetivo específico 2:** Optimizar el método de arranque y realizar el dimensionamiento geométrico de los bancos de explotación, mediante el análisis detallado de las propiedades geomecánicas del macizo de roca en función del sistema de explotación empleado en la Cantera Chimbutza.

Con base en los datos obtenidos en el primer objetivo, se realizó un análisis de la morfología y relieve de la zona de explotación. Este análisis se complementó con información relevante obtenida durante el proceso productivo, así como datos de carácter geomecánico. No se limitó únicamente a utilizar esta información para el análisis en cuestión, sino que también se recopilaron datos adicionales que me permitió obtener una comprensión más completa del enfoque actual de trabajo.

- **Análisis del Ciclo de Producción Actual:**

Se realizó un análisis del ciclo de producción actual donde se recopiló información sobre el proceso de explotación en las etapas de arranque, carga y transporte. Para ello, se utilizaron fichas y el levantamiento topográfico.

#### Ciclo de Trabajo:

- **Tiempos de producción:**

Los tiempos de producción pueden dividirse en dos componentes como son: tiempo fijo y tiempo variable.

- **Tiempo fijo**

Es el tiempo empleado por la máquina para hacer las maniobras carga y descarga. Este tiempo se lo tomó con la ayuda del cronómetro del celular donde se registró estos tiempos para

luego ser plasmados en la ficha del Anexo 18, denominada Ficha de registro de tiempos de producción por jornada de trabajo.

- **Tiempo variable**

Es el tiempo de la máquina en realizar el transporte del material y regresar vacío, teniendo en cuenta la distancia y velocidad que se demora.

Una vez que se determinó el tiempo del ciclo, se procedió a establecer el número de ciclos por hora, mediante la siguiente fórmula:

Número de ciclos por hora:

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{T \text{ ciclo (min)}}$$

- **Análisis del rendimiento de la maquinaria**

Este análisis se lo determinó en función de la maquinaria disponible en la etapa de explotación y según las operaciones mineras presente en la Cantera.

- **Estimación de costos**

Con ayuda de la información brindada por la empresa sobre los costos de producción y los datos obtenidos sobre el rendimiento de la maquinaria, se realizó el cálculo de la estimación económica para determinar los costos mensuales de producción, tanto directos como indirectos.

### **5.4.3 Metodología del tercer objetivo**

**Objetivo específico 3:** Diseñar el método de arranque a fin de incrementar la producción en el ciclo de trabajo de la Cantera Chibutza.

Para la realización del diseño del método de arranque, se basó primeramente en seleccionar el sistema de explotación adecuado a las características del material. Además, se realizó un análisis de las reservas que se encuentran en la explotación en base al levantamiento topográfico, geológico y determinación de la calidad del material, con esta información se hizo los cálculos de las reservas.

Con toda la información recopilada, se procedió a la elección del método de arranque, ya sea mediante arranque mecánico o perforación y voladura, en función de la resistencia de la roca y los parámetros geométricos, obtenido esto se realizó los cálculos necesarios de cada uno de los parámetros técnico-mineros, siguiendo la metodología propuesta por Noguel y Recio (2001) en su libro Trabajos a Cielo Abierto.

Continuamente, se detalló las operaciones mineras del ciclo de trabajo, las características de los equipos y maquinaria a utilizar.

En el arranque mecánico, se determinó qué maquinaria está presente y se verificó que estuviera en buenas condiciones.

En caso de arranque por voladura se definirá el tipo de voladura junto con sus parámetros fundamentales, la frecuencia y el número de voladuras. Además, en caso de ser necesario se establecerán los tiempos estimados para realizar las operaciones de perforación y traslado del material, proporcionando un marco temporal preciso para la ejecución eficiente de estas actividades.

- **Selección del método de arranque**

La elección del método de arranque dependió de las propiedades del macizo rocoso, la disponibilidad de medios técnicos y las exigencias en la calidad de la materia prima. Las rocas blandas pueden ser excavadas con cualquier equipo de arranque, en este caso la preparación del macizo se conjuga con la excavación y se realiza con el mismo equipo. En las rocas duras, la excavación se realiza con equipos de mayor potencia y el macizo se prepara mediante explosivos, esto estará en dependencia de la fortaleza de la roca. (Luengo y González 2004).

Para seleccionar el método de arranque de la roca se tomó en cuenta las características geomecánicas del macizo, que incluyen las propiedades másicas, de resistencia, macro y micro estructurales; ya sea por los esfuerzos creados en él por la energía mecánica, la hidráulica o por la energía de las explosiones, que resulta la más difundida. Los parámetros geotécnicos: resistencia a la compresión, resistencia a la carga puntual y aquellos relacionados con el grado de agrietamiento de la roca, son considerados en la mayoría de las clasificaciones de excavabilidad como los parámetros de mayor influencia.

Es por ello que se propuso un sistema decisivo que permita establecer las categorías de excavación de rocas, tomando como referencia la siguiente tabla:

**Tabla 27.** Efecto de los Métodos de Excavación (Román 1996).

<b>Masa Rocoso</b>	<b>Compartimentación del Macizo Rocoso</b>	<b>Método de Excavación</b>	<b>Efecto</b>
	Masivo	Explosivos	Se crean grietas y fisuras (juntas de discontinuidad) en la masa. La presión de los gases que rellenan los nuevos huecos, desarregla el macizo produciendo un conjunto de fragmentos inconexos entre sí y, en su mayor parte, desplazados del frente, más manejables por otras herramientas. (1)
Roca Tenaz	Diaclasado y/o Estratificado	Explosivos	En la masa rocoso compacta se crean nuevas juntas. Los gases rellenan las juntas preexistentes o nuevas con el mismo efecto que el caso anterior, con fragmentación y despegue del frente. (2)

<b>Masa Rocoso</b>	<b>Compartimentación del Macizo Rocoso</b>	<b>Método de Excavación</b>	<b>Efecto</b>
		Explosivos (Pre voladura)	Solamente se busca la creación de juntas o la apertura de las preexistentes, es decir, la fragmentación en trozos más manejables por otras herramientas sin que se produzca el despegue. Es un desarreglo de la estructura. (3)
		Ripper	Desarreglo de la estructura convirtiéndola en un conjunto de fragmentos más manejables por otras herramientas, cuyo tamaño es función de la separación entre las juntas preexistentes y de su continuidad. (4)
Roca de Resistencia Media	Masivo	Explosivos	Mismo efecto que la 1, 2 y 3 aunque con menor consumo de explosivo.
	Diaclasado y/o Estratificado	Ripper	Mismo efecto que la 4 aunque con mayor rendimiento de excavación y menor consumo de botas.
		Explosivos	Mismo efecto que la 1, 2 y 3 aunque la mayor deformabilidad de la roca puede mermar la eficacia de la herramienta.
Roca Blanda	Masivo y Diaclasado	Ripper	Rotura de la masa creando nuevas juntas. Desarreglo de la nueva estructura convirtiéndola en un conjunto de fragmentos, más manejables por otras herramientas, cuyo tamaño es función de la separación entre las juntas preexistentes y las de nueva creación, así como de su continuidad. Si la roca es muy blanda la eficacia del Ripper puede disminuir.
		Bulldozer, Trahillas, Pala Cargadora.	Los dientes, inicialmente y, a continuación, la hoja de estas máquinas vence las pequeñas fuerzas de cohesión y las de fricción, separando una porción de material del resto del macizo pudiendo ser cargado o transportado a otra parte. Es el final del proceso de excavación.

**Nota:** Román F, (1996)

### **Parámetros del Diseño de la Cantera**

- **Profundidad de la Cantera:**

$$H_f = H_s - H_i$$

Donde:

$H_s$  = Cota mayor

$H_i$  = Cota menor

- **Altura del banco:**

$$H_b = 0.9 \times (Ab)$$

Donde:

$H_b$  = altura del banco, m

$Ab$  = alcance vertical máximo del brazo de la excavadora según catálogo, m.

- **Número de bancos:**

$$\# \text{ bancos} = \frac{H_f}{H_b}$$

Donde:

$H_f$  = profundidad de la cantera, m

$H_b$  = altura de los bancos, m

- **Ángulo de talud de banco:**

$$\alpha_1 = \tan^{-1} x (f)$$

Donde:

$R_{com}$  = Resistencia a la Compresión

$f$  = Coeficiente de resistencia de Protodyakonov =  $\frac{RCS (MPa)}{10}$

El valor de la resistencia obtenida, se categorizó en función de fortaleza establecida por Protodyakonov, como detalla la Tabla 28.

**Tabla 28.** Clasificación mecánica de rocas de Protodyakonov

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>f</b>
<b>Excepcional</b>	Cuarcita, basalto y rocas de resistencia excepcional	20
<b>Alta Resistencia</b>	Granito, areniscas silíceas y calizas muy competitivas	15 – 20
<b>Resistencia Media</b>	Calizas, granito algo alterado y areniscas	8 – 6
	Areniscas medias y pizarras	5
<b>Resistencia Baja</b>	Lutitas, areniscas flojas y conglomerados friables	4
	Lutita, esquistos y margas compactas	3
	Calizas, lutitas blandas	2
<b>Resistencia Muy Baja</b>	Lutitas fisuradas y rotas, gravas compactas y arcilla	1.5
	Arcilla y grabas arcillosas	1
	Suelos vegetales, turbas y arena húmeda	0.6
<b>Resistencia Muy Baja</b>	Arenas y gravas finas	0.5
	Limos y loess	0.3

**Nota:** Santana Suárez (2019); **Elaborado:** Protodyakonov (1962); **Modificado:** La autora (2024)

### **Plataforma de trabajo**

- **Berma de seguridad:**

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

Donde:

B = ancho de berma (m)

$H_b$  = altura de banco (m)

- **Ancho de la vía:**

$$A = a (0.5 + 1.5 n)$$

Donde

$a$  = Anchura del vehículo de transporte (m)

$n$  = número de carriles.

- **Espacio de maniobra de la excavadora:**

$$C = 1.5 x (Ae)$$

Donde:

$C$  = Espacio de maniobras

$Ae$  = ancho de la excavadora

- **Ancho de la plataforma de trabajo:**

$$T = C + A + B$$

Donde:

T = ancho de la plataforma de trabajo

B = Berma de seguridad (m)

A = Ancho de la vía (m)

C = Espacio de la maniobra de la pala cargadora (1.5 veces su longitud)

### **Ciclo de Trabajo**

- **Rendimiento de la Maquinaria**

El rendimiento es la relación entre la cantidad de trabajo de una determinada actividad (extracción de un metro cúbico) por unidad de tiempo. El rendimiento de la maquinaria se estableció considerando la metodología de Chiriboga, Pillasagua & Eduardo, en su artículo denominado “Rendimiento de Equipo Pesado para la Explotación de una Cantera de Cielo Abierto” y la Metodología del Manual de cálculos de rendimientos y análisis de potencias y fuerzas motrices de producciones horarias de maquinarias pesadas. Para efectuar dichos

cálculos se consideró datos de campo, criterios o valores teóricos y coeficientes correspondientes a las ecuaciones que permitieron establecer el rendimiento teórico.

- **Rendimiento de la excavadora** Se calculó en función de la siguiente expresión:

$$Rp = \frac{60 \times Cc \times E \times F}{Tc} [m^3/h]$$

Donde:

*Cc*: Capacidad del cucharón en (1m<sup>3</sup>).

*E*: Factor de eficacia operativa.

**Tabla 29.** Eficiencia operativa global

Condiciones de trabajo	Calidad de la organización			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Excelentes	0,83	0,80	0,77	0,77
Buenas	0,76	0,73	0,70	0,64
Regulares	0,72	0,69	0,66	0,60
Malas	0,63	0,61	0,59	0,54

**Nota:** Manual de cálculos de rendimientos y análisis de potencias y fuerzas motrices de producciones horarias de maquinarias pesadas., (2026)

*F1*: Factor de llenado del cucharón

**Tabla 30.** Factor de llenado del cucharón

Estado del material a cargar	Equipos de Carga		
	Pala de ruedas	Excavadora	Dragalina
Fácilmente excavable	0.95-1.00	0,95 – 1,00	0,95 – 1,00
Excavabilidad media	0.80-0.95	0,85 – 0,95	0,85 – 0,95
Difícilmente excavable	0.50-0.80	0,75 – 0,85	0,70 – 0,8

**Nota:** Manual de cálculos de rendimientos y análisis de potencias y fuerzas motrices de producciones horarias de maquinarias pesadas., (2026)

*Tc*: Tiempo promedio del ciclo, este se determinó en campo.

- Número de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte:

$$Np = \frac{Qv}{Qc * Ec}$$

Donde:

*Qv*: Capacidad de volqueta (12 m<sup>3</sup>).

*Qc*: Capacidad de cucharón (1 m<sup>3</sup>).

*Ec*: Eficiencia del cucharón.

#### **Rendimiento del volquete:**

$$Rv = \frac{Vc * 60 * Fe}{Tc * E}; [m^3/h]$$

Donde:

$Vc$ : Capacidad de la caja del volquete ( $m^3$ ).

$Fe$ : Capacidad de eficacia de la máquina que está en función de la experiencia del conductor tipo de material a transportar y condición del terreno. El cual varía entre el 70 y 80%.

$Tc$ : Tiempo de ciclo, corresponde a la suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra), y del tiempo variable (marcha), mismo que fue calculado in situ.

### **Producción total promedio por jornada de trabajo:**

- **Producción diaria:**

$$(Pd) = \text{rendimiento de la volquete en } \frac{m^3}{h} * \text{Número volquetes} \\ * \text{Jornada trabajo}$$

### **Costos de producción**

Los costos de producción se dividen en dos categorías: costos directos e indirectos donde se determinó cada uno de ellos.

Para culminar, ya con los resultados obtenidos de la caracterización geomecánica y de la resistencia de la roca, se seleccionó el sistema de explotación según el autor González, D (2023) y el método de arranque se lo estimo a partir de la tabla 27. Finalmente se procedió a diseñar el modelo geométrico de los bancos de explotación en el software RecMin 2024, con el fin de ser implementado a futuro en su explotación, con el propósito de mejorar la producción y productividad en la Cantera.

## 6. Resultados

### 6.1 Resultados del primer objetivo

#### 6.1.1 Topografía

El levantamiento topográfico abarca un total de 21 hectáreas de las cuales 4 hectáreas pertenecen a la Cantera Chimbutza. Las curvas de nivel se las confeccionó a cada metro las secundarias y cada cinco metros las principales, presentando un relieve irregular con cotas de elevación de entre 947 m.s.n.m la más alta con dirección Norte-Oeste y 790 m.s.n.m la más baja con dirección Sur-Este en proximidad al Río Chicaña, lo que resulta en un desnivel de 157 metros entre las cotas. Para el levantamiento se utilizó el DATUM WGS84, Zona 17S, el mapa topográfico resultante está elaborado a una escala 1:100.

A partir del mapa topográfico obtenido, se realizó dos cortes topográficos en la zona de estudio. Ver Figura 31 el plano completo se encuentra en el Anexo 12.

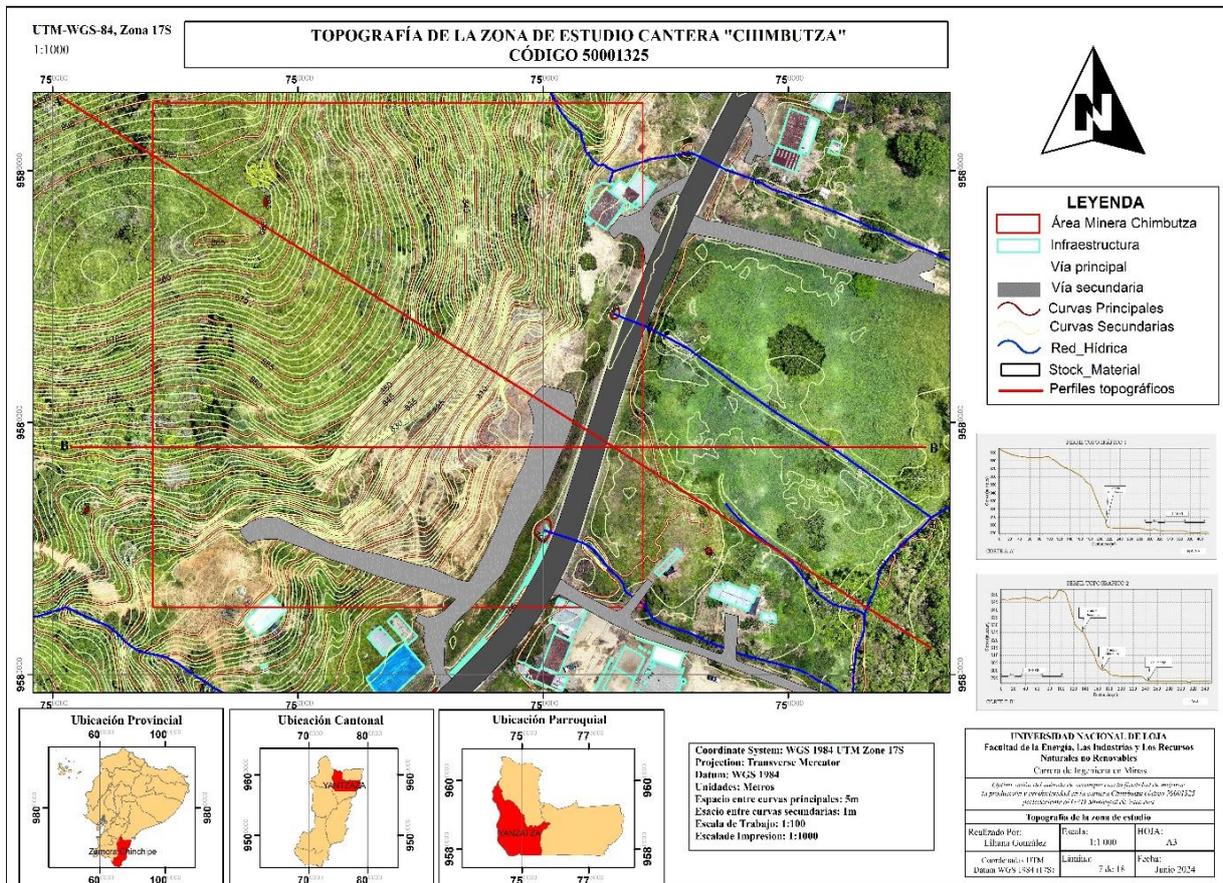
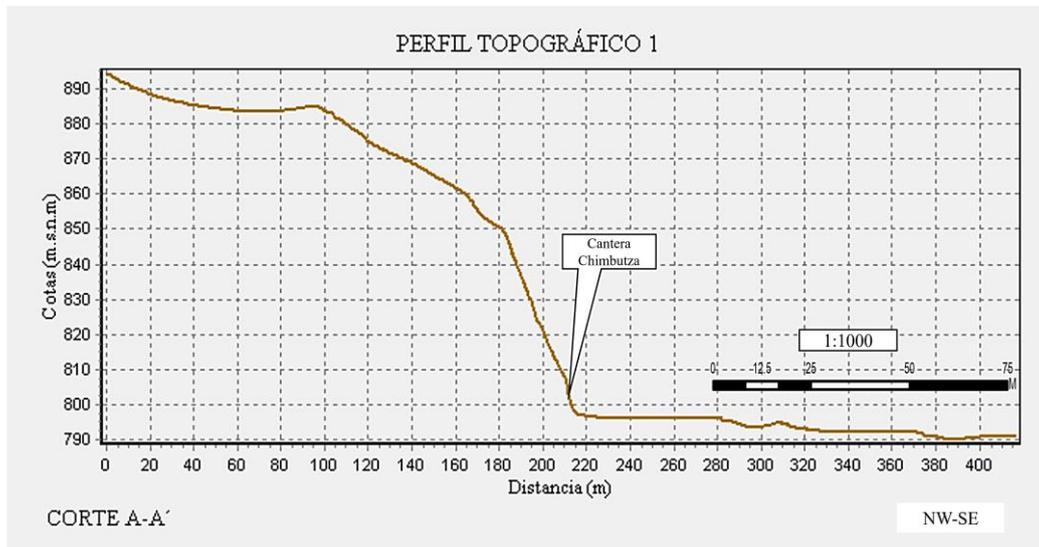


Figura 31. Topografía de la zona de estudio

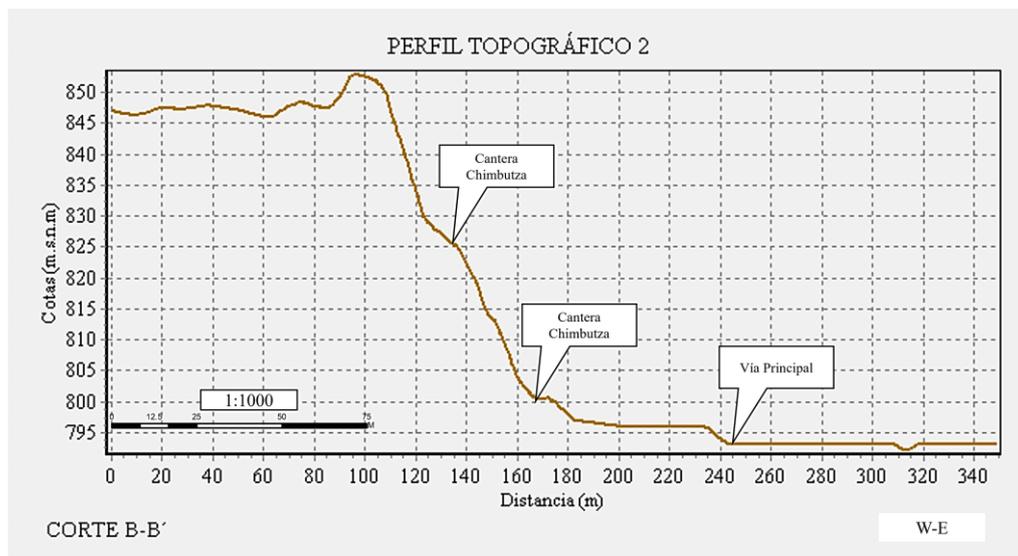
- Corte A - A'



**Figura 32.** Perfil topográfico 1

En la Figura 32 se muestra el perfil topográfico número 1, realizado en dirección NW-SE de la cantera con el objetivo de conocer la pendiente presente en el área de estudio, dentro de las características obtenidas mediante este perfil topográfico se tiene; una longitud total de 400 m, cotas desde la 790 a 895 m.s.n.m, mismas que nos dan a entender la altura de cantera de 95m (promedio), por otro lado se identificó que solo los primeros 200 representan el área de explotación denominada cantera Chimbutza, altitud promedio de 90 m. Esto nos dio una idea de las dimensiones de la cantera.

- **Corte B - B'**



**Figura 33.** Perfil topográfico 2

En la Figura 33 se muestra el perfil topográfico número 2, este se realizó en dirección W-E de la cantera a fin de terminar las dimensiones y alturas presente en el área de interés, dentro de las características obtenidas mediante este perfil topográfico se tiene; una longitud total de

340 m, con cotas desde la 795 a 855 m.s.n.m, mismas que nos dan a entender la altura promedio de este perfil de 55m, por otro lado se identificó que la longitud de aprovechamiento de material se da en los primeros 160m y una altitud promedio de 50m. Generando de esta manera algunas dimensiones de la cantera, que serán analizadas en posteriores capítulos de la presente investigación.

### **6.1.2 Geología Local**

Mediante la visita a campo se logró levantar 5 afloramientos abarcando toda el área de estudio con el fin de verificar la continuidad de la geología, que en el contexto regional pertenecen al Batolito de Zamora, formación que se encuentra caracterizado por la presencia de rocas ígneas (Granodioritas). Además, se constató la presencia de depósitos aluviales en el área de estudio debido a la proximidad con la que se encuentra la Cantera con el río Chicaña. Así mismo, el material por su grado de meteorización es explotado en la Cantera “Chimbutza” bajo la calificación de árido.

La geológica local se la realizó mediante la identificación de 3 litologías, la primera de depósitos aluviales, la segunda litología conformada por rocas intrusivas (Granodioritas), y como tercera se tiene el Saprolito de estas rocas intrusivas teniendo como resultado las siguientes litologías:

**Depósitos Aluviales (Qa):** Se encuentran en las riberas de los ríos Zamora, Yacuambi, Chicaña y en las quebradas principales. Estos depósitos, localizados específicamente en el afloramiento 5, están compuestos mayormente por cantos, gravas redondeadas, acompañados y arenas subredondeadas. Los clastos vienen siendo milimétricos a desimétricos de entre 1 a 10cm, su espesor, alcanza aproximadamente los 50 metros, es material transportado por los ríos, siendo su matriz arena fina y presentando una característica de coloración pardo como se muestra en la figura 34.



**Figura 34.** Afloramiento de depósitos aluviales con clastos de tamaño milimétrico a desimétricos de entre 1 a 10cm influenciado por intrusivos como el intrusivo de Zamora o por formaciones ígneas como la formación Napo

**Granodiorita:** Son rocas intrusivas jóvenes, ubicadas en el afloramiento 4 específicamente en la cantera, ver en figura 35, tienen textura fanerítica, se caracteriza por presentar fracturas rellenas con material duro, principalmente silicatos como cuarzo.

La composición mineral obtenida a partir del análisis de las muestras de mano y del análisis del laboratorio me permitió determinar que está constituido por plagioclasas (30%), biotita (10%), feldespatos (5%) y cuarzo (40%), dando como resultado una coloración que varía de blanca a grisácea. Este conjunto de características señala una formación geológica distintiva, posiblemente asociada a eventos intrusivos más recientes. La presencia de minerales específicos y la textura observada proporcionan información valiosa sobre la génesis y la evolución de estas rocas intrusivas jóvenes en el afloramiento 4.



**Figura 35.** Afloramiento de la roca Granodiorita perteneciente al intrusivo del Batolito de Zamora

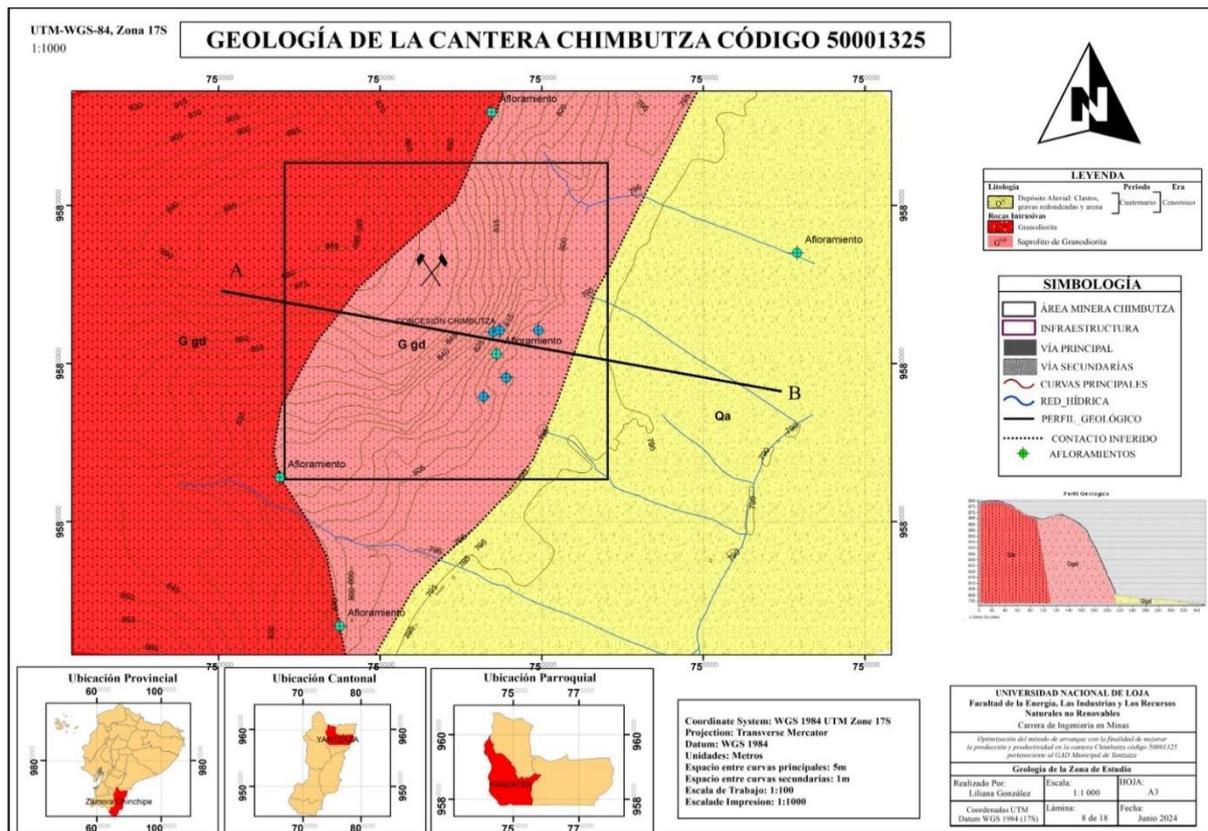
**Saprolito de Granodiorita:** Se encontraron ubicados en los afloramientos, 1, 2 y 3, esta litología se formó por la meteorización completa de la roca sin que ocurra procesos de transporte de material, el Saprolito reposa en la roca inalterada. Esta litología, que se puede observar en la

figura 36, presenta características mineralógicas similares a las de la granodiorita, con una coloración pardo a rojizo debido a la alteración de las plagioclasas a arcillas.



**Figura 36.** Afloramiento de Saprolito de granodiorita

El mapa geológico se lo realizó en base a la topografía anteriormente realizada, con Datum WGS-84 zona 17 Sur (este datum se usó para mayor facilidad de trabajo) y herramientas del software ArcGIS 10.5, el resultado de la geología se muestra en la figura 39 a escala 1:100. Finalmente se realizó un corte geológico en sentido NW-SE el cual se plasma en el mapa geológico. (Ver *Anexo 13*).



**Figura 37.** Mapa de Geología Local de la zona de estudio

### 6.1.3 Propiedades Físico-Mecánicas

Se trabajó con las 5 muestras de mano ubicadas en cada zona lito estructural a lo largo del macizo rocoso.

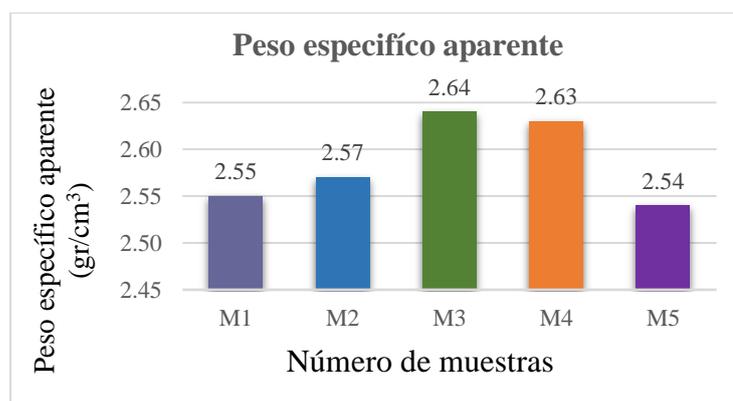
#### 6.1.3.1 Propiedades Físicas

- **Peso específico aparente:** Las muestras analizadas disponen valores entre un rango de  $2.54 \text{ g/cm}^3$  siendo el más bajo y  $2.64 \text{ g/cm}^3$  que es el más alto, como se muestra en la Tabla 31.

**Tabla 31.** Resultados del peso específico aparente por cada muestra de roca

N° de muestra	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Peso Sumergido (gr)	$\rho_w$ agua ( $\text{g/cm}^3$ )	Peso específico aparente ( $\text{g/cm}^3$ )
M1	247,85	253,07	156,19		2,55
M2	262,21	266,32	164,29		2,57
M3	257,94	260,13	162,69	0,9986	2,64
M4	187,00	188,72	117,64		2,63
M5	235,93	239,61	146,95		2,54

La **Figura 38**, muestra la distribución gráfica del peso específico aparente, misma que muestra el valor más alto de  $2.64 \text{ g/cm}^3$  en la (Muestra 3) esto debido a la presencia de sulfuros en la roca y el más bajo de  $2.54 \text{ g/cm}^3$  (Muestra 5), ambas muestras pertenecientes a un tipo de roca granitoide rico en cuarzo.



**Figura 38.** Distribución gráfica del peso específico aparente.

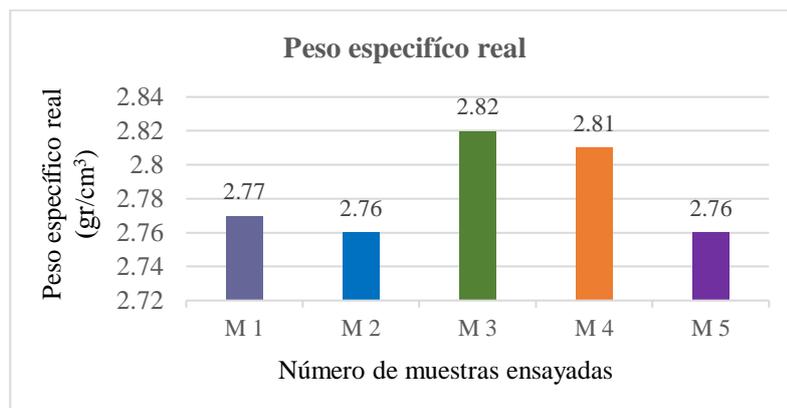
**Peso específico real:** Los valores de la densidad obtenidos por cada muestra oscilan entre  $2.76 \text{ g/cm}^3$  y  $2.82 \text{ g/cm}^3$ . Los valores obtenidos se detallan en la Tabla 32.

**Tabla 32.** Resultados del peso específico real por cada muestra de roca

N° de muestra	Peso de la muestra pulverizada (gr)	Peso Picnómetro + agua (gr)	Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	$\rho_w$ agua ( $\text{g/cm}^3$ )	Peso específico real ( $\text{g/cm}^3$ )
M 1	30	147,14	166,33		2,77
M 2	30	147,14	166,27		2,76

N° de muestra	Peso de la muestra pulverizada (gr)	Peso Picnómetro + agua (gr)	Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	$\rho_w$ agua (g/cm <sup>3</sup> )	Peso específico real (gr/cm <sup>3</sup> )
M 3	30	147,14	166,50	0.9986	2,82
M 4	30	147,14	166,47		2,81
M 5	30	147,14	166,28		2,76

La **Figura 39**, representa los valores correspondientes al peso específico real, evidenciándose en las muestras 2 y 5 una densidad más baja, mientras que la muestra 3, un granitoide rico en cuarzo, presenta la densidad más alta de 2,82 gr/cm<sup>3</sup>. La variación de estos valores puede deberse a la composición mineralógica o presencia de minerales menos densos.



**Figura 39.** Distribución gráfica del peso específico real

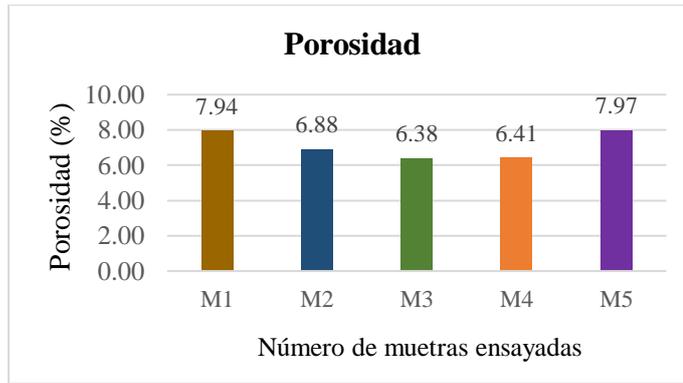
- **Porosidad:** Se obtiene a partir de los resultados obtenidos de los pesos específicos tanto aparente y real la cual presenta valores entre 6,38 % a 7,97 %.

La Tabla 33, adjunta los resultados obtenidos de la porosidad.

**Tabla 33.** Resultados de la porosidad por cada muestra de roca

N° de muestra	Peso específico aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso específico real (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)
M1	2,55	2,77	7,94
M2	2,57	2,76	6,88
M3	2,64	2,82	6,38
M4	2,63	2,81	6,41
M5	2,54	2,76	7,97

La **Figura 40**, se representa la distribución de la porosidad, donde la Muestra 2, 3 y 4 presentan valores más bajos, lo que indica menor espacios vacíos dentro de la roca, mientras que, la Muestra 1 y 5 muestran los valores más altos, en el cual se va a tener una mayor proporción de poros en esas dos muestras.



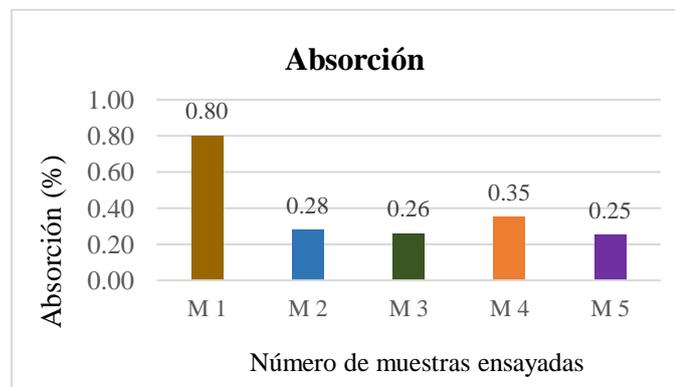
**Figura 40.** Distribución gráfica de la porosidad

- **Absorción:** Con los datos obtenidos anteriormente de los pesos tanto natural como seco, se obtiene los resultados de absorción como se detalla en la Tabla 34.

**Tabla 34.** Resultados del coeficiente de absorción por cada muestra de roca

N° de muestra	Peso natural en laboratorio (gr)	Peso Seco (gr)	Absorción (%)
M 1	249,83	247,85	0,80
M 2	262,95	262,21	0,28
M 3	258,61	257,94	0,26
M 4	187,65	187,00	0,35
M 5	236,52	235,93	0,25

La **Figura 41**, representa gráficamente los resultados de la absorción, entre rangos que van desde 0,25 – 0,80 %, donde las Muestras 2,3,4 y 5 presentan una absorción baja, por el contrario la Muestra 1 que corresponde a un granitoide rico en cuarzo muestra el valor más alto de 0,80 %. Debido a la presencia de mayor porosidad y meteorización por efectos ambientales cambiantes.



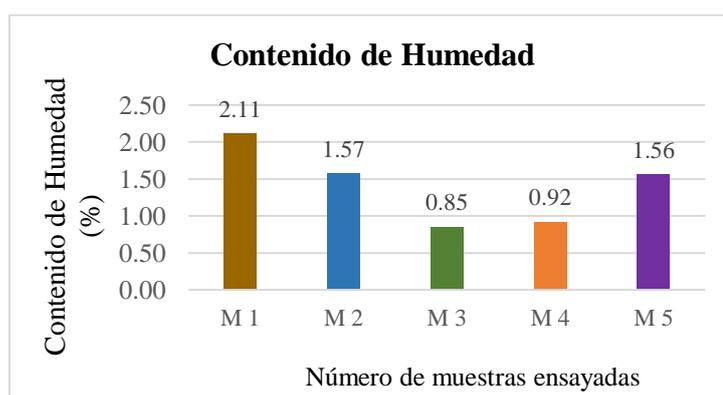
**Figura 41.** Distribución gráfica de la Absorción

- **Contenido de humedad:** Los resultados del contenido de humedad se especifican en la Tabla 35.

**Tabla 35.** Resultados del contenido de humedad por cada muestra de roca

N° de muestra	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Contenido de Humedad (%)
M 1	247,85	253,07	2,11
M 2	262,21	266,32	1,57
M 3	257,94	260,13	0,85
M 4	187,00	188,72	0,92
M 5	235,93	239,61	1,56

La **Figura 42**, plasma la distribución de los resultados arrojados sobre el contenido de humedad, donde se evidencio que la Muestras 1, 2 y 5 tuvieron mayor porcentaje de contenido de humedad, esto puede deberse a que están expuestas a las condiciones ambientales cambiantes y también la presencia de porosidad.



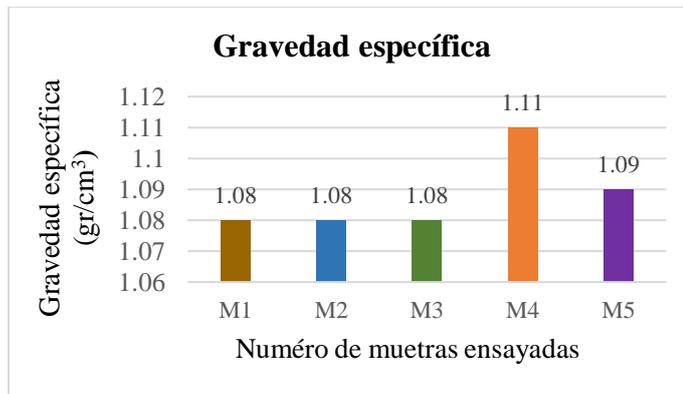
**Figura 42.** Distribución gráfica del contenido de humedad

- **Gravedad específica:** se obtuvo a partir de los datos recopilados donde se hace una relación al peso específico real anteriormente obtenido, los resultados de la gravedad específica se detallan en la Tabla 36.

**Tabla 36.** Resultados de la densidad específica por cada muestra de roca

N° de muestra	Peso seco (gr)	Peso Picnómetro + agua (gr)	Peso del picnómetro + agua+ muestra (gr)	$\rho_w$ agua (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad específica (gr/cm <sup>3</sup> )
M1	247,85	147,14	166,33	0.9986	1,08
M2	262,21	147,14	166,27		1,08
M3	257,94	147,14	166,50		1,08
M4	187,00	147,14	166,47		1,11
M5	235,93	147,14	166,28		1,09

La **Figura 43**, muestra los resultados de la densidad específica, donde la Muestra 4 posee mayor densidad con 1,11 gr/cm<sup>3</sup> que pertenece a un Monzogranito esto debido a la presencia de sólidos y partículas disueltas como temperaturas bajas, mientras que las muestras 1, 2, 3 y 4 con 1.08 gr/cm<sup>3</sup> siendo estos valores los más bajos esto debido a que están expuestas a temperaturas muy altas, con cierto grado de alteración y meteorización.



**Figura 43.** Distribución gráfica de la gravedad específica

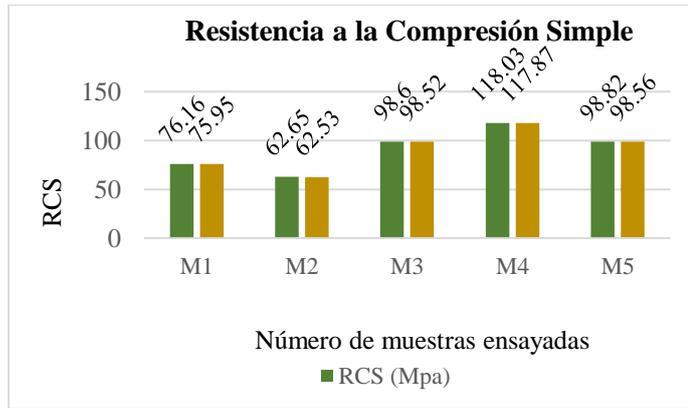
### 6.1.3.2 Propiedades Mecánicas

- **Resistencia a la compresión simple:** Con las muestras de roca cubicas de (5x5x5 cm) por cada zona lito estructural, se ejecutó el ensayo a la compresión simple con ayuda de la prensa hidráulica, donde se obtuvo una rotura y los valores de la resistencia, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 37.

**Tabla 37.** Resultados de la resistencia a la compresión simple

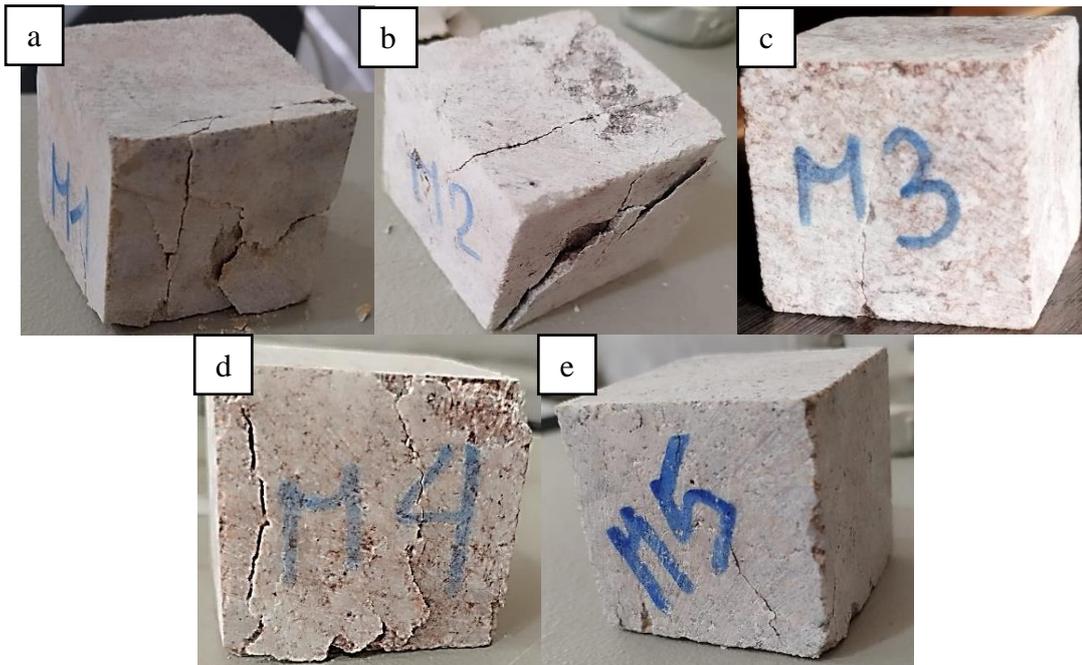
N° de muestra	Peso del cubo (g)	Medidas (m)			Esfuerzo (N)	Área del cubo (m²)	RCS (Mpa)	RCS calculada (Mpa)
		a	b	c				
<b>M1</b>	356	0,52	0,52	0,52	0,203	0,0026729	76,16	75,95
<b>M2</b>	359	0,53	0,52	0,53	0,172	0,0027508	62,65	62,53
<b>M3</b>	365	0,53	0,52	0,53	0,271	0,0027508	98,6	98,52
<b>M4</b>	362	0,53	0,51	0,52	0,318	0,0026979	118,03	117,87
<b>M5</b>	349	0,52	0,52	0,52	0,266	0,0026988	98,82	98,56

La **Figura 44**, muestra la distribución de los datos obtenidos del ensayo de la compresión simple, tanto la obtenida como la calculada, mostrándose que la Muestra 2 tuvo la resistencia más baja de 62,53 MPa debido a que se encontraba más meteorizada del resto también por presencia de discontinuidades y por la estructura misma de la roca, mientras que la Muestra 4 es la más alta por estar menos alterada, también se notó que las Muestra 3 y 5 poseen valores semejantes ambas muestras pertenecen a un granitoide rico en cuarzo.



**Figura 44.** Distribución de la resistencia a la compresión simple

En la **Figura 45**, se muestra la rotura en los cubos de roca producto del ensayo de compresión simple realizado.



**Figura 45.** Resultado del ensayo de compresión simple: **a)** fractura del cubo 1, **b)** fractura del cubo 2, **c)** fractura del cubo 3, **d)** fractura del cubo 4, **e)** fractura del cubo 5

#### 6.1.4 Zonificación lito-estructural

El comportamiento lito estructural del macizo rocoso alojado en la Cantera Chimbutza se lo determinó en base a la litología, grado de alteración y el sistema estructural, dando como resultado 5 zonas. El levantamiento geológico consistió en describir las formaciones litológicas, identificación de estructuras presentes y resistencia de la matriz rocosa, el grado de meteorización y determinación de las condiciones hidrogeológicas.

**Tabla 38.** Zonificación lito-estructural de la Cantera Chimbutza

Zona	Longitud (m)	Litología
1	20	Granitoide rico en cuarzo

Zona	Longitud (m)	Litología
2	10	Cuarzolita o silexita
3	10	Granitoide rico en cuarzo
4	10	Monzogranito
5	20	Granitoide rico en cuarzo

### 6.1.5 RQD

El RQD se obtuvo a partir del cálculo del índice volumétrico de las discontinuidades por m<sup>3</sup> conocido como  $J_v$  que presentan el macizo rocoso en cada zona lito-estructural, siendo el resultado de la sumatoria total de  $1/SM_i$  espaciado medio de cada discontinuidad. Como  $J_v$  está entre 4 y 44 se utilizó la siguiente fórmula:

Donde

$J_v$ : índice volumétrico de fisuras por cada m<sup>3</sup>

$SM_i$ : Espaciamiento o separación medio de cada fisura en m.

$$J_v = \sum \left( \frac{1}{SM_i} \right)$$

$$RQD = 110 - 2.5 J_v$$

En la tabla 39 se muestra un ejemplo del RQD realizado en la zona 1 y que son aplicados para las demás zonas.

**Tabla 39.** Cálculo para determinar la calidad del macizo rocoso en función del RQD (Zona 1)

Zona	Familia de juntas	SMI (mm)	Smi (m)	1/Smi (m)	$J_v/(m^3)$	RQD (%)	Calidad
1	J1	246	0.25	4.1	26.4	44.1	Mala
	J2	196	0.196	5.1			
	J3	187	0.186	5.4			
	J4	158	0.2	6.3			
	J5	182	0.2	5.5			

La tabla 40 muestra los resultados del RQD de las 5 zonas identificadas.

**Tabla 40.** Resultados del RQD

Zona	RQD (%)	Calidad
1	44.1	Mala
1	47.3	Mala
2	50.0	Mala
3	49.9	Mala
4	47.9	Mala
5	47.2	Mala
5	48.7	Mala

Con respecto a los resultados del RQD por zona se obtuvieron los siguientes: en la zona 1, zona 2, zona 3, zona 4 y zona 5 predomina una calidad de roca Mala perteneciente a la clase IV, siendo un macizo rocoso muy fracturado, que tuvo una medida de resistencia de entre 1 a 2 golpes de martillo geológico para romper la roca.

La figura 46 muestra la distribución de los valores obtenidos del cálculo del RQD, para mayor visualización (Ver Anexo 14).

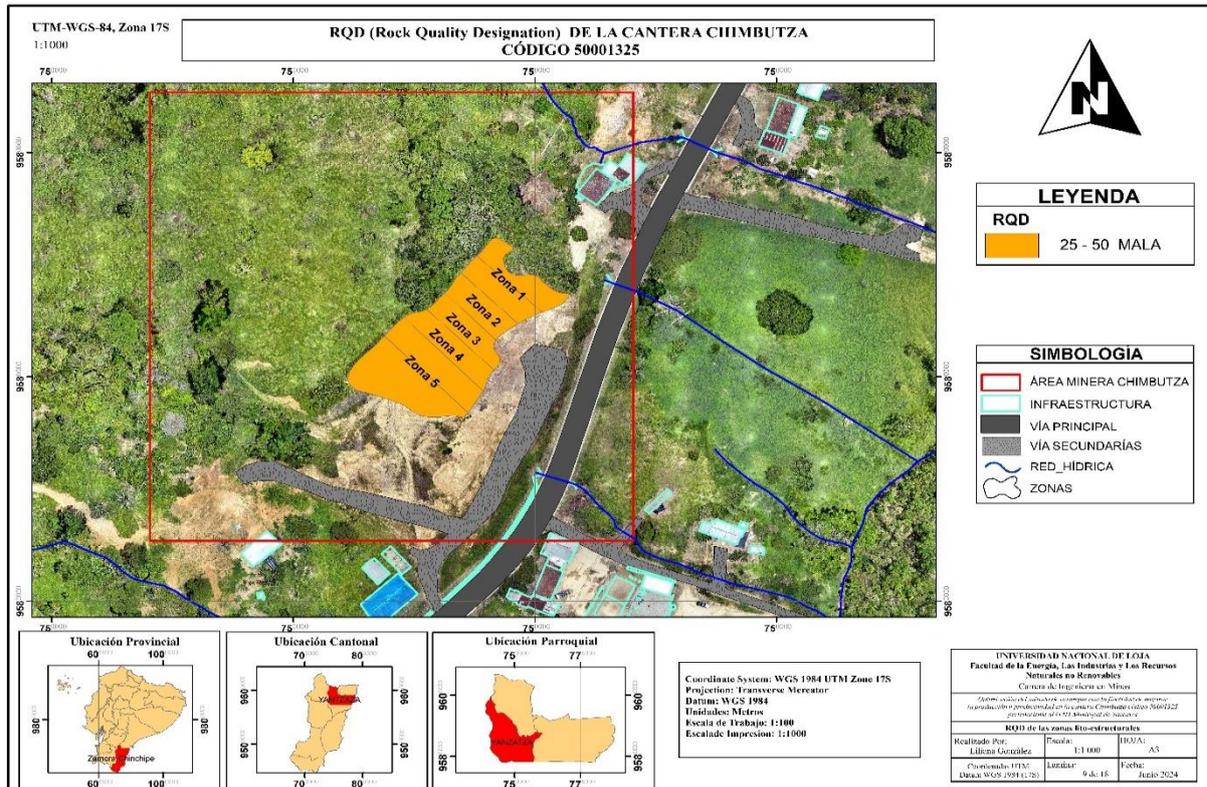


Figura 46. Distribución del RQD

### 6.1.6 RMR

El RMR se lo obtuvo a partir de la sumatoria de los 5 parámetros como son: comprensión simple, índice RQD, espaciamiento, longitud, abertura, rugosidad, meteorización, filtración y relleno de las discontinuidades, esta sumatoria da el valor del RMR, que permitió determinar la clase y calidad del macizo rocoso.

En la tabla 41 se muestra un ejemplo de los cálculos realizados para la obtención del RMR correspondientes a la zona 1.

Tabla 41. Cálculo de la calidad del macizo rocoso en función del RMR de la zona 1

Zona	Familia	αc (Mp)	RQD (%)	Smi (mm)	LD	Aper	Rug (JRC)	Rell	Met	Flujo Agua	Param. 1	Param. 2	Param. 3	Parámetro 4					Param. 5	RMR	Clase	Calidad	
														LD	Aper	Rug	Rell	Met					ΣP4
1	J1	75.95		246	6.4	1.1	5.3	5	Muy Alto	Lig Humd	7	6	10	2	1	1	4	1	9	10	17	V	Muy mala
1	J2	75.95		196	4.6	1.3	7.7	6	Muy Alto	Lig Humd	7	6	8	2	1	1	4	1	9	10	15	V	Muy mala
1	J3	75.95	44.08	187	4.3	2.2	8.5	6	Muy Alto	Lig Humd	7	6	8	2	1	3	4	1	11	10	17	V	Muy mala
1	J4	75.95		158	3.7	1.8	6.0	6	Mode Alto	Lig Humd	7	6	8	2	1	1	4	3	11	10	17	V	Muy mala
1	J5	75.95		182	3.9	3.2	8.2	5	Muy Alto	Lig Humd	7	6	8	2	1	3	4	1	11	10	17	V	Muy mala

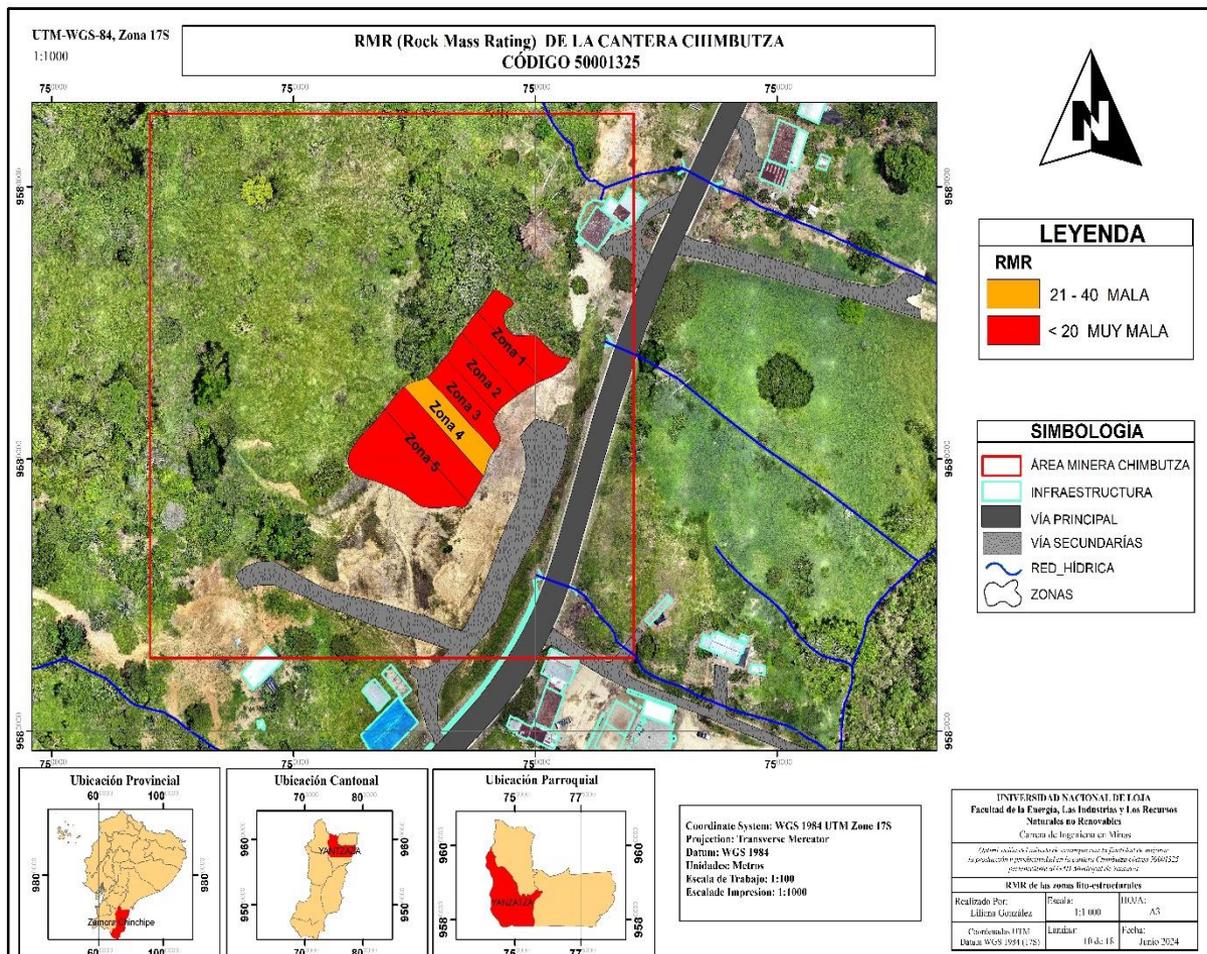
En la tabla 42 se muestra los valores del RMR por cada zona.

**Tabla 42.** Resultados del RMR

Zona	RMR	Calidad	Clase
1	16.6	Muy mala	V
1	16.6	Muy mala	V
2	18.2	Muy mala	V
3	15.5	Muy mala	V
4	22.5	Mala	IV
5	17.7	Muy mala	V
5	15.8	Muy mala	V

De acuerdo a los resultados obtenidos en las zonas 1, 2, 3 y 5 predomina una calidad de macizo rocoso Muy mala, perteneciente a la clase V, presentando una resistencia muy baja y una alta fracturación, mientras que en la zona 4 predomina una calidad de macizo rocoso Mala perteneciente a la clase IV.

La figura 47 muestra la distribución de los valores obtenidos del cálculo del RMR, para mayor visualización (Ver *Anexo 15*).



**Figura 47.** RMR

### 6.1.7 SMR

El SMR planar se obtuvo del análisis de los 3 parámetros como son: el índice del RMR básico, factor de ajuste dado en función de la orientación de la junta y un factor de excavación.

La sumatoria de estos parámetros da como resultado el valor del SMR, el cual permitió determinar su calidad y clase correspondiente, este cálculo se lo realizó para los mecanismos de rotura planar y vuelco.

La tabla 43 muestra un ejemplo del cálculo del SMR para rotura planar, correspondiente a la zona 1 y que se aplican para las 5 zonas lito estructurales.

**Tabla 43.** Cálculo del SMR para rotura planar (Zona 1)

Zona	Familia	RMR	Factor de ajuste $a_s/a_j$				Factor de ajuste $\beta_j$		Factor de ajuste $\beta_j/\beta_s$				Factor de excavación	SMR	Clase	Calidad
			$a_s$ (Direc. Buz. Talud)	$a_j$ (Direc. Buz. Discontinuidad)	$A = \{(a_j - a_s)\}$	F1	Buzamiento de discontinuidad $\beta_j$	F2	Buzamiento del talud, $\beta_s$	Buzamiento de la discontinuidad, $\beta_j$	$C = \{(\beta_j - \beta_s)\}$	F3				
1	J1	17	342	311	31	0.15	46	1	68	46	-22	-60	0	8	Muy mala	V
1	J2	15	342	277	65	0.15	52	1	68	52	-16	-60	0	6	Muy mala	V
1	J3	17	342	16	326	0.15	26	0.4	68	26	-42	-60	0	13	Muy mala	V
1	J4	17	342	75	267	0.15	27	0.4	68	27	-41	-60	0	13	Muy mala	V
1	J5	17	342	283	59	0.15	68	1	68	68	0	-25	0	13	Muy mala	V

De la misma manera en la tabla 44 se muestra un ejemplo del cálculo del SMR para rotura en vuelco de la zona 1 y que se aplican para el macizo rocoso alojado en el área de estudio.

**Tabla 44.** Cálculo del SMR para rotura en vuelco de la zona 1

Zona	Familia	RMR	Factor de ajuste $a_s/a_j$				Factor de ajuste $\beta_j$		Factor de ajuste $\beta_j/\beta_s$				Factor de excavación	SMR	Clase	Calidad
			$a_s$ (Direc. Buz. Talud)	$a_j$ (Direc. Buz. Discontinuidad)	$A = \{(a_j - a_s)\} - 180$	F1	Buzamiento de discontinuidad $\beta_j$	F2	Buzamiento del talud, $\beta_s$	Buzamiento de la discontinuidad, $\beta_j$	$C = \{(\beta_j + \beta_s)\}$	F3				
1	J1	17	342	311	-211	0.15	46	1	68	46	114	-6	0	16	Muy mala	V
1	J2	15	342	277	-245	0.15	52	1	68	52	120	-6	0	14	Muy mala	V
1	J3	17	342	16	-506	0.15	26	0.4	68	26	94	0	0	17	Muy mala	V
1	J4	17	342	75	-447	0.15	27	0.4	68	27	95	0	0	17	Muy mala	V
1	J5	17	342	283	-239	0.15	68	1	68	68	136	-25	0	13	Muy mala	V

En la tabla 45 se muestra los resultados del SMR para rotura planar del macizo rocoso estudiado.

**Tabla 45.** Resultados del SMR para rotura planar

Zona	SMR Planar	Clase	Calidad
1	10.8	V	Muy mala
1	10.6	V	Muy mala
2	9.9	V	Muy mala
3	10.8	V	Muy mala
4	14.9	V	Muy mala
5	10.5	V	Muy mala
5	8.3	V	Muy mala



Según los resultados obtenidos del SMR para mecanismo de rotura en vuelco, se obtuvo que en la zona 1, la zona 2, zonas 3, zona 5 predomina una calidad de macizo rocoso Muy mala perteneciente a la clase V, mientras que en la zona 4 predomina una calidad Mala.

La distribución de los resultados del SMR para rotura en vuelco se lo representó en la figura 49. El mapa resultante se encuentra en el *Anexo 17*.

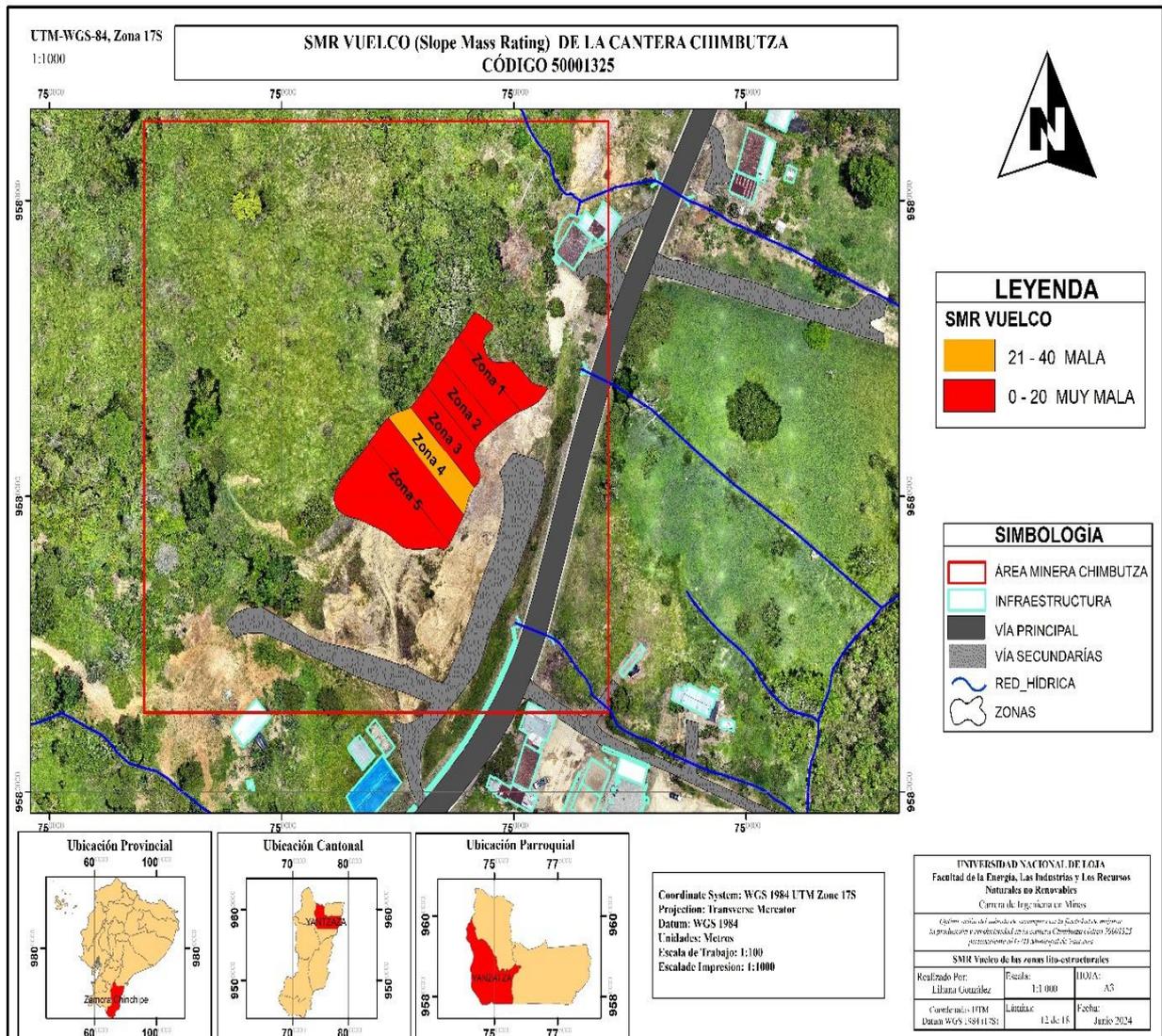


Figura 49. SMR Vuelco

## 6.2 Resultados del Segundo Objetivo

### 6.2.1 Análisis del Sistema de Explotación Actual

La explotación del área libre aprovechamiento Cantera “Chimbutza” se realiza a cielo abierto, por arranque mecánico mediante la utilización de una excavadora, tiene una superficie de 4 hectáreas. No se realiza barrenación en la cantera debido a que el material competente se encuentra fracturado por las familias de diaclasas presentes en el área minera.; lo cual facilita la extracción utilizando solo maquinaria.

El material extraído del macizo rocoso se carga directamente en la excavadora utilizada para su arranque. Una vez completado el proceso de excavación, se requiere el apoyo de los volquetes del GAD Municipal de Yantzaza para transportar el material hasta el sitio donde será usado por parte del Departamento de Obras Públicas de la Municipalidad

Las actividades que actualmente se realiza en la Cantera son: Arranque, Carguío y Transporte.

Actualmente en el área de libre aprovechamiento cuenta con una escombrera la cual se ha ubicado en la zona sur, la que posteriormente será desalojada para poder tener más espacio al nuevo material de rechazo (lodos).

**a) Personal que trabaja actualmente**

El número de personal con el que cuenta el área de libre aprovechamiento “Cantera Chimbutza” es: directivo, profesional, operativo.

**Tabla 47.** Personal que labora actualmente en al área Minera "Chimbutza"

Área de Trabajo	Nro. Personas	Nro. Personal Afiliados al IESS
Directivo	1	1
Administrativo	0	0
Profesional	1	1
Operativo	3	3
Total	5	5

**b) Horario de trabajo**

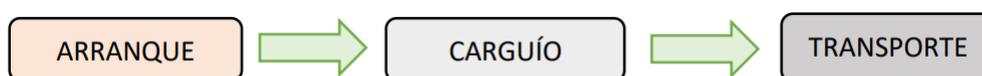
El personal del Gad Municipal de Yantzaza que trabaja en la Cantera realiza jornadas de ocho horas diarias para 1 directivo, 1 profesional, 1 operativo, en horario de oficina de 08h00 a 17h00, de lunes a viernes.

**c) Esquema de Trabajo**

El ciclo de trabajo en la Cantera Chimbutza consta de las siguientes actividades: arranque, carga y transporte de material, las cuales están a cargo del departamento de Obras Publicas de la Municipalidad.

Según la información proporcionada, el material tiene un uso específico para la obra pública de la Municipalidad. Es por esta razón que es explotado de forma irregular y de acuerdo con las necesidades que requiera la empresa.

**Tabla 48.** Actividades del ciclo de trabajo



**d) Arranque**

La extracción o arranque del material en el frente de explotación se lo realiza a cielo abierto mediante maquinaria en forma descendente, en este caso con una excavadora, Caterpillar 320 D.

Una vez que esta se encuentra en el área de explotación, su cucharón realiza movimientos de arriba hacia abajo, facilitando así el arranque y caída de material en el mismo sitio, este proceso se realiza cada vez que se necesita material.

#### e) Carguío

El material extraído se carga directamente en las volquetas mediante la misma excavadora de 1m<sup>3</sup> de capacidad.

#### f) Transporte

Al finalizar el carguío del material, los volquetes cargados se trasladan hasta el punto donde se usará el material por parte del departamento de Obras Publicas de la Municipalidad.

**Tabla 49.** Maquinaria actual disponible para la Cantera

Descripción	Propia	Marca	Matrícula	Serie	Año	Capacidad
Volqueta	X	MAN	ZEA-1104	SITRAC	2022	12 m <sup>3</sup>
Volqueta	X	MAN	ZEA-1104	TGA333 60	2009	12 m <sup>3</sup>

**Nota:** GAD Municipal de Yantzaza.

### 6.2.2 Análisis del Ciclo de Producción Actual

El ciclo de producción actual de la Cantera Chimbutza, está relacionado con los procesos de carga y transporte de material que comprenden el tiempo de carga, el viaje de ida y vuelta, así como la descarga utilizando un volquete. (Ver *Anexo 18*. Ficha de registro de tiempos de producción).

Los tiempos de producción están conformados por dos categorías distintas el primero tiempo fijo (incluye actividades como cargar, descargar y cambio de posición o maniobras) y el tiempo variable (implica el tiempo necesario para el acarreo y transporte del material tanto en la ida como en el regreso en estado vacío, donde se tuvo en cuenta la distancia recorrida y la velocidad del proceso).

**Tabla 50.** Tiempos por labor de la excavadora CAT 320 D para el llenado de un volquete.

Tiempo en minutos	Jornadas de trabajo registradas					Total
	2	3	4	5	6	
<b>Carga</b>	4,79	4,58	4,56	4,58	4,60	4,62
<b>Viaje de ida cargado</b>	4,37	4,52	4,63	4,60	4,47	4,52
<b>Giro, Posicionamiento y Descarga</b>	1,66	1,83	1,81	1,71	1,72	1,75
<b>Posicionamiento en punto de carguío</b>	0,70	0,70	0,71	0,71	0,70	0,70
<b>Viaje de regreso vacío</b>	3,59	3,62	3,43	3,44	3,79	3,57
<b>Tiempos de ciclos</b>	15,11	15,25	15,15	15,05	15,28	15,16
	<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>					<b>15,16</b>

Nota: La toma de tiempo se lo realizó con respecto al llenado de un volquete de 12 m<sup>3</sup>  
 Después de calcular el tiempo de ciclo, se definió el número de ciclos por hora mediante la siguiente expresión:

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{T \text{ ciclo (min)}}$$

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{15,16 \text{ (min)}}$$

$$\text{Ciclos por hora} = 3,95 = 4 \text{ viajes}$$

### 6.2.3 Análisis del Rendimiento de la Maquinaria

- **Arranque y Carga**

Se utilizará una excavadora Caterpillar: modelo 320 D, para la extracción, la cual dispone el GADM Yantzaza.

- **Rendimiento de la excavadora Caterpillar 320D**

En base a los requerimientos de cantera se analizó el rendimiento en el frente de explotación, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$Rp = \frac{60 \times Cc \times E \times F}{Tc} [m^3/h]$$

Donde:

*Cc*: Capacidad del cucharón en (1m<sup>3</sup>).

*E*: Factor de eficacia operativa, (regular) = 0.70

Condiciones de trabajo	Calidad de la organización			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Excelentes	0,83	0,80	0,77	0,77
Buenas	0,76	0,73	0,70	0,64
Regulares	0,72	0,69	0,66	0,60
Malas	0,63	0,61	0,59	0,54

**Nota:** Los valores subrayados son considerados en función de las condiciones que presenta la Cantera para trabajar, además se hizo un análisis de la Tabla 29.

*F1*: Factor de llenado del cucharón (Excavabilidad media) = 0.85

Estado del material a cargar	Equipos de Carga		
	Pala de ruedas	Excavadora	Dragalina
Fácilmente excavable	0.95-1.00	0,95 – 1,00	0,95 – 1,00
Excavabilidad media	0.80-0.95	0,85 – 0,95	0,85 – 0,95
Difícilmente excavable	0.50-0.80	0,75 – 0,85	0,70 – 0,8

**Nota:** Los valores que se subrayaron se los consideró en función del tipo de terreno a explotar, se obtuvo este resultado ya que se hizo un análisis de la Tabla 30.

$T_c$ : Tiempo promedio del ciclo. (0,40 min = 24 seg) este considera la excavación, descarga y el giro hasta el origen de la excavadora Caterpillar 320D. Este tiempo se lo determinó directamente en el área de estudio, seguidamente se estimó el promedio de las mediciones que dio como resultado un tiempo de ciclo de 24 segundos.

$$RT = \frac{60 \times 1 \times 0,70 \times 0,85}{0,40} [m^3/h]$$

$$RT = 89,25 [m^3/h]$$

- **Número de paladas para llenar el equipo de transporte:**

$$Np = \frac{Qv}{Qc * Ec}$$

Donde:

$Qv$ : Capacidad de volqueta (12 m<sup>3</sup>).

$Qc$ : Capacidad de cucharón (1 m<sup>3</sup>).

$Ec$ : Eficiencia del cucharón (90-100%) (0.95)

$$Np = \frac{12 m^3}{1 * 0.95}$$

$$Np = 12,63 \leftrightarrow 12$$

Se necesitan 12 cucharadas para llenar un volquete de 12m<sup>3</sup> de capacidad, con una excavadora de 1m<sup>3</sup> de capacidad de cucharón.

- **Transporte**

Para determinar el rendimiento del volquete se tomó en cuenta la capacidad, la eficiencia de la máquina y el tiempo de ciclo.

$$Rv = \frac{Vc * 60 * Fe}{Tc}; [m^3/h]$$

Donde:

$Rv$ : Rendimiento del volquete

$Vc$ : Capacidad del volquete (12 m<sup>3</sup>).

$Fe$ : Capacidad de eficacia de la máquina, aquí se consideró la experiencia del conductor, tipo de material a transportar y condición del terreno.

$Tc$ : Tiempo de ciclo, este se calculó in situ la cual se obtuvo un valor de 15,16 minutos sumando tanto el tiempo fijo como el variable calculado anteriormente.

$$Rv = \frac{12 * 60 * 0.75}{15.16} = 35,62 [m^3/h]$$

#### 6.2.4 Producción por jornada de trabajo

- **Producción Diaria**

$$\text{Producción diaria} = \text{rendimiento de la volquete en } \frac{m^3}{h} \times Nv \times Jt$$

$$\text{Producción diaria} = 35,62 \times 1 \times 8 \text{ h/día}$$

$$\text{Producción diaria} = 284,96 \leftrightarrow 285 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Producción Mensual**

$$PM = m^3 \times \text{días laborables}$$

$$PM = 285 \text{ m}^3 \times 20 \text{ días}$$

$$PM = 5700 \text{ m}^3$$

- **Producción Anual**

$$PM = \text{producción mensual} \times 12 \text{ meses}$$

$$PA = 285 \text{ m}^3 \times 12 \text{ meses}$$

$$PM = 3420 \text{ m}^3$$

#### 6.2.5 Análisis económico de los costos de producción del sistema actual

Para determinar los costos de producción se tomó en cuenta los costos del personal, mantenimiento de maquinaria, consumo de combustible para los costos directos y para los indirectos se consideró el costo de transporte, seguridad, materiales y suministros y capacitación al personal, además de la información brindada por la empresa.

**Tabla 51.** Resumen de los costos de Producción

<b>Costos de Producción</b>		
	<b>Descripción</b>	<b>Costos (\$)</b>
Costos Directos	Mantenimiento de maquinaria	100,00
	Pago a personal	2000,00
	Costo de combustibles	96,87
Costos indirectos	Transporte	50,00
	Seguridad	110,00
	Materiales, suministros	105,00
	Capacitación	80,00
	<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>2541,87</b>

**Nota:** Titular Minero y Autora, 2023

**Costo diario:** Este valor se lo determinó en relación de los costos de producción mensual y los días que laboran en el mes.

$$\text{Costo diaria} = \frac{\text{Costo de producción mensual}}{\text{Días laborables}}$$

$$\text{Costo diaria} = \frac{2541,87}{20}$$

$$\text{Costo diaria} = 127,09 \text{ USD/día}$$

**Costo de producción por metro cúbico:** Una vez obtenido los datos de la producción diaria y costo diario, se procedió a calcular el costo por metro cubico haciendo uso de la siguiente formula:

$$\text{Costo por } m^3 = \frac{\text{Costo diaria}}{\text{Producción diaria}} \text{ (USD}/m^3)$$

$$\text{Costo por } m^3 = \frac{127}{285} \text{ (USD}/m^3)$$

$$\text{Costo por } m^3 = 0.44 \text{ (USD}/m^3)$$

### **6.2.6 Análisis retrospectivo del Sistema de Explotación Actual**

- Del análisis de la información topográfica, geológica y de planificación se comprobó que el método de explotación del área es a cielo abierto, sin embargo, se evidencia que no existe un sistema de explotación y, peor aún un plan de explotación definido
- De lo anterior dicho no existe número de bancos, simplemente un simplemente talud con un descanso de 15-20 m, se puede decir que se asemeja a un banco de explotación, donde la berma sería la plataforma de trabajo y el talud construido de tal manera que no presente inestabilidad.
- Inexistencia de infraestructura viaria que beneficie a la actividad extractiva.
- La maquinaria no es suficiente para cumplir con tiempos y ciclos de trabajo con mayor organización.

En base a todo este análisis que se realizó, se puede establecer que es necesario que se implemente un sistema de explotación acorde a las características y propiedades de los materiales y desarrollar un método de arranque acorde al material que se explota actualmente.

Acorde a estas primicias, con el análisis del sistema de explotación actual e información que obtuvimos tanto de la parte de campo como la recabada del proceso productivo, el método de explotación tiene una ligera tendencia hacer por sistemas de bancos descendentes, pero en la realidad no hay una metodología, planos, diseños que nos demuestren que se está aplicando, simplemente lo están haciendo por experticia del técnico que está a cargo.

## **6.3 Resultados del Tercer Objetivo**

### **6.3.1 Cálculo de Reservas**

Para el cálculo de reservas se fundamentó primero en un análisis de la geología de área de estudio, el método que se aplicó fue el de secciones transversales por su fácil aplicabilidad y facilidad de adaptación, se realizaron 12 perfiles paralelos en dirección oeste-este, separados cada 18 m, como se observa en la Figura 50. El mapa final se encuentra en el Anexo 19.

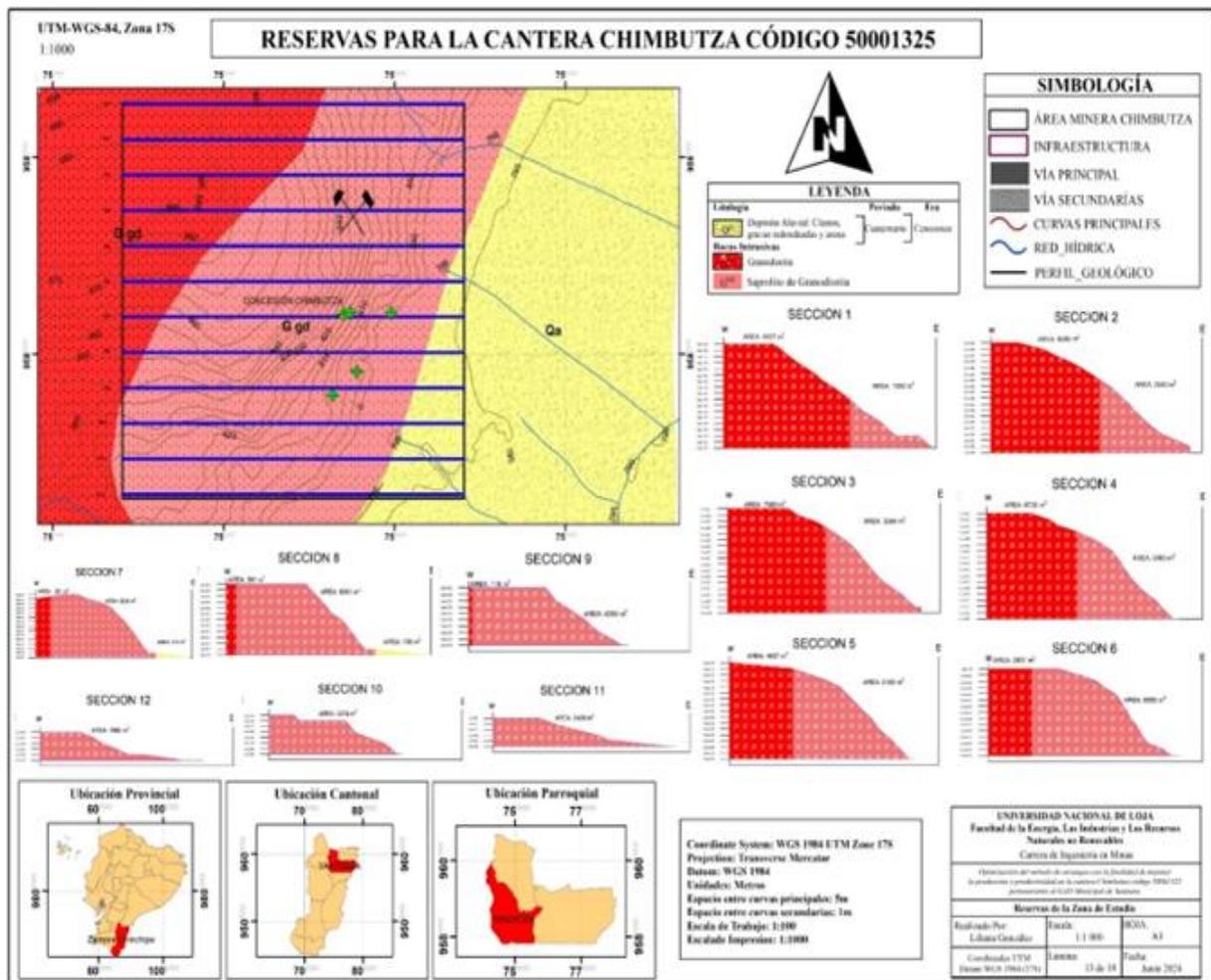


Figura 50. Secciones transversales para la cubicación de reservas

Para el cálculo del volumen por sección se aplicó la siguiente formula que se explica a continuación:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * L$$

Donde:

V= Volumen (m<sup>3</sup>)

A= Área de la sección (m<sup>2</sup>)

D= Distancia entre las secciones (m)

$$V_{1,2} = \frac{9820 + 10832}{2} * 18 m = 185868 m^3$$

$$V_{2,3} = \frac{10832 + 10824}{2} * 18 m = 194904 m^3$$

$$V_{3,4} = \frac{10824 + 10228}{2} * 18 m = 189468 m^3$$

$$V_{4,5} = \frac{10228 + 9757}{2} * 18 m = 179865 m^3$$

$$V_{5,6} = \frac{9757 + 8890}{2} * 18 m = 167823 m^3$$

$$V_{6,7} = \frac{8890 + 7988}{2} * 18 m = 151902 m^3$$

$$V_{7,8} = \frac{7988 + 6778}{2} * 18 m = 132894 m^3$$

$$V_{8,9} = \frac{6778 + 4513}{2} * 18 m = 101619 m^3$$

$$V_{9,10} = \frac{4513 + 3274}{2} * 18 m = 700883 m^3$$

$$V_{10,11} = \frac{3274 + 2429}{2} * 18 m = 51327 m^3$$

$$V_{11,12} = \frac{2429 + 1964}{2} * 18 m = 39537 m^3$$

### **Cálculo del Volumen Total**

$$V_{TOTAL} = V_{1,2} + V_{2,3} + V_{3,4} + V_{4,5} + V_{5,6} + V_{6,7} + V_{7,8} + V_{8,9} + V_{9,10} + V_{10,11} + V_{11,12}$$

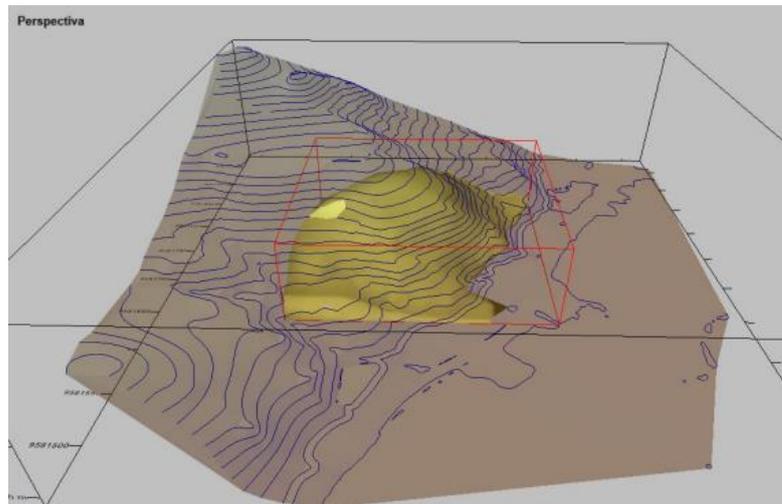
$$V_{TOTAL} = 185868 m^3 + 194904 m^3 + 189468 m^3 + 179865 m^3 + 167823 m^3 + 151902 m^3$$

$$+ 132894 m^3 + 101619 m^3 + 700883 m^3 + 51327 m^3 + 39537 m^3$$

$$V_{TOTAL} = 1465290.0 m^3$$

### **6.3.2 Modelado del Yacimiento**

En base a la geología y las secciones transversales del cálculo de reservas, se modeló la forma yacimiento con la ayuda del software RecMin 2024.



### **6.3.3 Selección del Método de Explotación**

La elección del método de explotación es fundamental dentro de un proyecto de explotación, ya que determina no solo la forma en la que se realizará la explotación sino también el diseño general de una mina y el volumen de producción. Se eligió el método de explotación a cielo abierto debido a la características que presenta el material así como sus condiciones

técnicas, la poca presencia de material estéril y por tanto la eventual necesidad de realizar trabajos esporádicos de destape hacen que este método sea el más idóneo para la explotación de este tipo de materiales, el cual puede ser arrancado desde la superficie con maquinaria sin la necesidad de explosivos lo que representa en un menor costo de inversión y ahorro en la explotación resultando en una alta capacidad de extracción, al elegir un sistema de explotación dentro del método a cielo abierto, se facilita un diseño de mina accesible para el personal evitando en lo posible menores riesgos laborales y sobre todo una buena facilidad de acarreo del material.

### 6.3.4 Elección del Sistema de Explotación

Una vez analizadas las actividades in situ que se han venido realizando actualmente de toda la explotación en la Cantera y tomando en consideración los parámetros geológicos, geotécnicos y de producción, se determinó el sistema de explotación más idóneo que se adapte a estas condiciones minero geológicas del yacimiento, para ello se realizó un análisis multicriterio de la tabla 52 que trata sobre los diferentes Sistemas de Explotación del Método de Explotación a Cielo Abierto.

**Tabla 52.** Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación a Cielo Abierto

<b>Sistemas de Explotación</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Cortas	Se usa en yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.	La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos. El desarrollo en cuando a profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m.	Estos métodos son los tradicionales de la minería de carbón. La explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica.
Canteras	Se realizan para las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción	Se caracteriza por la formación de un gran número de bancos, aprovechando la pendiente y el depósito superficial. Garantizar la seguridad del personal operativo y el aprovechamiento racional y secuencial de la roca o mineral de interés. Permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota. Presentando bermas intermedias y taludes técnicamente diseñados en condiciones de estabilidad favorables.	Exigen constituir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte.

<b>Sistemas de Explotación</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Terrazas	Yacimientos de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes	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. Banqueo con avance unidireccional. Permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.	Yacimientos relativamente horizontales

**Nota:** González D, (2023)

Tras evaluar detalladamente los distintos sistemas de explotación del Método de Explotación a Cielo Abierto mostrados en la tabla anterior, se realizó un análisis detallado considerando sus ventajas y desventajas, donde se determinó que el sistema que mejor se adapta a la explotación de la “Cantera Chimbutza”, es el Sistema de Explotación por Cantera y dentro de este el subsistema de bancos descendentes.

Este sistema no solo ofrece condiciones de estabilidad y seguridad operacional favorables, sino que también permite un aprovechamiento racional y secuencial del material de interés. Su aplicabilidad se destaca por ajustarse a las peculiaridades topográficas específicas del área. Además, se caracteriza por ser accesible desde perspectivas técnica, económica y productiva, lo que lo convierte en una elección idónea para las necesidades y condiciones particulares de la explotación en cuestión.

La maquinaria seleccionada para la operación en la cantera sigue el estándar común de cualquier explotación a cielo abierto en posesión de la empresa. Incluye una excavadora, utilizada tanto para el arranque como para la carga del material, así como volquetes especializados en el transporte eficiente del material extraído. Este conjunto de maquinaria se beneficia directamente del sistema de explotación adoptado, el cual garantiza una visibilidad óptima de los materiales durante el proceso de extracción y crea condiciones de trabajo mejoradas para los equipos mineros.

### **6.3.5 Selección del método de arranque**

Para el diseño del método de arranque se sustentó en la elección de la técnica más apropiada para un análisis aplicando la metodología propuesta por Román (1996), específicamente detallada en la tabla 53 que aborda los efectos de los Métodos de Excavación, este análisis se llevó a cabo considerando las características geomecánicas del macizo rocoso y evaluando las ventajas y desventajas de cada método. Esta evaluación condujo a la selección de

dos métodos que se asemejan y se aplican en la explotación de canteras de diferentes materias primas, además, de permitir establecer categorías de excavación de rocas en yacimientos de áridos, tomando en cuenta factores como el espaciado entre discontinuidades, la resistencia, el tamaño y la forma del bloque natural.

**Tabla 53.** Efecto de los Métodos de Excavación

<b>Masa Rocoso</b>	<b>Compartimentación del Macizo Rocoso</b>	<b>Método de Excavación</b>	<b>Efecto</b>
Roca de Resistencia Media	Masivo	Explosivos	Mismo efecto que la 1, 2 y 3 aunque con menor consumo de explosivo.
	Diaclasado y/o Estratificado	Ripper	Mismo efecto que la 4 aunque con mayor rendimiento de excavación y menor consumo de botas.
	Masivo y Diaclasado	Explosivos	Mismo efecto que la 1, 2 y 3 aunque la mayor deformabilidad de la roca puede mermar la eficacia de la herramienta.
Roca Blanda	Masivo y Diaclasado	Ripper	Rotura de la masa creando nuevas juntas. Desarreglo de la nueva estructura convirtiéndola en un conjunto de fragmentos, más manejables por otras herramientas, cuyo tamaño es función de la separación entre las juntas preexistentes y las de nueva creación, así como de su continuidad. Si la roca es muy blanda la eficacia del Ripper puede disminuir.

Se evaluó estos dos métodos de excavación (Explosivos y Ripper) y se determinó que el método más adecuado para la extracción de este material es el método de arranque mecánico, dado que el macizo rocoso en la zona de estudio presenta fracturación por familia de diaclasas, este análisis se determinó a partir de la campaña de línea de escaneo realizado insitu donde se identificó 5 zonas geomecánicas con un promedio de número de juntas entre 5 a 6, lo que nos da que el valor del RMR se encuentra entre las clases IV y V (Muy mala - Mala). Esta condición hace que la técnica de perforación y voladura sea inviable, especialmente considerando la resistencia baja de la roca en esta área. Este enfoque se seleccionó ya que se adapta a las características específicas del macizo rocoso y garantiza un proceso de extracción eficiente.

Luego se procedió a identificar la maquinaria pertinente para este arranque mecánico, siendo una excavadora la encargada de realizar tanto el arranque como la carga del material, mientras que volquetes de 12m<sup>3</sup> de capacidad se emplearán para el transporte del material extraído.

Después de determinar el sistema de explotación más adecuado y elegir el método de arranque conforme a las propiedades del material, se calculó los parámetros geométricos para

el diseño de la cantera. Este análisis tuvo en cuenta tanto las especificaciones técnicas de la maquinaria que se emplearía como el volumen del material a ser explotado.

### 6.3.6 *Parámetros de Diseño de la Cantera*

- **Profundidad de la cantera:** se determinó de acuerdo al límite máximo que se puede extraer el material pétreo.

$$H_f = H_s - H_i$$

Donde:

$H_f$  = Profundidad de la Cantera

$H_s$  = Cota mayor

$H_i$  = Cota menor

$$H_f = 890 - 795$$

$$H_f = 95 \text{ m}$$

Acorde con el levantamiento topográfico de la zona de estudio, la cota superior es 885 m.s.n.m. y la cota inferior equivale a 795 m.s.n.m, la diferencia media entre los niveles inferiores (890 y 795) m.s.n.m. es de 95 m, el cual corresponde a la profundidad promedio de la cantera, este se definió en los perfiles de la evaluación de reservas.

- **Altura del banco:** El valor de este parámetro fue establecido considerando las dimensiones de la maquinaria de carga. En este caso se usará una excavadora Caterpillar 320D, que tiene un alcance de brazo de 9.49 m, cuyas especificaciones se detallan en el ver (*Anexo 20*).

$$H_B = 0.9 \times (Ab)$$

Donde:

$H_B$  = altura del banco, m

Ab = alcance vertical máximo del brazo de la excavadora según catálogo, es de 9.49 m.

Por lo tanto, la altura del banco será de 9 m.

$$H_B = 0.9 \times (9.49)$$

$$H_B = 8.54 \text{ m} \rightarrow 9 \text{ m}$$

- **Número de bancos:** Está en función de la profundidad de la cantera y la altura de los bancos, se utilizó la siguiente expresión:

$$\# \text{ bancos} = \frac{H_f}{H_b}$$

Donde:

$H_f$  = profundidad de la cantera, (95 m)

$H_b$  = altura de los bancos, (9 m)

$$\# \text{ bancos} = \frac{95}{9}$$

$$\# \text{ bancos} = 10.55 \rightarrow 10 \text{ m}$$

Al tener con una profundidad máxima de 95 m y empleando la altura del banco de 9 m, se planifica el trabajo en 10 bancos.

- **Ángulo de talud de banco:** Para el cálculo del coeficiente de Protodyakonov ( $f$ ), se tomó el promedio de los datos resultantes del ensayo de resistencia a la compresión simple, siendo 90,69 MPa.

$$\alpha_1 = \tan^{-1}(f)$$

Donde:

$$f = \frac{RCS \text{ (MPa)}}{10}$$

$$f = \frac{90,68 \text{ (MPa)}}{10}$$

$$f = 9,07 \leftrightarrow 9$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1}(9)$$

$$\alpha_1 = 83.65^\circ \leftrightarrow 83^\circ$$

- **Ángulo de talud de trabajo**

$$\alpha_t = \frac{\alpha}{K_1}$$

$$\alpha_t = \frac{83^\circ}{1,5}$$

$$\alpha_t = 55,33^\circ \leftrightarrow 55^\circ$$

- **Plataforma de trabajo**

**Ancho de berma:** Se calculó en función de la altura del banco, empleando la siguiente expresión:

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

Donde:

$H_b$  = altura de banco (9 m)

$$B = \frac{9}{3}$$

$$B = 3 \text{ m}$$

- **Ancho de la vía:** El ancho de la vía está en función del equipo de transporte para tener una mejor circulación dentro de las labores mineras para ello se empleó la Excavadora

Caterpillar 320D, seleccionándola por ser la máquina con la mayor dimensión disponible en la Cantera. Conforme a las especificaciones técnicas su ancho es de 2.8 m.

$$A = a (0.5 + 1.5 n)$$

Donde

$a$  = Anchura del vehículo (2.8 m)

$n$  = número de carriles igual a 1.

$$A = 2.8 m (0.5 + 1.5 (1))$$

$$A = 5.6 m \leftrightarrow 6 m$$

- **Espacio de maniobra de la excavadora:** El espacio de maniobra se determinó de acuerdo al ancho de la excavadora presente en la Cantera.

$$C = 1.5 x (Ae)$$

Donde:

$C$  = Espacio de maniobra de la excavadora.

$Ae$  = Longitud de la excavadora CAT 320D = 9.46 m

$$C = 1.5 x (9.46)$$

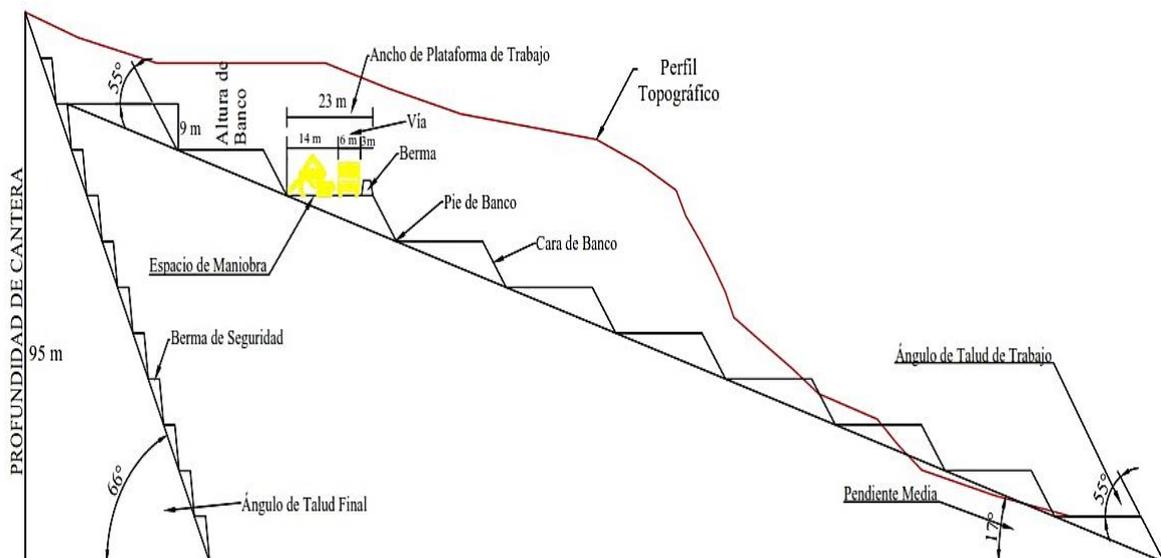
$$C = 14.19 m$$

- **Ancho de la plataforma de trabajo:** Para este cálculo se utilizó como referencia la siguiente expresión determinando el espacio necesario para ejecutar los trabajos de explotación.

$$T = C + A + B$$

$$T = 14.19 + 6 + 3$$

$$T = 23.19 \leftrightarrow 23 m$$



**Figura 51.** Parámetros de Diseño de Explotación de la Cantera Chimbutza

### **6.3.7 Implementación del Sistema de Explotación**

#### **6.3.7.1 Destape**

La actividad de destape consiste en retirar o desmontar la capa vegetal presente en el área donde se pretende realizar el aprovechamiento del material árido. Sin embargo, en nuestra área de estudio la actividad de destape no aplica o es nula, por lo que la extracción del material se hace únicamente en el área destinada al aprovechamiento del material árido y está no presenta vegetación.

#### **6.3.7.2 Preparación**

La actividad de preparación comprende las acciones dirigidas a mejorar las condiciones de los sitios para las obras complementarias.

##### ***Conformación de accesos***

El acceso principal es la vía que conecta a la plataforma de trabajo y a la vía de primer orden Yantzaza-Chicana, por donde circulará la maquinaria (excavadora y volquetes), con el material extraído hacia la zona de stock o directamente a la zona donde se lo utilizará para las obras requeridas, para ello se hará uso de la vía ya existente y se la modificará para el acceso a la plataforma de trabajo.

- Ancho de la vía de acceso

Finalmente se proyecta una vía de acceso hacia los bancos de explotación, la cual cuenta con un ancho de 6 m y una pendiente máxima del 10%, con el objetivo de permitir que la maquinaria pueda acceder sin ningún problema y dar inicio a las labores mineras.

La vía se ha planificado considerando las cotas más altas hacia las cotas más bajas, y el equipo de mayor dimensión, evitando así que se genere pendientes que puedan interrumpir el ciclo de trabajo.

#### **6.3.7.3 Arranque**

Tomando en cuenta las propiedades físico mecánicas del material existente en la cantera, se determinó que el arranque se ejecutara vía mecánica, ya que la resistencia de la roca es mala. La maquinaria a considerarse será una excavadora Caterpillar 320D la misma que dispone de una capacidad de 1m<sup>3</sup>, la cual realizará el arranque directo desde el banco e irá colocando el material extraído hacia los volquetes para su posterior transporte.

#### **6.3.7.4 Carga**

La carga del material extraído en el frente de explotación hacia los volquetes se lleva a cabo de forma cíclica utilizando la misma maquinaria de extracción, una excavadora Caterpillar 320D con capacidad de cuchara de 1m<sup>3</sup>. Para optimizar el proceso de carga, es crucial ubicar los volquetes a corta distancia de la excavadora, lo que permite alcanzar altos volúmenes de

producción al reducir la distancia de carga hacia el transporte y disminuir el tiempo de espera para cargar los volquetes.

**Tabla 54.** Parámetros del ciclo de carga

Capacidad del Cucharón de la excavadora	<b>1 m<sup>3</sup></b>
Capacidad del Valde del volquete	<b>12 m<sup>3</sup></b>
N. Cucharadas necesarias para llenar un valde	<b>12</b>
Tiempo de extracción de 1 cucharada	<b>24 s</b>
Tiempo de llenado de un valde (segundos)	<b>288 s</b>
Tiempo de llenado de un valde (minutos)	<b>4.8 min</b>

#### **6.3.7.5 Transporte**

Consiste en el traslado del material extraído desde los bancos de explotación hacia la zona de stock que se encuentra definida dentro del área o el sitio de trabajo donde será utilizado en las obras requeridas por el Municipio de Yantzaza. Para realizar esta tarea, se seguirá trabajando con la misma maquinaria que es un volquete. Sin embargo, se propone adicionar tres volquetes que se integrarán al proceso, cada uno con una capacidad de carga de 12 m<sup>3</sup>.

#### **6.3.8 Seguridad Minera**

El GAD Municipal de Yantzaza, a través de la Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional, cuenta con:

- Reglamento Interno de Seguridad e Higiene del GAD Municipal de Yantzaza se encuentra en trámite de aprobación.
- Certificado de registro de capacitaciones periódicas al personal que labora en el GAD Municipal de Yantzaza.
- Registro de la entrega del Equipo de Protección Personal.

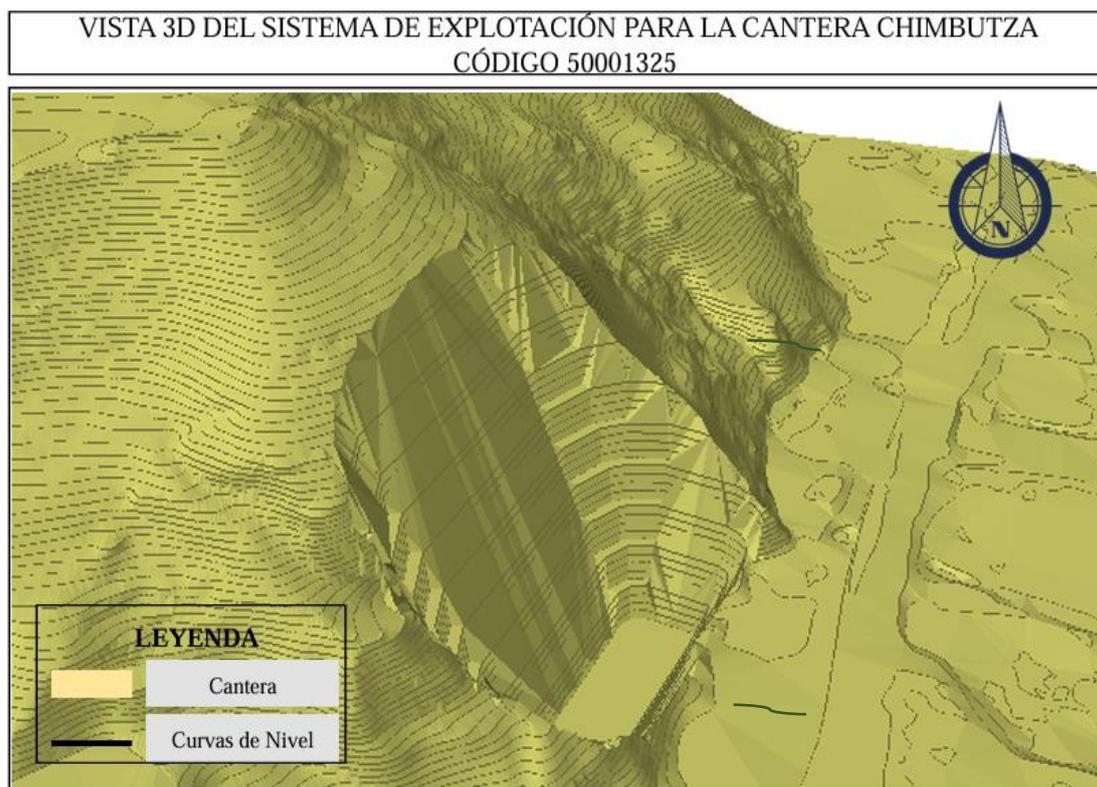
Según el Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo menciona: “El equipo de protección personal está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo, de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos u otros.”

- Para la cabeza: Cascos, gorros, mallas capilares.
- Para los ojos: Anteojos, gafas o antiparras, visores faciales protectores y lentes ópticos reforzados.
- Para los oídos: Tapones (de diversos tipos) y orejeras.
- Para pulmones: Máscaras (su uso va desde las molestias causadas por el polvo hasta la protección contra ciertas sustancias. La lección depende de la toxicidad de estas y de qué tipo de sustancia se trate).
- Para el cuerpo: Delantales, trajes, batas.

- Para piernas: Delantales y polainas.
- Para manos: Guantes, mitones y manoplas.
- Para pies: Botas, zapatos y protectores

### 6.3.9 *Diseño final de la Cantera*

Con la ayuda del software RecMin, se procedió a realizar el modelamiento final de la Cantera, donde se tomó como referencia la topografía del área de estudio. De igual manera se elaboró el plano de implantación del sistema de explotación, el cual se lo visualiza en el (Anexo 23).



**Figura 52.** Vista en 3D de la implantación del sistema de explotación para la Cantera Chimbutza

Una vez que se implantó el diseño del sistema de explotación, seguidamente se utilizó como referencia la metodología propuesta por González D, (2023) en su tesis denominada “Diseño del sistema de explotación para yeso del área minera “Manuel Salvador Vega”, código 690344, ubicada en la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja”, realizó el cálculo del volumen de material a extraer mediante secciones con la ayuda el Software Recmin, donde se realizó 10 cortes con una distancia de 18 metros en dirección Este-Oeste y Norte-Sur, como resultado se obtuvo los perfiles. Una vez que se determinó las áreas se procedió a calcular los volúmenes con el método de los perfiles como se muestra en las siguientes figuras.

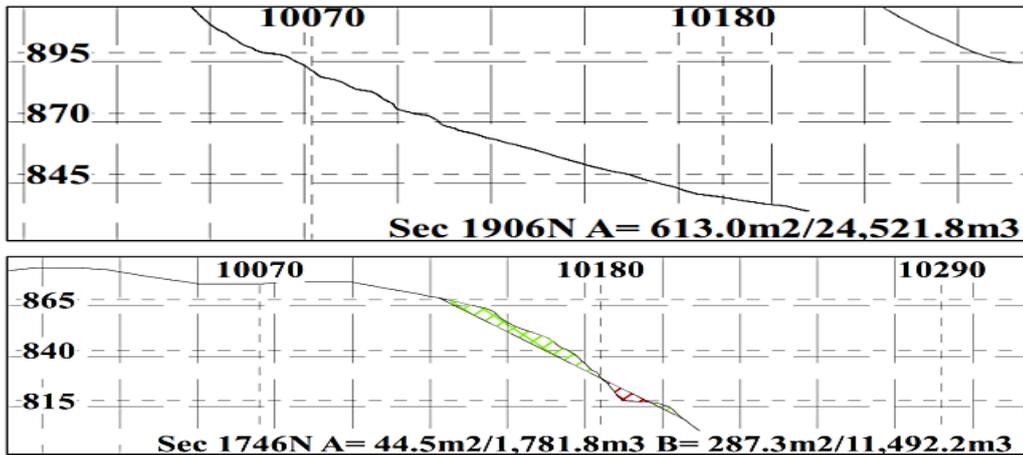


Figura 53. Perfil 1 y 2

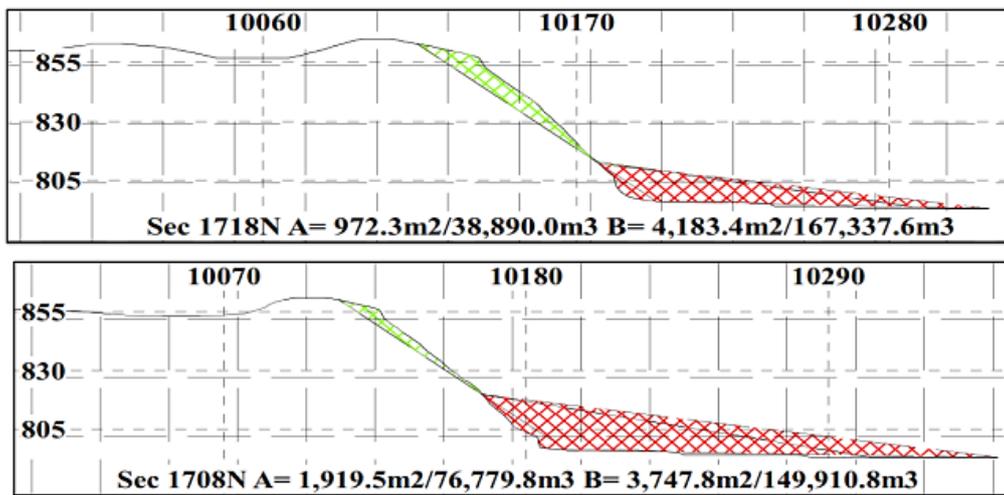


Figura 54. Perfil 3 y 4

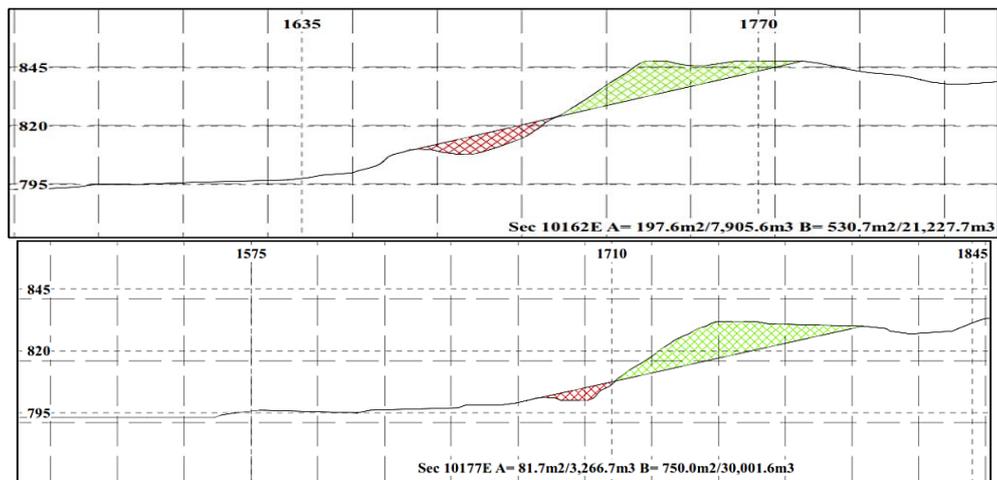


Figura 55. Perfil 5 y 6

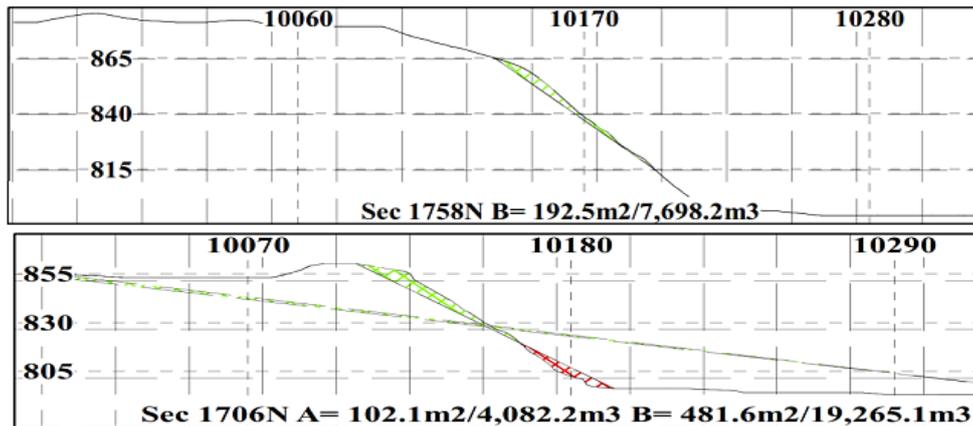


Figura 56. Perfil 7 y 8

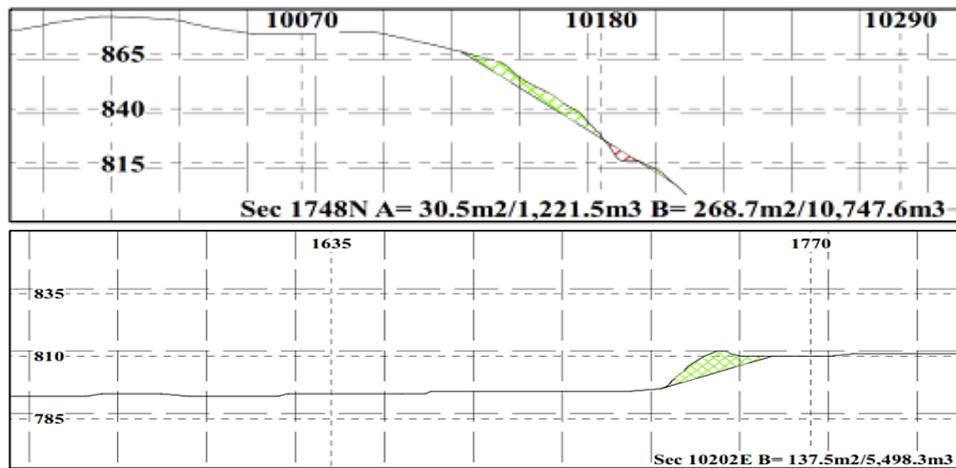


Figura 57. Perfil 9 y 10

Tabla 55. Áreas y volúmenes del material a extraer

Perfiles	Area (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1 y 2	944.8	37795.8
3 y 4	10823	432918.2
5 y 6	1560	62401
7 y 8	776.2	31045.5
9 y 10	436.7	17467.4
<b>Total</b>	<b>14540.7</b>	<b>581627.3 m<sup>3</sup></b>

El volumen de los perfiles realizados es de **581627.3 m<sup>3</sup>** de material a extraer.

### 6.3.10 Volumen de producción

Con los datos obtenidos sobre el rendimiento práctico y teórico de la excavadora se determinó los costos y la producción en la Cantera.

- **Optimización de los tiempos de producción**

**Tiempos fijos:** Se refiere a los tiempos utilizados durante la carga, transporte y como la máquina hace la carga y descarga del material. Para su cálculo, se emplea la siguiente ecuación:

**Tiempo de carga**

**Donde:**

**$Np$** = número de palas necesarias para llenado (12)

**$Tcc$** = tiempo de ciclo de carga (24 seg)

$$Tc = \frac{Np \times Tcc}{60}; \text{min}$$

$$Tc = \frac{12 \times 24}{60}; \text{min}$$

$$Tc = 4,8 \text{ min}$$

- **Ciclos de trabajo (carga) por hora ( $Cc$ )**

$$Cc_{excavadora} = \frac{60}{Tc} = \text{ciclos/hora}$$

**Donde:**

**$Cc$** = Ciclo de trabajo en 60 minutos (hora)

**$Tcc$** = tiempo de cargado (24 seg = 0,40 min)

$$Cc_{excavadora} = \frac{60}{0.4 \text{ min}}$$

$$Cc_{excavadora} = 150 \text{ ciclos/hora}$$

El resultado para ciclo de cargado del material es de 150 ciclos por hora.

- **Número de volquetes**

$$Nv = \frac{Nc_{excavadora}}{Np_{volquete}}$$

$$Nv = \frac{150}{12}$$

$$Nv = 12,5 \text{ volquetes}$$

La excavadora puede abastecer hasta 12 volquetes, la propuesta es que se utilicen 4 volquetes de las 12 para mejorar y aumentar la producción de acuerdo a la obra que se requiera y se pueda aprovechar de mejor manera el equipo por lo menos para llegar al 40% de la utilidad de la excavadora, porque actualmente solo están utilizando el 10%, no se propone los 12 volquetes por la sencilla razón de que depende de la planificación de las obras del Municipio de Yantzaza.

- **Producción total promedio por jornada de trabajo ( $Pp$ )**

Se estimó la producción diaria con el nuevo sistema de explotación propuesto, está producción se calculó en función de la cantidad de material transportado por los volquetes por hora, en un ciclo de 8 horas, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Producción diaria} = \text{Rendimiento de la volquete} * \text{Número volquetes} * \text{Jornada trabajo}$$

$$\text{Producción diaria} = 35.62 * 4 * 8 \text{ h}$$

$$\text{Producción diaria} = 1139,84 \text{ m}^3/\text{día}$$

### 6.3.10.1 Ritmo de producción

$$RP = \frac{\text{Cantidad de Material Extraído}}{\text{Tiempo de trabajo}}$$

$$RP = \frac{1139,84 \text{ m}^3}{8 \text{ h}}$$

$$RP = 142,48 \leftrightarrow 142 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Con este ritmo de producción de 142 m<sup>3</sup>/h se puede interpretar que el sistema de explotación optimo mejora notablemente la producción diaria.

### 6.3.10.2 Análisis de la vida útil del depósito

$$Tv = \frac{\text{Reservas explotables}}{\text{Volumen diario x días laborales}}$$

$$Tv = \frac{1465290.0 \text{ m}^3}{1139,84 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 240 \frac{\text{días}}{\text{año}}}$$

$$Tv = 5,35 \text{ año}$$

### 6.3.10.3 Análisis de costos económicos de operación

- **Maquinaria y Personal requerido**

La maquinaria a emplearse debe realizar sus funciones de manera eficiente, contribuyendo así al incremento de la capacidad de producción. La estimación de estos parámetros se llevó a cabo considerando las capacidades y características operativas de la maquinaria disponible en el área minera.

**Tabla 56.** Maquinaria y personal requerido para optimizar la producción

<b>Maquinaria</b>			
<b>Operaciones</b>	<b>Tipo de maquinaria</b>	<b>Marca</b>	<b>Capacidad</b>
Arranque y carga	Excavadora	Caterpillar	1 m <sup>3</sup> (cucharón)
Transporte	Volquete	MAN	12 m <sup>3</sup>
	Volquete	MAN	12 m <sup>3</sup>
	Volquete	MAN	12 m <sup>3</sup>
	Volquete	MAN	12 m <sup>3</sup>
<b>Personal</b>			
Área de trabajo			N° Personas
Directivo			1
Profesional			1
Operador excavador			1
Operador volquetes			4
<b>Total</b>			<b>7</b>

- **Costo de personal**

Cantidad	Cargo	Costo unitario (USD)	Sueldo mensual (USD mensual)	Costo total (USD anual)
1	Directivo	2000	2500	24000
1	Profesional	1200	1200	14400
1	Operador de excavadora	900	900	10800
4	Operador de volquete	850	3400	38400
<b>TOTAL</b>			<b>8000</b>	<b>87600</b>

- **Costo de producción**

**Tabla 57.** Costos por insumos de producción

Costos de Producción		
	Descripción	Costos (\$)
Costos Directos	Mantenimiento de maquinaria	600,00
	Costo de combustibles	400,00
Costos indirectos	Transporte	250,00
	Seguridad	400,00
	Materiales, suministros	350,00
	Capacitación	350,00
<b>COSTO MENSUAL</b>		<b>2350,00</b>

**Costo diario:** Este valor se determinó estableciendo una relación entre el costo mensual de producción y los 20 días laborables en el mes correspondiente.

$$\text{Costo diaria} = \frac{\text{Costo de producción mensual}}{\text{Días laborables}}$$

$$\text{Costo diaria} = \frac{2350}{20}$$

$$\text{Costo diaria} = 117,5 \text{ USD/día}$$

**Costo de producción por metro cúbico:** Una vez obtenido los datos de la producción diaria y costo diario, se procedió a calcular el costo por metro cubico haciendo uso de la siguiente formula:

$$\text{Costo por } m^3 = \frac{\text{Costo diaria}}{\text{Producción diaria}} \text{ (USD/m}^3\text{)}$$

$$\text{Costo por } m^3 = \frac{117,5}{1139} \text{ (USD/m}^3\text{)}$$

$$\text{Costo por } m^3 = 0,10 \text{ (USD/m}^3\text{)}$$

### 6.3.11 Matriz de identificación de impactos

A continuación, se muestra la Matriz de Leopold utilizada para identificar los impactos en el Cantera Chimbutza:

**Tabla 58.** Matriz de identificación de impactos para la Cantera Chimbutza

CANTERA CHIMBUTZA			Actividades del Proyecto			
			Explotación			
			Destape	Preparación	Arranque de Material	Carga y Transporte
Medio Físico	Aire	Ruido	x	x	x	x
		Gases por Combustión	x	x	x	x
		Polvo		x	x	x
		Generación de Material Particulado	x		x	
	Agua	Calidad				
	Suelo	Topografía y Geomorfología	x	x	x	
		Erosión	x	x	x	x
		Alteración de las propiedades físicas del suelo	x	x	x	x
Medio Biótico	Flora	Cubertura Vegetal	x			
		Diversidad	x			
	Fauna	Diversidad	x			
		Migración de especies	x			
Medio Perceptual	U. Paisaje	Paisaje Natural	x	x	x	
Medio Socioeconómico Cultural	Uso del Suelo	Forestal	x			
		Agrícola	x			
	Infraestructura	Red de Servicio de Transporte				x
		Red de Abastecimiento y Comercialización				x
	Población	Salud Ocupacional	x	x	x	x
		Seguridad Industrial	x	x	x	x
		Empleo	x	x	x	x
		<b>N° de Impactos</b>		<b>16</b>	<b>10</b>	<b>11</b>

Con base en la matriz previa, se puede inferir que se generan diversos impactos durante las distintas fases de explotación en la Cantera Chimbutza. Durante la fase de destape, se evidencian impactos en el aire, como la emisión de ruido, gases, polvo y material particulado.

En cuanto al suelo, se identifican cambios en la topografía, erosión y alteración de sus propiedades. Respecto a la flora y fauna, se observan impactos en la cobertura vegetal, migración de especies y modificaciones en el paisaje natural. En el ámbito socioeconómico, se destacan impactos en la salud ocupacional, seguridad industrial y empleo.

En lo que respecta a la etapa de la preparación, en los accesos respectivamente, se registran impactos en el aire, ruido, emisiones de gases y polvo, así como daños al suelo, afectación a la cobertura vegetal y medio natural. En el medio socioeconómico, se identifica impactos en el uso del suelo, salud, seguridad y empleo.

En la fase de Arranque, principalmente en el aire, se identificó algunos impactos como el ruido, polvo, gases y generación de material particulado. En el suelo, se evidencian cambios en la topografía y erosión. En el medio biótico, se destacan la migración y alteración del paisaje natural. A nivel socioeconómico, se registran impactos en la salud, seguridad y empleo.

En la carga y transporte, se observan impactos en el aire, como la emisión de ruidos, gases y polvo, así como en la erosión del suelo. A nivel socioeconómico, se identifican repercusiones en el uso del suelo, salud, seguridad y empleo, además de afectaciones en la red de servicio de transporte y en la red de abastecimiento y comercialización.

La generación de estos impactos se debe principalmente a las actividades extractivas y de movimiento de materiales, que involucran el uso de maquinaria, y transporte del material. Es importante que estos procesos sean gestionados de manera adecuada para evitar en lo posible problemas en el medio ambiente, la salud y la estabilidad socioeconómica. La falta de prácticas sostenibles y las medidas de mitigación contribuye a la magnitud de estos impactos en cuestión.

### ***6.3.12 Plan de Manejo Ambiental***

El Plan de Manejo Ambiental comprende los siguientes planes:

- Plan de análisis de riesgos y de alternativas de prevención
- Plan de prevención y mitigación de impactos
- Plan de manejo de desechos
- Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental
- Plan de relaciones comunitarias
- Plan de contingencias
- Plan de seguridad y salud en el trabajo
- Plan de monitoreo y seguimiento
- Plan de abandono y entrega del área
- Plan de restauración, indemnización y compensación

<b>PLAN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN PROGRAMA DE MANEJO DE TALUDES DE LA CANTERA</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo (Meses)</b>
Medio Físico	Inestabilidad de taludes	Diseño técnico de taludes en base a la caracterización del macizo rocoso, el diseño y estabilidad de los taludes del área de explotación obteniendo un perfil geotécnicamente estable e integrado morfológicamente al entorno. Colocación de capas de suelo orgánico de por lo menos 15 cm de espesor para las zonas rehabilitadas, donde seguidamente se realizará la siembra de vegetación propia del sector, que no altere la estabilidad de los taludes finales del área	100% taludes realizados técnicamente diseñados en las áreas de explotación. Construcción de Muros en Caso de ser Necesario Cunetas.	Constatación física Registro fotográfico. Informes técnicos.	2 meses

<b>PLAN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN PROGRAMA DE MANEJO DE COMBUSTIBLES Y PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Medio Físico	Calidad en las Propiedades Físico Químicas de Suelo. Calidad del Agua	Construcción de obras impermeabilizadas, trampas de combustibles, cubeto, cunetas de drenaje, señalética, etc. Contar con áreas de almacenamiento específicas para combustible y/o derivados. Los tanques de almacenamiento de petróleo y derivados deberán ser protegidos contra la corrosión a fin de evitar daños que puedan causar filtraciones de petróleo o derivados que contaminen el ambiente	Número de áreas específicas para el almacenamiento de combustibles Número de personas capacitadas para el manejo adecuado de combustibles Reporte	Registro de capacitaciones al personal. Registro fotográfico. Informes técnicos	1 meses

		<p>Los sitios de almacenamiento de combustibles serán ubicados en áreas no inundables.</p> <p>La instalación de tanques de almacenamiento de combustibles se realizará en las condiciones de seguridad industrial establecidas reglamentariamente en cuanto a capacidad y distancias mínimas de centros poblados, escuelas, centros de salud y demás lugares comunitarios o públicos</p> <p>Se deberán realizar mediciones anuales de espesores del tanque de almacenamiento de combustible, a fin de prevenir roturas del mismo por corrosión.</p>	de los números de accidentes ocurridos en el área		
--	--	---	---	--	--

<b>PLAN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN</b> <b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LA FLORA Y FAUNA</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Medio Biótico flora	Alteración y Remoción de la Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar impactos sobre la vegetación por desbroce</li> <li>• El desbroce se realizará solo en el sitio necesario (patios de stock y accesos).</li> <li>• No se realizar actividades de quemas para eliminar la vegetación.</li> <li>• Aplicación de cortes con sierras de mano y no con buldócer, para evitar daño en los suelos y deterioro de zonas adyacentes</li> <li>• Revegetación de las áreas modificadas con la finalidad de mejorar la vida silvestre y el entorno paisajístico.</li> </ul>	Especies de flora de la zona de estudio. Superficie de la concesión minera.	Registro fotográfico. Informes técnicos Constatación in situ	2 meses

Medio Biótico fauna	Alteración de hábitats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar los excesivos ruidos producidos por la actividad en las áreas de explotación.</li> <li>• Controlar la disminución en la calidad del hábitat de la fauna.</li> <li>• Capacitar al personal que labore en el área de libre aprovechamiento con charlas ambientales para la protección de la flora y fauna del sector.</li> </ul>	Especies de fauna presentes en el área de estudio Superficie de la concesión minera	Registro de capacitaciones al personal. Registro fotográfico. Informes técnicos	2 meses
---------------------	------------------------	---	---	---	---------

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS  
PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Aire	Generación de Material Particulado	Reducir la velocidad de los vehículos de trabajo en especial los vehículos pesados y de las volquetas al realizar el transporte de los materiales de construcción para reducir la generación de material particulado	El titular minero debe verificar que el 100% de la maquinaria se encuentre en buen estado de funcionamiento durante la etapa de construcción, explotación y cierre de mina	Constatación física Facturas que certifiquen el mantenimiento en talleres mecánicos Facturas que certifiquen la compra de repuestos.	Durante la etapa de construcción, operación y explotación.
	Gases por combustión	El titular minero deberá aplicar medidas adecuadas de mantenimiento preventivo y correctivo a las maquinarias para mantenerlas en buen estado de funcionamiento.			
	Vibraciones	Se debe apagar toda maquinaria que no esté siendo utilizada para ahorrar combustible, reducir las emisiones y terminar con los ruidos y las vibraciones.			

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS  
PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
	Ruido	La maquinaria cuyo funcionamiento genera excesivos niveles de ruido (sobre los 75 dB) deberá ser movilizad a los talleres de mantenimiento más cercanos para ser reparados y deberán volver al área cuando los niveles de ruido sean admisibles de acuerdo a lo estipulado en el Art. 55 numeral 6 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo y la Tabla 2. Niveles Máximos de Emisión para Fuentes Móviles de Ruido del Anexo 5. Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles y Niveles Máximos de Vibración y Metodología de Medición del Acuerdo Ministerial 097-A.			
Suelo	Alteración de las propiedades físicas del suelo	Los vehículos y maquinaria que se utilice, deberán estar en buenas condiciones mecánicas para evitar goteo de aceite o cualquier combustible, además minimizar el ruido y los olores característicos de vehículos mal calibrados o muy viejos. Además, deberá controlarse el uso de señales audibles innecesarias como sirenas y bocinas.			

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS  
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Social	Afectación a la salud de los trabajadores por el mal funcionamiento de equipos	<p>Debido a la importancia del mantenimiento preventivo, de la maquinaria, se han determinado algunos pasos generales que debe poseer una rutina de mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección externa e interna de la maquinaria.</li> <li>• Limpieza externa e interna de la maquinaria.</li> <li>• Lubricación y engrase.</li> <li>• Comprobación y reemplazo de componentes defectuosos. Inspección de seguridad mecánica</li> <li>• Pruebas de funcionamiento.</li> </ul> <p>El mantenimiento correctivo no es planificado, pues se lo realiza sobre un equipo o parte para restaurar su estado operacional, por un reporte de mal funcionamiento que hace el operador del equipo o personal que realiza el mantenimiento programado. El mantenimiento preventivo del equipo, es realizado sobre éste según una planificación, para realizar entre otras actividades pruebas de seguridad, verificación y calibración, mantenimiento preventivo.</p>	Estado de la Maquinaria Registro de mantenimiento, por cada una de las maquinarias	Registros de Mantenimiento Guías de Mantenimiento Registro Fotográfico. Verificación de cumplimiento de normas y medidas ambientales para preservar la salud humana.	2 meses

<b>PLAN DE MANEJO DE DESECHOS</b>					
<b>PROGRAMA DE MAMANEJO DE DESECHO NO PELIGROSOS</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Medio Físico, Agua y Suelo	Contaminación de suelos por el manejo inadecuado de desechos Disminución en la Calidad de agua	<p>Los desechos sólidos producidos en las áreas de libre aprovechamiento, deben ser separados de forma correcta y distribuidos dentro de contenedores apropiados. Éstos deben ser resistentes, tener una tapa y deben ser asegurados para evitar su caída por cualquier motivo.</p> <p>Los contenedores deben ser colocados en lugares estratégicos del área del proyecto, éstos se deben definir de acuerdo a los residuos generados en cada sector y deben estar bien identificados, mostrando los residuos que corresponde a cada contenedor.</p> <p>Se debe tener un área para el almacenamiento temporal de los desechos sólidos no peligrosos. El papel, cartón, plásticos deberán ser entregados un gestor ambiental autorizado, mediante un acta entrega/recepción. La descripción de la zona de almacenamiento temporal se encuentra a continuación:</p> <p>Estas áreas de almacenamiento temporal deben cumplir mínimo, con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Techo</li> <li>• Bien rotulado, incluyendo la señalización de seguridad correspondiente a la normativa NTE INEN 439, así como los colores de los</li> </ul>	Cantidad y tipo de desechos no peligrosos generados en el área. Número de Actas de entrega de residuos reciclables, al personal autorizado	Informes técnicos Registro fotográfico. Recipientes adecuados para la separación de desechos no peligrosos. Bitácoras de registro Registros de entrega de desechos reciclables.	6 meses

		recipientes de acuerdo a la norma NTE INEN 2841. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso de cemento sin ninguna grieta.</li> <li>• Buena ventilación.</li> </ul>			
--	--	--	--	--	--

<b>PLAN DE MANEJO DE DESECHOS</b> <b>PROGRAMA DE MAMANEJO DE DESECHO PELIGROSOS</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Medio Físico, Agua y Suelo	Contaminación de suelos por manejo inadecuado de desechos peligrosos. Contaminación de aguas superficiales por manejo inadecuado de desechos peligrosos	Los desechos peligrosos son: aceite y filtro, aceite de los motores, aceites usados, envases vacíos de pintura. Los recipientes que contengan desechos peligrosos deben estar correctamente rotulados de acuerdo a la normativa NTE INEN 439. Deben cumplir con las especificaciones mínimas dispuestas en el Acuerdo Ministerial 161: deben ser lo suficientemente amplios para almacenar y manipular los desechos peligrosos; deben separados de las áreas de oficinas, bodegas; acceso restringido y cumplimiento con las normas de seguridad industrial; contar con equipo de emergencias y personal capacitado para contingencias; contar con pisos y paredes lisas.	Cantidad de desechos peligrosos generados Tipo de desechos peligrosos generados Número de contenedores Dispuestos Actas de entrega de desechos peligrosos	Recipientes adecuados para su disposición Bitácoras de Registro Registro Fotográfico Registros de entrega	6 meses

**PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**  
**PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL A LOS TRABAJADORES**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Medio Social	Ausencia de capacitación en Seguridad industrial y salud ocupacional.	El profesional a cargo estará capacitando a los trabajadores del área minera durante 2 horas cada mes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad industrial y salud ocupacional.</li> <li>• Uso de los EPP mínimo.</li> <li>• Riesgos en el trabajo</li> <li>• Primeros auxilios.</li> <li>• Uso y manejo de equipos y extintores.</li> </ul>	Número de trabajadores debidamente capacitados y puesta en práctica de sus aprendizajes. Volantes entregados	Informe técnico. Registro fotográfico. Registro de Asistencia. Número de Talleres Realizados.	Cada mes
Medio Físico Aire y Medio Social	Generación de ruido en las fases de arranque, extracción, y transporte.	La capacitación será mensualmente durante 1 hora, donde se abordarán temas como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas prácticas ambientales</li> <li>• Efectos de la contaminación sonora en el ambiente y el ser humano.</li> <li>• Importancia del uso de EPP.</li> </ul>	Número de trabajadores capacitados y educados ambientalmente.	Registro fotográfico Afiches, videos y volantes entregados que evidencien la capacitación	2 meses

**PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS**  
**PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN y EDUCACION AMBIENTAL**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Social	Desconocimiento total de las comunidades aledañas al proyecto acerca del manejo técnico ambiental	Realizar una reunión durante el tiempo que sea necesario, pero en un solo día, para Información y otra para Consultas Comunitarias, donde intervengan representantes de todas las organizaciones y comunidades vinculadas al proyecto.	Comunicación fluida con la comunidad acerca de las actividades que realiza el Área Minera y el manejo técnico ambiental de las	Informes, registro fotográfico y evidencia en medios de comunicación.	1 mes

	de sus operaciones.		operaciones, memorias técnicas.		
	Ausencia de involucramiento con las comunidades en temas ambientales.	Desarrollar talleres de educación ambiental durante 1 hora cada semana, a niños y adultos de las áreas de influencia directa e indirecta, para que la población aprenda sobre el buen manejo ambiental que realiza una minera responsable y vinculada con la sociedad.	Número de niños y adultos capacitados y educados ambientalmente. Afiches, trípticos entregados por los capacitadores.	Registro fotográfico y Registro de Asistencia.	2 meses

<b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>					
<b>PROGRAMA DE CONTINGENCIA EN CASO DE ACCIDENTES, EMERGENCIAS Y EVACUACIÓN.</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Seguridad industrial y ocupacional	Posibles accidentes laborales, como cortaduras, chancados, golpes, cortes en el personal, etc.	Es obligatorio tener un botiquín de primeros auxilios y la capacitación necesaria. Si la herida es superficial se podrá atender en el sitio haciendo uso del botiquín de primeros auxilios, aplicando los conocimientos adquiridos en la capacitación previa de primeros auxilios. Si la herida es profunda y el accidente fue grave se deberá llamar al ECU 911 y organizar inmediatamente su traslado al centro de salud más cercano. Los trabajadores y operarios del área minera ayudaran a trasladarlo hasta la ambulancia.	Número de botiquines de primeros auxilios y número de trabajadores con conocimientos en primeros auxilios (capacitados). Plan de contingencia aprobado, simulacros, evidencia de capacitaciones sobre primeros auxilios a los trabajadores.	Registro de accidentes laborales. Observación directa. Facturas Fotografías	1 mes
	Deslizamientos de plataformas, bancos de trabajo y derrumbes por	Se debe aplicar un sistema de drenaje de aguas superficial y subterráneo. En caso de haberse realizado el deslizamiento se debe alejar de la zona del derrumbe a la maquinaria y trabajadores, mientras no se tenga la maquinaria y equipos	N° de estudios geotécnicos realizados en el frente de explotación	Informe del diseño de bancos y bermas. Registro fotográfico Observación en campo del estado de	

**PLAN DE CONTINGENCIAS**  
**PROGRAMA DE CONTINGENCIA EN CASO DE ACCIDENTES, EMERGENCIAS Y EVACUACIÓN.**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
	las precipitaciones.	necesarios para estabilizarla y garantizar un estado de seguridad.	Almacenamiento de drenajes en la bodega del área minera. Pronóstico de precipitaciones en la zona de estudio. Conocimiento y capacitación de todos los actores relacionados con la mina	conservación de bancos.	
	Volcamiento de volquetas por mal diseño de rampas	Evaluar las causas de la inestabilidad del talud previo al derrumbe. Realizar estudios geotécnicos de estabilidad de taludes y un recalcado en el número de bancos, ángulos de inclinación, ancho de bermas de seguridad, etc.			
	Generación de Polvo y ruido por el transporte de las volquetas cargadas de material	Medir estos parámetros (Nivel de Ruido y Concentración de materia particulado) y con base a eso tomar las debidas precauciones. Para protección auditiva usar orejeras y tapones, bajo la norma UNE EN 352-1 y 352-2. Para protección ocular usar gafas de protección bajo la norma NTE INEN 3125	. Personal dotado de su EPP ocular y visual. Número de muestreos de monitoreo de la calidad del aire	Registro fotográfico. Informes Técnicos	
	Plan de evacuación en caso de emergencias	Colocar la señalética respectiva hacia los patios de acopio del material que es el lugar más seguro del área minera. Activar la sirena de evacuación, la cual se escucha en toda el área minera. Se deberá seguir estrictamente la señalética citada que demarca la ruta de evacuación en caso de cualquier percance. Se seguirá las flechas que guiarán la evacuación en dirección al patio de acopio del material, el cual está alejado de instalaciones y del frente de explotación.	Señalética Simulacros Aprendizajes de los trabajadores.	Registro fotográfico Plan de contingencia aprobado.	

**PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**  
**PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN EL CASO DE RIESGOS DE TRABAJO**

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Social	Riesgos de trabajo por desarrollo de labores en condiciones peligrosas.	<p>Se desarrollará un reglamento interno en el cual se indicarán normas básicas de comportamiento y de trabajo, las mismas que deberán ser cumplidas por todos los empleados de la concesión.</p> <p>Este reglamento deberá ser comunicado y socializado con todos los trabajadores de la concesión y de ser posible imprimir y entregar copias escritas. Mantener en la oficina un botiquín con los insumos básicos el cual permita proveer acciones de primeros auxilios al obrero que requiera, el control a los insumos debe ser permanente a fin de ser abastecidos oportunamente, así como para verificar su fecha de caducidad.</p> <p>Los trabajadores deberán contar con pólizas de seguro de riesgos de trabajo, conforme lo establece la legislación vigente.</p>	Trabajadores usando EPP, en condiciones físicas normales.	Memoria técnica, actas de entrega recepción, controles, registro fotográfico	Inmediato Durante cada fase del proyecto

**PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO  
PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Social	Accidentes laborales y daños a la integridad física de los trabajadores	<p>Se deberá implementar la respectiva señalización tanto preventiva como restrictiva en las áreas de intervención. El diseño de la señalética (colores, símbolos, medidas, etc.) deberá ser realizado de acuerdo a la Norma INEN ISO – 3864- 1:2013.</p> <p><b>Diseño para señales de seguridad</b></p> <p>Los colores de seguridad, colores de contraste y figuras geométricas, deberán ser usados solamente en las siguientes combinaciones para obtener los cinco tipos de señales de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Señales de prohibición</b></li> </ul> <p>La línea central de la barra diagonal deberá pasar por el punto central de la señal de prohibición y deberá cubrir el símbolo gráfico.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <span>Señales de acción obligatoria</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <span>Señales de precaución</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <span>Señales de condición segura</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <span>Señales de equipo contra incendio</span> </div> </div>	Trabajadores usando EPP, en condiciones físicas normales.	Memoria técnica, actas de entrega recepción, controles, registro fotográfico	Inmediato Durante cada fase del proyecto

**PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO  
PROGRAMA DE IMPLEMMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
	Incendios y daños a la salud y seguridad de los trabajadores	Se deberá adquirir y colocar extinguidores de 5kg, polvo ABC contra incendios para ubicarlos en el campamento, bodegas y área de almacenamiento de combustibles Se deberá señalar las áreas donde se ubiquen los agentes extintores de acuerdo al programa de señalización del presente documento. Los extintores deberán ser sometidos a un plan de mantenimiento periódico.	El titular minero ha adquirido el 100% de los agentes extintores al primer mes de la obtención de la licencia ambiental.	Constatación física Evidencia mediante facturas de compra de EPP. Registro fotográfico de los trabajadores utilizando el EPP.	1 mes
	Afecciones a la salud de los trabajadores por las actividades laborales.  Contingencias y emergencias	Se deberá disponer de un botiquín de primeros auxilios, el cual deberá contener como mínimo lo siguiente: gasas estériles, guantes estériles, algodón, mascarilla, apósitos, compresas, esparadrapo, vendas de gasa, vendas circulares, vendas triangulares, baja lenguas, vendajes adhesivos (curitas), pinzas, linterna, termómetro, alcohol, yodopovidona, desinfectante, toallas húmedas sin alcohol, tijeras.  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deberá verificar con frecuencia el estado y disponibilidad de implementos del botiquín.</li> <li>• Los medicamentos siempre se guardarán junto con su prospecto y se tendrá especial atención a su fecha de caducidad, condiciones de uso y lugar y condiciones de conservación.</li> </ul>	Al primer mes de la obtención de la licencia ambiental el titular minero se ha encargado de la adquisición del 100% de medicamentos acorde a las necesidades laborales.	Constatación física Evidencia mediante facturas de compra de medicamentos. Registro fotográfico.	

<b>PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PROGRAMA DE IMPLMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se desecharán del botiquín los medicamentos caducados y los que hayan cambiado el color o su consistencia.</li> <li>• Para evitar que se alteren los medicamentos, debe procurarse que las botellas y cajas estén bien cerradas y guardadas en sitio seco, fresco y oscuro.</li> <li>• El contenido del botiquín de primeros auxilios se ajustará de acuerdo a las necesidades del personal.</li> <li>• El lugar de ubicación del botiquín de primeros auxilios deberá estar rotulado.</li> </ul>			

<b>PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO PROGRAMA DE SOLUCIÓN AL IMPACTO</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Flora y Fauna	Alteración de la flora y fauna del área de influencia del área minera como consecuencia de las actividades del proyecto.	<p>Monitoreo biótico Puntos de monitoreo Se realizará en el área de influencia del área minera.</p> <p>Procedimiento Se deberá realizar una Evaluación Ecológica Rápida (EER) de flora y fauna, con el fin de determinar la influencia de las actividades de explotación en dichos componentes del ecosistema.</p>	El titular minero cuenta con datos cualitativos y cuantitativos anuales de la flora y fauna del área de influencia durante el tiempo de vida útil a partir de la obtención de la licencia ambiental.	Resultados de monitoreo	Cada 12 meses durante la explotación

<b>PLAN DE ABANDONO Y ENTREGA DEL ÁREA PROGRAMA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Aire	Gases por combustión Vibraciones Ruido	En lo que respecta al cierre y abandono se procurará optimizar el transporte del equipo y maquinaria al momento del desalojo. El movimiento de equipo, materiales e incluso infraestructura se planificará para no sobrecargar el número de viajes realizados por día.	A dos meses del cierre del área minera, no se deben encontrar maquinaria, materiales o equipos en el sector, y todas las infraestructuras que no se puedan reusar habrán sido demolidas y sus restos dispuestos correctamente	Constatación física Registro fotográfico	Dos meses a partir del cierre del proyecto

<b>PLAN DE RESTAURACIÓN, INDEMNIZACIÓN Y COMPESACIÓN PROGRAMA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL</b>					
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
Aire Suelo Morfología y Topografía	Generación de Material Particulado, Gases por combustión, vibraciones y ruido Generación de residuos sólidos	Potenciar el uso de la infraestructura existente para otros fines. Proporcionar ideas de uso del área que involucren al mínimo nuevas construcciones o uso excesivo de maquinaria Complementar el futuro uso de la infraestructura con la readecuación de los espacios libres que se acoplen mejor con la topografía del lugar.	Reforestación del área y establecimiento del nuevo uso de la zona	Constatación física Registro fotográfico	Sin tiempo de implementación

**PLAN DE RESTAURACIÓN, INDEMNIZACIÓN Y COMPESACIÓN  
PROGRAMA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL**

<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medidas propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de Verificación</b>	<b>Plazo (meses)</b>
	Modificación Topográfica	Reforestación con especies propias del lugar. Regeneración natural creando condiciones adecuadas			

## 7. Discusión de Resultados

Todos los resultados obtenidos han permitido lograr cumplir con los objetivos propuestos determinando lo siguiente:

En relación a la caracterización geomecánica del macizo rocoso, el índice de calidad de la roca (RQD) es uno de los parámetros geomecánicos desarrollado por el autor Deere (1964), donde propuso un índice cuantitativo de la calidad de la roca, sin embargo, en la presente investigación no se tomó en cuenta esta propuesta, si el método desarrollado por Palmstrom (2005), donde se analiza la cantidad de fisuras presentes en las discontinuidades en una unidad de volumen estimándose así un RQD en unos rangos de calidad mala. El R.M.R de Bieniawski (1989) clasifica al macizo rocoso entre un rango de calidad Mala (clase IV) a calidad Muy Mala (clase V), por otro lado, al clasificar el macizo mediante el S.M.R de Romana (1985) para los dos mecanismos de rotura tanto para tipo planar y vuelco analizados, se obtuvo un S.M.R planar de un rango de 0-20 calidad Muy mala (clase V) y para el S.M.R en vuelco presentó un rango de 0-21 calidad Mala (clase IV), por ello al tener una índice de calidad de roca que varía de mala a muy mala el arranque de la roca debe realizarse de forma mecánica con la misma excavadora que se ha venido utilizando actualmente en la Cantera que es una Caterpillar 320D.

Regionalmente el área de estudio de acuerdo a la hoja geológica de Paquisha (Hoja 76 Ñ-VIE) a escala 1:100 000, INIGEMM (2017), sobrecae en depósitos aluviales, de acuerdo a esta investigación en el área afloran litologías intrusivas como depósitos aluviales y granodiorita he aquí la importancia de este estudio para actualizar la geología, ya que no concuerda con el PDOT (2023), ni la hoja geológica, pero si se corrobora con el informe de producción del área levantada por el Ing. Roberto Chuquihuanca.

Con la evaluación de los procesos actuales en la Cantera se determina que carece de una planificación y un sistema de explotación definido, esto se ve reflejado en el ritmo de producción ya que no permite el abastecimiento del material para fines industriales conociendo que existe una gran demanda de este en la actualidad, lo que radica en aplicar criterios técnicos para el desarrollo de las actividades siendo su principal deficiencia al no contar con una explotación sistemática y ordenada.

En cuanto a la determinación del volumen de material aprovechable, se obtuvo un total de 12 perfiles con una distancia de 18 m entre cada uno. Según la metodología planteada por Pinta Y, (2023), en donde este método de cálculo posee una eficiencia de un 80%, lo que permitió correlacionar los materiales presentes en el área y determinar un volumen de material aprovechable de 1465290.0 m<sup>3</sup>, dando a la presente investigación una eficiencia de un 90%

siendo un método efectivo en el cálculo de volúmenes y reservas para materiales de construcción.

En base al análisis realizado de los parámetros técnico mineros, forma del depósito, situación actual de la Cantera, ciclos de producción, se determinó la necesidad de implementar en primera instancia el sistema de explotación que se ajuste a las características y propiedades de los materiales. Aplicando la metodología de Herbert (2006) en su enfoque manifiesta que las canteras son las mejores para explotar materiales de construcción ya que se tiene un 80 a 100% de aprovechamiento de material de interés, todo ello permitió hacer una selección del método que mejor se adapta a las condiciones del cuerpo mineral de la presente investigación siguiendo algunos pasos como adaptar el perfil del terreno, altura del banco, ancho de berma, donde se determinó que el sistema idóneo y el que mejor se adapta es el sistema por bancos descendentes.

Según la calidad mala y resistencia baja de la roca presente en la Cantera Chimbutza se puede considerar al método Ripper o Excavadora como uno de los mejores métodos de arranque para materiales de construcción. Aplicando la metodología de Román (1996) donde manifiesta que este método tiene un 75% de efectividad y se puede aprovechar de mejor manera el material, esto concuerda con lo obtenido en la presente investigación donde al analizar la granodiorita según la clasificación geomecánica se encuentra en el grupo IV (Clase Mala), lo que permite utilizar este tipo de método.

## 8. Conclusiones

- De acuerdo a los valores del R.Q.D con el 100% predomina una calidad mala. El valor del R.M.R identifica el macizo en un rango de 80% de calidad mala (Clases IV) y el 20% en una calidad muy mala (Clase V). Referente a los valores del S.M.R obtenidos para rotura planar el 100% corresponde a una calidad muy mala. En cuanto a los valores obtenidos del S.M.R de rotura por vuelco el 80% corresponde a calidad Muy Mala, 20% a calidad Mala, dando como resultado que la evaluación de la zona de estudio sea inestable.
- Se evidenció que el método por banqueo descendente actualmente no está cumpliendo con su función del aprovechamiento del 60% de la maquinaria, por lo cual se propone optimizar este método. Con las propiedades geomecánicas del macizo rocoso como son la resistencia a la compresión simple, calidad del macizo rocoso, los parámetros físico-mecánicos, los parámetros geométricos, levantamiento geotécnico de datos estructurales, la disponibilidad de medios técnicos y la calidad de la materia prima, con ello el dimensionamiento geométrico no debe exceder los 20 m, un talud de 85 m, altura del banco de 9m y un número de 20 bancos idóneos para prevenir una inestabilidad y por ende riesgos para el personal. Según Herberth 2006, menciona que para áridos y pétreos no debe exceder estos parámetros antes mencionados, ya que el material podría desprenderse debido a que el ángulo de reposo no es el adecuado.
- En conclusión, de todos los parámetros analizados en los anteriores objetivos se obtuvo el diseño de explotación por cantera en un sistema de bancos descendentes de los cuales se determinó un número de 10 bancos de explotación con altura de 9 metros, un ángulo de talud de trabajo de  $55^\circ$ , una plataforma de trabajo de 23m (Ancho de la vía de 6m, ancho de la berma de 3 m y espacio de excavadora de 14), y una pendiente media de 17, los cuales serán construidos de acuerdo a la capacidad de la maquinaria, mediante un ciclo de trabajo de arranque, carga y transporte.
- Finalmente, el método de arranque más adecuado en la explotación del material en la Cantera Chibutza es el mecánico, siendo óptimo cuando se tiene una resistencia baja y calidad mala del material.

## **9. Recomendaciones**

- Se recomienda llevar un control sobre la calidad geomecánica del macizo rocoso, para evaluar sus características mecánicas, siendo de suma importancia para poder optimizar la extracción y salvaguardando la seguridad del personal.
- Dar mantenimiento a la maquinaria, y llevar un control periódico de cómo se está llevando el diseño propuesto junto con las actividades del ciclo de trabajo cuyo objetivo es prevenir en cierta medida pérdidas y poder evitar en lo posible la subutilización la maquinaria en el Cantera Chimbutza, logrando así una mejor producción.
- En el presente estudio se ha logrado identificar una deficiencia en la capacitación al personal que labora en la Cantera Chimbutza y de acuerdo a cada una de las falencias identificadas en este estudio lo más recomendable es brindar una capacitación constante a los trabajadores, maquinistas operadores, ayudantes, ya que las operaciones que se han venido trabajando están basadas en la experticia de los operarios, careciendo de un plan de explotación definido.
- Se sugiere al GAD Municipal de Yantzaza que tome en consideración este proyecto de investigación para que lo pueda aplicar en el mejoramiento de la optimización del rendimiento de la Cantera esto contribuirá a aumentar la producción, mejorar la explotación y reducir los costos.

## 10. Referencias Bibliográficas

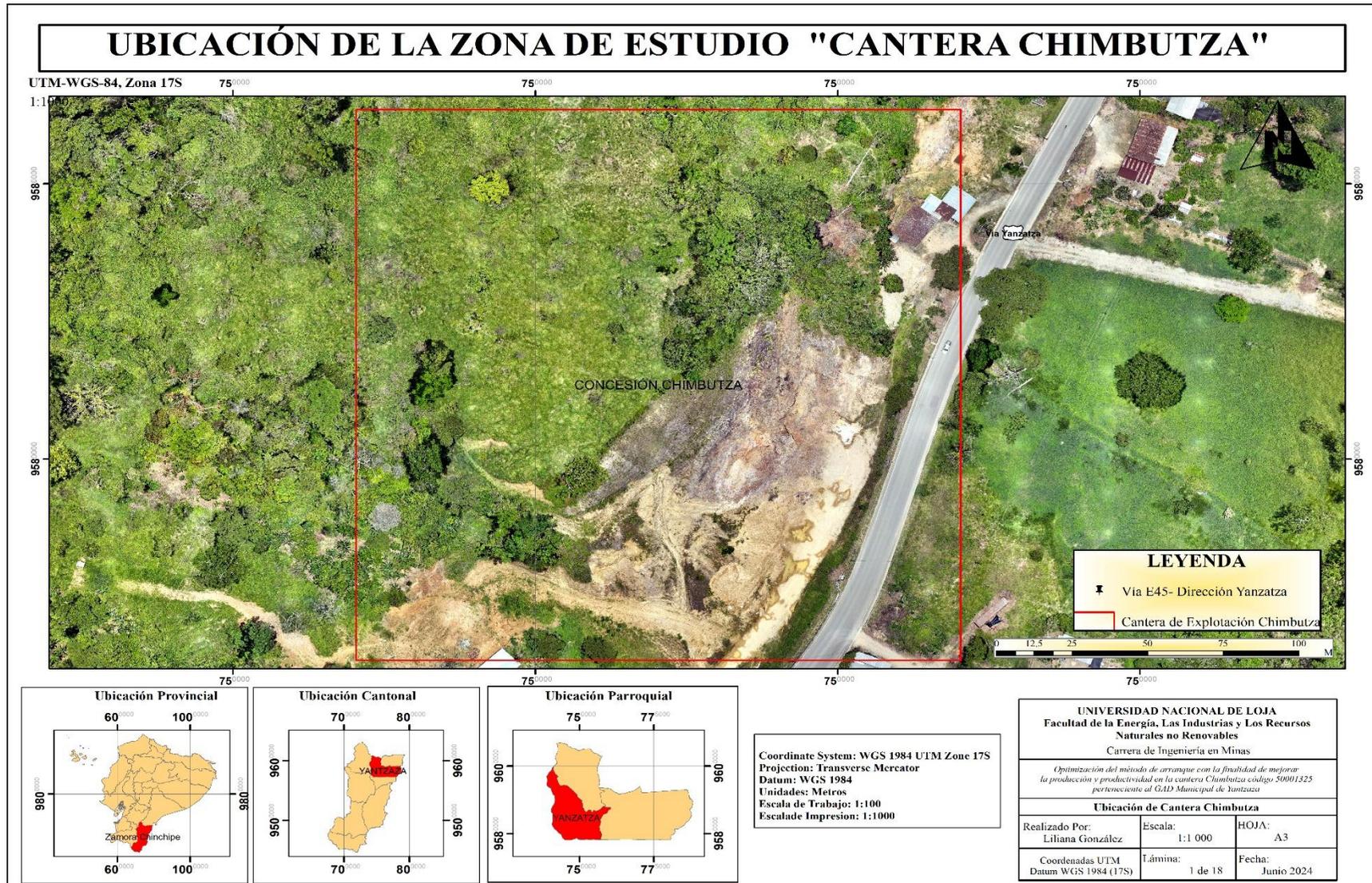
- Aburto López Víctor Manuel. (2012 ). *Diseño de Operaciones Minas a Cielo Abierto*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.
- ASTM. (1898). ASTM D854\_14 Peso Específico.
- Bada, J. C. (9 de mayo de 2018). Equipo de Transporte en Minería Superficial [Diapositivas]. (U. N. Piura, Ed.) Facultad de Ingeniería de Minas.
- Banco Central del Ecuador. (2022). *La minería en el ecuador*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla01.pdf>
- Barton, N, y Bandis, S, (1990). Review of predictive capabilities of JRC-JCS model in engineering practice (Archivo PDF). [https://www.researchgate.net/publication/260822266\\_Review\\_of\\_predictive\\_capabilities\\_of\\_JRC\\_JCS\\_model\\_in\\_engineering\\_practice](https://www.researchgate.net/publication/260822266_Review_of_predictive_capabilities_of_JRC_JCS_model_in_engineering_practice)
- Barton, N, y Choubey, V, (1977). The shear strength of rock joints in theory and practice (Archivo PDF). [https://www.researchgate.net/publication/227011689\\_The\\_shear\\_strength\\_of\\_rock\\_joints\\_in\\_theory\\_and\\_practice](https://www.researchgate.net/publication/227011689_The_shear_strength_of_rock_joints_in_theory_and_practice)
- Barrera, C. E. (2017). Estudio de Tiempos y Movimientos del Proceso de Transporte en una Mina y Propuesta para Mejorar su Eficiencia. [Trabajo de grado, Ingeniería en Minas y Metalurgia]. Universidad Autónoma de México.
- Belandria, N., y Bongiorno F. (2012). *Clasificaciones geomecánica de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Hoek y Brown. y romana* [Archivo PDF]. <https://www.academia.edu/>
- Bieniawsky, Z.T. (1989). Engineering Rock Mass Classifications
- Bustillo Revuelta y López Jimeno. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. Madrid: ENTORNO GRAFICO, S.L. Avda. El Ferrol, 4 -Bajo 1 28029 MADRID.[https://www.academia.edu/39737352/Manual\\_de\\_Evaluacion\\_y\\_Disenio\\_de\\_Explotaciones\\_Mineras](https://www.academia.edu/39737352/Manual_de_Evaluacion_y_Disenio_de_Explotaciones_Mineras)
- Brown, E.T. (1981). *Rock Characterization Testing and Monitoring. -ISMR Suggested Methods*. (Feijoo Calle, E. P. trad): Pergamon Press, Oxford.
- Cornejo Aguilar, P. I. (2016). DEPÓSITOS MINERALES NO METÁLICOS DEL ECUADOR.
- Cueva, F. (2024). Caracterización geomecánica de los macizos rocosos ubicados en el tramo Potrerillos-Sacapalca, de la vía Sunamanga-Sacapalca del cantón Gonzanamá, provincia

- de Loja, Ecuador [Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/30334>
- Chiriboga, M., Pillaguasa, J., & Santos, E. (2011). Rendimiento de Equipo Pesado para la Explotación de una Cantera de Cielo Abierto Caso Práctico: cantera BORCONS . Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Deere y Miller. (1966). CLASIFICACIÓN DE INGENIERÍA E ÍNDICE PROPIEDADES PARA ROCA INTACTA. Nuevo México: [LABORATORIO DE ARMAS DE LA FUERZA AÉREA e División de Investigación y Tecnología Comando de Sistemas de la Fuerza Aérea].
- Feijoo Calle, E. P. (2021). Análisis geomecánico del macizo rocoso que conforma los taludes del sector la Era-San Bernabé, Catamayo-Loja [Trabajo de titulación, Ingeniería en Minas]. Tomado de: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11146/1/16684.pdf>
- González Maldonado, A. G. (2018). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso, para su aplicación en geotecnia, en el sector Lacuarqui, Loja-Ecuador* [Trabajo de titulación, Ingeniería en Geología y Minas]. Universidad Técnica Particular de Loja. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica Particular de Loja. <https://dspace.utpledu.ec/handle/20.500.11962/21959>.
- González de Vallejo, L. I. (2003). *Ingeniería Geológica, Mecánica de rocas* (1ª. ed.). Pearson Educación.
- Guiampu. (30 de Noviembre de 2018). *Diseño Manual de Explotaciones A Cielo Abierto*. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/394572950/Diseno-Manual-de-Explotaciones-a-Cielo-Abierto>
- Herrera Herbert, J. (2006). Métodos de Minería a Cielo Abierto. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. <https://doi.org/10.20868/UPM.book.10675>
- Herrera Herbert, J., & Pla Ortiz de Urbina, F. (2006). Métodos de Minería a Cielo Abierto. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid, <http://oa.upm.es/10675/>.
- ISRM, (1981). Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring (ISRM). (M. O. Rodríguez Naranjo, trad). Suggested methods. Ed. E.T. Brown. Pergamon Press.
- Julio. (2011). *Funcionamiento de las Operaciones Básicas*. (I. e. Minas, Ed.)
- KOMAT'SU. (14 de febrero de 2023). Bulldozer. Obtenido de <https://www.komatsulatinamerica.com/colombia/bulldozer-para-que-se-utilizan/>
- López Jiménez, R. (2018). Fracturamiento.

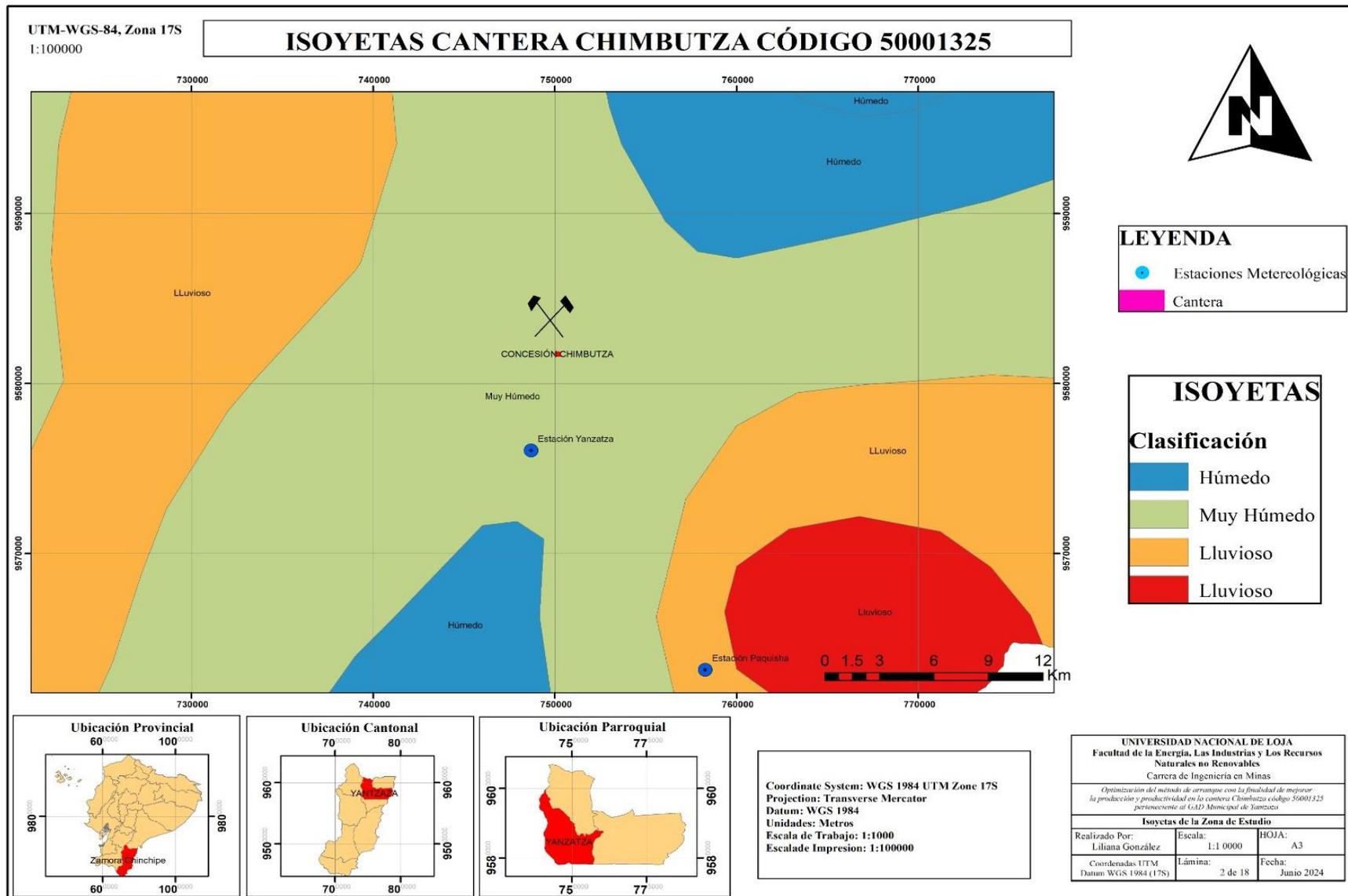
- López, N. (2023). Caracterización geomecánica de los macizos rocosos ubicados en el tramo de la vía San Vicente – Sunamanga del cantón Gonzanamá, provincia de Loja [Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=L%C3%B3pez+Pesantez%2C+Jos%C3%A9+Nixon>
- Martínez, J. (2013). Explotación de materias de construcción (Primera Edición). Ministerio de Minas y Energía.
- Muñoz, C., & Siachoque. (2014). DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO PARA LA MINA EL DIAMANTE, DENTRO DEL CONTRATO EN VIRTUD DE APORTE N° 00904-15 EN EL MUNICIPIO DE TIBASOSA, VEREDA LA CARRERA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. [UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA]. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1515/1/TGT-256.pdf>
- Noguel, J., & Recio, A. (2001). Trabajos Mineros a Cielo Abierto.
- Piqueras V. (2014). *Mototrailla*. (U. P. Valencia, Ed.) Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/03/20/mototrailla-de-doble-traccion/>
- Ramírez Oyanguren, P., y Alejano Monge, L. (2004) Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. E.T.S.I Minas (UPM).
- Rodríguez, J. A. (2007). Caracterización de macizos rocosos.
- Román F. (1996). Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de Excavabilidad de Macizos Rocosos- Clasificaciones Geomecánicas.
- Saavedra, M. (2017). Carguío y Transporte <https://es.slideshare.net/MatiasFigueroaSaaved/carguio-y-transporte>
- Universidad de los Andes. (2018). Propiedades físicas mecánica de las rocas. [Diapositiva de PowerPoint]. Tomado de: <https://fdocuments.ec/document/propiedades-de-la-matriz-rocosa.html>.
- Velasco, J. (2022). *Tema de mecánica de rocas*. Academia.edu. [https://www.academia.edu/35681286/TEMA\\_DE\\_MEC%C3%81NICA\\_DE\\_ROCAS](https://www.academia.edu/35681286/TEMA_DE_MEC%C3%81NICA_DE_ROCAS)

# 11. Anexos

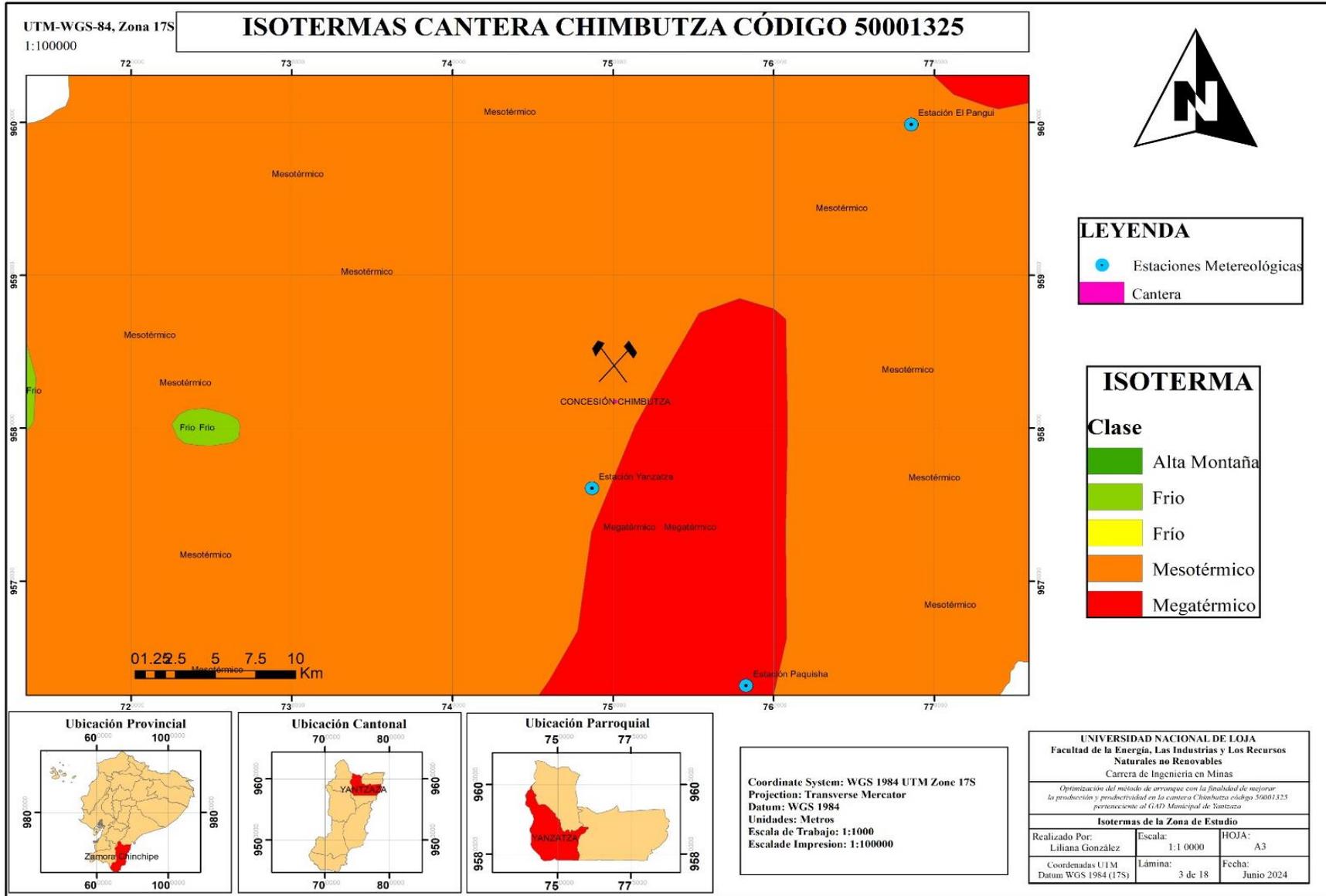
## Anexo 1. Mapa de Ubicación



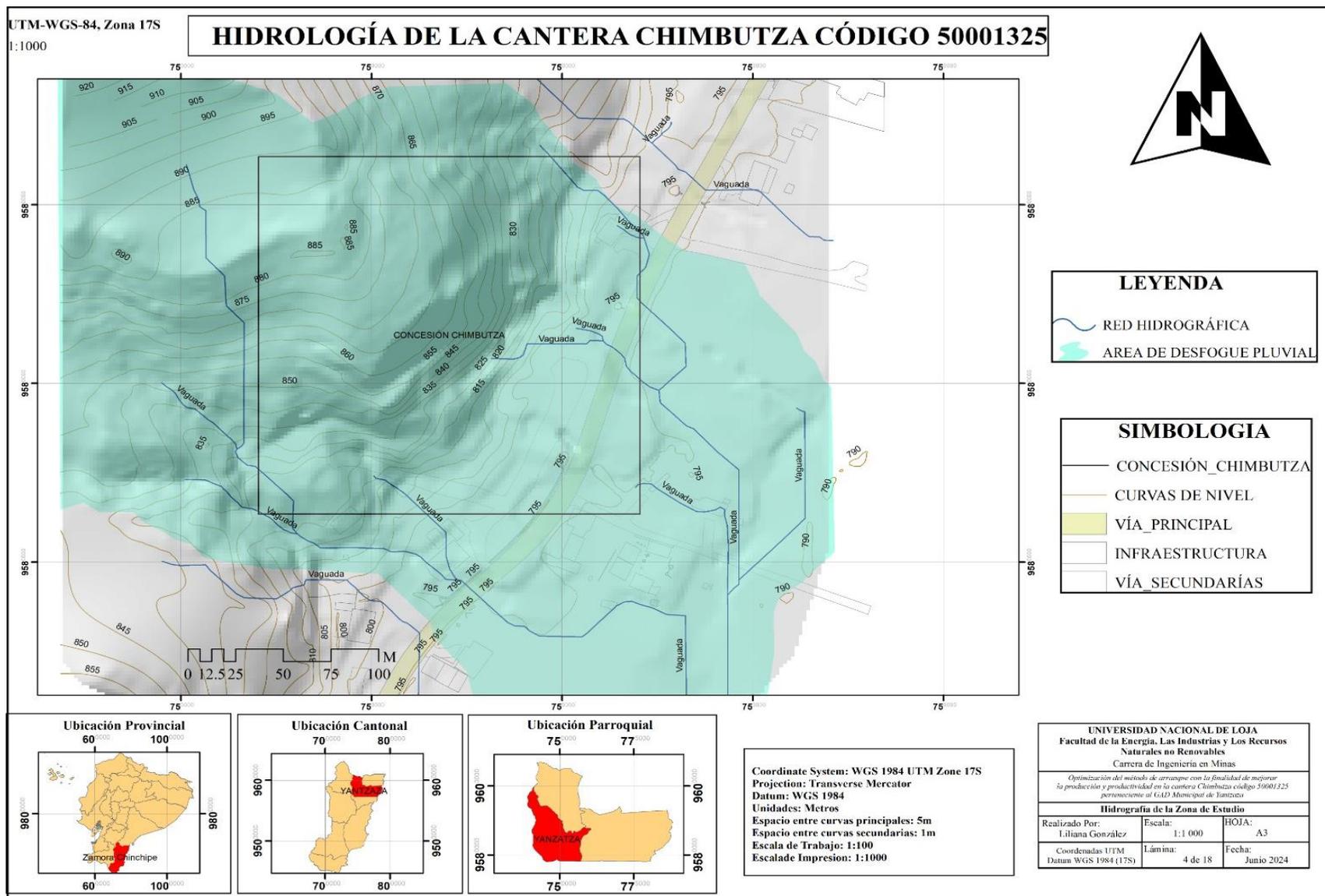
## Anexo 2. Mapa de Isoyetas



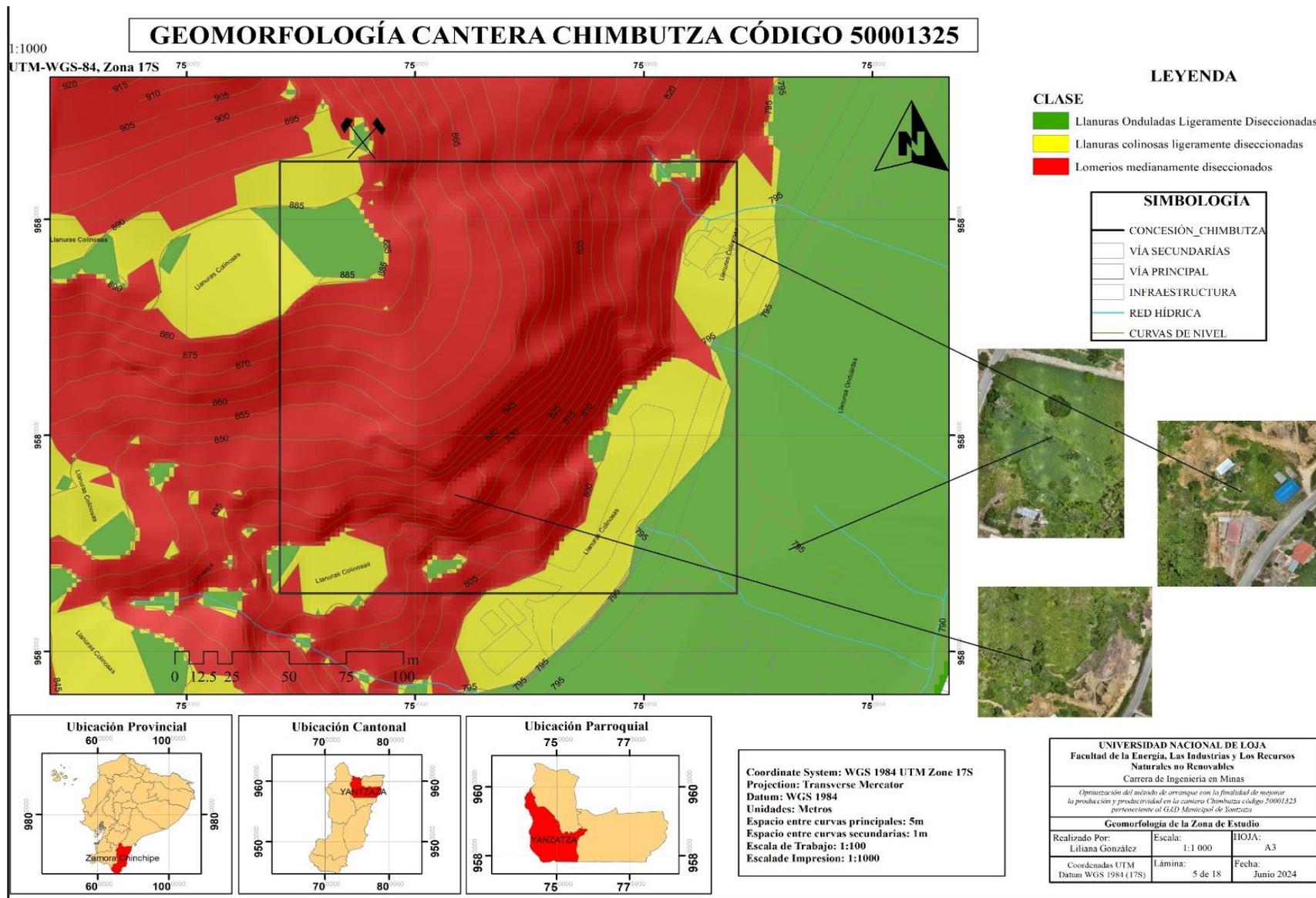
Anexo 3. Mapa de Isotermas



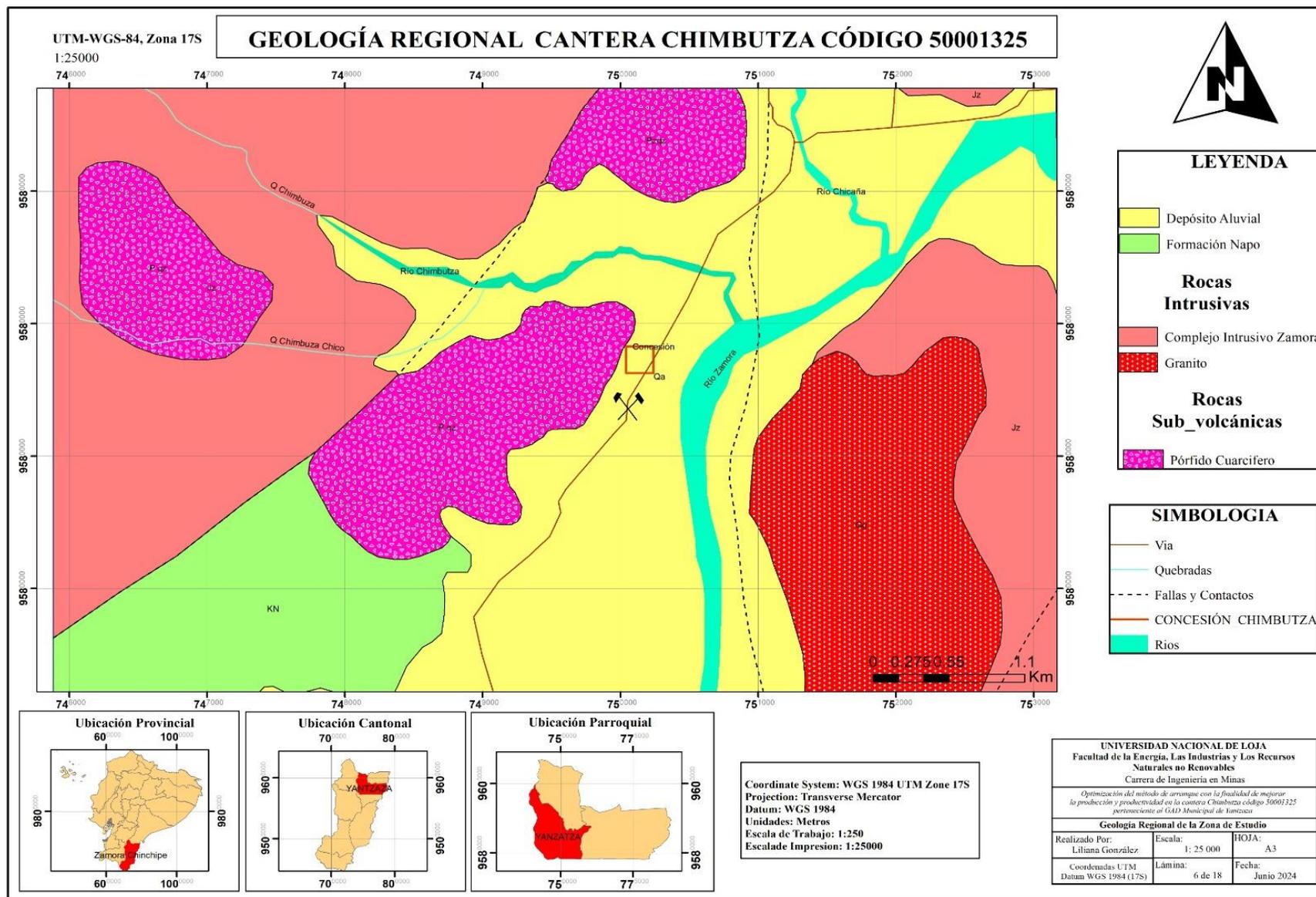
## Anexo 4. Mapa hidrológico



# Anexo 5. Mapa geomorfológico



## Anexo 6. Mapa de la Geología Regional



Anexo 7. Ficha para la caracterización geomecánica en superficie

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN SUPERFICIE					
AFLORAMIENTO					
<b>Nro. De Afloramiento</b>	1	<b>Ubicación</b>	Cantera Chimbutza, cantón Yantzaza, provincia Zamora Chinchipe		
<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Datum: WGS84</b>		
	750075.5	9581534.8			
<b>Realizado por:</b>	Liliana González		<b>Formación/unidad</b>	Granodiorita/Zamora	
<b>Ancho</b>	2,50 m		<b>Altura</b>	3 m	
<b>Descripción:</b>	Afloramiento artificial con vegetación moderada				
<b>Litología</b>	Saprolito granodiorítico				
<b>Medidas Estructurales</b>	<b>R</b>		<b>B</b>		
	170°		38°		
<b>Hidrogeología</b>	Sin presencia de agua ( )	Seco (sin señales de agua) ( )	Húmedo (X)	Goteo ( )	Flujo ( )
<b>Grado de meteorización</b>	Inalterada ( )	Ligeramente alterada ( )	Moderadamente alterada ( )	Muy alterada ( )	Completamente meteorizada (X)
MATRIZ ROCOSA					
<b>Descripción:</b>	Corresponde roca granodiorita de la cantera con la diferencia que se encuentra completamente alterada o meteorizada, debido a los factores climáticos y precipitaciones, a este grado de alteración se le denomina Saprolito por modificar la resistencia y estructura natural interna del material y transformar las plagioclasas hasta arcillas, se trata de un afloramiento artificial con vegetación moderada.				
<b>Tipo de roca:</b>	Intrusiva				
<b>Nombre de la roca:</b>	Granodiorita				
<b>Color:</b>	Claro pardo				
<b>Mineralogía</b>	Cuarzo, biotita, plagioclasas, feldspatos, minerales opacos				
<b>Observaciones</b>	La roca presenta fracturamiento rellena con silicatos				
<b>Fotografía</b>					

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN SUPERFICIE					
AFLORAMIENTO					
<b>Nro. De Afloramiento</b>	2	<b>Ubicación</b>	Cantera Chimbutza, cantón Yantzaza, provincia Zamora Chinchipe		
<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Datum: WGS84</b>		
	750038	9581628.2			
<b>Realizado por:</b>	Liliana González		<b>Formación/unidad</b>	Granodiorita/Zamora	
<b>Ancho</b>	3 m		<b>Altura</b>	3,20 m	
<b>Descripción:</b>	Afloramiento artificial con vegetación moderada				
<b>Litología</b>	Saprolito granodiorítico				
<b>Medidas Estructurales</b>	<b>R</b>			<b>B</b>	
	120°			23°	
<b>Hidrogeología</b>	Sin presencia de agua ( )	Seco (sin señales de agua) ( )	Húmedo (X)	Goteo ( )	Flujo ( )
<b>Grado de meteorización</b>	Inalterada ( )	Ligeramente alterada ( )	Moderadamente alterada ( )	Muy alterada ( )	Completamente meteorizada (X)
MATRIZ ROCOSA					
<b>Descripción:</b>	Corresponde roca granodiorita en cercanía de la cantera con la diferencia que se encuentra complemente alterada o meteorizada, debido a los factores climáticos y precipitaciones, a este grado de alteración se le denomina saprolito por modificar la resistencia y estructura natural interna del material y transformar las plagioclasas hasta arcillas, es la alteración completa del material por medio del agua sin surgir procesos de transporte, se trata de un afloramiento artificial con vegetación moderada.				
<b>Tipo de roca:</b>	Intrusiva				
<b>Nombre de la roca:</b>	Granodiorita				
<b>Color:</b>	Claro pardo				
<b>Mineralogía</b>	Cuarzo, biotita, plagioclasas, feldespatos, minerales opacos				
<b>Observaciones</b>	La roca presenta fracturamiento rellena con silicatos				
<b>Fotografía</b>					

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN SUPERFICIE					
AFLORAMIENTO					
<b>Nro. De Afloramiento</b>	3	<b>Ubicación</b>	Cantera Chimbutza, cantón Yantzaza, provincia Zamora Chinchipe		
<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Datum: WGS84</b>		
	750169.5	9581859.1			
<b>Realizado por:</b>	Liliana González		<b>Formación/unidad</b>	Granodiorita/Zamora	
<b>Ancho</b>	2 m		<b>Altura</b>	3,35 m	
<b>Descripción:</b>	Afloramiento artificial con abundante vegetación				
<b>Litología</b>	Saprolito granodiorítico				
<b>Medidas Estructurales</b>	<b>R</b>		<b>B</b>		
	200°		19°		
<b>Hidrogeología</b>	Sin presencia de agua ( )	Seco (sin señales de agua) ( )	Húmedo (X)	Goteo ( )	Flujo ( )
<b>Grado de meteorización</b>	Inalterada ( )	Ligeramente alterada ( )	Moderadamente alterada ( )	Muy alterada ( )	Completamente meteorizada (X)
MATRIZ ROCOSA					
<b>Descripción:</b>	Corresponde roca granodiorita con la diferencia que se encuentra completamente alterada o meteorizada, debido a los factores climáticos y precipitaciones, a este grado de alteración se le denomina saprolito por modificar la resistencia y estructura natural interna del material y transformar las plagioclasas hasta arcillas, es la alteración completa del material por medio del agua sin surgir procesos de transporte, se trata de un afloramiento artificial con vegetación moderada.				
<b>Tipo de roca:</b>	Intrusiva				
<b>Nombre de la roca:</b>	Granodiorita				
<b>Color:</b>	Claro pardo				
<b>Mineralogía</b>	Cuarzo, biotita, plagioclasas, feldespatos, minerales opacos				
<b>Observaciones</b>	La roca presenta fracturamiento rellena con silicatos				
<b>Fotografía</b>					

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN SUPERFICIE					
AFLORAMIENTO					
<b>Nro. De Afloramiento</b>	4	<b>Ubicación</b>	Cantera Chimbutza, cantón Yantzaza, provincia Zamora Chinchipe		
<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Datum: WGS84</b>		
	750172.7	9581706.6			
<b>Realizado por:</b>	Liliana González		<b>Formación/unidad</b>	Granodiorita/Zamora	
<b>Ancho</b>	70 m		<b>Altura</b>	13 m	
<b>Descripción:</b>	Afloramiento artificial con vegetación moderada				
<b>Litología</b>	Granodiorita fracturada con relleno de material duro como silicatos				
<b>Medidas Estructurales</b>	<b>R</b>		<b>B</b>		
	290°		45°		
<b>Hidrogeología</b>	Sin presencia de agua ( )	Seco (sin señales de agua) ( )	Húmedo (X)	Goteo ( )	Flujo ( )
<b>Grado de meteorización</b>	Inalterada ( )	Ligeramente alterada ( )	Moderadamente alterada (X)	Muy alterada ( )	Completamente meteorizada ( )
MATRIZ ROCOSA					
<b>Descripción:</b>	Corresponde a roca granodiorita fracturada por familia de diaclasas de origen ígneo de la cantera Chimbutza, posee una coloración blanca rojizo, se encuentra húmedo debido a los factores climáticos en especial de las precipitaciones, resultado de esto el macizo rocoso se encuentra modernamente meteorizada, el afloramiento se encuentra con abundante vegetación.				
<b>Tipo de roca:</b>	Intrusiva				
<b>Nombre de la roca:</b>	Granodiorita				
<b>Color:</b>	Blanca a rojiza				
<b>Mineralogía</b>	Cuarzo, plagioclasas, anfíboles.				
<b>Observaciones</b>	La roca se encuentra altamente fracturada rellenas de material duro, con silicatos como el cuarzo				
<b>Fotografía</b>					

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA EN SUPERFICIE					
AFLORAMIENTO					
<b>Nro. De Afloramiento</b>	5	<b>Ubicación</b>	Cantera Chimbutza, cantón Yantzaza, provincia Zamora Chinchipe		
<b>Coordenadas</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Datum: WGS84</b>		
	750358.8	9581770.3			
<b>Realizado por:</b>	Liliana González		<b>Formación/unidad</b>	Aluvial/Zamora	
<b>Ancho</b>	2,20 m		<b>Altura</b>	4 m	
<b>Descripción:</b>	Afloramiento artificial con moderada vegetación				
<b>Litología</b>	Depósito Aluvial conformado por clastos y material sedimentario				
<b>Medidas Estructurales</b>	<b>R</b>		<b>B</b>		
	90°		21°		
<b>Hidrogeología</b>	Sin presencia de agua ( )	Seco (sin señales de agua) ( )	Húmedo ( )	Goteo (X)	Flujo ( )
<b>Grado de meteorización</b>	Inalterada ( )	Ligeramente alterada ( )	Moderadamente alterada ( )	Muy alterada ( )	Completamente meteorizada (X)
MATRIZ ROCOSA					
<b>Descripción:</b>	Corresponde al depósito aluvial que se encuentra cerca del río Chicaña, esta conformado por clastos subredondeados, gravas, entre otros materiales sedimentarios, se encuentra húmedo con presencia de goteo, además está completamente meteorizada y con baja resistencia del material, como se observa la vegetación es moderada y su coloración va de café a grisácea.				
<b>Tipo de roca:</b>	Intrusiva				
<b>Nombre de la roca:</b>	Granodiorita				
<b>Color:</b>	Claro pardo				
<b>Mineralogía</b>	Cuarzo, biotita, plagioclasas, feldespatos, minerales opacos				
<b>Observaciones</b>	La roca presenta fracturamiento relleno con silicatos				
<b>Fotografía</b>					

**Anexo 8. Ficha geológica para análisis de muestras macroscópicas**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables		
Carrera de Ingeniería en Minas		
		
Ficha de descripción macroscópica de rocas		
<b>Realizado por:</b>	Liliana González	<b>Ficha Nro. 1</b>
<b>Tipo de la muestra</b>	-	<b>Código de muestra: MR-01</b>
<b>Información geográfica</b> <b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 750198	<b>Y:</b> 9581721
	<b>Ubicación / Sitio:</b> Cantera Chimbutza Código 50001325 – Zamora Chinchipe, Yantzaza	
Descripción petrográfica		
Características de los componentes		
<b>Color</b>	Generalmente blanco, rosado o gris	
<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Estructura</b>	Granítica	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano Grueso	
<b>% Fenocristales</b>	68%	
<b>% matriz</b>	32%	
<b>Contenido de minerales</b>		
<b>Minerales principales</b>	Cuarzo Biotita	
<b>Minerales secundarios</b>	Plagioclasa Hornblenda Feldespatos	
<b>Mineralización</b>	Alta	
<b>Grado de meteorización</b>	Ligeramente alterada	
<b>Observaciones:</b>	Esa muestra pertenece a la primera zona lito-estructural y fue tomada con buenas características litológicas y de resistencia. Se encuentra fracturado, y estas fracturas son rellenadas por silicatos de alta dureza.	
<b>Nombre de la roca</b>	Granitoide Rico en Cuarzo	
<b>Origen</b>	Ígnea	



**Ficha de descripción macroscópica de rocas**

<b>Realizado por:</b>	Liliana González	<b>Ficha Nro. 2</b>
<b>Tipo de la muestra</b>	-	<b>Código de muestra:</b> MR-02
<b>Información geográfica Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 750170	<b>Y:</b> 9581720
	<b>Ubicación / Sitio:</b> Cantera Chimbutza Código 50001325 – Zamora Chinchipe, Yantzaza	

**Descripción petrográfica**

**Características de los componentes**

<b>Color</b>	Generalmente blanco a grisáceo	
<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Estructura</b>	Granítica	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano Grueso	
<b>% Fenocristales</b>	74 %	
<b>% matriz</b>	26 %	
<b>Contenido de minerales</b>		
<b>Minerales principales</b>	Cuarzo Biotita	
<b>Minerales secundarios</b>	Plagioclasas Feldespatos	
<b>Mineralización</b>	Alta	
<b>Grado de meteorización</b>	Ligeramente Alterada	
<b>Observaciones:</b>	Esa muestra pertenece a la segunda zona lito-estructural y se obtuvo de una roca ya desprendida anteriormente. Se encuentra fracturado, y estas fracturas son rellenadas por silicatos de alta dureza.	
<b>Nombre de la roca</b>	Cuarzolita o Silexita	
<b>Origen</b>	Ígnea	



**Ficha de descripción macroscópica de rocas**

<b>Realizado por:</b>	Liliana González	<b>Ficha Nro. 3</b>
<b>Tipo de la muestra</b>	-	<b>Código de muestra: MR-03</b>
<b>Información geográfica Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 750174	<b>Y:</b> 9581712
	<b>Ubicación / Sitio:</b> Cantera Chimbutza Código 50001325 – Zamora Chinchipe, Yantzaza	

**Descripción petrográfica**

**Características de los componentes**

<b>Color</b>	Generalmente rojiza de claro a oscuro	
<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Estructura</b>	Granítica	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano Grueso	
<b>% Fenocristales</b>	85%	
<b>% matriz</b>	15 %	
<b>Contenido de minerales</b>		
<b>Minerales principales</b>	Cuarzo Biotita	
<b>Minerales secundarios</b>	Plagioclasa Hornblenda Feldespato	
<b>Mineralización</b>	Alta	
<b>Grado de meteorización</b>	Ligeramente Alterada	
<b>Observaciones:</b>	Esta muestra pertenece a la zona 3 del macizo rocoso alojado en la Cantera Chimbutza. Se encuentra fracturado, y estas fracturas son rellenadas por silicatos de alta dureza.	
<b>Nombre de la roca</b>	Granitoides Ricos en Cuarzo	
<b>Origen</b>	Ígnea	



**Ficha de descripción macroscópica de rocas**

<b>Realizado por:</b>	Liliana González	<b>Ficha Nro. 4</b>
<b>Tipo de la muestra</b>	-	<b>Código de muestra: MR-04</b>
<b>Información geográfica Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 750178	<b>Y:</b> 9581691
	<b>Ubicación / Sitio:</b> Cantera Chimbutza Código 50001325 – Zamora Chinchipe, Yantzaza	

**Descripción petrográfica**

**Características de los componentes**

<b>Color</b>	Generalmente blanco a rojizo claro	
<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Estructura</b>	Granítica	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano Grueso	
<b>% Fenocristales</b>	65 %	
<b>% matriz</b>	45 %	
<b>Contenido de minerales</b>		
<b>Minerales principales</b>	Cuarzo Biotita	
<b>Minerales secundarios</b>	Plagioclasa Feldespatos	
<b>Mineralización</b>	Alta	
<b>Grado de meteorización</b>	Ligeramente Alterada	
<b>Observaciones:</b>	Esta muestra fue tomada de la zona lito-estructural 4. Se encuentra fracturada, y estas fracturas son rellenadas por silicatos de alta dureza.	
<b>Nombre de la roca</b>	Granitoides Ricos en Cuarzo	
<b>Origen</b>	Ígnea	



**Ficha de descripción macroscópica de rocas**

<b>Realizado por:</b>	Liliana González	<b>Ficha Nro. 5</b>
<b>Tipo de la muestra</b>	-	<b>Código de muestra: MR-05</b>
<b>Información geográfica Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 750164	<b>Y:</b> 9581679
	<b>Ubicación / Sitio:</b> Cantera Chimbutza Código 50001325 – Zamora Chinchipe, Yantzaza	

**Descripción petrográfica**

**Características de los componentes**

<b>Color</b>	Generalmente blanco a café claro	
<b>Textura</b>	Fanerítica	
<b>Estructura</b>	Granítica	
<b>Tamaño de grano</b>	Grano Grueso	
<b>% Fenocristales</b>	60 %	
<b>% matriz</b>	40%	
<b>Contenido de minerales</b>		
<b>Minerales principales</b>	Cuarzo Biotita	
<b>Minerales secundarios</b>	Plagioclasa Feldespato	
<b>Mineralización</b>	Alta	
<b>Grado de meteorización</b>	Moderadamente Alterada	
<b>Observaciones:</b>	Esta muestra se tomó de la zona 5 lito-estructural por presentarse en buenas condiciones de dureza y resistencia en el macizo rocoso. Se encuentra fracturada, y estas fracturas son rellenadas por silicatos de alta dureza.	
<b>Nombre de la roca</b>	Granitoides Ricos en Cuarzo	
<b>Origen</b>	Ígnea	

**Anexo 9. Ficha de Zonificación lito-estructural**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA							
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables							
Carrera de Ingeniería en Minas							
							
PROYECTO:	Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza			UBICACIÓN GEOGRAFICA:	750212;9581724	HOJA/PLANO:	1/1
REALIZADO POR:	Liliana Elizabeth González Freire			LOCALIZACIÓN:	00+000 A 00+020	Nro. FICHA:	1
LITOLOGÍA:	NATURALEZA: Rocas intrusivas plutónicas y volcánicas			POTENCIA: 20 m	FORMACIÓN Y EDAD: Granodiorita de edad Post-Jurásico		
FORMACIONES SUPERFICIALES	NATURALEZA Y TEXTURA: Granitoide rico en cuarzo textura fanerítica con alto grado de fisuramiento y presencia moderada de cobertura vegetal			MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial altamente erosionado			
ESTRUCTURA	PLIEGUES			FALLAS		OTROS: Familia de juntas	
FRACTURACIÓN	BLOQUES Jv juntas/m3	Muy Grandes < 1	Grandes 1 - 3	Medios 3 - 10	Pequeños x 10 - 30	Muy Pequeños >30	Muy Brechificado >60
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadamente Blanda (Uña) 0	Muy Blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media x (1 golpe de martillo) 3	Dura (+1 golpe de martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadamente Dura (Solo raya con martillo)
GRADO DE METEORIZACIÓN	I Inalterada (6)	II Ligeramente alterada (5)		III Moderadamente alterada (3)	IV x Muy alterada (1)	V Completamente Meteorizada (0)	IV Suelo residual (0)
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua	Seco (sin señales de agua)		Húmedo x	Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
MUESTRAS	MR-01			OBSERVACIONES: Fracturas o fisuras en las juntas rellenadas con silicatos			
<b>FOTO N° 1</b>				<b>FOTO N° 2</b>			
							

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables  
Carrera de Ingeniería en Minas



PROYECTO:	Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza			UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	750170;9581720	HOJA/PLANO:	2/2
REALIZADO POR:	Liliana Elizabeth González Freire			LOCALIZACIÓN:	00+020 A 00+030	Nro. FICHA:	2
LITOLOGÍA:	NATURALEZA: Rocas intrusivas plutónicas y volcánicas			POTENCIA: 10 m		FORMACIÓN Y EDAD: Granodiorita de edad Post-Jurásico	
FORMACIONES SUPERFICIALES	NATURALEZA Y TEXTURA: Cuarzolita, textura fanerítica con alto grado de fisuramiento y presencia moderada de cobertura vegetal			MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial altamente erosionado			
ESTRUCTURA	PLIEGUES			FALLAS		OTROS: Familia de juntas	
FRACTURACIÓN	BLOQUES Jv juntas/m3	Muy Grandes < 1	Grandes 1 - 3	Medios 3 - 10	Pequeños x 10 - 30	Muy Pequeños >30	Muy Brechificado >60
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadamente Blanda (Uña) 0	Muy Blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media x (1 golpe de martillo) 3	Dura (+1 golpe de martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadamente Dura (Solo raya con martillo)
GRADO DE METEORIZACIÓN	I Inalterada (6)	II Ligeramente alterada (5)	III Moderadamente alterada (3)	IV x Muy alterada (1)	V Completamente Meteorizada (0)	IV Suelo residual (0)	
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua	Seco (sin señales de agua)	Húmedo x	Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:	
MUESTRAS	MR-02			OBSERVACIONES: Fracturas o fisuras en las juntas rellenadas con silicatos			

**FOTO N° 1**

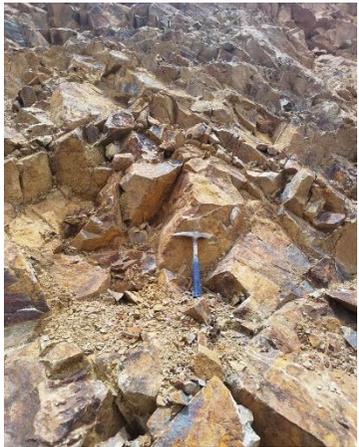


**FOTO N° 2**





Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza		UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	750178;9581691	HOJA/PLANO:	3/3
Liliana Elizabeth González Freire		LOCALIZACIÓN:	00+030 A 00+040	Nro. FICHA:	3
NATURALEZA: Rocas intrusivas plutónicas y volcánicas		POTENCIA: 10 m		FORMACIÓN Y EDAD: Granodiorita de edad Post-Jurásico	
NATURALEZA Y TEXTURA: Granitoide rico en cuarzo, textura fanerítica con alto grado de fisuramiento y presencia moderada de cobertura vegetal		MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial altamente erosionado			
PLIEGUES		FALLAS		OTROS: Familia de juntas	
BLOQUES Jv juntas/m3	Muy Grandes < 1	Grandes 1 - 3	Medios 3 -10	Pequeños x 10 - 30	Muy Brechificado >60
Extremadamente Blanda (Uña) 0	Muy Blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media x (1 golpe de martillo) 3	Dura (+1 golpe de martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5
I Inalterada (6)	II Ligeramente alterada (5)	III Moderadamente alterada (3)	IV x Muy alterada (1)	V Completamente Meteorizada (0)	IV Suelo residual (0)
Sin presencia de agua	Seco (sin señales de agua)	Húmedo x	Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:
MR-03		OBSERVACIONES: Fracturas o fisuras en las juntas rellenadas con silicatos			
FOTO N° 1			FOTO N° 2		
					

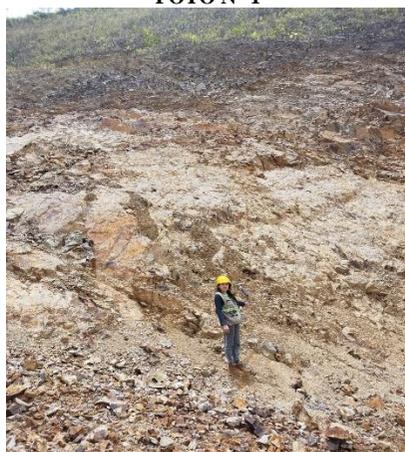
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA								
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables								
Carrera de Ingeniería en Minas								
PROYECTO:		Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza		UBICACIÓN GEOGRAFICA:		750171;9581694	HOJA/PLANO: 4/4	
REALIZADO POR:		Liliana Elizabeth González Freire		LOCALIZACIÓN:		00+040 A 00+050	Nro. FICHA: 4	
LITOLOGÍA:		NATURALEZA: Rocas intrusivas plutónicas y volcánicas		POTENCIA: 10 m		FORMACIÓN Y EDAD: Granodiorita de edad Post-Jurásico		
FORMACIONES SUPERFICIALES		NATURALEZA Y TEXTURA: Monzogranito, textura fanerítica con alto grado de fisuramiento y presencia moderada de cobertura vegetal		MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial altamente erosionado				
ESTRUCTURA		PLIEGUES		FALLAS		OTROS: Familia de juntas		
FRACTURACIÓN		BLOQUES Jv juntas/m3	Muy Grandes < 1	Grandes 1 - 3	Medios 3 -10	Pequeños x 10 - 30	Muy Pequeños >30	Muy Brechificado >60
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA		Extremadamente Blanda (Uña) 0	Muy Blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media x (1 golpe de martillo) 3	Dura (+1 golpe de martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadamente Dura (Solo raya con martillo)
GRADO DE METEORIZACIÓN		I Inalterada (6)	II Ligeramente alterada (5)	III Moderadamente alterada (3)	IV x Muy alterada (1)	V Completamente Meteorizada (0)	IV Suelo residual (0)	
HIDROGEOLOGÍA		Sin presencia de agua	Seco (sin señales de agua)	Húmedo x	Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:	
MUESTRAS		MR-04		OBSERVACIONES: Fracturas o fisuras en las juntas rellenas con silicatos				
<p style="text-align: center;"><b>FOTO N° 1</b></p> 				<p style="text-align: center;"><b>FOTO N° 2</b></p> 				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables  
Carrera de Ingeniería en Minas



PROYECTO:	Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325 perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza			UBICACIÓN GEOGRAFICA:	750164;9581679	HOJA/PLANO:	5/5
REALIZADO POR:	Liliana Elizabeth González Freire			LOCALIZACIÓN:	00+050 A 00+070	Nro. FICHA:	5
LITOLOGÍA:	NATURALEZA: Rocas intrusivas plutónicas y volcánicas			POTENCIA: 20 m		FORMACIÓN Y EDAD: Granodiorita de edad Post-Jurásico	
FORMACIONES SUPERFICIALES	NATURALEZA Y TEXTURA: Granitoide rico en cuarzo, textura fanerítica con alto grado de fisuramiento y presencia moderada de cobertura vegetal			MORFOLOGÍA: Afloramiento vertical artificial altamente erosionado			
ESTRUCTURA	PLIEGUES			FALLAS		OTROS: Familia de juntas	
FRACTURACIÓN	BLOQUES Jv juntas/m3	Muy Grandes < 1	Grandes 1 - 3	Medios 3 - 10	Pequeños x 10 - 30	Muy Pequeños >30	Muy Brechificado >60
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadamente Blanda (Uña) 0	Muy Blanda (Navaja) 1	Blandas (Punta de martillo) 2	Media x (1 golpe de martillo) 3	Dura (+1 golpe de martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadamente Dura (Solo raya con martillo)
GRADO DE METEORIZACIÓN	I Inalterada (6)	II Ligeramente alterada (5)	III Moderadamente alterada (3)	IV x Muy alterada (1)	V Completamente Meteorizada (0)	IV Suelo residual (0)	
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua	Seco (sin señales de agua)	Húmedo x	Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO:	
MUESTRAS	MR-05			OBSERVACIONES: Fracturas o fisuras en las juntas rellenadas con silicatos			

**FOTO N° 1**



**FOTO N° 2**













96	J1	110	45	110	3	2	X	4/0,15	12	0	28	34	34	32	27	31	3	10	3	00+040 a 00+050			
97	J1	115	40	200	4	2.8	X	3/0,15	8.5								3	10	4				
98	J1	100	36	170	3	2	X	3/0,15	8.5								5	10	6				
99	J1	108	38	150	4	2	X	3/0,15	8.5								5	10	6				
100		108	40	158	3.5	2			9.4		28							4			1 0	5	
101	J2	145	54	160	4	1	X	3,5/0,15	10	0	32	35	35	29	32	32.6	3	10	6				
102	J2	155	48	200	5	2.6	X	3,5/0,15	10								5	10	6				
103	J2	148	49	170	4	3	X	3,5/0,15	10								3	10	5				
104		149	50	177	4.3	2			10		30							3			10	6	
105	J3	80	35	110	3	3	X	3/0,15	8.5	45	25	30	28	30	25	27.6	5	10	6				
106	J3	75	32	150	4	4	X	3/0,15	8.5								1	10	4				
107	J3	74	35	130	4	3	X	3/0,15	8.5								3	10	6				
108	J3	70	32	210	5	4	X	3,5/0,15	10								3	10	4				
109		75	34	150	4.0	4			8.9		28						3	10			5		
110	J4	231	30	120	3	2	X	3/0,15	8.5	0	32	28	30	30	34	30.8	1	10	6				
111	J4	215	37	150	4	2	X	3/0,15	8.5								1	10	4				
112	J4	218	40	180	4.5	3	X	2/0,15	6								3	10	5				
113	J4	220	35	200	5.0	3	X	2/0,15	6								3	10	5				
114		221	36	163	4.1	3			7.3		28						2	10	5				
115	J1	110	52	360	6.5	3	X	1,5/0,15	4.5	-45	22	30	28	32	26	27.6	5	10	3	00+050 a 00+060			
116	J1	120	50	450	8	2.5	X	2/0,15	6								3	10	4				
117	J1	105	62	200	5	4	X	3,5/0,15	10								3	10	4				
118		112	55	337	6.5	3			6.8		27							4			10	4	
119	J2	90	60	150	4	3	X	2/0,15	6	0	30	28	34	32	30	30.8	1	10	6				
120	J2	75	44	350	6	3	X	2,5/0,15	7								1	10	6				
121	J2	85	50	255	5	2	X	2,5/0,15	7								3	10	6				
122		83	51	252	5	3			6.7		28							2			10	6	
123	J3	160	25	190	4	5	X	3,5/0,15	10	45	27	28	25	25	33	27.6	3	10	6				

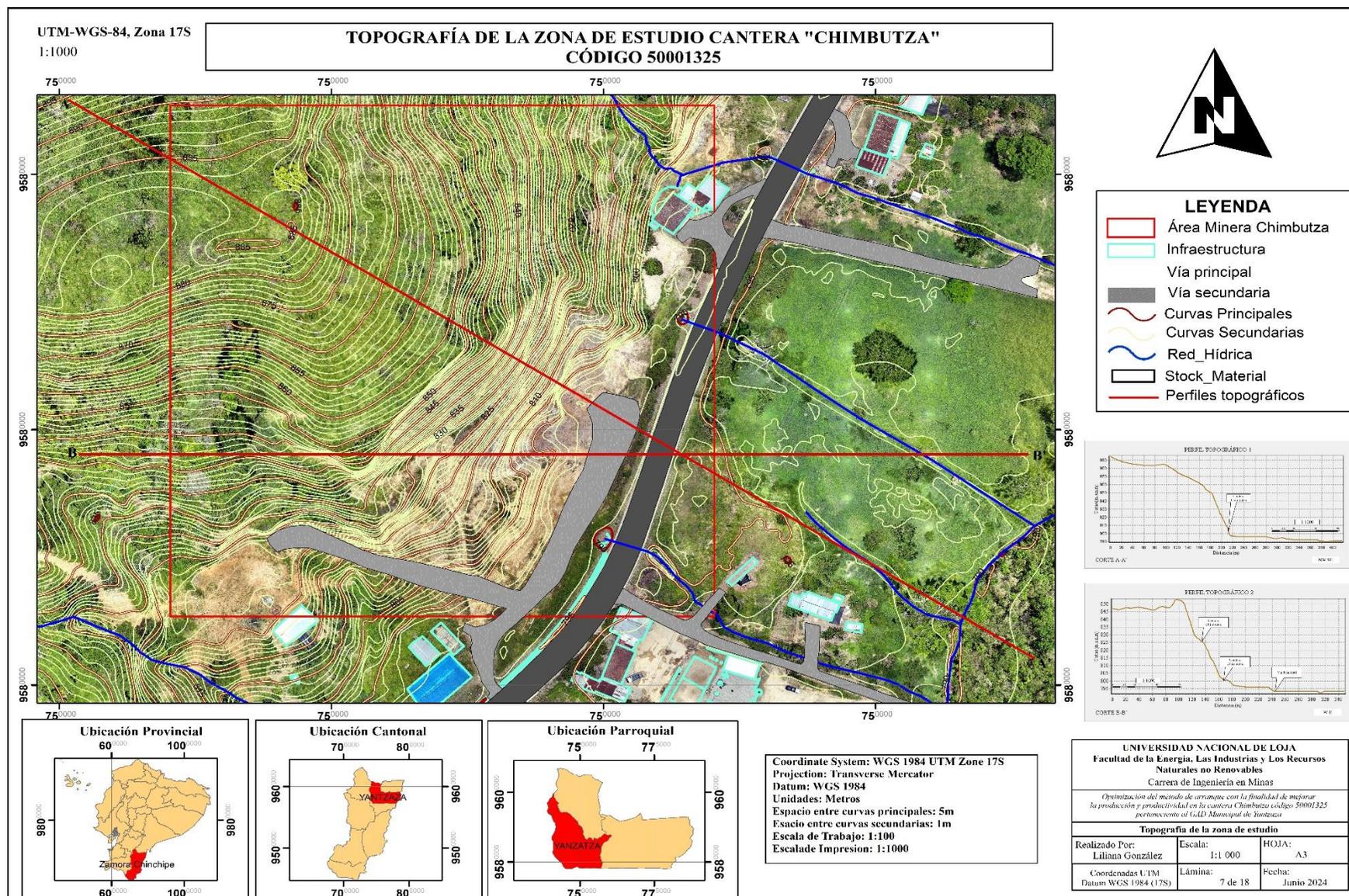




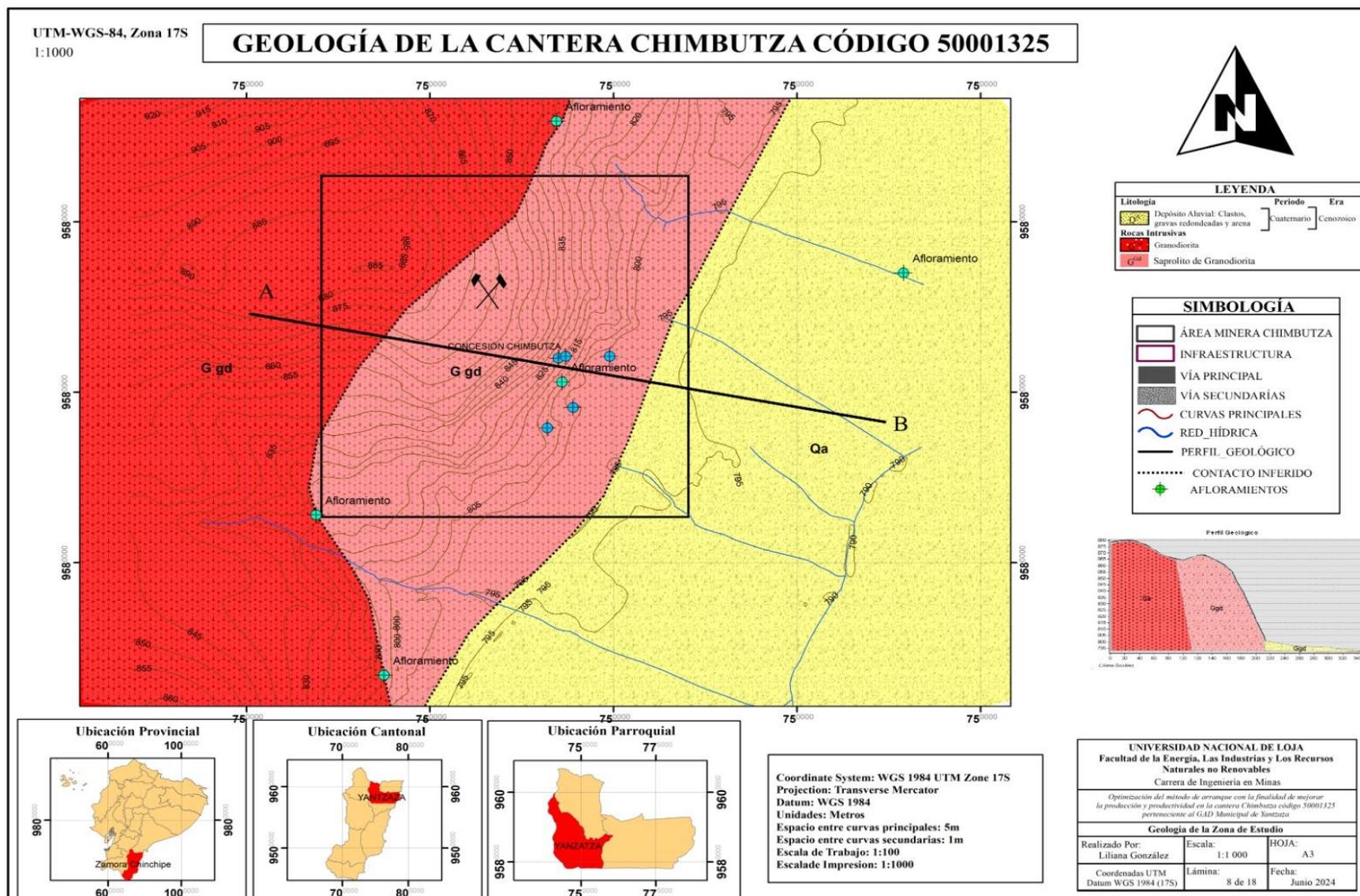
**Anexo 11. Parámetros de Clasificación RMR**

1	Resistencia de la Matriz Rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
		<b>Puntuación</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
	<b>Puntuación</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
3	Separación entre diaclasas		>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0,06-2,2 m	< 0,06 m		
	<b>Puntuación</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm		
		<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
<b>Puntuación</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>				
5	Agua Freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		<b>Puntuación</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		
<b>CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LA DISCONTINUIDADES</b>									
<b>Dirección y Buzamiento</b>			<b>Muy Favorables</b>	<b>Favorables</b>	<b>Medias</b>	<b>Desfavorables</b>	<b>Muy desfavorables</b>		
<b>Puntuación</b>	Túneles		0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones		0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes		0	-5	-25	-50	-60		
<b>CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR</b>									
<b>Valoración RMR</b>			<b>100-81</b>	<b>80-61</b>	<b>60-41</b>	<b>40-21</b>	<b>&lt;20</b>		
<b>Clase</b>			<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>		
Calidad			Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala		
Cohesión			> 4 Kp/cm <sup>2</sup>	3 - 4 Kp/cm <sup>2</sup>	2 - 3 Kp/cm <sup>2</sup>	1 - 2 Kp/cm <sup>2</sup>	< 1 Kp/cm <sup>2</sup>		
Ángulo de rozamiento			> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°		
Tiempo de mantenimiento			10 años	6 meses	1 semana	10 horas	30 minutos		
Longitud sin sostener			15 m	8 m	5 m	2.5 m	1 m		

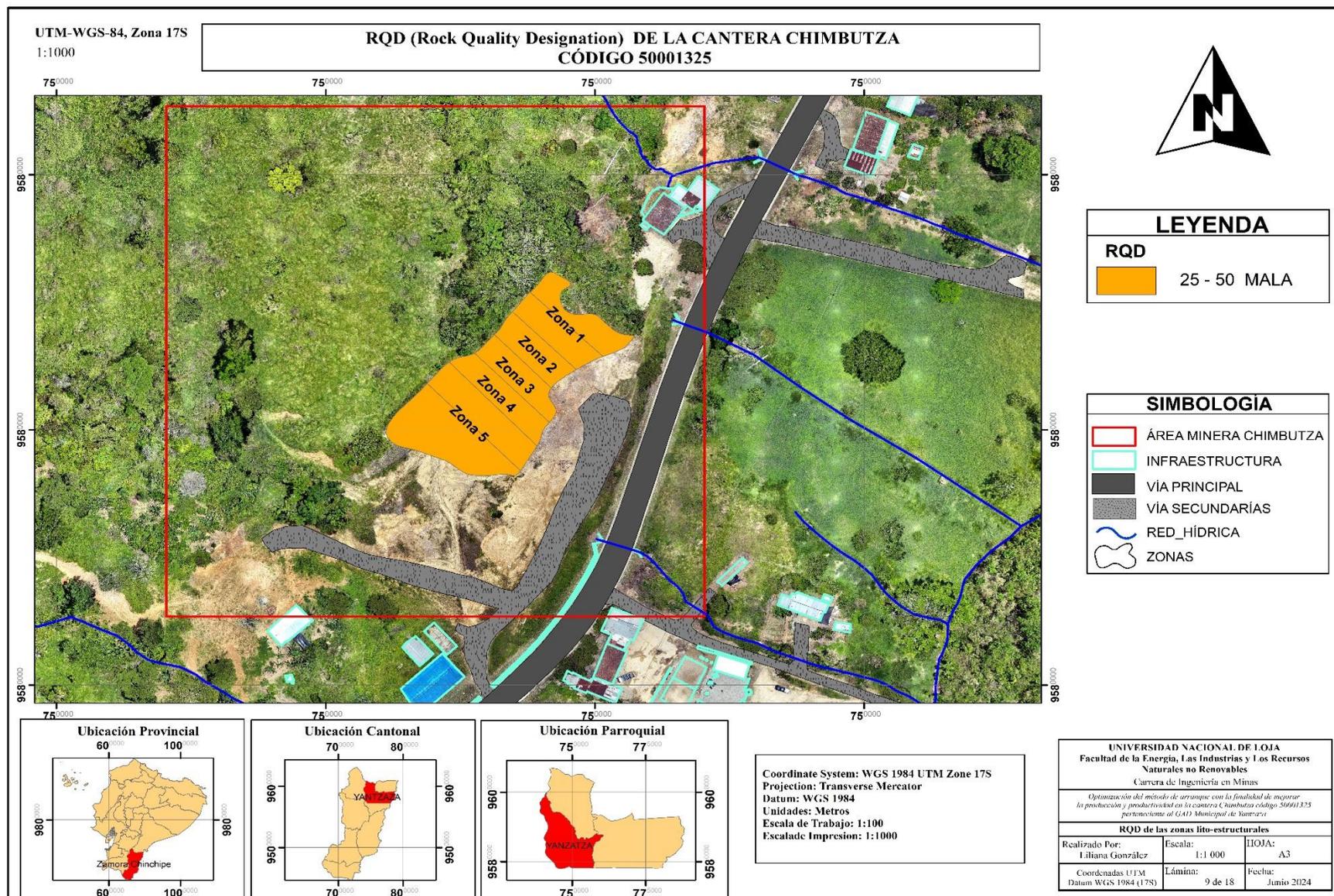
## Anexo 12. Mapa topográfico para el área minera "Cantera Chimbutza"



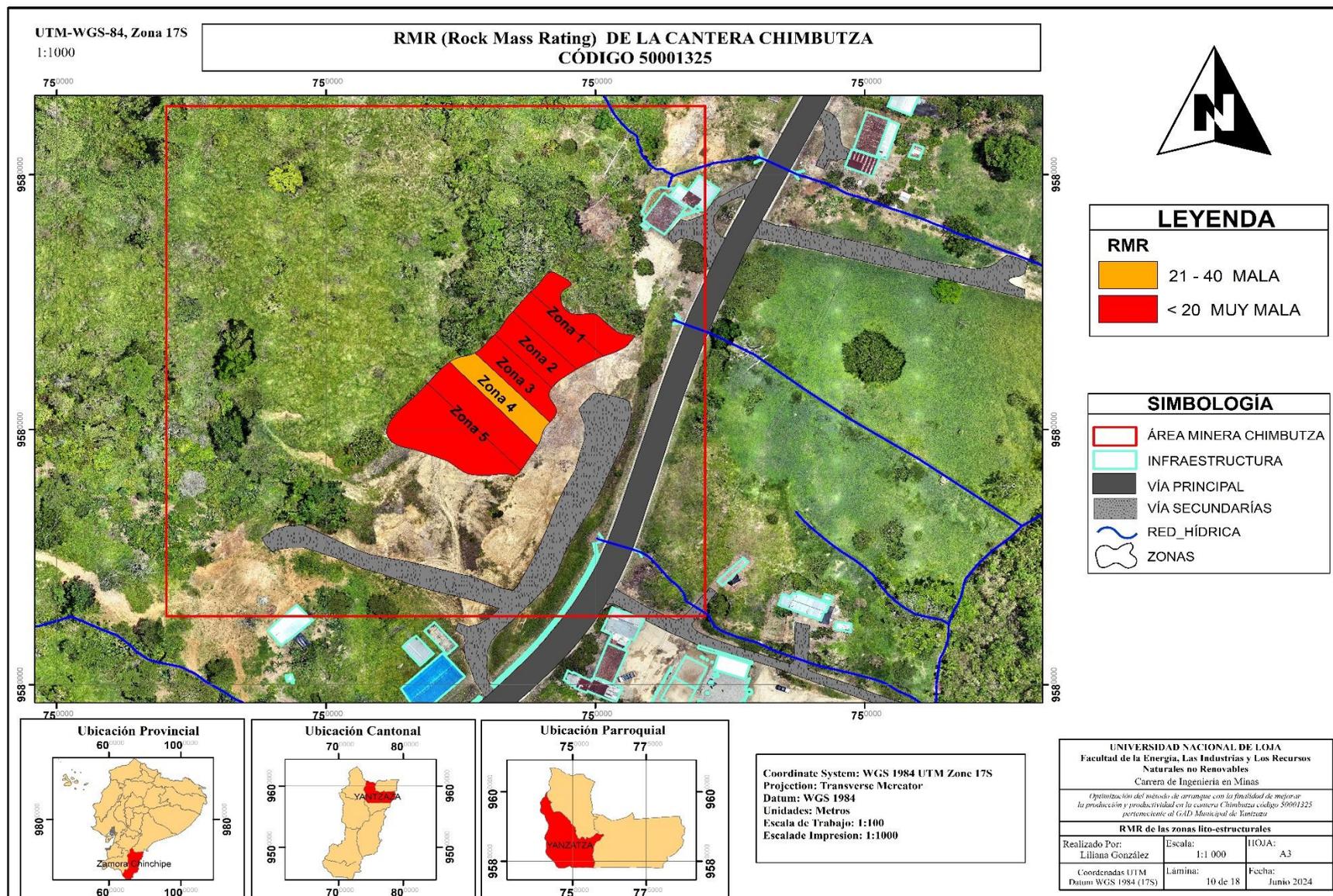
### Anexo 13. Mapa de la geología local



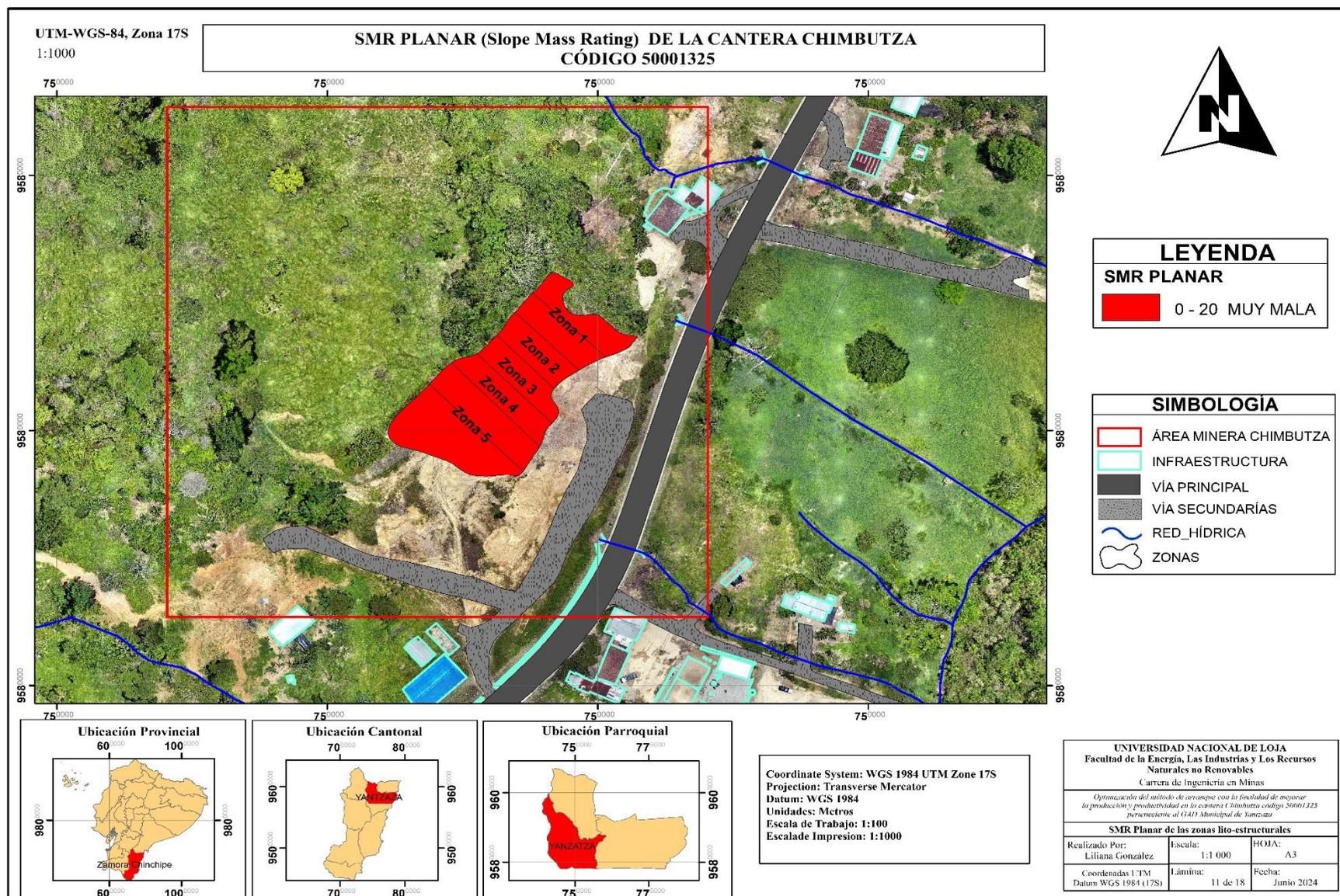
# Anexo 14. Mapa del RQD



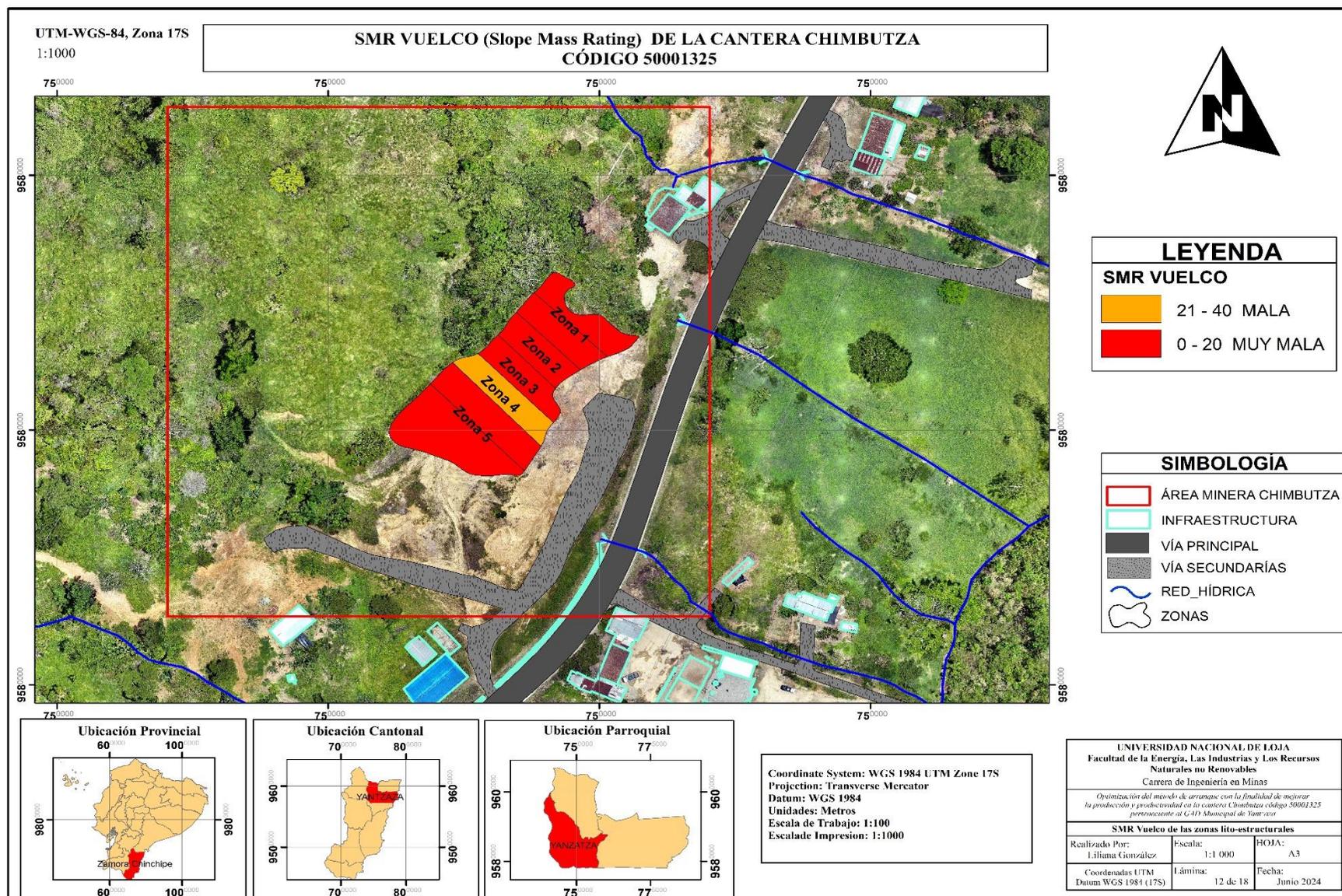
# Anexo 15. Mapa del RMR



## Anexo 16. Mapa del SMR Planar



# Anexo 17. Mapa del SMR Vuelco



**Anexo 18.** Ficha de tiempos de producción

Fecha	Jornadas de Trabajo N°1				
27/OCT/2023	N° de ciclos				
Tiempo en minutos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	TOTAL
Carga					
Viaje de ida cargado					
Giro, Posicionamiento y Descarga					
Posicionamiento en punto de carguío					
Viaje de regreso vacío					
Tiempos de ciclos					
<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>					
<b>Observación:</b> no se realizaron actividades de extracción.					

Fecha	Jornadas de Trabajo N°2					
10/NOV/2023	N° de ciclos					
Tiempo en minutos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	TOTAL
Carga	4.56	4.78	4.82	4.94	4.85	4,79
Viaje de ida cargado	4.00	4.50	4.70	4.21	4.43	4,37
Giro, Posicionamiento y Descarga	1.60	1.39	1.80	2.00	1,55	1,66
Posicionamiento en punto de carguío	0.68	0.72	0.58	0.71	0.8	0,70
Viaje de regreso vacío	3.55	3.62	3.75	3.78	3.25	3,59
Tiempos de ciclos	14.39	15,01	15,65	15,64	14,88	15,11
<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>						<b>15,11</b>

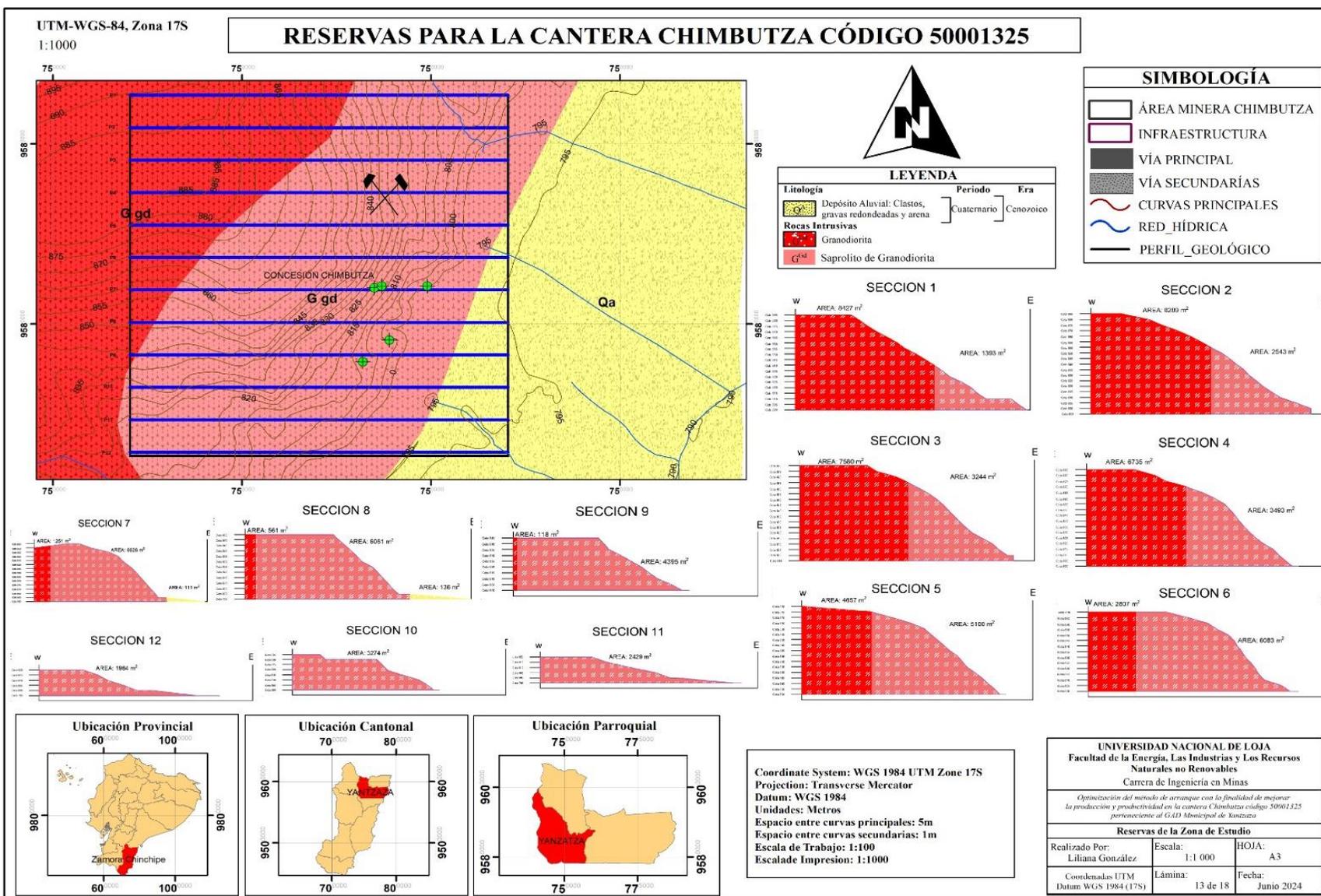
Fecha	Jornadas de Trabajo N°3			
10/NOV/2023	N° de ciclos			
Tiempo en minutos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	TOTAL
Carga	4.78	4,63	4,35	4,58
Viaje de ida cargado	4,38	4,55	4,62	4,52
Giro, Posicionamiento y Descarga	1,78	1,80	1,89	1,83
Posicionamiento en punto de carguío	0.68	0,7	0,72	0,70
Viaje de regreso vacío	3,6	3,62	3,65	3,62
Tiempos de ciclos	15,22	15,30	15,23	15,25
<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>				<b>15,25</b>

Fecha	Jornadas de Trabajo N°4					
24/NOV/2023	N° de ciclos					
Tiempo en minutos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	TOTAL
Carga	4,22	4,60	4,56	4,73	4,70	4,56
Viaje de ida cargado	4,55	4,45	4,6	4,68	4,89	4,63
Giro, Posicionamiento y Descarga	1,89	1,75	1,80	2,00	1,65	1,81
Posicionamiento en punto de carguío	0,71	0,7	0,68	0,7	0,78	0,71
Viaje de regreso vacío	3,8	3,62	3,46	3,24	3,03	3,43
Tiempos de ciclos	15,17	15,12	15,10	15,35	15,05	15,15
<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>						<b>15,15</b>

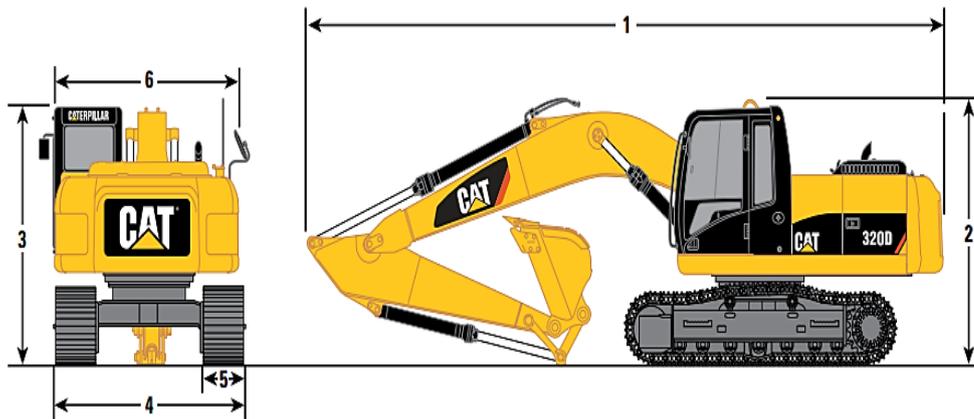
Fecha	Jornadas de Trabajo N°5				
08/DIC/2023	N° de ciclos				
Tiempo en minutos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	TOTAL
Carga	4,35	4,58	4,69	4,72	4,58
Viaje de ida cargado	4,67	4,68	4,45	4,60	4,60
Giro, Posicionamiento y Descarga	1,79	1,68	1,59	1,80	1,71
Posicionamiento en punto de carguío	0,71	0,68	0,7	0,76	0,71
Viaje de regreso vacío	3,72	3,62	3,25	3,17	3,44
Tiempos de ciclos	15,24	15,24	14,68	15,05	15,05
<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>					<b>15,05</b>

Fecha	Jornadas de Trabajo N°6		
06/ENR/2024	N° de ciclos		
Tiempo en minutos	Ciclo 1	Ciclo 2	TOTAL
Carga	4,52	4,68	4,60
Viaje de ida cargado	4,35	4,60	4,47
Giro, Posicionamiento y Descarga	1,65	1,78	1,71
Posicionamiento en punto de carguío	0,72	0,69	0,70
Viaje de regreso vacío	3,73	3,85	3,79
Tiempos de ciclos	14,97	15,60	15,28
<b>Tiempo de ciclo promedio (min)</b>			<b>15,28</b>

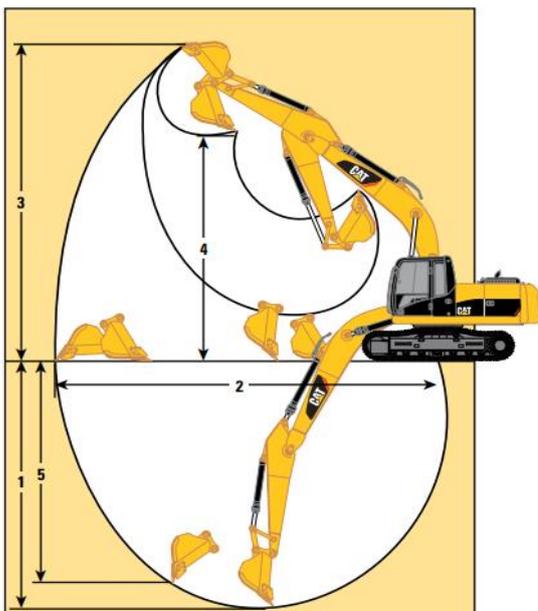
Anexo 19. Mapa de Perfiles para cálculo de Reservas del Área Minera (Cantera Chimbutza)



**Anexo 20.** Dimensiones de Excavadora CAT 320D

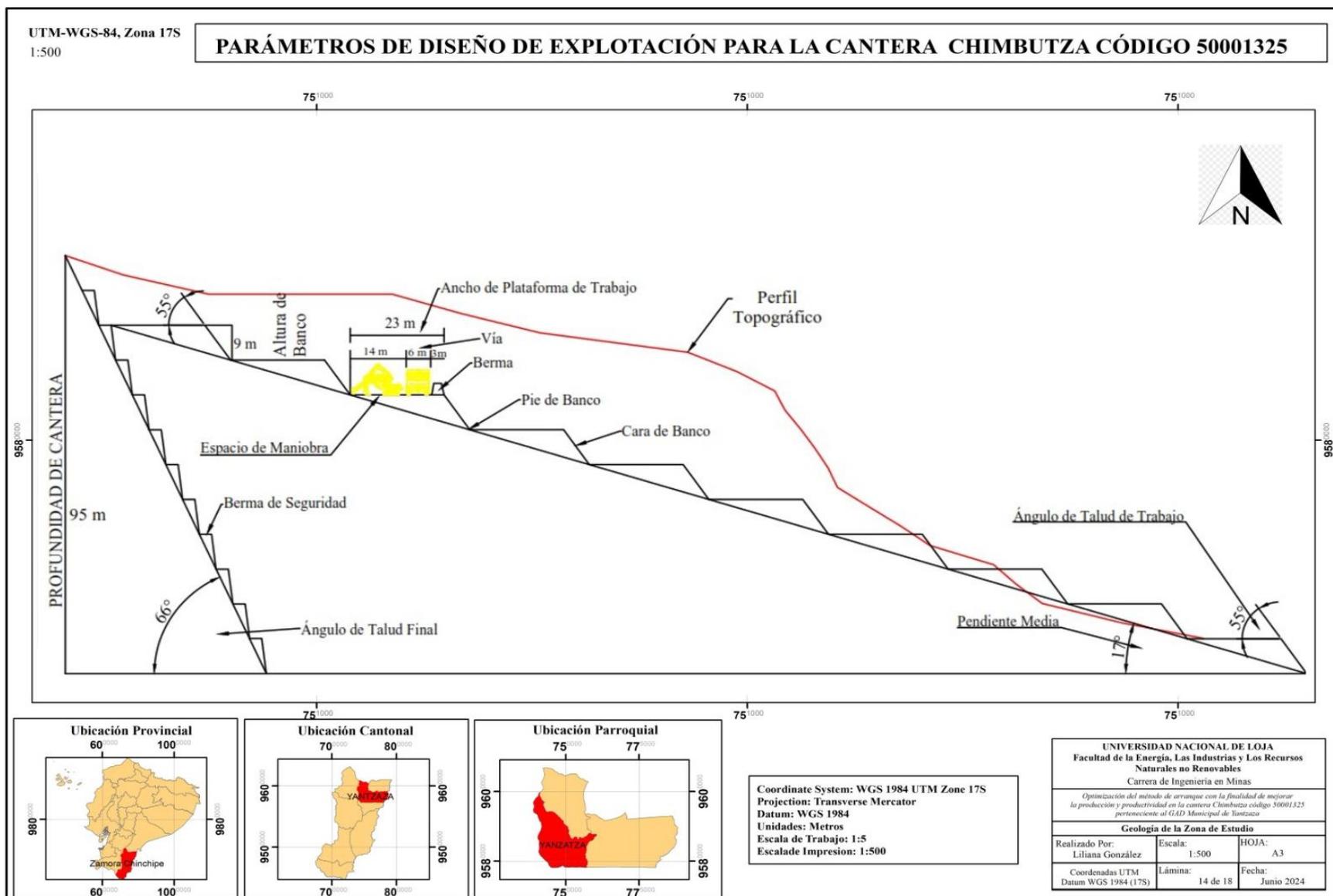


Opciones de Pluma	320D Pluma de alcance (HD)
<b>Brazo</b>	<b>R2.9 (HD)</b>
<b>Cucharón</b>	<b>1,0 m<sup>3</sup></b>
<b>Zapata</b>	<b>600 mm</b>
<b>Tren de rodaje</b>	<b>STD</b>
Peso aproximado	20.970 kg
1. Longitud total	9.460 mm
2. Altura total	3.050 mm
3. Altura de la cabina	2.950 mm
4. Ancho total	2.800 mm
5. Ancho de zapata de cadena	600 mm
6. Ancho de la estructura superior	2.740 mm



Opciones de Pluma	Pluma de alcance 5, 7 m (HD)
<b>Brazo</b>	<b>2.9 m (HD)</b>
<b>Cucharón</b>	<b>1,0 m<sup>3</sup></b>
1. Profundidad máxima de excavación	6.720 mm
2. Alcance máximo a nivel del suelo	10.020 mm
3. Altura máxima de corte	9.490 mm
4. Altura máxima de carga	6.490 mm
5. Excavación máxima (pared vertical)	6.060 mm

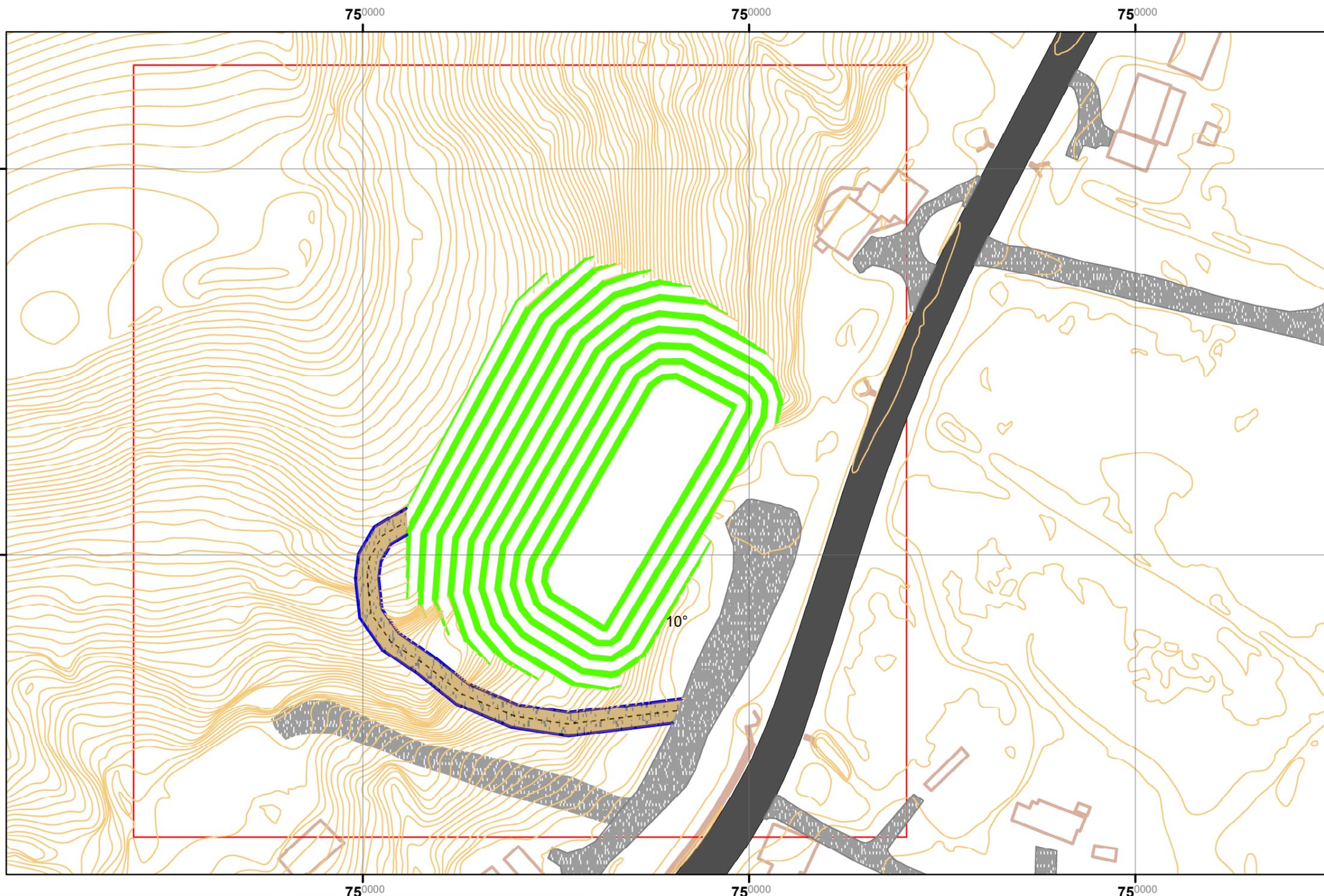
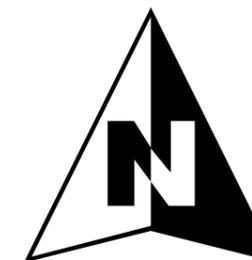
**Anexo 21.** Parámetros geométricos para la explotación de la Cantera Chimbutza



**Anexo 22.** Vía de acceso hacia los taludes de la Cantera Chimbutza

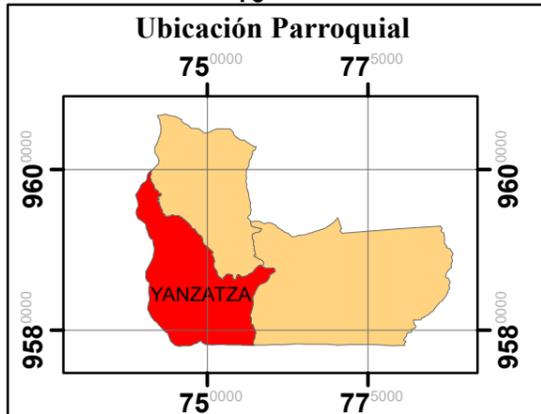
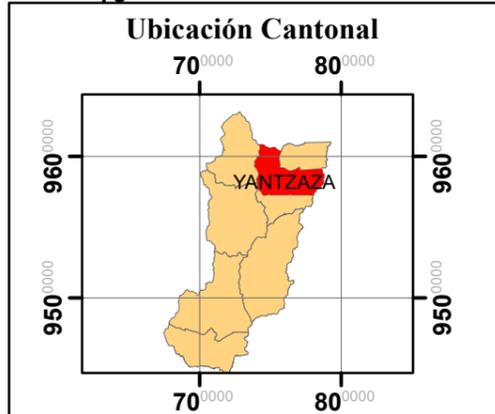
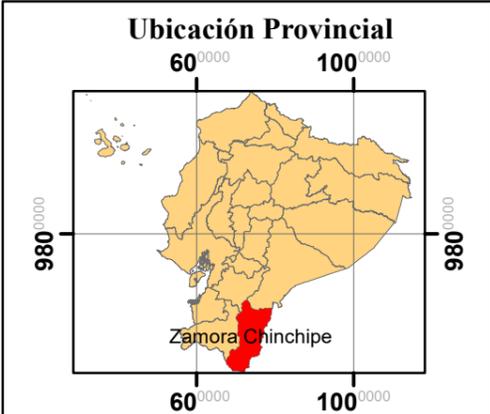
**Anexo 23.** Plano de implantación del sistema de explotación para la Cantera Chimbutza

**Anexo 24.** Certificación de traducción del resumen



**LEYENDA**

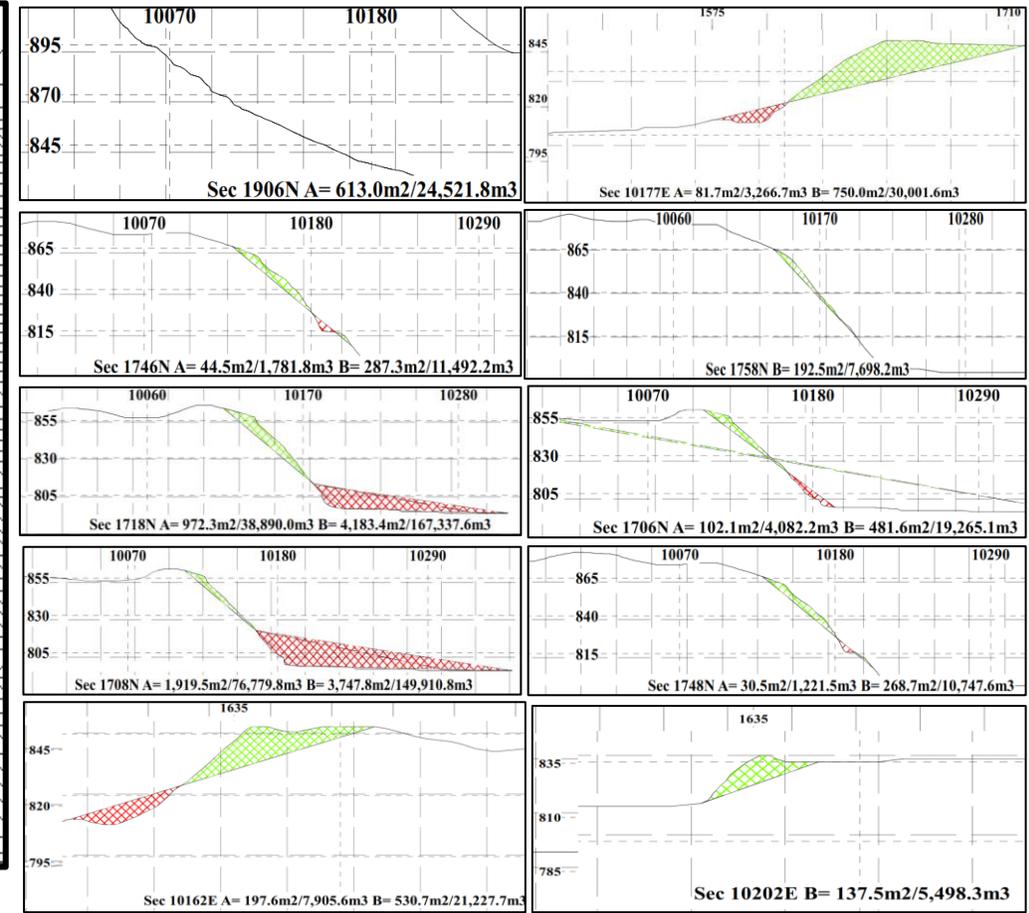
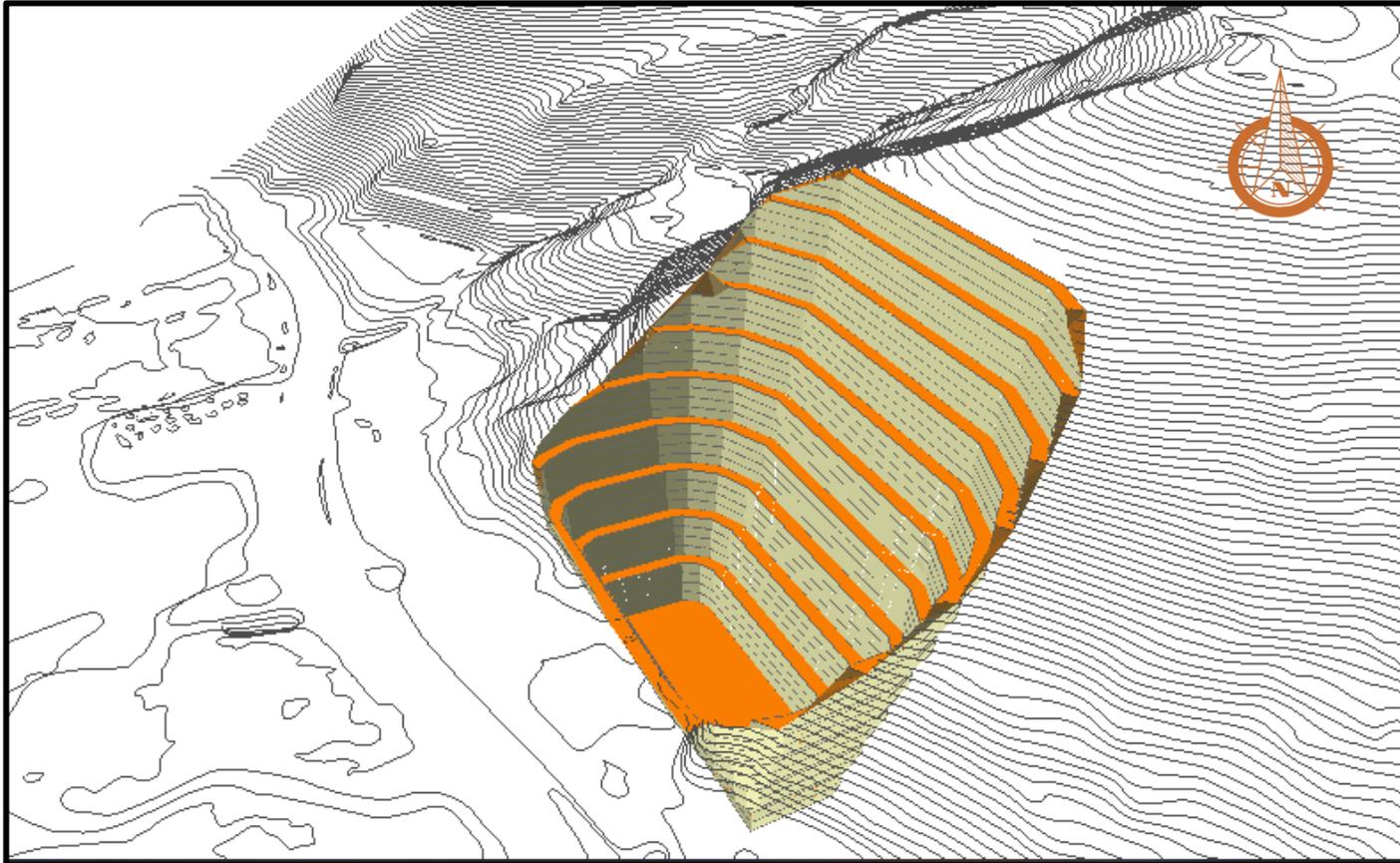
- Área Minera Chimbutza
- Infraestructura
- Vía principal
- Vía secundaria
- ~ Curvas Principales
- ~ Curvas Secundarias
- Vía de Acceso a Taludes
- Sistema de Explotación por Cantera



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 Unidades: Metros  
 Espacio entre curvas principales: 5m  
 Espacio entre curvas secundarias: 1m  
 Escala de Trabajo: 1:100  
 Escala de Impresión: 1:1000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> Facultad de la Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Ingeniería en Minas		
<i>Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la cantera Chimbutza código 50001325 perteneciente al GAD Municipal de Yantzaza</i>		
<b>Vía de Acceso Taludes</b>		
Realizado Por: Liliana González	Escala: 1:1 000	HOJA: A3
Coordenadas UTM Datum WGS 1984 (17S)	Lámina: 19	Fecha: Junio 2024

# IMPLANTACIÓN DEL DISEÑO SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA CANTERA CHIMBUTZA CÓDIGO 50001325



Volúmenes a Extraer		
Perfiles	Material a Extraer	
	Area (m²)	Volumen (m³)
Perfil 1+2	944.8	37795.8
Perfil 3+4	10823	432918.2
Perfil 5+6	1560	62401
Perfil 7+8	776.2	31045.5
Perfil 9+10	436.7	17467.4
<b>Total</b>	<b>14540.7 m²</b>	<b>581627.9 m³</b>

**LEYENDA**

- Cantera
- Curvas de Nivel



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 Unidades: Metros  
 Escala de Trabajo: 1:100  
 Escalade Impresión: 1:1000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
 Facultad de la Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales no Renovables  
 Carrera de Ingeniería en Minas

*Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la cantera Chimbutza código 50001325 perteneciente al GAD Municipal de Yantzaza*

**Sistema de Explotación**

Realizado Por: Liliana González	Escala: 1:1000	HOJA: A3
Coordenadas UTM Datum WGS 1984 (17S)	Lámina: 18 de 18	Fecha: Junio 2024

El suscrito Franco Guillermo Abrigo Guarnizo.

**Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés**

A petición de la parte interesada y en forma legal.

## **CERTIFICA:**

Que **Liliana Elizabeth González Freire** con cédula de identidad número **Cedula:** 1150701025, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Minas de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, completó satisfactoriamente la presente traducción de español a inglés del Trabajo de titulación denominado **Optimización del método de arranque con la finalidad de mejorar la producción y productividad en la Cantera Chimbutza Código 50001325, perteneciente al Gad Municipal de Yantzaza.**

Traducción que fue guiada y revisada minuciosamente por mi persona. En consecuencia, se da validez a la presentación de la misma. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo la estudiante hacer uso del presente documento en lo que estimare conveniente.

Atentamente,



.....  
Franco Guillermo Abrigo Guarnizo

**Lcdo. En Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés**

Número de Registro Senescyt: 1008-2021-2368808

Cédula: 1104492127