



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

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

**Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**

**Caracterización geológica-geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón  
Piñas, provincia de El Oro.**

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

**AUTORA:**

Nohelia Cecibel Mora Chamba

**DIRECTOR:**

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2023

## **Certificación**

Loja, 07 de septiembre de 2023

Ingeniero. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Geológica-Geotécnica de la Vía Portete-La Chuva en el Cantón Piñas, Provincia de El Oro.**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de autoría de la estudiante **Nohelia Cecibel Mora Chamba**, con **cédula de identidad N° 0705914299**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Nohelia Cecibel Mora Chamba**, declaro ser la autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:** 0705914299

**Fecha:** Loja, 08 de noviembre del 2023

**Correo electrónico:** [nohelia.mora@unl.edu.ec](mailto:nohelia.mora@unl.edu.ec)

**Celular:** 0994323114

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

Yo, **Nohelia Cecibel Mora Chamba**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Geológica-Geotécnica de la Vía Portete-La Chuva en el Cantón Piñas, Provincia de El Oro.**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar los contenidos 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 del plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de noviembre del dos mil veintitrés, en la ciudad de Loja.

**Firma:**



**Autor:** Nohelia Cecibel Mora Chamba

**Cédula:** 0705914299

**Dirección:** Loja (La Argelia)

**Correo electrónico:** [nohelia.mora@unl.edu.ec](mailto:nohelia.mora@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0994323114

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación está dedicado de manera especial a mis padres, Miguel Mora Mora y Mirian Chamba Valarezo, cuyos consejos y apoyo constante han sido un motor fundamental en la consecución de mis sueños y metas. Ellos han sido pilares indispensables en mi vida cotidiana. Asimismo, deseo expresar mi gratitud a mi hermano Joseph Mora y a mi cuñada Gabriela Feijoó, quienes me han inspirado a buscar constantemente la superación.

A mi sobrino Gael, le agradezco por enseñarme valiosas lecciones de paciencia, amor y responsabilidad.

No puedo dejar de mencionar a mis abuelitos, Rosa y Pedro, quienes, a través de sus consejos y aprecio, me han instado a perseverar en la búsqueda de mis objetivos, incluso cuando enfrente dificultades cotidianas.

A mis amigos, quienes han brindado su apoyo de manera incondicional y desinteresada en los momentos más difíciles, les agradezco sinceramente; su presencia no solo ha sido fundamental en mis éxitos, sino que también me han tendido una mano amiga en mis momentos de adversidad, ayudándome a levantarme y seguir adelante.

Esta dedicación expresa mi profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido de manera significativa en mi vida y en la realización de este trabajo de investigación.

*Nohelia Cecibel Mora Chamba*

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a diversas personas e instancias que han desempeñado un papel fundamental en mi trayectoria académica y en la realización de esta investigación:

En primer lugar, deseo agradecer a Dios por otorgarme la vida, la sabiduría y la guía en mi camino hacia el desarrollo profesional. Reconozco su papel como mi guía y protector en este viaje.

Mi más profundo agradecimiento se dirige a mi familia y amigos, quienes día tras día me han brindado su apoyo incondicional, cariño y afecto. Su respaldo ha sido invaluable en mi desarrollo personal y profesional.

Al Ing. Walter Tambo, un amigo y mentor que ha compartido sus conocimientos y experiencias en el mundo laboral conmigo. Su paciencia y orientación fueron fundamentales para culminar este proyecto de titulación con éxito.

Mi reconocimiento también se extiende a todos mis docentes, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindar ayuda en diversos aspectos, tanto académicos como personales. Agradezco su infinita paciencia y tolerancia en las aulas, ya que sus conocimientos contribuyeron a moldear a jóvenes estudiantes tímidos en profesionales excepcionales, tanto en términos técnicos como humanos.

Por último, se agradece a todos los que forman parte de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, así como a la Facultad de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables, y, en última instancia, a la Universidad Nacional de Loja, por brindarme la oportunidad de crecer y aprender en este entorno académico excepcional. Su apoyo ha sido esencial en mi formación y desarrollo profesional.

***Nohelia Cecibel Mora Chamba***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>i</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>ii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iv</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vi</b>
Índice de tablas: .....	x
Índice de figuras:.....	xi
Índice de anexos:.....	xiii
<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. Antecedentes de estudios geológicos .....	6
4.2. Definición de las variables de investigación .....	7
4.2.1. Topografía.....	7
4.2.2. Geología .....	7
4.2.3. Litología .....	7
4.2.4. Discontinuidad .....	8
4.2.5. Falla.....	8
4.2.6. Buzamiento .....	8
4.2.7. Rumbo .....	8
4.2.8. Muestreo geológico.....	8
4.2.9. Mapeo geológico .....	8
4.2.10. Sondeos eléctricos verticales.....	8
4.2.11. Geotecnia.....	9
4.2.12. Caracterización geotécnica.....	9
4.2.13. Propiedades físico-mecánicas de los materiales.....	10
4.2.14. Porosidad ( $\phi$ ) o fracción de vacío .....	10

4.2.15.	Índice de vacíos .....	10
4.2.16.	Densidad, peso unitario .....	10
4.2.17.	Gravedad específica .....	10
4.2.18.	Caracterización del macizo rocoso.....	11
4.2.19.	Método de Bieniawski.....	11
4.2.20.	Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta .....	11
4.2.21.	Rock quality designation, RQD .....	11
4.2.22.	Espaciamiento de las juntas o discontinuidades.....	11
4.2.23.	Condición de la discontinuidad .....	12
4.2.24.	Condición de agua en suelo.....	12
4.2.25.	Orientación de las discontinuidades .....	12
4.2.26.	Sistemas de información geográfica .....	12
4.2.27.	Geotecnia vial.....	12
4.2.28.	Vía.....	12
4.2.29.	Movimientos en masa.....	13
4.2.30.	Clasificación de movimientos en masa .....	13
4.2.31.	Caídas .....	13
4.2.32.	Deslizamiento.....	13
4.2.33.	Factor de seguridad .....	13
4.2.34.	Método de equilibrio límite.....	14
4.3.	Fundamentos Metodológicos de la Investigación .....	14
4.3.1.	Geología.....	14
4.3.2.	Caracterización físico-mecánica del macizo rocoso .....	16
4.3.3.	Factor de seguridad .....	17
<b>5.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>18</b>
5.1.	Área de estudio .....	18
5.2.	Acceso .....	20
5.3.	Descripción biofísica del área de estudio. ....	21
5.3.1.	Información Climática .....	21
5.3.2.	Hidrografía .....	22
5.3.3.	Uso del Suelo .....	22
5.3.4.	Vegetación .....	22

5.3.5. Geomorfología .....	24
5.3.6. Pendientes .....	27
5.3.7. Geología regional .....	29
5.4. Materiales .....	32
5.4.1. Materiales de campo .....	32
5.4.2. Materiales de laboratorio. ....	32
5.4.3. Equipos de oficina.....	32
5.4.4. Geoprosesamiento.....	33
5.5. Procedimiento .....	33
5.6. Primer objetivo .....	35
5.6.1. Levantamiento topográfico .....	35
5.6.2. Geología local .....	40
5.6.3. Resistividad eléctrica .....	42
5.7. Segundo objetivo .....	48
5.7.1. Ensayo de compresión simple.....	48
5.7.2. Análisis de las propiedades físicas de las muestras .....	50
5.7.3. Caracterización del macizo rocoso .....	53
5.8. Tercer objetivo.....	61
5.8.1. Método de equilibrio límite.....	61
<b>6. Resultados .....</b>	<b>66</b>
6.1. Resultados para el primer objetivo .....	66
6.1.1. Geología Local .....	66
6.1.2. Corte Geológico .....	74
6.2. Resultados para el segundo objetivo .....	75
6.2.1. Ensayo de compresión simple.....	75
6.2.2. Propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso .....	76
6.3. Resultados para el tercer objetivo.....	84
6.3.1. Talud N°1 .....	84
6.3.2. Talud N°2 .....	87
<b>7. Discusión .....</b>	<b>89</b>

<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>94</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>95</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>100</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas. ....	20
<b>Tabla 2.</b> Rango de pendientes en el área de estudio. ....	27
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas UTM de los sondeos realizados. ....	42
<b>Tabla 4.</b> SEV 1. ....	44
<b>Tabla 5.</b> SEV 2. ....	44
<b>Tabla 6.</b> SEV 3. ....	45
<b>Tabla 7.</b> SEV 4. ....	46
<b>Tabla 8.</b> Coordenadas de muestras para ensayo de compresión simple. ....	48
<b>Tabla 9.</b> Caracterización del macizo rocoso. ....	54
<b>Tabla 10.</b> Calidad del macizo rocoso. ....	55
<b>Tabla 11.</b> Clasificación para el RMR de Bieniawski. ....	56
<b>Tabla 12.</b> Clasificación RMR de Bieniawski. ....	57
<b>Tabla 13.</b> Factores de ajuste de juntas. ....	59
<b>Tabla 14.</b> Clases de estabilidad. ....	60
<b>Tabla 15.</b> Calidad del macizo rocoso según el GSI. ....	60
<b>Tabla 16.</b> Factor de Seguridad. ....	65
<b>Tabla 17.</b> Resultados de ensayo de compresión simple. ....	75
<b>Tabla 18.</b> Propiedades índices de las rocas. ....	76
<b>Tabla 19.</b> Ubicación de afloramientos. ....	78
<b>Tabla 20.</b> RQD. ....	81
<b>Tabla 21.</b> RMR de Bieniawski. ....	81
<b>Tabla 22.</b> SMR. ....	82
<b>Tabla 23.</b> Resultados del GSI. ....	82
<b>Tabla 24.</b> Datos del talud N°1. ....	84
<b>Tabla 25.</b> Datos del talud N°2. ....	87

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la vía Portete-La Chuva. ....	19
<b>Figura 2.</b> Acceso a la vía Portete-La Chuva. ....	20
<b>Figura 3.</b> Vegetación de la vía Portete-La Chuva ....	23
<b>Figura 4.</b> Vertiente rectilínea. ....	24
<b>Figura 5.</b> Relieve volcánico montañoso. ....	25
<b>Figura 6.</b> Geomorfología de la vía Portete-La Chuva. ....	26
<b>Figura 7.</b> Pendientes de la vía Portete-La Chuva. ....	28
<b>Figura 8.</b> Geología Regional de la vía Portete-La Chuva. ....	31
<b>Figura 9.</b> Flujograma de la metodología empleada. ....	34
<b>Figura 10.</b> Topografía de la vía Portete-La Chuva. ....	37
<b>Figura 11.</b> Perfil topográfico B-A. ....	38
<b>Figura 12.</b> Perfil topográfico C-D. ....	39
<b>Figura 13.</b> Equipo de trabajo. ....	43
<b>Figura 14.</b> Curva resistividad aparente SEV 1. ....	44
<b>Figura 15.</b> Curva resistividad aparente SEV 2. ....	45
<b>Figura 16.</b> Curva resistividad aparente SEV 3. ....	45
<b>Figura 17.</b> Curva resistividad aparente SEV 4. ....	46
<b>Figura 18.</b> Correlación estratigráfica. ....	47
<b>Figura 19.</b> Muestras perfiladas para obtener la resistencia a la compresión simple. ....	49
<b>Figura 20.</b> Ensayo de compresión simple. ....	49
<b>Figura 21.</b> Metodología de la regleta para determinar RQD. ....	54
<b>Figura 22.</b> Aplicación de método de la regleta en campo. ....	55
<b>Figura 23.</b> Relación de tiempo de estabilidad de acuerdo al resultado de calidad del macizo rocoso. ....	57
<b>Figura 24.</b> Datos para el factor de seguridad. ....	61
<b>Figura 25.</b> Datos en software Slide 6.0. ....	61
<b>Figura 26.</b> Perfil de capas graficado. ....	62
<b>Figura 27.</b> Asignación de materiales. ....	62
<b>Figura 28.</b> Asignación de superficie y creación de grilla. ....	62
<b>Figura 29.</b> Selección de métodos y cálculo de factor de seguridad. ....	63
<b>Figura 30.</b> Resultado de factor de seguridad. ....	63
<b>Figura 31.</b> Ingreso de datos. ....	64
<b>Figura 32.</b> Resultados de factor de seguridad para macizo rocoso. ....	65

<b>Figura 33.</b> Afloramiento N°2 conformado por roca riolita.....	66
<b>Figura 34.</b> Afloramiento N°31 de material Coluvial de Riolita. ....	67
<b>Figura 35.</b> Afloramiento N°11 de Riolita meteorizada. ....	68
<b>Figura 36.</b> Afloramiento N°12 y N°13 de toba riolítica. ....	69
<b>Figura 37.</b> Afloramiento N°19 de Esquisto micáceo meteorizado. ....	70
<b>Figura 38.</b> Deslizamiento más representativo. ....	71
<b>Figura 39.</b> Mapa Geológico de la vía Portete-La Chuva.....	73
<b>Figura 40.</b> Corte Geológico.....	74
<b>Figura 41.</b> Zonificación del talud N°1. ....	78
<b>Figura 42.</b> Estaciones para caracterización del macizo rocoso N°1. ....	79
<b>Figura 43.</b> Zonificación del talud N°2. ....	79
<b>Figura 44.</b> Estaciones para caracterización del macizo rocoso N°2. ....	80
<b>Figura 45.</b> Zonificación del talud N°3. ....	80
<b>Figura 46.</b> Estaciones para caracterización del macizo rocoso N°3. ....	81
<b>Figura 47.</b> Bishop Simplificado. ....	85
<b>Figura 48.</b> Janbú Simplificado. ....	86
<b>Figura 49.</b> Spencer. ....	86
<b>Figura 50.</b> Análisis de FS general, Toba Riolítica. ....	87

## Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> Ficha para caracterización de afloramientos. ....	100
<b>Anexo 2.</b> Afloramientos de la vía Portete-La Chuva. ....	101
<b>Anexo 3.</b> Mapa de ubicación de afloramientos. ....	103
<b>Anexo 4.</b> Fichas de levantamiento de afloramientos. ....	104
<b>Anexo 5.</b> Ortofoto de la zona de estudio. ....	120
<b>Anexo 6.</b> Mapa de red hídrica. ....	121
<b>Anexo 7.</b> Ficha de deslizamientos. ....	122
<b>Anexo 8.</b> Deslizamientos de la vía Portete-La Chuva. ....	123
<b>Anexo 9.</b> Mapa de ubicación de deslizamientos. ....	124
<b>Anexo 10.</b> Fichas de levantamiento de deslizamientos. ....	125
<b>Anexo 11.</b> Valores obtenidos en campo. ....	130
<b>Anexo 12.</b> Curvas de resistividades. ....	131
<b>Anexo 13.</b> Fichas técnicas para caracterización de macizo rocoso. ....	132
<b>Anexo 14.</b> Ficha General de descripción del macizo rocoso. ....	133
<b>Anexo 15.</b> Resultados de caracterización del macizo rocoso en campo. ....	134
<b>Anexo 16.</b> Datos y resultados de RQD. ....	134
<b>Anexo 17.</b> Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°1. ....	135
<b>Anexo 18.</b> Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°2. ....	138
<b>Anexo 19.</b> Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°3. ....	141
<b>Anexo 20.</b> Clasificación geomecánica SMR romana 1997. ....	143
<b>Anexo 21.</b> Clasificación GSI. ....	144
<b>Anexo 22.</b> Vegetación de la zona de estudio. ....	145
<b>Anexo 23.</b> Geomorfología de la zona de estudio. ....	146
<b>Anexo 24.</b> Pendientes de la zona de estudio. ....	147
<b>Anexo 25.</b> Geología Regional de la zona de estudio. ....	148
<b>Anexo 26.</b> Ubicación de los SEVS. ....	149
<b>Anexo 27.</b> Ubicación de taludes para factor de seguridad. ....	150
<b>Anexo 28.</b> Topografía de la zona de estudio. ....	151
<b>Anexo 29.</b> Geología de la zona de estudio. ....	151
<b>Anexo 30.</b> Corte Geológico. ....	151
<b>Anexo 31.</b> Certificación de traducción del resumen. ....	152

## **1. Título**

**Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas,  
provincia de El Oro.**

## 2. Resumen

El presente estudio, titulado "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro", tiene como objetivo fundamental realizar una caracterización exhaustiva tanto a nivel geológico como geotécnico de la mencionada vía. Para lograr este propósito, se plantean tres enfoques clave: la creación de un mapa geológico en una franja de 400 metros en relación al eje vial, la determinación de las propiedades físico-mecánicas de las formaciones rocosas presentes y la evaluación del factor de seguridad en los taludes que representan de manera relevante el tramo bajo estudio.

El área de investigación abarca una extensión de 3 kilómetros, en la cual se incluyen un total de 114 hectáreas. El proceso metodológico se inicia con un análisis y descripción geológica de la zona para establecer una base de información sobre la geología existente. Además, se consideran aspectos climáticos, vegetación y dirección del viento para llevar a cabo un levantamiento topográfico mediante el uso de un dron, lo que permite identificar áreas en las cuales se concentrará el análisis. Se recopilan datos mediante fichas de afloramientos geológicos y eventos de deslizamiento.

Una vez establecida la litología local, se procede a seleccionar áreas de interés para la ejecución de ensayos, incluyendo pruebas de compresión simple, sondeos eléctricos verticales y la caracterización detallada del macizo rocoso utilizando la metodología de Bieniawski. Se toman muestras que son sometidas a análisis de laboratorio.

Se lleva a cabo el cálculo de factor de seguridad de un talud de suelos mediante el uso del software Slide 6.0 y fórmulas propuestas por Braja M. Das (2013). Finalmente, se procede a evaluar la estabilidad del macizo rocoso representativo aplicando las fórmulas establecidas por Culmann (1875) y utilizando el software RocPlane 2.029. Ambos en un enfoque estático.

Este estudio, al proporcionar una caracterización detallada de la geología y propiedades geotécnicas de la vía, así como la evaluación de la estabilidad de los taludes, será un recurso valioso para la toma de decisiones en materia de planificación, prevención y mitigación de riesgos asociados a deslizamientos y eventos geotécnicos en la zona en estudio.

***Palabras claves:*** Geología, geotecnia, macizos rocosos, factor de seguridad, talud.

## **Abstract**

The present study, titled "Geological-Geotechnical Characterization of El Portete-La Chuva road in Piñas, El Oro province", has as its fundamental objective to carry out an exhaustive characterization at both a geological and geotechnical level of the road mentioned above. To achieve this purpose, three key approaches are proposed: the creation of a geological map in a strip of 400 meters concerning the road axis, the determination of the physical-mechanical properties of the rocky formations at hand, and the evaluation of the safety factor in the slopes that represent the section under study in a relevant way.

The research area covers an extent of 3 kilometers, which includes a total of 114 hectares. The methodological process begins with an analysis and geological description of the area to establish a base of information about the existing geology. In addition, climatic aspects and vegetation are considered to carry out a topographic survey using a drone, which allows to identify areas on which the analysis will focus. Data is collected using geological outcrop sheets and landslide events.

Once the local lithology has been established, areas of interest are selected for the execution of tests, including simple compression tests, vertical electrical surveys, and detailed characterization of the rocky mass using the Bieniawski methodology. Samples are taken and subjected to laboratory analysis.

The soil slope's safety factor is calculated using the Slide 6.0 software and formulas proposed by Braja M. Das (2013). Finally, the stability of the representative rocky mass is evaluated by applying the formulas established by Culmann (1875) and using the RocPlane 2.029 software. Both in a static approach.

This study, by providing a detailed characterization of the geology and geotechnical properties of the road, as well as the evaluation of the stability of the slopes, will be a valuable resource for decision-making regarding planning, prevention, and mitigation of risks associated with landslides and geotechnical events in the study area.

**Keywords:** *Geology, geotechnics, rocky masses, safety factor, slope.*

### 3. Introducción

En todas las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes existe la amenaza permanente por deslizamientos del terreno debido a las características litológicas, estratigráficas, morfológicas, tectónicas y climáticas; es por ello que, en Ecuador, constantemente se puede evidenciar las afectaciones de diversa magnitud, generalmente producidas en la época lluviosa. (GAD Municipal de Piñas, 2015, p.100)

El cantón Piñas enfrenta una problemática significativa vinculada a deslizamientos del terreno, cuya génesis se relaciona principalmente con la inestabilidad de los suelos, taludes y laderas. Estos incidentes acarrear consecuencias económicas notables, dado que la zona alberga diversas actividades altamente productivas, cruciales para la generación de ingresos a nivel local y nacional. Es especialmente durante las estaciones invernales cuando las lluvias actúan como desencadenante, exacerbando la inestabilidad vial y resultando en la erosión de grandes volúmenes de suelo y desprendimiento de rocas. Las consecuencias de estos eventos son considerables, abarcando considerables pérdidas materiales.

Zambrano (2010) expone la importancia de enfocar los estudios de la geología y geotecnia aplicados a carreteras, con la finalidad de mejorar las condiciones de transitabilidad, enfocando el análisis geo-mecánico, basado en el comportamiento del macizo rocoso, según los diferentes juegos de juntas o discontinuidades que muestran el grado de estabilidad.

La geotecnia vial es la especialidad de la ingeniería geotécnica que se encarga de atender “las necesidades y problemas de la infraestructura vial relacionados con el suelo y las rocas como medio de soporte de las obras viales.” (Vargas, 2010)

En este contexto, la vía Portete-La Chuva presenta daños de manera continua y con más repercusión en época invernal; en la zona no existe información geológica, ni estudios geotécnicos que determinen cuales pueden ser las causas del constante daño vial.

La construcción del mapa geológico de la vía Portete-La Chuva ha proporcionado información sobre la litología que compone esta área. Se ha identificado principalmente un contacto discordante entre dos unidades geológicas: la Serie Tahuin, que está compuesta mayoritariamente por materiales metamórficos, y la Formación Tarqui, que incluye materiales ígneos. Específicamente, se han observado esquistos y riolitas meteorizadas, así como tobas riolíticas, todas ellas presentando un grado significativo de meteorización. En términos de predominancia, la litología que predomina en la zona de estudio es la riolita meteorizada, abarcando un área de 67.94 hectáreas. Los esquistos micáceos meteorizados también son significativos, ocupando un área de 45.42 hectáreas. Otras litologías se encuentran presentes en áreas de menor extensión en comparación con estas dos unidades predominantes.

Las propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso característico en la zona de estudio proporcionan información crucial sobre las propiedades índices de las rocas, e incluyendo la resistencia a la compresión simple. Para este propósito, se emplearon metodologías reconocidas, como las desarrolladas por Bieniawski y el Índice de Resistencia Geológica (GSI). Estas evaluaciones determinan que los macizos rocosos se clasifican en la categoría IV, lo que indica una mala calidad o, en otras palabras, una inestabilidad en el macizo rocoso. Esta inestabilidad presenta un riesgo para la población debido a la posibilidad de desprendimientos de rocas.

Como un complemento al estudio, se calculó el factor de seguridad para dos tipos de taludes: uno conformado por suelos y otro por rocas. Los resultados revelaron una estabilidad crítica en el caso del talud de suelos ( $F_s=1.12$ ) y una inestabilidad evidente en el caso del talud de rocas ( $F_s=0.79$ ).

La obtención y análisis de parámetros geológicos-geotécnicos se erigen como herramientas cruciales para caracterizar en detalle la vía Portete-La Chuva, abarcando un total de 114 ha. Dichos datos permitirán una comprensión más profunda del comportamiento del terreno en diferentes escenarios, abarcando fenómenos geológicos, hasta aquellos originados por actividades humanas o fenómenos naturales. Esta información es imperativa para una toma de decisiones fundamentada en medidas de prevención y mitigación, en aras de salvaguardar la integridad de la infraestructura, la vida humana y los recursos económicos de la zona.

En este contexto, los objetivos para garantizar esta información son los siguientes:

- **Objetivo general:**

Caracterizar geológica y geotécnicamente la vía Portete-La Chuva ubicada en el cantón Piñas, provincia de El Oro.

- **Objetivos específicos:**

- ✓ Construir el mapa geológico del tramo de la vía Portete-La Chuva considerando un margen de 400 metros con respecto al eje vial.
- ✓ Analizar las propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso del tramo de la vía Portete-La Chuva.
- ✓ Evaluar el factor de seguridad en dos taludes representativos del tramo de la vía.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Antecedentes de estudios geológicos

Dentro del estudio de la vía Portete-La Chuva, las investigaciones del terreno son escasas, sin embargo, se han encontrado dos estudios anteriores en el cantón Piñas que proporcionan información pertinente y tienen relevantes aportes:

*“Caracterización Geomecánica De Los Afloramientos Rocosos Presentes En La Microcuenca “La Mesa”, Cantón Piñas, Provincia De El Oro – Ecuador”*., Guevara, B, (2020).: Este trabajo de investigación se centra en la caracterización de los macizos rocosos presentes en la microcuenca "La Mesa", situada en el cantón Piñas. El objetivo principal es evaluar la calidad de dichos macizos rocosos a lo largo del tramo Piñas-Portovelo de la carretera E-585. Este tramo en particular experimenta un tráfico vehicular significativo y desempeña un papel crucial como una de las arterias viales principales que facilita el comercio entre las ciudades del sur del país. En esta área, se observa una considerable cantidad de afloramientos rocosos con pendientes abruptas. Además, se ha detectado la presencia de rocas desprendidas en la calzada, lo que plantea la posibilidad de movimientos en masa durante temporadas de lluvias intensas, lo que potencialmente podría ocasionar pérdidas tanto sociales como económicas. Ante esto el autor concluye que: “De los macizos rocosos clasificados, diecinueve poseen una calidad buena (clase II), mientras que la estación T5 EGM-2 posee una calidad regular (clase III); además, que los macizos rocosos presentes en las carreteras (vía El Pache y vía Paccha- Ayapamba) presentan un ligero a moderado grado de meteorización y se aprecian rastros de voladuras para la construcción de las mismas, siendo ambos junto con el agua factores influyentes para la disminución de estabilidad del talud.”

*“Evaluación De Susceptibilidad A Fenómenos De Remoción En Masa Del Barrio San José Y La Merced Del Cantón Piñas, Provincia El Oro.”*, Valarezo M., (2021).: La investigación realizada en este trabajo, se centra en evaluar la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa existentes en dos barrios del cantón Piñas. En el cual, llevó a cabo un inventario de deslizamientos pasados, lo que permitió caracterizar detalladamente 17 eventos de tipo traslacional. Además, procedió a realizar una detallada evaluación del macizo rocoso en 11 estaciones geomecánicas utilizando el método propuesto por Bieniawski (1989), lo que arrojó que la mayoría del macizo rocoso presenta una calidad de tipo Bueno y Muy Bueno. Los análisis de las muestras obtenidas de calicatas revelaron una predominancia de texturas como arena limosa y limos arenosos de baja plasticidad. Para determinar la susceptibilidad de la región a los fenómenos de remoción en masa, empleó un enfoque Multicriterio que consideró varios factores, incluyendo la pendiente, las precipitaciones, la litología, la geomorfología y el uso del

suelo. A través de la utilización de técnicas de álgebra de mapas, llevó a cabo una suma ponderada que permitió la generación de un mapa de susceptibilidad detallado para la zona de estudio. Finalmente observó que la mayoría de la zona estudiada muestra una susceptibilidad Media y Alta, influenciada en gran medida por las pendientes pronunciadas y los altos niveles de precipitaciones anuales, factores que desencadenan los procesos de remoción en masa en la zona de estudio.

## **4.2. Definición de las variables de investigación**

### **4.2.1. Topografía**

“El vocablo Topografía descende las raíces griegas topos que quiere decir lugar y grafía que quiere decir escritura, o sea la ciencia que permite realizar el dibujo o delineamiento de la superficie de un lugar.” (Ruales, 2013, p. 17)

Aunque existen muchas definiciones de topografía, una de las más aceptadas en la actualidad dice que la topografía es la ciencia que permite representar en forma acertada sobre un plano los accidentes naturales de un terreno, incorporando una relación entre el terreno y el plano llamada escala.

En este sentido, el concepto de topografía lleva implícito el de medición, o de determinar distancias, ángulos y alturas o elevaciones entre dos o más puntos de la superficie terrestre. Al conjunto de operaciones realizadas para determinar la posición relativa de un punto en su representación en el plano se les llama levantamiento topográfico. (Ruales, 2013, p. 17)

### **4.2.2. Geología**

“La geología, del griego geo, «Tierra», y logos, «discurso». Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La ciencia de la geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica.” (Tarbuck y Lutgens, 2005, p.2)

La geología se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, lo cual es correcto. Una gran parte de la geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo. Pero la geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 2)

### **4.2.3. Litología**

“Es la parte de la geología que estudia la naturaleza y composición de las rocas que forman el conjunto de la corteza terrestre. Influye en la existencia de acuíferos y en las características fisicoquímicas del agua.” (Hispagua, 2021)

#### **4.2.4. Discontinuidad**

“Cambio súbito con la profundidad de una o más de las propiedades físicas de los materiales que componen el interior de la Tierra. Límite entre dos materiales diferentes del interior de la Tierra, según se ha determinado por el comportamiento de las ondas sísmicas.” (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 661)

#### **4.2.5. Falla**

“Plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento.” (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 664)

#### **4.2.6. Buzamiento**

“Buzamiento (dip) ángulo de inclinación de una capa de roca o una falla medido desde la horizontal. La dirección de buzamiento se determina en ángulo recto con la dirección de la capa.” (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 657)

#### **4.2.7. Rumbo**

“El rumbo o dirección es el ángulo, respecto al norte, que forma la línea de intersección del estrato con un plano horizontal. Se mide con una brújula.” (Heiningen, 2009)

#### **4.2.8. Muestreo geológico**

“Es un conjunto de trabajos encaminados a determinar la composición (cuantitativa y cualitativa) de los componentes útiles e impurezas del mineral. Este proceso comprende: Selección y recojo de muestras, tratamiento de las muestras, ensayo de las muestras y resultados.” (Geoxnet, s.f.)

#### **4.2.9. Mapeo geológico**

El mapeo geológico es muy importante, nos permite transferir la información geológica obtenida en el campo a uno de los diferentes tipos de mapas base.

Según el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (s.f.) un mapa geológico es:

La representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactos entre ellas. Para distinguir las rocas se utilizan colores. En un mapa geológico también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues y fallas), yacimientos fósiles, fuentes, recursos minerales, etc.

#### **4.2.10. Sondeos eléctricos verticales**

El Sondeo Eléctrico Vertical es una prueba que se usa para conocer la distribución de resistividad del suelo. Dadas las propiedades eléctricas de los materiales que constituyen del subsuelo, éste manifiesta un determinado comportamiento ante el paso de corriente eléctrica. Dicho comportamiento se manifiesta en líneas de campo o flujo eléctrico

constante para materiales homogéneos, por ello cuando los valores y características de estos campos varían, indican un cambio de materiales o una discontinuidad dentro de un mismo depósito. Así, los suelos gruesos o rocosos se caracterizan por presentar una alta resistividad, mientras que las zonas arcillosas o con altos contenidos de humedad y sales corresponden con anomalías de baja resistividad. (Sísmica de Suelos, s.f.)

#### **4.2.11. Geotecnia**

Según el Servicio Geológico Mexicano (2017):

La geotecnia es la rama de la geología que trata de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de los materiales naturales -como las rocas- que constituyen la corteza terrestre implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería civil, como autopistas, vías férreas, puentes, presas, oleoductos, acueductos, unidades habitacionales, sitios de confinamiento y edificios en general.

#### **4.2.12. Caracterización geotécnica**

La caracterización geotécnica es el resultado de una serie de actividades desarrolladas en campo, laboratorio y oficina, siguiendo procedimientos y normas rigurosas para su ejecución, que implica la toma de decisiones técnicas en base a las condiciones variables del terreno bajo estudio. (Boiero, s.f.)

Este proceso de caracterización se inicia en la etapa de exploración del subsuelo, continúa con los ensayos de campo y de laboratorio realizados con el fin de estimar determinadas propiedades del suelo, y culmina con la interpretación de los datos disponibles y la delimitación de sectores del terreno estudiado, considerando las características de resistencia de los estratos detectados, y la respuesta esperada de estos estratos a las cargas externas. (Boiero, s.f.)

Cabe destacar que los estratos del suelo nunca son realmente homogéneos. Las propiedades del suelo in situ pueden mostrar grandes variaciones locales, pero puede que no haya tendencias generales en las variaciones, y las propiedades medias pueden ser esencialmente las mismas en todas las partes del sitio (Taylor, 1948).

El análisis de cualquier problema geotécnico requiere la adopción de un modelo de comportamiento del suelo, el mismo que se basa en parámetros geotécnicos que describen el comportamiento del terreno en cuanto a sus condiciones de carga-deformación. Estos parámetros del suelo no se conocen de antemano, por lo que el ingeniero geotécnico debe medir

estos parámetros en condiciones controladas de laboratorio o de campo, o estimarlos a partir de otros datos (Kulhawy & Mayne, 1990).

De esta forma, la caracterización geotécnica se completa asignando parámetros geomecánicos representativos a cada sector delimitado en la zonificación geotécnica, los cuales se utilizarán posteriormente en el diseño geotécnico de cimentaciones, muros, pavimentos y preparación del sitio, y para la evaluación de potenciales problemas relacionados con el terreno que podrían afectar la funcionalidad del proyecto durante su vida útil. (Boiero, s.f.)

#### **4.2.13. Propiedades físico-mecánicas de los materiales**

#### **4.2.14. Porosidad ( $\phi$ ) o fracción de vacío**

La porosidad es una medida del espacio de vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos en el volumen total y se describe como fracción, variable entre 0.0-1.0, u como un porcentaje entre 0-100%. Describe la fracción de espacio vacío en la materia, donde el vacío puede contener, por ejemplo, aire o agua. (Borselli, 2014).

Se define entonces por la relación:

$$\phi = V_v / V_T$$

En la cual  $V_v$  es el volumen del vacío total en el espacio (como líquidos y aire) y  $V_T$  es el volumen total del material (incluye todos los componentes: sólido y vacío) (Borselli, 2014).

#### **4.2.15. Índice de vacíos**

El Índice de vacíos, en ciencia de materiales, está relacionada con la porosidad. (Borselli, 2014). Y se define con la relación:

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V_T - V_v} = \frac{\phi}{1 - \phi}$$

#### **4.2.16. Densidad, peso unitario**

La densidad es la masa por unidad de volumen de un material, en geotecnia se utiliza el peso unitario. (Borselli, 2014).

$$\rho = \frac{M}{V} = [ML^{-3}] \quad (\text{g/cm}^3 \text{ o } \text{Mg/m}^3)$$

$$\gamma = \rho g = \rho \times 9.81 \quad (\text{kN/m}^3)$$

#### **4.2.17. Gravedad específica**

La gravedad específica,  $G_s$ , se define como la relación entre la masa del sólido y la masa de igual volumen de agua en un medio poroso. (Borselli, 2014).

$$G_s = \frac{M_s}{V_s \rho_w} = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

#### **4.2.18. Caracterización del macizo rocoso**

La descripción de macizos rocosos es una actividad que se realiza in situ en investigaciones de ingeniería geológica que tiene fines geotécnicos (geotecnia) y de ingeniería civil, la caracterización de macizos rocosos proporciona información de las propiedades geotécnicas de los materiales rocosos. Se realiza mediante la zonificación del afloramiento en mecánica de rocas, que incluye la descripción de las discontinuidades del macizo rocoso (discontinuidades geológicas), descripción de la matriz rocosa y la descripción de los parámetros del macizo rocoso. (Maldonado, s.f.)

#### **4.2.19. Método de Bieniawski**

Según Pastén y Sepulveda (2014) para “el uso de la clasificación RMR, el área de estudio debe ser dividida en unidades estructurales particulares sobre las cuales se determina la calidad del macizo rocoso.”

Los siguientes seis parámetros son usados para clasificar un macizo rocoso usando el sistema RMR: Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, Rock quality designation, RQD, Espaciamiento de las juntas o discontinuidades, Condición de la discontinuidad, Condición de agua en el suelo, Orientación de las discontinuidades.

#### **4.2.20. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta**

La resistencia del material intacto de la roca se obtiene de testigos del macizo rocoso de acuerdo a sus condiciones de sitio. El índice está basado en la resistencia a la compresión uniaxial y/o por la resistencia de carga puntual. Aunque para resistencias pequeñas se recomienda el uso de sólo la resistencia a la compresión uniaxial. (Pastén y Sepulveda, 2014)

#### **4.2.21. Rock quality designation, RQD**

“El RQD es una herramienta de medición relativamente sencilla y rápida, ocupada en los registros por testigos y muchas veces es el único método usado para medir el grado de fracturación en la zona de interés.” (Pastén y Sepulveda, 2014)

#### **4.2.22. Espaciamiento de las juntas o discontinuidades**

El término discontinuidad cubre las juntas, foliaciones, zonas de cizalle, fallas menores, u otras superficies de debilidad. La distancia lineal entre dos discontinuidades adyacentes debe ser medida para todas las familias de discontinuidades y el índice del parámetro debe ser calculado para la discontinuidad crítica. (Pastén y Sepulveda, 2014)

#### **4.2.23. Condición de la discontinuidad**

“Este parámetro incluye la rugosidad de las superficies de la discontinuidad, su separación, largo, continuidad, meteorización de los bordes de roca o planos de debilidad y el material de relleno de las discontinuidades.”

#### **4.2.24. Condición de agua en suelo**

Mide las filtraciones de agua en el macizo, el flujo de agua y la humedad presente en las discontinuidades. La puntuación alcanza un valor de 15 para un macizo rocoso seco y un valor de 0 para cuando el agua está fluyendo entre las juntas con un caudal superior a 125 l/min o la relación presión de agua/tensión principal mayor es superior a 0,5. (Pastén y Sepulveda, 2014)

#### **4.2.25. Orientación de las discontinuidades**

“Este parámetro ajusta el valor de la suma de los cinco parámetros anteriores, según el uso de la clasificación en túneles, fundaciones o taludes.” (Pastén y Sepulveda, 2014)

#### **4.2.26. Sistemas de información geográfica**

Según Sarría (2006) los sistemas de información geográfica pueden definirse “de forma provisional como sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación. La representación de datos espaciales es el campo de estudio de la Cartografía.”

#### **4.2.27. Geotecnia vial**

Según Cordero (2011) para disminuir el impacto que las restricciones geológico-geotécnicas puedan tener sobre un proyecto vial es importante realizar una investigación geológica y geotécnica de calidad, adecuada y suficiente, que permita detectar el tipo de amenaza a la cual está expuesto el corredor vial, determinar su probabilidad de ocurrencia y determinar la magnitud de su impacto sobre el proyecto. Una vez realizadas estas tareas, se deben analizar las alternativas para el manejo de estas amenazas y diseñar las obras requeridas.

#### **4.2.28. Vía**

De acuerdo a la Ley Sistema Nacional De Infraestructura Vial Transporte Terrestre (2017) las vías son las estructuras de diferentes tipos construidas para la movilidad terrestre de los vehículos y constituyen un esencial medio de comunicación que une regiones, provincias, cantones y parroquias de la República del Ecuador, cuya forma constitutiva contiene la plataforma de circulación que comprende todas las facilidades necesarias para garantizar la adecuada circulación, incluyendo aquella definida como derecho de vía y la señalización.

#### **4.2.29. Movimientos en masa**

Según (Alcaldía de Medellín, 2016) los movimientos en masa se definen como:

Los movimientos en masa son desplazamientos del terreno a favor de la pendiente que se generan por acción de la fuerza de gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros. Estos movimientos producen cambios visibles en el terreno como agrietamientos, hundimientos e incluso desprendimientos de grandes cantidades de suelo o roca, de ahí que puedan ocasionar la destrucción y/o deterioro de la infraestructura pública, viviendas, cultivos y propiciar el represamiento de cauces de ríos o quebradas. (p. 7)

#### **4.2.30. Clasificación de movimientos en masa**

Varnes (1978), principalmente toma en cuenta en la clasificación, el tipo de movimiento, y el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. También, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierra.

#### **4.2.31. Caídas**

Fenómenos que presentan una ruptura brusca de un bloque o una masa rocosa o de suelo, de una ladera con talud de pendiente fuerte o un acantilado rocoso, con una caída libre donde el mayor recorrido de su desplazamiento se da en el medio aéreo, se producen en rocas muy fracturadas, debido a factores desencadenantes como lluvias intensas, sismos, erosiones, socavamiento, explosiones, etc. (INDECI, 2011, p. 14)

#### **4.2.32. Deslizamiento**

“Movimiento común en los procesos gravitacionales. El material que se mueve pendiente abajo permanece como una unidad y se mueve a lo largo de una superficie bien definida.” (Tarbuck y Lutgens, 2005, p. 661)

#### **4.2.33. Factor de seguridad**

Según Restrepo (2020) el factor de seguridad se define:

Como la relación entre la resistencia y la fuerza o acción sobre un elemento. Este factor debe ser siempre mayor que la unidad para garantizar una razonable protección ante las fuerzas actuantes y el valor que se especifica depende, entre otras, del tipo de material, de la carga, de la frecuencia anual de excedencia de las cargas de naturaleza estocástica y de incertidumbres asociadas a la estimación de todos los parámetros involucrados.

#### **4.2.34. Método de equilibrio límite**

Un análisis de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento. (Banegas, 2012)

### **4.3. Fundamentos Metodológicos de la Investigación**

La realización de una caracterización geológica y geotécnica conlleva una serie de etapas y enfoques metodológicos que pueden diferir en función del lugar y los objetivos específicos de la investigación.

#### **4.3.1. Geología**

Se han identificado diversos elementos cruciales a considerar durante el proceso de levantamiento geológico en campo y el procesamiento de la información. Como resultado, se han métodos relevantes que se emplean en la actualidad para llevar a cabo este trabajo.

Principalmente se ha considerado el manual de levantamiento geológico de Echeveste (2018) “*Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos*”. En cual habla de la importancia del mapa geológico ya que, constituye la información básica de cualquier informe geológico. Debido a que en él se sintetiza toda la información necesaria para comprender la evolución geológica de una región o área. Se trata de la conclusión del trabajo geológico, y por ello es una herramienta universal que todos los lectores pueden comprender. A su vez, el mapa geológico es el punto de partida para cualquier discusión e interpretación, y por ello ninguna publicación debería carecer del mismo. Por ser el lenguaje básico de los geólogos, los trabajos geológicos sin los mapas correspondientes serían incompletos.

Además, menciona que, cuando se confecciona un mapa geológico se requiere identificar a cada una de las unidades mapeables y definir sus edades relativas, tarea que conlleva el detallado conocimiento de los contactos entre las unidades. Los objetivos de un mapa geológico son variados y dependen de la finalidad de la investigación.

Echeveste (2018) propone que el mapeo de afloramientos es la base de gran parte de la cartografía geológica detallada. En cual indica que muchos terrenos están compuestos de exposiciones de rocas más o menos dispersas separadas por zonas cubiertas por depósitos superficiales, vegetación, hielo, agua, etcétera. Explica que, en este método, el geólogo debe

examinar tantas exposiciones como sea posible. La extensión de cada afloramiento, o el grupo de afloramientos, se indica en el mapa de campo con el lápiz de color apropiado para ese tipo de roca o formación. En la mayoría de las áreas, el mapeo de afloramiento se hace mucho más rápidamente e incluso con mayor precisión que hace unos años atrás gracias a la tecnología GPS y la disponibilidad de imágenes de satélite de alta resolución. El mapeo por afloramientos es particularmente indicado en terrenos metamórficos donde las rocas pueden presentar una fuerte variabilidad en distancias pequeñas.

El autor también hace mención de la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) los cuales representan una ayuda muy considerable al permitir representar la información recolectada en campo en un mapa en digital, como es el caso del software ArcGIS: La información soportada por el programa será raster (generalmente imágenes en formato jpg, bmp, tif, etc), vectores (shapefiles o geodatabase) y tablas (xls, xlsx, db4, etc.).

El ArcMap es el entorno principal del ArcGIS. Permite la visualización y edición de la información. La información se organiza en capas que pueden encenderse/apagarse, moverse, etc. Aquí se encuentran las herramientas de dibujo y edición que permiten cargar los datos a la base de datos.

La metodología propuesta por Braja M. Das (2001) para llevar a cabo un estudio geológico implica una serie de pasos fundamentales. Estos pasos incluyen, en primer lugar, la definición clara de los objetivos del estudio, los cuales deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo. Posteriormente, se sugiere realizar una revisión de la literatura existente sobre el tema, lo que proporciona un marco de referencia esencial para la investigación.

El trabajo de campo constituye una etapa crucial en la metodología, durante la cual se lleva a cabo la recolección de datos y la información del terreno. Esto implica el muestreo de rocas y minerales, la observación detallada de estructuras geológicas, la recopilación de datos topográficos y la realización de ensayos geotécnicos.

Una vez recopilados, los datos se someten a un análisis meticuloso para obtener información significativa. Este análisis puede involucrar la clasificación de rocas y minerales, la datación geológica, la interpretación de estructuras geológicas y la caracterización geotécnica de los materiales.

La etapa final implica la interpretación de los resultados, donde se aplican los conocimientos geológicos adquiridos para explicar los datos obtenidos. En esta fase, se formulan conclusiones y recomendaciones que responden directamente a los objetivos iniciales del estudio. La presentación de los resultados se realiza de manera clara y concisa, típicamente

a través de informes técnicos, aunque también se pueden emplear otros formatos, como artículos científicos o presentaciones orales.

#### **4.3.2. Caracterización físico-mecánica del macizo rocoso**

En la disciplina de la geotecnia, varios expertos han realizado contribuciones significativas que han sido fundamentales para el desarrollo de esta área. Sus trabajos han generado diversas metodologías y teorías que son esenciales para el análisis y el diseño de estructuras relacionadas con el comportamiento de rocas y suelos. A continuación, se presentan algunas de las metodologías más destacadas en el campo de la geotecnia, centradas especialmente en el estudio de las características de las rocas:

*Clasificación Geomecánica ROCK MASS RATING (R.M.R.) de Bieniawski (1989):* Fue desarrollado por Bieniawski en el Consejo Sudafricano de Investigación Científica e Industrial (CSRI) en 1973, a partir de su experiencia en túneles poco profundos en rocas sedimentarias (Fernández, 2016).

Este sistema permite clasificar los macizos rocosos de manera ‘in situ’ mediante índices de calidad con parámetros de diseño, es usada en la construcción de túneles, taludes y cimentaciones.

El índice R.M.R. (Rock Mass Rating) se obtiene mediante los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión simple.
- RQD (Rock Quality Designation). Espaciado de discontinuidades.
- Otras condiciones de las discontinuidades como:
  - ✓ Abertura.
  - ✓ Rugosidad.
  - ✓ Alteración.
  - ✓ Continuidad o persistencia.
  - ✓ Relleno.
- Presencia de agua.
- Orientación de las discontinuidades.

Otra metodología considerada es el *RQD (Rock Quality Designation)*. Según Guevara (2020) es el índice de calidad de la roca dividido en cinco clases entre muy mala (< 25%) a muy buena (> 90%), el cual es un cálculo en función al número de fisuras mayores a 10 cm que existen por metro cúbico ( $J_v$ ), siendo determinadas en campo al momento de ejecutar un levantamiento litológico- estructural.

Suárez (s.f.) propone el método de la regleta para determinar RQD, que consiste en colocar una regla de 2.0 m de longitud en varias direcciones y obtener las medidas de las discontinuidades.

*SMR (Slope Mass Rating)* el SMR es una adaptación del RMR de Bieniawski para su aplicación a taludes rocosos, este sistema fue propuesto por Romana en 1985. El cual se obtiene a partir del RMR básico sumando cuatro factores de corrección en función de la orientación de las juntas y un factor de excavación.

*GSI (Geological Strength Index) propuesto por Hoek y Brown (1980)* Según Suárez (s.f.) el GSI es un sistema para la estimación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a partir de observaciones geológicas de campo. Las observaciones se basan en la apariencia del macizo a nivel de estructura y a nivel de condición de la superficie. A nivel de estructura se tiene en cuenta el nivel de alteración que sufren las rocas, la unión que existe entre ellas, que viene dada por las formas y aristas que presentan, así como de su cohesión. Para las condiciones de la superficie, se tiene en cuenta si ésta está alterada, si ha sufrido erosión o qué tipo de textura presenta, y el tipo de recubrimiento existente.

#### **4.3.3. Factor de seguridad**

De acuerdo a la Universidad Politécnica de Cataluña (s.f.) se define el factor de seguridad (FS), como el valor que cuantifica la diferencia entre las condiciones reales que presenta el talud, y las condiciones que llevan a su rotura. El factor de seguridad es el coeficiente mínimo de todos los coeficientes de seguridad asociados a todas las superficies de deslizamiento posibles. En el cual existen metodologías como el de Equilibrio Límite:

Los métodos de equilibrio límite para el cálculo de estabilidad de taludes son los más utilizados en la práctica común, debido a su sencillez, y porque el valor del coeficiente de seguridad obtenido no dista demasiado del valor real. El método del equilibrio límite establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. De esta forma, se interpreta que la masa de terreno por encima de dicha línea se desplaza respecto la masa inferior, produciéndose, así, la rotura del terreno. En el momento de producirse la rotura, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento está movilizadora, y el terreno se encuentra, en su totalidad, en equilibrio estático.

Entre los métodos del equilibrio hay algunos que se pueden considerar como el de (Culman, 1875) para macizos rocosos y el de Braja M. Das (2013) para suelos. Mientras que otros se pueden determinar mediante Softwares como el de Fellenius, Bishop, Janbú, etc.

## **5. Metodología**

El método de estudio a emplearse es el método analítico y sintético, en este caso adquiriendo información geológica-geotécnica eminente, recopilando todos los datos in situ, para emplear técnicas analíticas que ayuden a reflejar la situación actual de la zona de estudio, con la toma de muestras geológicas, que permitirán conocer el tipo de materiales que componen el área y el análisis de los estudios geotécnicos que determinarán sus propiedades físico – mecánicas. Mientras que la síntesis puede llevar a generalizaciones que van contribuyendo paso a paso a la solución del problema de investigación.

El enfoque investigativo se considera mixto: Cuantitativo puesto que, brindará resultados numéricos que son objeto de análisis y cálculos; con la obtención de parámetros específicos, índices y datos los cuales serán objeto de análisis y comparación. Cualitativo con la previa observación y descripción en campo de las características geológicas encontradas en la zona de estudio.

Considerando los datos con un tipo de investigación descriptiva, correlacional, aplicando una modalidad básica bibliográfica – documental y de campo, con un diseño investigativo de estudio transversal, los mismos que serán empleados de acuerdo al avance y desarrollo del proyecto, destinado a una población que abarca las características geológicas geotécnicas generales en la zona estudio, donde la muestra se considera la vía afectada por la inestabilidad del terreno.

### **5.1. Área de estudio**

El proyecto de investigación se desarrolló en La vía Portete-La Chuva, la cual está ubicada entre la parroquia urbana Piñas y la parroquia rural San Roque, en el cantón Piñas, al sur del país en las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes, en la parte alta de la provincia de El Oro. Con una población urbana de 17,401 habitantes, y 1,884 habitantes en la periferia. Sus límites son los siguientes: Norte, cantón Atahualpa; sur, con las parroquias Capiro y San Roque; este, cantón Portovelo; y oeste, parroquia Moromoro. (GAD Municipal de Piñas, 2015, p.40)

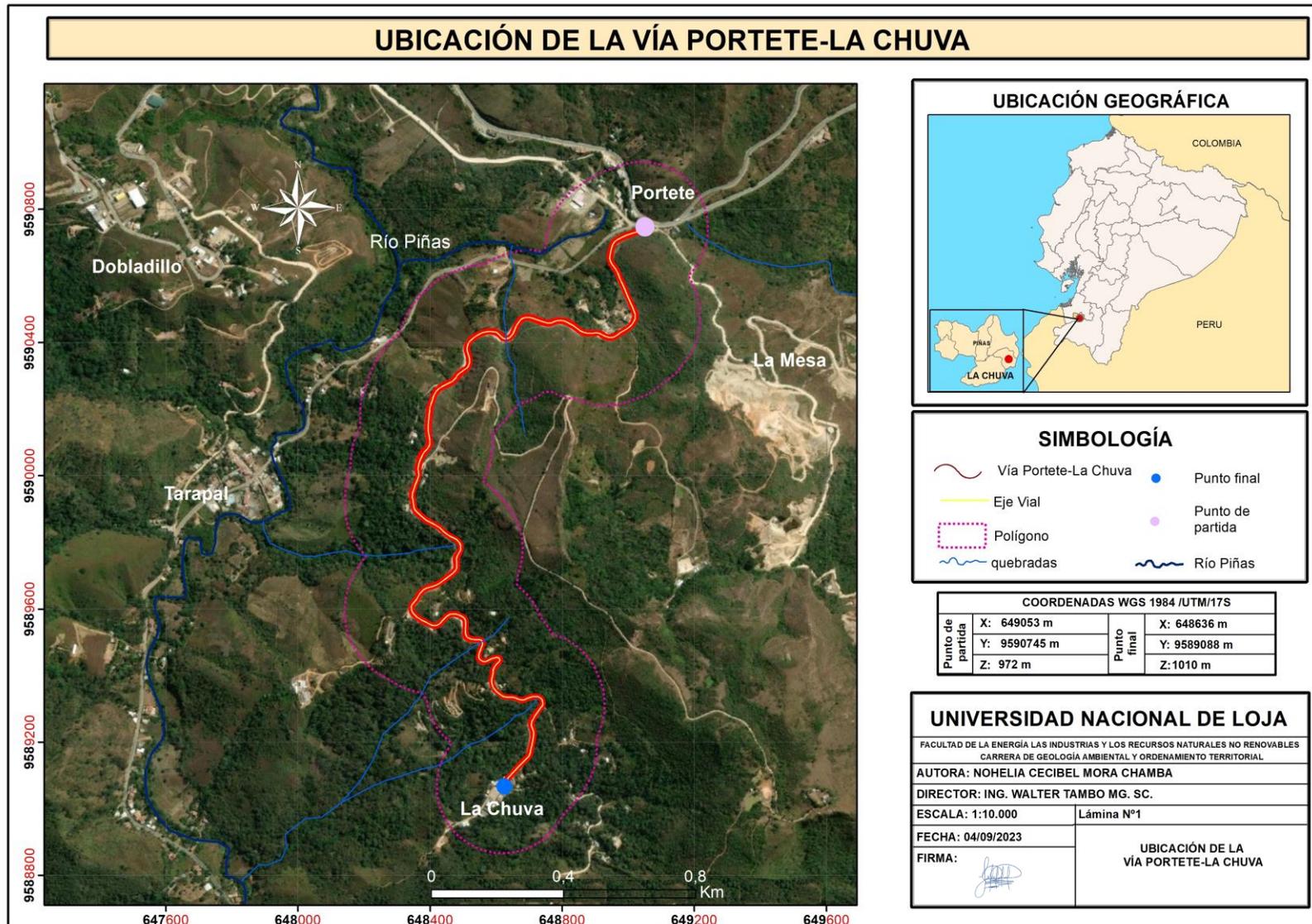


Figura 1. Ubicación de la vía Portete-La Chuva.

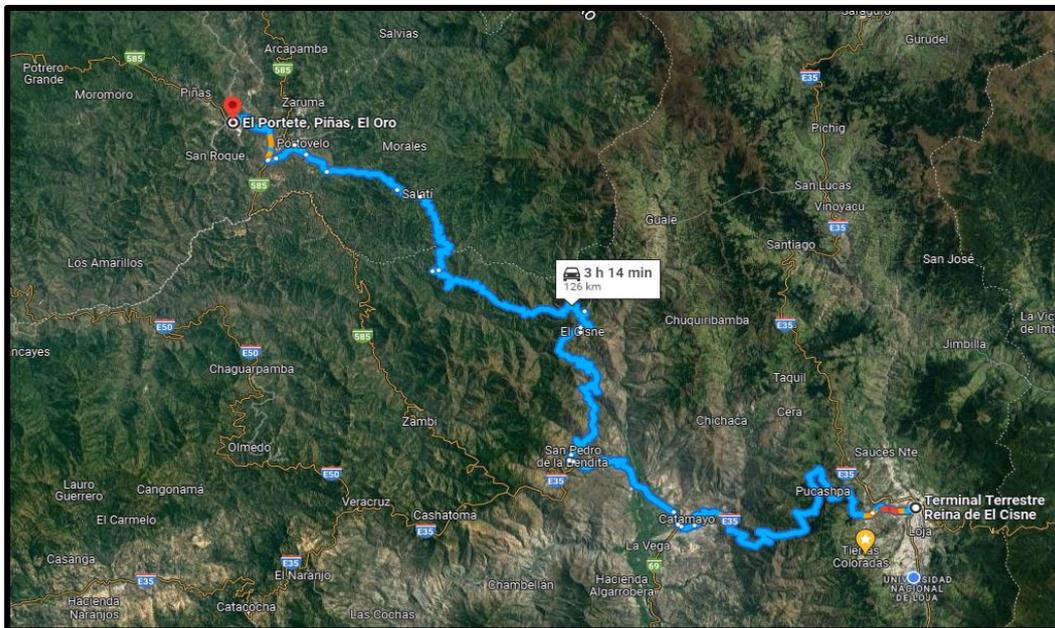
La zona de interés está comprendida entre la parroquia urbana Piñas y la parroquia rural San Roque, siendo objeto de estudio la vía de tercer orden que inicia en el sector Portete, que comunica los sitios de La Chuva, Guayabal y Piedra Blanca, la cual cuenta con una extensión de 3km lineales, una franja de 200 metros respecto al eje de la vía, teniendo así un área de aproximadamente 114 hectáreas. En la siguiente tabla, se detallan las coordenadas geográficas de ubicación (UTM WGS84, Zona 17 Sur):

**Tabla 1.** Coordenadas.

<b>COORDENADAS WGS 1984 /UTM/17S</b>			
<b>Punto de partida</b>	X: 649053 m	Y: 9590745 m	Z: 972 m
<b>Punto final</b>	X: 648636 m	Y: 9589088 m	Z: 1010 m

## 5.2. Acceso

Mediante vía terrestre, se toma como referencia la ciudad de Loja la cual se encuentra a una distancia 126 Km. Puede acceder a la zona a través de la vía de acceso de primer orden mediante la carretera Panamericana, siguiendo la ruta por la E50 donde se llega a San Pedro-El Cisne, desde la vía El Cisne se toma el desvío Ambocas-Salatí-Portovelo, El Oro, desde Portovelo se toma la vía que dirige a la ciudad de Piñas avanzando 11.3 km y se llega al punto de inicio: El sector Portete.



**Figura 2.** Acceso a la vía Portete-La Chuva.  
**Nota.** Google Maps.

### **5.3. Descripción biofísica del área de estudio.**

#### **5.3.1. Información Climática**

Según el plan de ordenamiento territorial del cantón Piñas (2015), el clima de la provincia de El Oro es tropical en la mayor parte de su territorio y en este la temperatura promedio alcanza los 28 grados centígrados, aunque es una provincia muy diversa en su clima por tener territorios en distintos niveles de altura y climáticos. Uno de estos territorios es el cantón Piñas, que se encuentra en las estribaciones occidentales del sur del país. El análisis de clima del cantón es muy complejo ya que no existe información precisa sobre el área de estudio, en la provincia existen 8 estaciones meteorológicas y ninguna se encuentra por encima de los 1150 metros de altura.

La zona de estudio está conformada por la parroquia urbana Piñas y la rural San Roque; se identifica la presencia de pluviosidad en dos temporadas bien definidas, una de abundante agua (diciembre- abril prolongándose a mayo) con una media de 203,61 mm/año y una relativamente seca (junio a noviembre) en la que se registran precipitaciones promedio de 13,54 mm/año. (GAD Parroquial Rural de San Roque, 2015, p.17)

A partir de los datos antes expuestos, así como de la fisiografía de la zona y la cobertura vegetal, se evidencia que en la mayor parte del territorio el rango oscila entre los 1000-1100 mm/año. (GAD Parroquial Rural de San Roque, 2015, p.17)

La temperatura del aire es el elemento del clima al que se asigna mayor importancia como causa de las variaciones que experimenta el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos agrícolas. Dentro de los límites establecidos por los valores térmicos de crecimiento mínimo por defecto o por exceso. Por lo que es necesario conocer la disponibilidad (cantidad y duración) y el régimen térmico de una localidad, que con las disponibilidades hídricas (precipitación y humedad edáfica) permitirá cuantificar la aptitud climática regional. (GAD Municipal de Piñas, 2015, p.40)

La temperatura media anual de la Chuvia es aproximadamente de 22°C, con fluctuaciones pequeñas en los meses de diciembre a abril. La diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima es más notable en los meses de julio a noviembre. La temperatura máxima registrada en este período es de 31,3°C en el mes de agosto y de 15,9°C en el mes de julio. (GAD Parroquial Rural de San Roque, 2015, p.20)

### **5.3.2. Hidrografía**

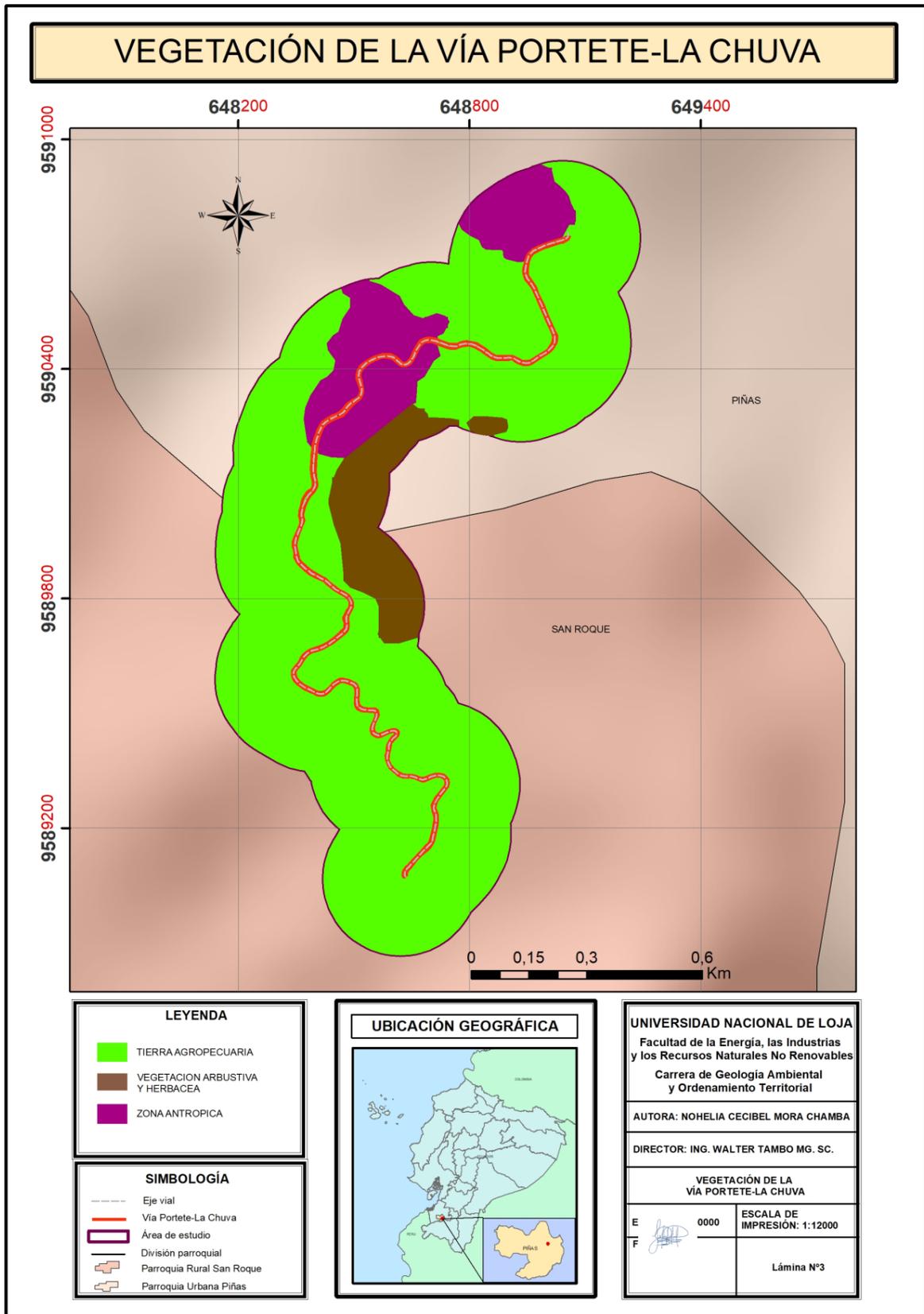
El área de drenaje de la zona en estudio pertenece a la cuenca del río Puyango, de la siguiente manera: En la zona de estudio se delimitaron siete microcuencas (quebrada Mochata, Fátima, La Sangui, La Lima, La Mesa, río Piñas y Drenajes menores) cuyas aguas alimentan a dos subcuencas estos son los ríos Moromoro y Luis. De los datos obtenidos se deduce que el río Piñas, es la microcuenca que mayor superficie abarca con 2608 has, representando el 57,33%, seguidamente se ubican los drenajes menores con un área de 763 has., es decir con el 16,77%, mientras que la quebrada Mochata con 574 has alcanza el 12,62%. (GAD Parroquial Rural de San Roque, 2015, p.17)

### **5.3.3. Uso del Suelo**

Según el III Censo Agropecuario, la mayor parte de la superficie del cantón son los pastos cultivados 69,00%; seguido de los montes y bosques 12,00%; cultivos permanentes 11,00% y apenas el 2% está ocupado por cultivos transitorios y barbecho, descanso y pastos naturales. Se puede analizar la producción agrícola en la parroquia Piñas donde sobresale el cultivo de pastos, mientras que, San Roque que se destaca por tener suelo misceláneo, es decir una variedad de cultivos. Además, en el sector La Chuva tenemos el aprovechamiento Forestal. (GAD Municipal de Piñas, 2015, p.200)

### **5.3.4. Vegetación**

Según el Ministerio del Ambiente (2018) la vegetación de la zona de investigación se caracteriza principalmente por Tierra agropecuaria ocupando un área de 93,814685 ha, lo que corresponde al 81,96% de la zona de estudio, la zona antrópica o área urbana abarca 12.61 ha con un 11.01% del lugar, la vegetación arbustiva y herbácea tiene 20,07 ha con 7,02% de la zona de interés.



**Figura 3.** Vegetación de la vía Portete-La Chuva

**Nota.** Ministerio del Ambiente (2018). Adaptado por la Autora (2023).

### 5.3.5. Geomorfología

La generación de unidades geomorfológicas consiste en la subdivisión del territorio de acuerdo a las formas del relieve, constituyéndose en una porción del paisaje parroquial, que pertenece a un mismo material superficial, así como a similares características de pendiente, desnivel relativo, forma de vertiente/cima y procesos de erosión. (GAD Parroquial Rural de San Roque, 2015, p.17)

De acuerdo SIG Tierras (2022), la zona de estudio se encuentra conformada por dos geoformas, que se describen a continuación:

- **Vertiente Rectilínea:**



**Figura 4.** Vertiente rectilínea.

Esta geoforma se sitúa repartida por toda la superficie del cantón Piñas. Se desarrolla sobre muchos de los contextos morfológicos del cantón.

Es característica de diferentes formaciones, se desarrolla fundamentalmente sobre la Serie Tahuin. Son laderas de perfil longitudinal predominantemente rectilíneo, presenta pendientes de medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos muy variables (de 25 a más de 300 metros) y longitudes de vertiente largas y muy largas (de 250 a más de 500 metros). (SIGTIERRAS, 2022)

- **Relieve volcánico montañoso**

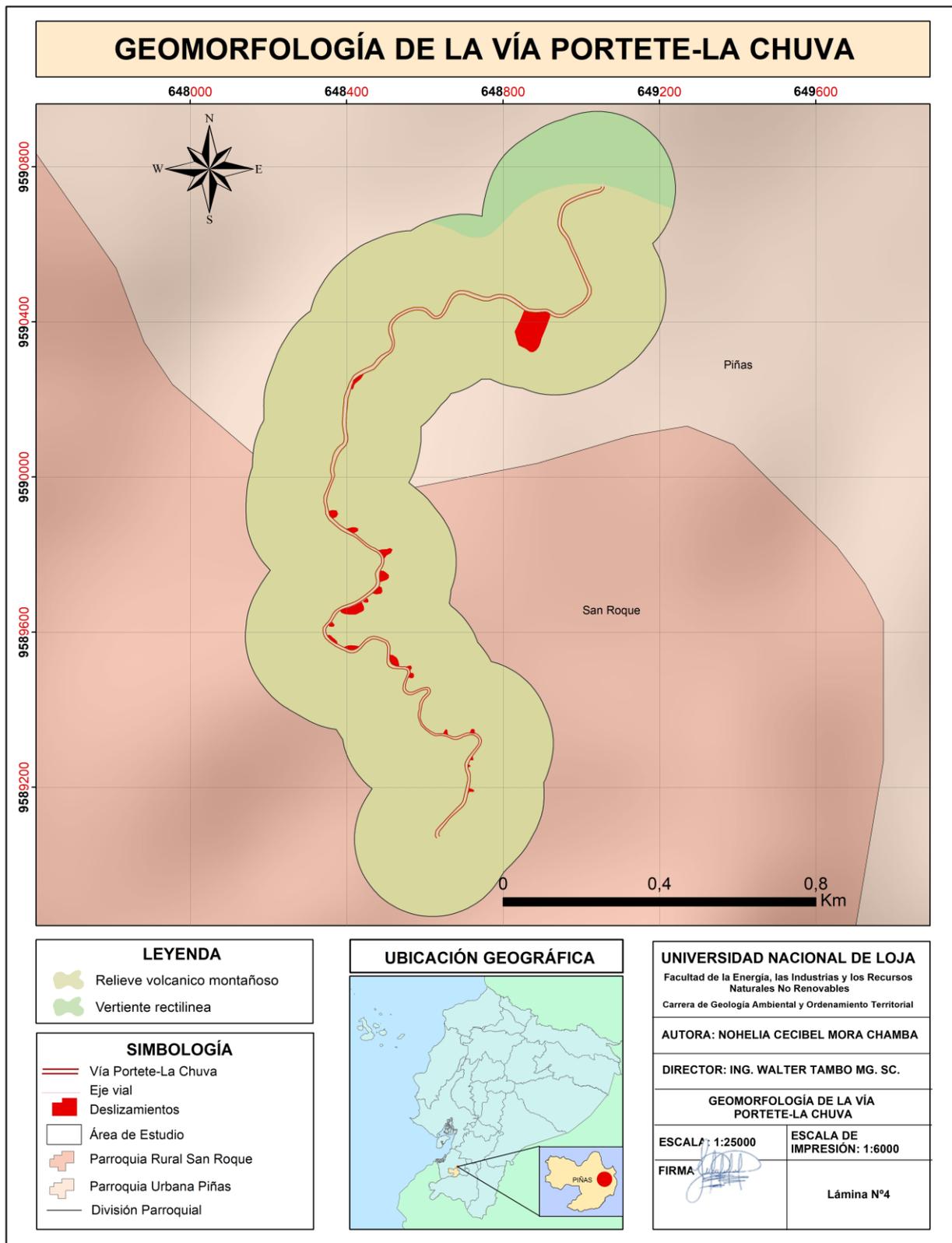


**Figura 5.** *Relieve volcánico montañoso.*

Presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%), desnivel relativo superior a 300 metros que caracteriza a la geoforma, longitud de vertiente muy larga (más de 500 metros) con formas mixtas, forma de valle en V y forma de cima redondeada. (SIGTIERRAS, 2022)

En el ámbito de la geomorfología, resulta importante considerar un análisis de los deslizamientos relevantes presentes en la zona de estudio. En este contexto, se han identificado un total de 20 deslizamientos de considerable magnitud en la zona. Las coordenadas geográficas de estos deslizamientos se encuentran detalladas en el anexo 8, mientras que información detallada acerca de cada uno de los deslizamientos puede hallarse en las fichas correspondientes, las cuales también están incluidas en el anexo 10.

Para un entendimiento más completo de la configuración geomorfológica de la zona, se presenta el mapa geomorfológico que proporciona una representación visual de las características del terreno. Este mapa, junto con las coordenadas y fichas de los deslizamientos, contribuirá significativamente a un análisis integral de los procesos geomorfológicos y su impacto en el área en cuestión.



**Figura 6.** Geomorfología de la vía Portete-La Chuva.  
**Nota.** SIG TIERRAS (2022), Adaptado por la autora (2023)

### 5.3.6. Pendientes

Para la realización del mapa de pendientes se utilizó las Curvas de Nivel y el polígono de la zona de estudio, para procesarlas con las herramientas de ArcGIS 10.4.1, creando modelos de elevación digital, para luego clasificar y representar las pendientes encontradas en el área de estudio.

Para clasificar las pendientes se utilizó la clasificación dada por Demek en 1972, la cual considera 5 clases:

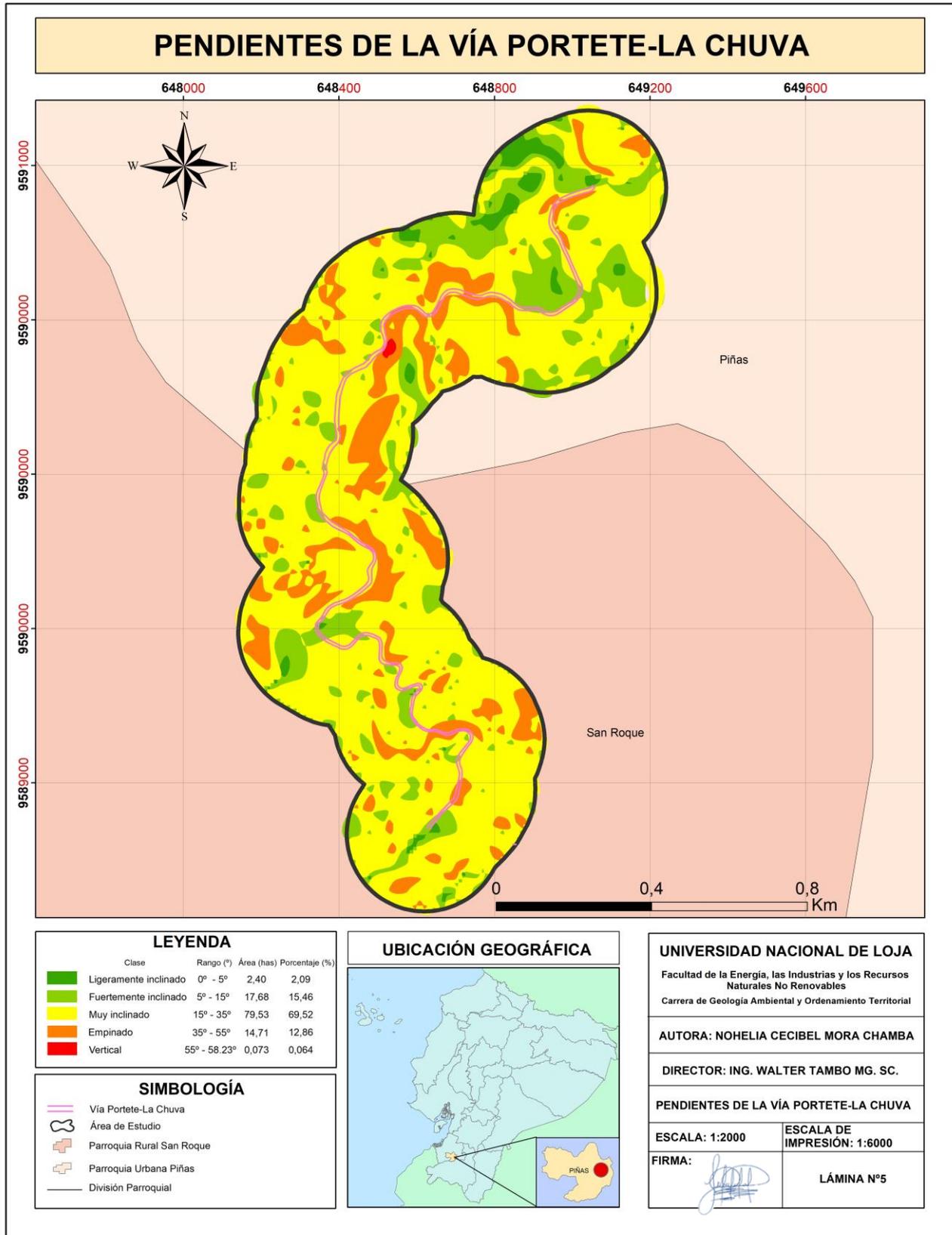
- Ligeramente inclinado
- Fuertemente inclinado
- Muy inclinado
- Empinado
- Vertical

**Tabla 2.** Rango de pendientes en el área de estudio.

	NOMBRE	RANGO	AREA (has)	AREA (%)
	Ligeramente inclinado	0°-5°	2.40	2,09
	Fuertemente inclinado	5°-15°	17.68	15,46
	Muy inclinado	15°-35°	79.53	69,52
	Empinado	35°-55°	14.71	12,85
	Vertical	>55°	0.073	0,06

**Nota.** Demek (1972). Elaborado por la autora (2023)

Las pendientes se distribuyen de manera generalizada en toda la zona de estudio, con la excepción de las pendientes verticales, que se encuentran concentradas exclusivamente en el extremo Noreste de la misma. Se observa una predominancia de pendientes muy inclinadas, que abarcan un área de 79.53 has, representando un porcentaje del 69.52% del total. La clase de pendientes fuertemente inclinadas le sigue en términos de proporción, con un 15.46%, correspondiendo a un área de 17.68 has, principalmente ubicada al norte de la zona de estudio. Las pendientes empinadas también son notables, ocupando un 12.85% de la superficie total con 14.71 has. En menor medida, encontramos las pendientes ligeramente inclinadas, que abarcan 2.40 has, representando el 2.09% del área total. Por último, las pendientes verticales son escasas, ocupando solo un área de 0.073 has, lo que equivale al 0.06% del terreno disponible.



**Figura 7.** Pendientes de la vía Portete-La Chuva.

### 5.3.7. *Geología regional*

La formación geológica dominante en el cantón Piñas, corresponde al granito gnéisico per-alumínico del período triásico, abarcando una extensión de 19365,08 ha, correspondiente al 31,65% de la superficie cantonal, este tipo de formación se localiza de forma transversal en centro del cantón, en las parroquias de La Bocana, Saracay, Moromoro, Piñas y San Roque. (GAD Municipal de Piñas, 2015, p.64)

También presentan extensiones considerables las lavas andesíticas, a riolíticas, piroclastos del período Oligoceno, con una superficie de 12603,49 ha (20,48% del área total) ubicados en la parte noreste del cantón, específicamente en la Parroquia Piñas y parte de Moromoro; y la presencia de esquistos verdes, negros, azules y eclogitas del periodo Jurásico, ocupando una extensión de 9442,61 ha (13,34%) en la parte noroccidental del cantón, pasando por las parroquias Piedras y Saracay. (GAD Municipal de Piñas, 2015, p.64). Dentro del área de estudio tenemos las siguientes unidades predominantes:

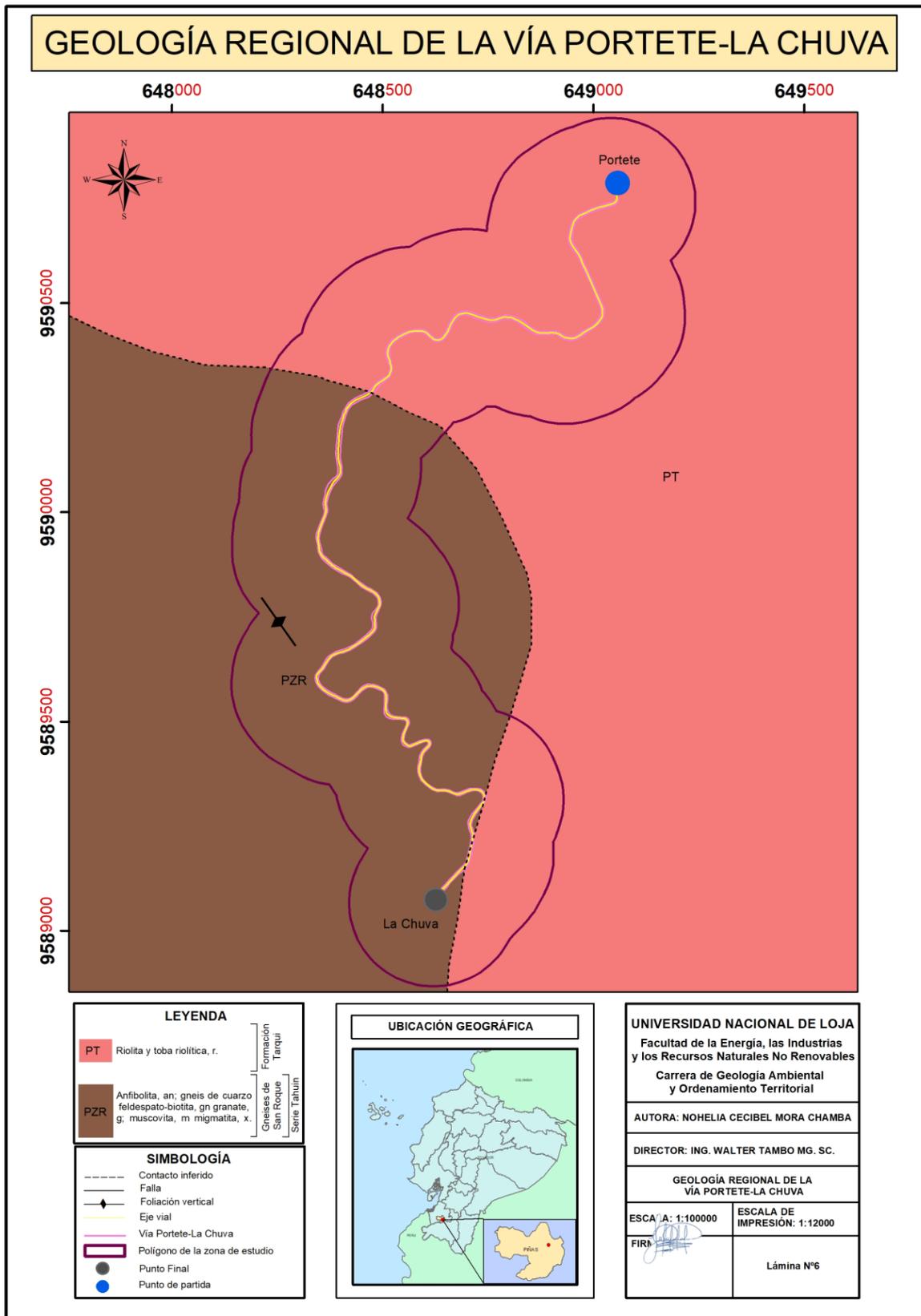
**Formación Tarqui (Pleistoceno):** Consiste principalmente de tobas riolíticas las cuales dominan la secuencia, y de lava riolítica en menor proporción. Al afloramiento del oeste de Portovelo se le conocía antes como Tobas del Cerro Chuva, pero se ha comprobado que corresponde a la Formación Tarqui. Se observa localmente caolín como producto de alteración de las mismas.

**Serie Tahuin:** (Precámbrico? -Paleozoico Inferior). Aflora al Norte del Río Puyango y al S-SE de Zaruma. Están separadas de la Formación Celica por la falla regional de Portovelo. Muestra un incremento en el grado de metamorfismo de Sur a Norte. En base a esto se le ha dividido en dos unidades que son conocidas como los Gneises de San Roque y los Esquistos de Capiro.

**Gneises de San Roque** (Precámbrico? (-Paleozoico Inferior)). Nombre tomado del pueblo de San Roque, 7 Km al Suroeste de Zaruma. Consisten principalmente de gneises de grano fino que pasan paulatinamente a gneises de grano medio a grueso con desarrollo local de migmatitas como se observa en la Bocana. Dentro de los Gneises de San Roque también se encuentra granito metasomático. Incluye además cuarcitas y esquistos de cuarzo, feldespato y biotita. Cerca de Piñas se notaron gneises de grano grueso, compuesto de cuarzo, biotita, muscovita y granate, con mineralización de sulfuros. Buenos afloramientos se observan en la carretera que va desde Balsas a Moromoro, igualmente en el Río Calera hasta la confluencia con el Río Pardo. Al Sur de Portovelo se observan dentro de los Gneises de San Roque afloramientos de anfibolita de grano

medio que ha dado una edad de 732+/-14 millones de años (Snelling, 1970), por la cual se considera a la Serie Tahuin en parte precámbrica.

**Esquistos de Capiro** (Paleozoico Inferior). Nombre tomado del pueblo de Capiro, situado a unos 12 Kms. al Suroeste de Zaruma. Constan de diferentes unidades litológicas, y desde rocas casi no metamorfizadas hasta rocas de bajo grado metamórfico a medio. En la parte central hacia el Oeste, por el área del Río Puyango, se encuentran rocas ligeramente metamorfizadas compuestas por limolitas y lutitas de color gris oscuro a negro, intercaladas con areniscas fino-granulares hasta conglomeráticas de color medio a claro. La textura sedimentaria de estas rocas está bien preservada. En la zona de Balsas afloran rocas metamórficas que incluyen pizarras, cuarcitas, filitas y esquistos que son los que predominan dentro de esta serie. Es característico de los Esquistos Capiro su grano fino y la prominencia de muscovita y sericita, notándose en ciertos lugares que estas rocas se hacen bien silíceas.



**Figura 8.** Geología Regional de la vía Portete-La Chuva.  
**Nota.** Adaptado de Carta geológica del cantón Zaruma, 1980.

## **5.4. Materiales**

### **5.4.1. *Materiales de campo***

#### **5.4.1.1. Topografía.**

- Dron Marca Mavic 2 Pro equipado con cámara Hasselblad y sensor CMOS de 20 MP 1" pulgada.
- Estación RTK marca KQ GEO M8 con precisión H: 8mm y V:15mm.
- Resistivímetro marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000.

#### **5.4.1.2. Geología.**

- Brújula (Brunton).
- Martillo de Geólogo.
- GPS de precisión Garmin.
- Cinta métrica.
- Libreta de campo.
- Fichas de campo.
- Lápiz, marcador permanente.
- Fundas transparentes (Ziploc).
- Cámara Fotográfica.
- Ácido Clorhídrico al 10%.

### **5.4.2. *Materiales de laboratorio.***

- Prensa para ensayos de compresión simple.
- Microscopio petrográfico.

### **5.4.3. *Equipos de oficina.***

- Carta topográfica del cantón Zaruma a escala 1:50.000 CT-NVI-E2, de 1985.
- Carta geológica del cantón Zaruma a escala 1:100.000 CT-NVI-E, de 1980.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Piñas (PDOT) 2019.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de El Oro (PDOT) 2021.
- Computadora portátil (Laptop).
- Interpretación de los resultados de los ensayos.

#### 5.4.4. *Geoprocesamiento.*

- Microsoft Office 2013.
- Software AutoCAD 2018.
- Software RocPlane 2.024
- Software Slide 6.0.
- Software IPI2Win.
- Software ArcGIS 10.4.1.

#### 5.5. **Procedimiento**

##### • **Recopilación de información preliminar**

Previo a la fase de campo se realizó la recopilación bibliográfica primaria y secundaria preexistente de la zona de estudio. Información geológica y topográfica (mapas, archivos, shapefiles y documentos confiables) tomados del Geoportal IGM.

##### • **Fase de campo**

Se procedió al reconocimiento de la zona en campo, se realizó la topografía del área de estudio, descripción de afloramientos y SEVS (Sondeos Eléctricos Verticales) para la base geológica. La caracterización geotécnica se la realizó a partir de ensayos, partiendo de la toma de muestras para los Ensayos de Compresión Simple, se empleó varios métodos, siendo el más importante el Método de Bieniawski para determinar las propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso y el Método de Equilibrio Límite para calcular el factor de seguridad.

##### • **Fase de laboratorio**

En esta etapa se procede con la realización de los ensayos de laboratorio a las muestras extraídas en campo, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso encontrado en la zona.

##### • **Fase de oficina**

Se realizó un análisis con el uso de los Softwares especificados, para procesar la información obtenida en campo y laboratorio. Se diseñó el mapa topográfico y geológico, el estudio de los datos para determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales y el cálculo del factor de seguridad.

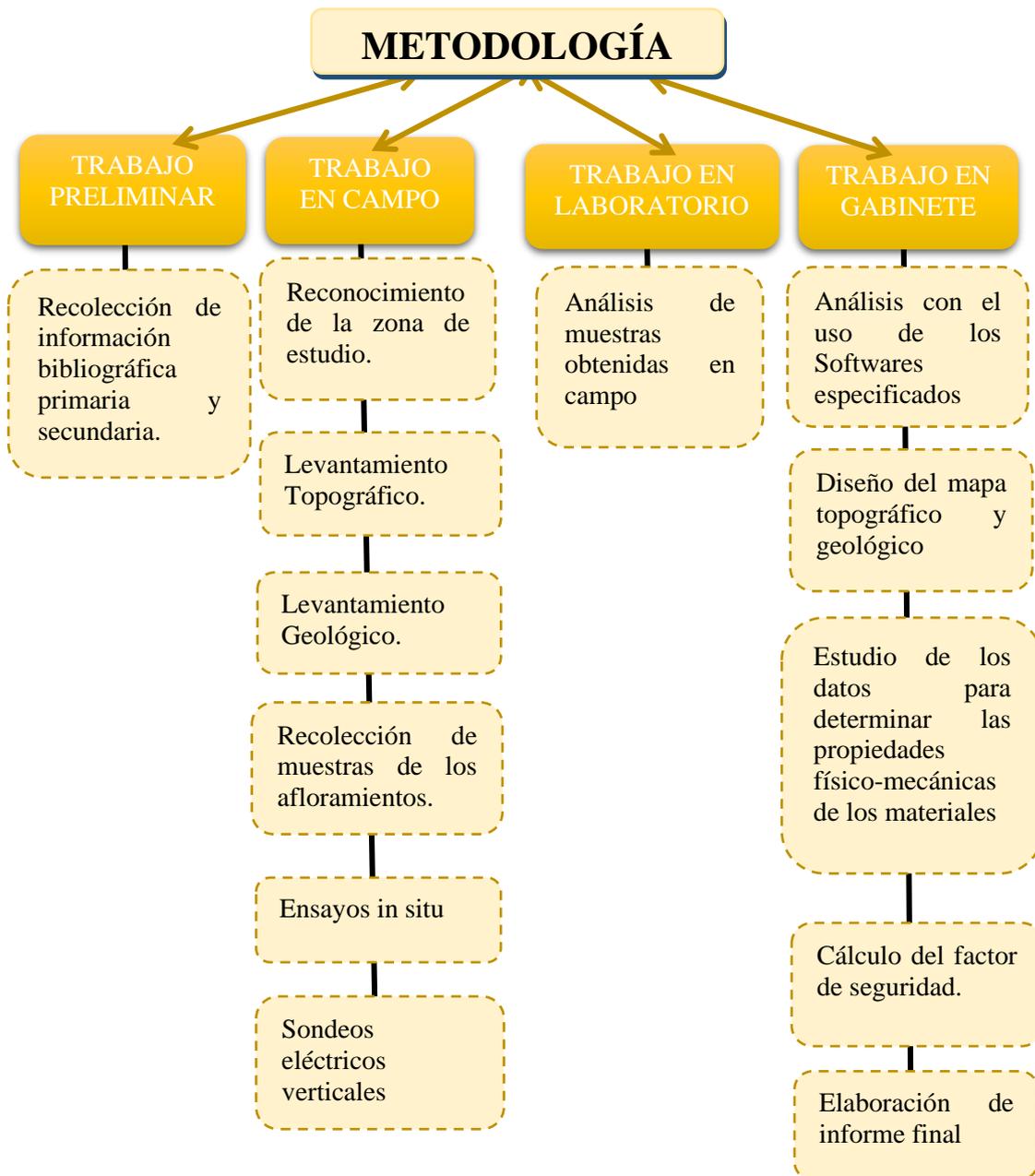
*Elaboración de informe final:* En esta etapa, se procede con la recopilación de toda la información previa, con la finalidad de presentar un informe final, que contenga la descripción de la zona de estudio, toda la descripción geológica y geotécnica de las

muestras recuperadas en campo, los análisis de los resultados obtenidos, las conclusiones y las recomendaciones finales del estudio ejecutado.

La presente investigación tiene por objeto realizar una propuesta metodológica para caracterizar de manera geológica y geotécnica la vía Portete-La Chuva.

Los mapas que se presentan en el proyecto de investigación son ilustrativos, si se requiere los mapas topográfico, geológico y corte geológico a escala real, ver anexo 28, 29 y 30 respectivamente.

Para ello se realizará la metodología que permitirá la elaboración de un flujograma donde explica cada una de las actividades realizadas a continuación:



**Figura 9.** Flujograma de la metodología empleada.

## 5.6. Primer objetivo

*“Construir el mapa geológico del tramo de la vía Portete-La Chuva considerando un margen de 400 metros con respecto al eje vial.”*

En esta etapa se realizó la investigación bibliográfica acerca de la zona de estudio, tomando como referencia la carta geológica de Zaruma a escala 1:100.000 CT-NVI-E hoja 38, que cuenta con información de las principales estructuras geológicas y litologías presentes en el cantón Piñas, provincia de El Oro y la carta topográfica de Zaruma escala 1:50.000 CT-NVI-E2.

### 5.6.1. Levantamiento topográfico

- **Colocación de puntos de control:**

Se procedió a colocar 4 puntos de control distribuidos a lo largo del tramo vial; los puntos se registraron con una precisión horizontal mínima de 0.60 metros y una precisión vertical mínima de 0.60 metros; valores establecidos en las especificaciones técnicas para ortofotos a una escala 1:2000, elaborado por el IGM en el año 2008.

- **Planificación de vuelo:**

Previo al vuelo, se realizó una planificación del mismo, el cual se lo realizó con el programa Drondeploy en donde se seleccionaron los siguientes parámetros:

- Se obtuvieron 256 fotos
- Dibujo del polígono de levantamiento
- Altura máxima de vuelo: 200 m
- Tamaño de pixel: 4.5 cm; el tamaño mínimo de pixel para una escala 1:2000 es 0.20 metros, según las especificaciones técnicas para ortofotos elaborado por el IGM en el año 2008.
- Velocidad de vuelo: 15 m/s
- Tiempo de vuelo: 31 minutos
- Número de vuelos: 2

Se realizó una simulación de vuelo para comprobar que todos los parámetros estén correctamente colocados.

- **Ejecución del vuelo:**

Previo al vuelo, se procedió a la colocación de Land-Mark (marcas de suelo) en los 4 puntos de control previamente medidos, los tamaños de las marcas de tierra fueron de 1 m<sup>2</sup>.

Posterior a la colocación de las marcas de suelo se procedió a armar el dron y a verificar que la planificación de vuelo este correcta y corroborar que la zona de despegue y aterrizaje esté libre de obstáculos.

- **Fase de gabinete:**

En esta fase se usó el programa Agisoft Metashape 1.8.1 en donde se realizaron los siguientes procedimientos:

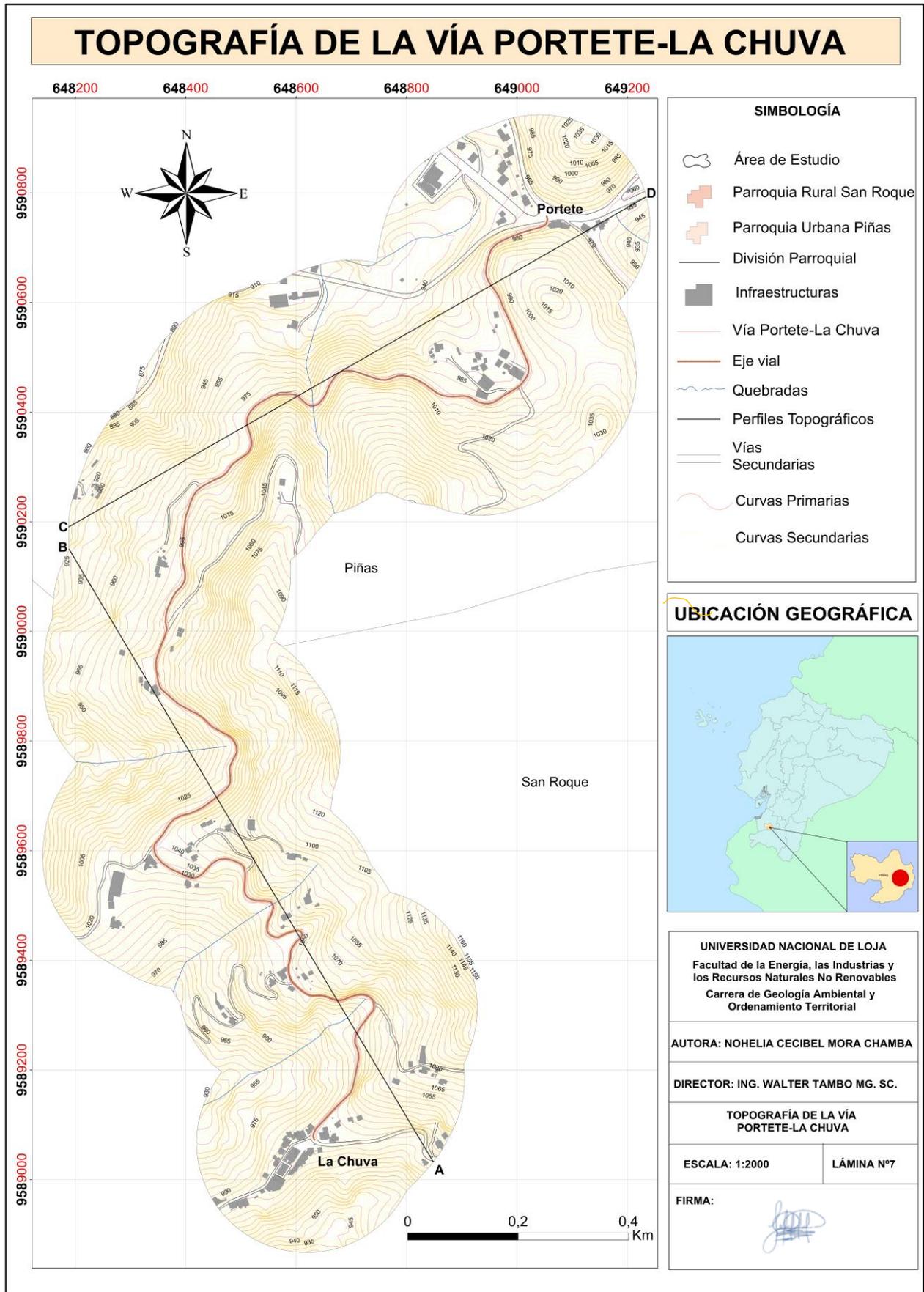
- Descarga de las 256 fotografías áreas del dron con su correspondiente archivo de posicionamiento georreferencial y altitudinal.
- Generación de orientación de las fotos.
- Importación de los puntos de control.
- Emparejamiento de los puntos de control en las imágenes procesadas.
- Generación de nube de puntos densa.
- Clasificación supervisada del terreno y depuración de elementos que no son suelo.
- Generación del modelo digital de terreno.
- Generación de curvas de nivel cada metro.
- Generación de ortofoto.

***Proceso:***

Previo al vuelo, se realizó una planificación del mismo, el cual se lo realizó con el programa Drondeploy.

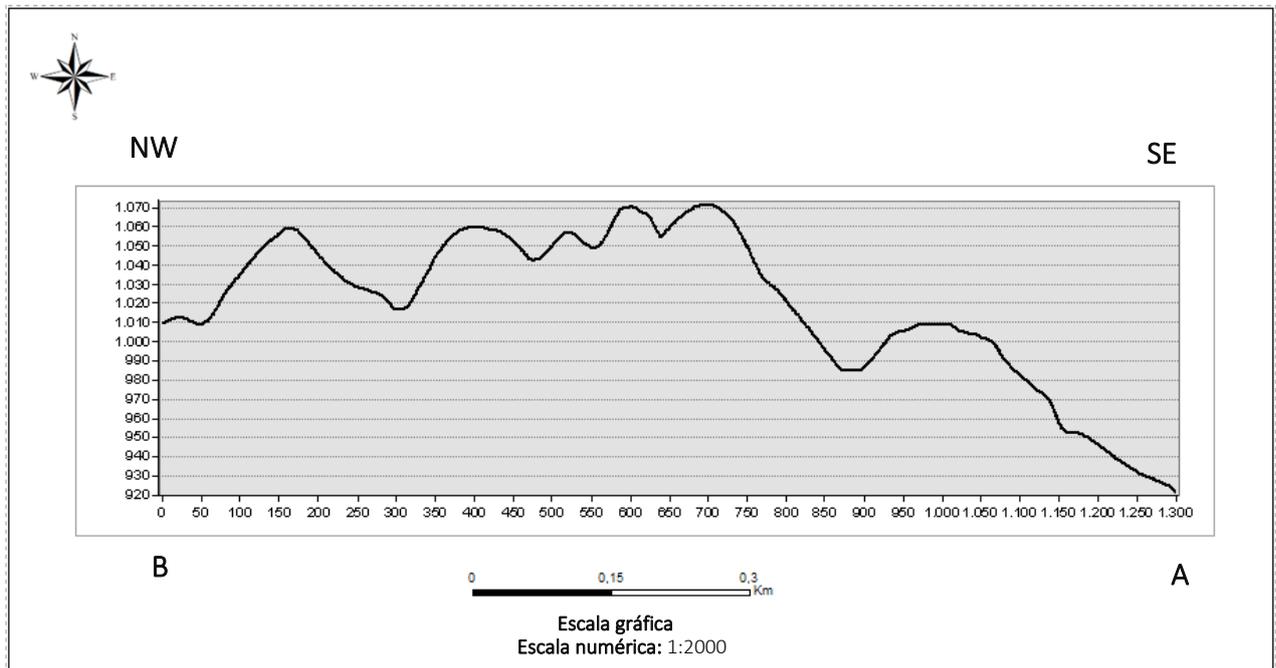
Con la información generada; en el Software ArcGis 10.4.1. se realizó el mapa topográfico a escala 1:2000, en el cual las curvas principales están cada 5 metros y las secundarias cada 1 metro, en el Datum de referencia usado en la república de Ecuador UTM WGS 84, Zona 17 Sur.

En la zona de estudio se presentan cotas de elevación que van desde los 830 m.s.n.m hasta los 1214 m.s.n.m.



**Figura 10.** Topografía de la vía Portete-La Chuva.

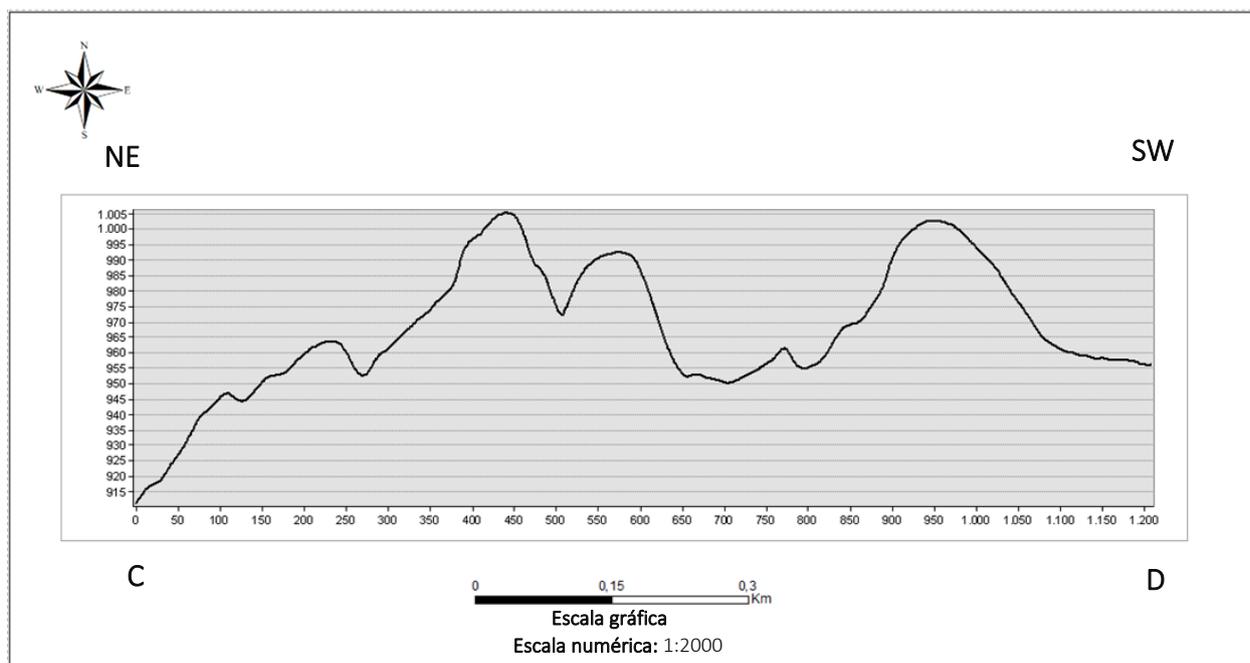
A partir del mapa topográfico se trazaron 2 cortes topográficos transversales en área de estudio, dichos resultados se describen a continuación:



**Figura 11.** Perfil topográfico B-A.

Se ha llevado a cabo un perfil topográfico B-A, cuya orientación se extiende en dirección noroeste (NW) a sureste (SE), abarcando una longitud total de 1300 metros. En este análisis, se ha identificado que después de los primeros 50 metros, la altitud se eleva hasta alcanzar los 1059 metros. A partir de este punto, se inicia un descenso gradual en la altitud hasta llegar a los 1017 metros. Este patrón de variación altitudinal se repite a lo largo del perfil, donde las alturas experimentan ciclos ascendentes y descendentes.

El rango altitudinal cubierto en este perfil es significativo, abarcando desde una altitud máxima de 1072 metros hasta una altitud mínima de 920 metros. Como resultado de estas fluctuaciones altitudinales, se registra una diferencia total de altitud de 152 metros a lo largo del tramo de estudio.



**Figura 12** . Perfil topográfico C-D.

Se ha efectuado un análisis del perfil topográfico C-D, el cual se extiende en una dirección noreste (NE) a suroeste (SW), abarcando una longitud total de 1200 metros. En este perfil, se ha observado un inicio desde la altitud mínima de 912 metros, seguido por un ascenso hasta alcanzar una altitud máxima de 1005 metros. Esta pauta de fluctuación altitudinal se repite a lo largo del perfil, caracterizada por ciclos recurrentes de incrementos y descensos en las alturas.

Considerando las altitudes más altas y las más bajas presentes en este perfil, se obtuvo una diferencia altitudinal de 103 metros.

### **5.6.2. Geología local**

Como insumo se usó la carta geológica de Zaruma a escala 1:100.000 CT-NVI-E hoja 38, de 1980, la cual permitió de manera general conocer la litología del sector de estudio.

Se realizó el reconocimiento del área con la finalidad de registrar los afloramientos existentes para su posterior descripción e identificación de estructuras y litología presentes.

La descripción de los afloramientos se llevó a cabo usando una ficha de levantamiento en campo que se muestra en el Anexo 1.

Se procedió a realizar la descripción de afloramientos y la identificación de la litología que luego se comparó con los datos de la carta geológica.

Para la descripción de la geología local encontrada en la zona de estudio se lo ha realizado mediante la descripción de los afloramientos encontrados en la misma. Se describió un total de 63 afloramientos encontrados en la vía y en la faja de estudio, mediante la utilización de fichas de campo, los mismos que son de origen antrópico, producto de la apertura de la vía. Para determinar zonas litoestructurales se recolectaron muestras representativas in situ; que fueron codificadas y referenciadas para identificar al tipo de material que corresponda. Las muestras fueron transportadas en fundas ziploc, con el fin de que guarden sus características propias; se realizó un análisis macroscópico en el laboratorio de Petrografía de la Facultad De La Energía, Las Industrias Y Los Recursos Naturales No Renovables en la Universidad Nacional de Loja.

En el anexo 2 se muestran las coordenadas, en el anexo 3 el mapa en el cual se representan los afloramientos, y en el anexo 4 las fichas de levantamiento de afloramientos considerados para la descripción geológica.

Con ayuda del mapa base topográfico con sistema geodésico WGS 84 / UTM/17S, y los datos levantados se diseñó el mapa geológico a escala 1:2000, especificando cada litología con datos e información previamente tomados en campo.

Para representar la geología se utilizó el software ArcGIS 10.4.1, ubicando los datos de los afloramientos tomados en el campo, con lo cual se logró la digitalización y generación de shapefiles correspondientes a puntos y polígonos; para obtener como resultado la Geología de la zona de estudio a escala 1:2000, con sistema de referencia WGS 84 / UTM/17S. Considerando como base para la elaboración del mapa el manual de levantamiento geológico de Echeveste (2018) “Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos”.

Con la ortofoto obtenida, la misma que se visualiza en el anexo 5, se realizó la fotointerpretación para la identificación de estructuras presentes en la zona de estudio que no son visibles a simple vista, y para corroborar las litologías.

Se consideró:

- Red de drenaje: Se refiere a los patrones por donde se escurre el agua escurriente o el medio por donde el agua contenida en una zona fluye de acuerdo con cursos fluviales e infiltraciones de terreno. En el anexo 6 se puede visualizar el mapa con la red de drenaje.
- Vegetación: Se tomó la información del Ministerio del Ambiente (2018) acerca de la vegetación de la zona de investigación, la misma que se caracteriza principalmente por Tierra agropecuaria, la zona antrópica o área urbana, la vegetación arbustiva y herbácea. Ver mapa de vegetación en anexo 22.
- Tonalidades: Es indispensable conocer los factores que tienen influencia sobre estos tonos. En la mayoría de los análisis de fotografías aéreas, la tonalidad es importante para el diagnóstico de litología y rasgos estructurales de una región (Gutiérrez, 2005).
- Texturas: La textura representa la frecuencia de cambio de tonalidad de la foto. El tamaño de los objetos identificables determina la textura.

Las tonalidades y texturas se pueden visualizar en la ortofoto que se presenta en el anexo 5.

Con esta información se determinó y se relacionó la litología presente en la zona.

Además, se realizó un inventario de deslizamientos del área de estudio, describiendo los más representativos. En el anexo 7 se ubica la ficha de levantamiento de deslizamientos, en el anexo 8 se muestran las coordenadas, en el anexo 9 el mapa en el cual se representan los deslizamientos considerados para la descripción geológica, y en el anexo 10 las fichas con los datos levantados en campo.

Con los Sondeos Eléctricos Verticales se realizó un análisis de los materiales de la zona, y así se corroboró la litología.

### 5.6.3. Resistividad eléctrica

Se estableció la resistividad eléctrica del terreno aplicando sondeos eléctricos verticales (SEVS) que permitieron determinar el espesor y profundidad de los materiales.

La prospección geofísica con el método de resistividad eléctrica se realizó mediante sondeos eléctricos verticales (SEVs). Para determinar la resistividad de los materiales, se realizaron 4 sondeos, en la Tabla 3 se indica la abertura AB/2 para cada SEV realizado.

En el estudio de resistividad eléctrica, se utilizó el resistivímetro marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000, utiliza un voltaje máximo de salida a los electrodos de corriente igual a 400 voltios (con selección de tres rangos automáticos de medida  $\pm 250$  mV,  $\pm 10$ V y  $\pm 400$  V).

La amplitud de corriente es fijada automáticamente por el instrumento, o por control manual para facilitar la adaptación a las condiciones reales de los estudios, con un rango de amperaje entre 1 mA a 1000 mA, suficiente para una separación de electrodos de corriente AB de hasta 1000.0 m. bajo buenas condiciones de medida.

El equipo SAS 4000 responde a las medidas creadas por el transmisor de corriente en el momento de su acción, mientras rechaza las existentes por campos DC (SP), VOLTAJE Y RUIDO; la relación V/I que consta en las hojas de cálculo de cada sondeo eléctrico vertical (SEV), se calcula automáticamente y visualiza en la pantalla digitalmente en kiloohmios, ohmios o miliohmios.

**Tabla 3.** Coordenadas UTM de los sondeos realizados.

SEV	ESTE (X)	NORTE (Y)	LONGITUD AB/2
1	648589 m	9589394 m	70 m
2	648396 m	9589657 m	70 m
3	648579 m	9590424 m	70 m
4	648913 m	9590421 m	70 m

Para visualizar la ubicación de los SEVS ver anexo 26.

- **Trabajo de Campo.**

Se realizaron 4 sondeos eléctricos verticales para lo cual se trasladó el personal y el equipo necesarios desde la ciudad de Loja hasta la zona de estudio. Los valores obtenidos en campo se encuentran en el anexo 11.



**Figura 13.** Equipo de trabajo.

- **Trabajo de gabinete**

En la primera etapa, se realizó una interpretación cuantitativa y cualitativa de las curvas de los sondeos eléctricos verticales, la misma que consistió en una comparación manual de las curvas obtenidas en el campo con las curvas teóricas establecidas en los libros de Resistividad Eléctrica, escritos por los por los autores Orellana - Mooney y Pilaeb A. M.

Por otro lado, se utilizó el interpretador automático IPI2win, posteriormente se establecieron los espesores de las capas y las resistividades verdaderas correspondientes a cada una de ellas. En el anexo 12 se presentan las curvas de resistividades.

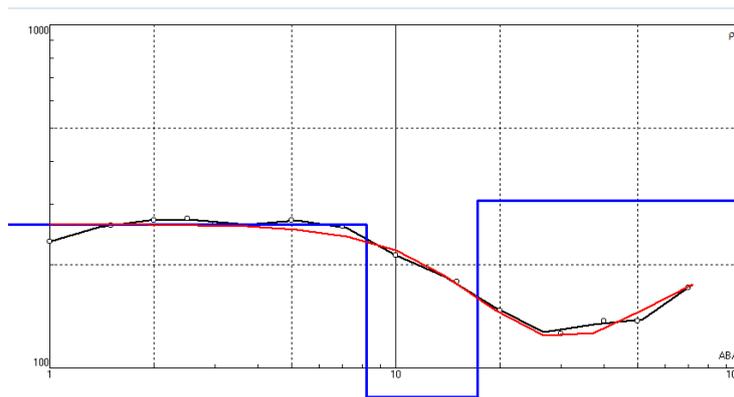
A continuación, se muestra los resultados obtenidos de los Sondeos Eléctricos Verticales:

**Tabla 4.** SEV 1.

N.º SEV	Resistividad $\Omega m$	Espesor (m)	Correspondencia del material	Color
1	262	8.24	Esquistos micáceos meteorizados	
	47.7	9	Esquistos meteorizados húmedos	
	307	?	Los valores captados con el ensayo se encuentran dentro del rango de Esquistos sanos, correspondientes a la Unidad Esquistos de Capiro, serie Tahuin.	

De acuerdo a las curvas teóricas se define el siguiente tipo de curva:

- SEV 1: H



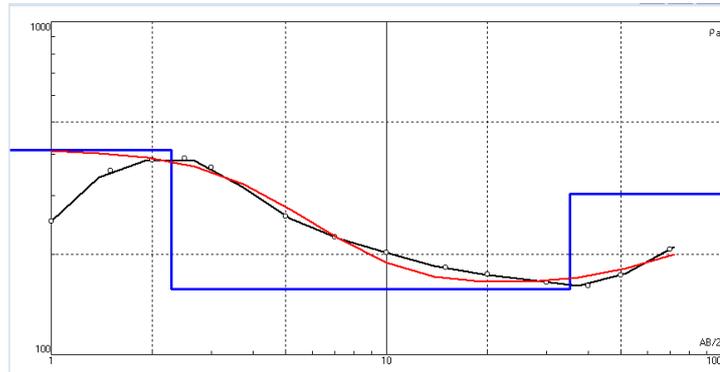
**Figura 14.** Curva resistividad aparente SEV 1.

**Tabla 5.** SEV 2.

N.º SEV	Resistividad $\Omega m$	Espesor (m)	Correspondencia del material	Color
2	412	2.28	Esquistos micáceos meteorizados	
	157	33	Esquistos meteorizados húmedos	
	304	?	La capa corresponde a basamento de roca fracturada, en este caso se trata de esquistos correspondientes a la Unidad Esquistos de Capiro, serie Tahuin	

De acuerdo a las curvas teóricas se define el siguiente tipo de curva:

- SEV 2: **K**



**Figura 15.** Curva resistividad aparente SEV 2.

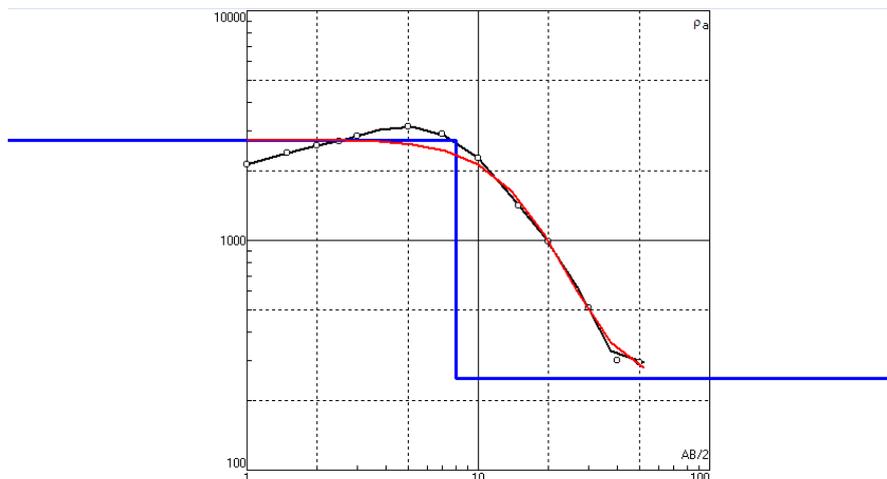
De acuerdo al comportamiento de las curvas de resistividad para el SEV1 y SEV2, a la geología de la zona, se estableció que existe esquistos micáceos meteorizados, con resistividades de 200 a 500  $\Omega\text{m}$  y 40 a 100  $\Omega\text{m}$ . También, hay una capa indefinida de Esquistos sanos, correspondientes a la Unidad Esquistos de Capiro, serie Tahuin con resistividades de 300  $\Omega\text{m}$ .

**Tabla 6.** SEV 3.

N.º SEV	Resistividad $\Omega\text{m}$	Espesor (m)	Correspondencia del material	Color
3	2735	8.05	Toba Riolítica fracturada	
	250	?	Riolita húmeda	

De acuerdo a las curvas teóricas se define el siguiente tipo de curva:

- SEV 3: **H**



**Figura 16.** Curva resistividad aparente SEV 3.

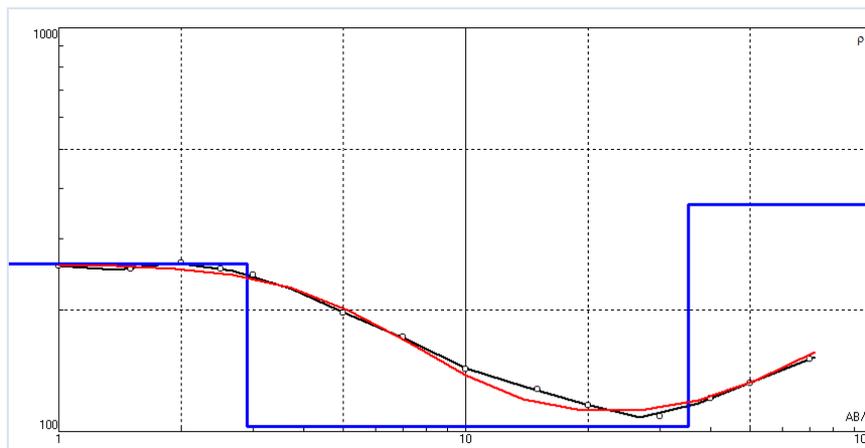
De acuerdo al comportamiento de las curvas de resistividad, a la geología de la zona (capas bloques y roca) se tiene la presencia de rocas extrusivas tipo Tobas Riolíticas y Riolitas húmedas. Poseen resistividades que pueden ir de 300  $\Omega\text{m}$  a los 3500  $\Omega\text{m}$ , pertenecientes a cuerpos extrusivos de origen riolítico, característico de la Formación Tarqui.

**Tabla 7.** SEV 4.

N.º SEV	Resistividad $\Omega\text{m}$	Espesor (m)	Correspondencia del material	Color
4	260	2.9	Riolita meteorizada	
	103	32.4	Riolita meteorizada húmeda	
	365	?	Materiales correspondientes a Volcánicos extrusivos tipo Riolita.	

De acuerdo a las curvas teóricas se define el siguiente tipo de curva:

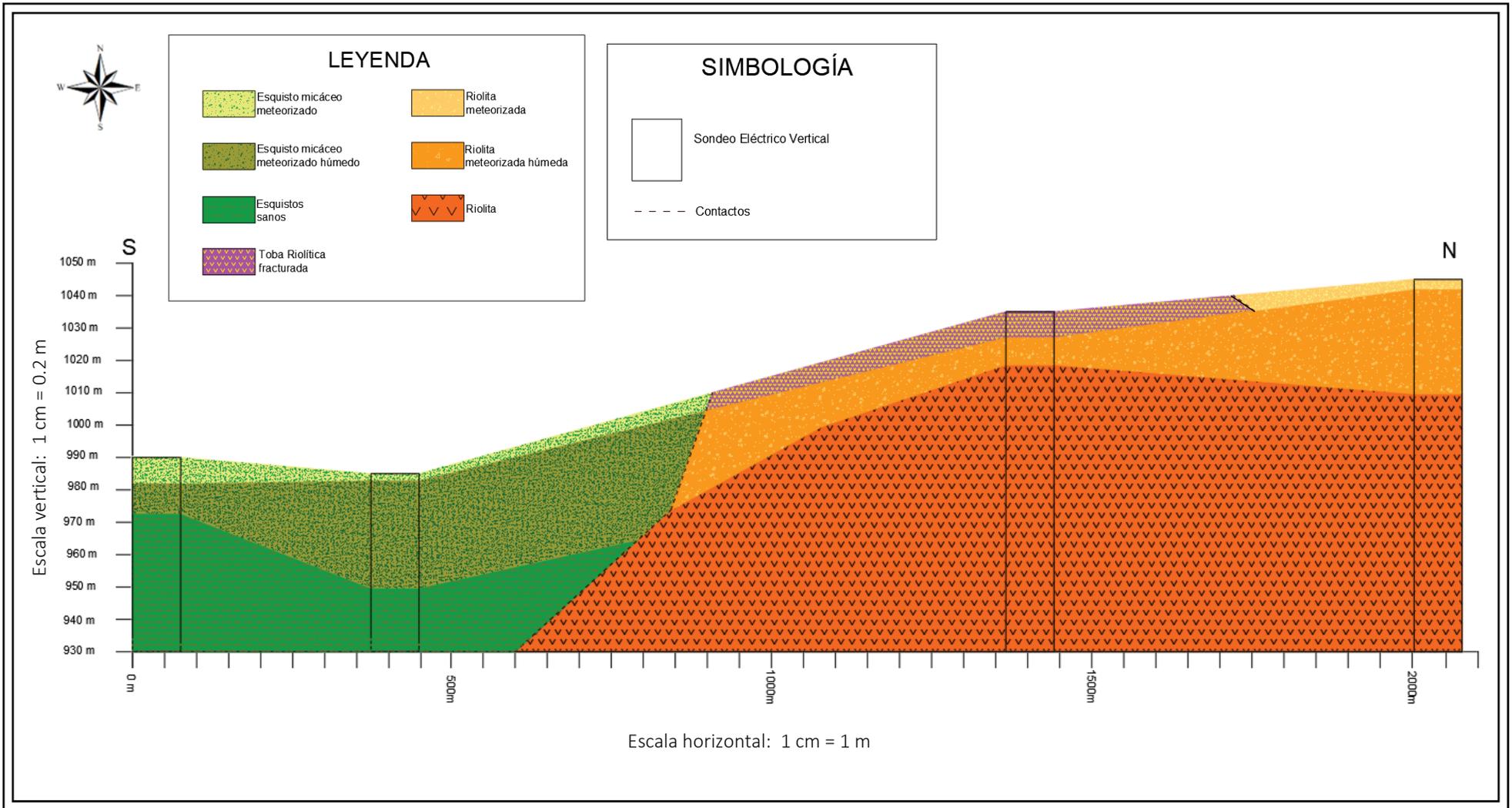
- SEV 4: **H**



**Figura 17.** Curva resistividad aparente SEV 4.

De acuerdo al comportamiento de las curvas de resistividad, a la geología de la zona se entiende que los materiales tengan una variación entre horizontes compuestos por Riolita meteorizada. Así para valores de resistividad superiores a los 100  $\Omega\text{m}$ , se estima que corresponden a cuerpos rocosos tipo Riolita, correspondiente a la litología de la Formación Tarqui.

- **Correlación estratigráfica**



**Figura 18.** Correlación estratigráfica.

Mediante el empleo de Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs), se lograron establecer correlaciones entre los distintos materiales presentes en la zona de estudio. Tanto el SEV 1 como el SEV 2 revelaron la presencia de las mismas litologías, manifestadas en diferentes espesores. Estas litologías están compuestas por capas de esquistos micáceos meteorizados en estados tanto seco como húmedo. La capa más profunda corresponde a la roca sana de esquistos, siendo parte integral de la Serie Tahuin. Esta serie está compuesta por la Unidad Esquistos de Capiro.

Cabe destacar la identificación de un contacto discordante entre la Serie Tahuin y la Formación Tarqui. Las primeras capas que los SEVs 3 y 4 han logrado establecer que consisten en Toba fracturada en la superficie, Riolita húmeda, respectivamente, y como basamento Riolita.

## 5.7. Segundo objetivo

*“Analizar las propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso del tramo de la vía Portete-La Chuva.”*

### 5.7.1. Ensayo de compresión simple.

- **Trabajo en campo**

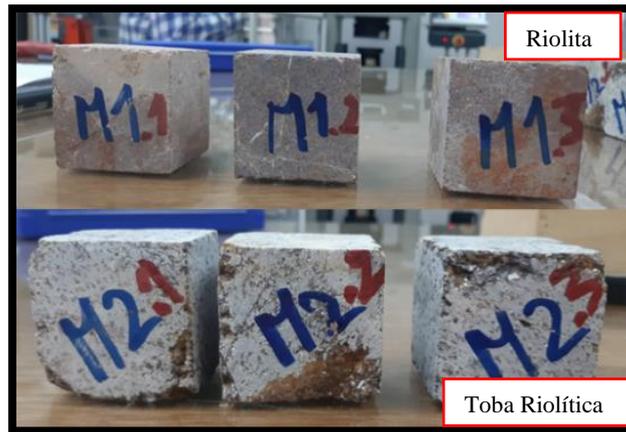
Se tomaron muestras en campo de 20x20cm en los macizos rocosos representativos del tramo de vía para ser transportados y llevados al laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de Loja para darles una forma cúbica de 5x5 cm según la norma UNE-EN 1926:2006; con lo cual se determinó la resistencia a la compresión simple.

**Tabla 8.** Coordenadas de muestras para ensayo de compresión simple.

Coordenadas UTM/WGS84		
Nº	Norte	Este
1	9590430 m	648580 m
2	9590444 m	648662 m
3	9590688 m	648957 m

- **Trabajo de Laboratorio**

Para el trabajo de laboratorio se usó la norma ASTM-D2166. Las muestras previamente cortadas y codificadas se pesaron en una balanza analítica, cuyo valor corresponde a la masa (M). Luego, se obtuvo las medidas de los lados de las muestras ( $D=l \times l$ ) y se multiplicaron para obtener el área ( $cm^2$ ). El área obtenida se multiplicó por la altura de la muestra y con ello se obtuvo el volumen ( $cm^3$ ).



**Figura 19.** Muestras perfiladas para obtener la resistencia a la compresión simple.

La muestra se ubicó en la prensa con caras metálicas, de forma tal que quede centrada. Se procede a ajustar el aparato de carga con el fin de que la placa superior quede en contacto con la muestra. El indicador de deformación debe colocarse en cero donde su parte superior es fija y la inferior es accionada por un gato hidráulico, el cual aplica fuerzas compresivas, desde ese momento se midió la resistencia que sobrepasó los límites y existió la rotura de la misma, siendo este valor máximo obtenido la carga o fuerza.



**Figura 20.** Ensayo de compresión simple.

Con los datos obtenidos se calculó la resistencia a la compresión simple de cada muestra, y luego se las promedió. Se utilizó la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

En donde:

$\sigma$  = Esfuerzo expresado en  $\frac{Kg}{cm^2}$

F = Fuerza o carga aplicada

A = área de la muestra

### 5.7.2. *Análisis de las propiedades físicas de las muestras*

El análisis de las propiedades físicas de las muestras de roca se las realizó en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Loja. Se hizo uso de las fórmulas establecidas en los libros: Ingeniería geológica de Luis Vallejo (2002), y Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, cuarta edición de Braja, M. Das (2013). Las propiedades determinadas son las siguientes:

- **Densidad.**

$$\delta = \frac{m}{v}$$

En donde:

$\delta$  = densidad

m = masa de la muestra de roca

v = volumen de la muestra de roca

- **Densidad saturada superficialmente seca.**

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\delta_{sss} = \frac{W_a - W_{sum}}{W_a}$$

Donde:

$W_a$  = peso aire

$W_{sum}$  = peso sumergido

- **Gravedad específica.**

El ensayo se realizó 3 veces con el fin de obtener datos más precios y utilizando la norma ASTM D854 – 58. El proceso fue el siguiente:

1. Las muestras se las pulverizó hasta que pasó el tamiz #200.
2. Se procedió a secar la muestra durante 24 horas a temperatura de 110°C.
3. Se pesó el recipiente que se va a usar y se le añadió 30 gramos de muestra.
4. Se secó el picnómetro y se lo pesó. Además, se determinó su volumen.
5. Se llenó el picnómetro con agua destilada, se tapó y se registró su peso.
6. Se eliminó cierta cantidad de agua y se añadió los 30 gramos de la muestra pulverizada.

7. Con la bomba de vacío se eliminó las burbujas de aire.
8. Se añadió nuevamente agua al picnómetro hasta que esté lleno, se lo tapó y se lo pesó.
9. Se colocó la mezcla obtenida, en un vaso de precipitación el cual fue previamente limpiado y se pesó.
10. Se dejó secar el vaso de precipitación en el horno por no más de 24 horas a una temperatura de 110°C.

La expresión para determinar la gravedad específica es:

$$G_s = \frac{W_s}{W_s + W_{bw} - W_{bws}}$$

En donde:

$W_s$  = *peso seco*

$W_{bw}$  = *peso picnometro mas agua*

$W_{bws}$  = *peso picnometro mas agua mas suelo*

- **Peso específico real.**

El peso específico real se determinó con la siguiente fórmula:

$$P_r = \frac{M - P}{W + M - P - S}$$

En donde:

M = Masa del picnómetro más la muestra

P = Peso del picnómetro

W = peso del picnómetro más agua destilada

S = Peso del picnómetro más agua destilada más muestra

- **Peso específico aparente.**

Se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$\rho_a = \frac{W_{sec}}{W_{sat} - W_{sum}} * \rho_w$$

En donde:

$\rho_w$  = *densidad del agua*

$W_{sec}$  = *peso en seco*

$W_{sat}$  = *peso saturado*

$W_{sum}$  = *peso sumergido*

- **Humedad.**

Se trabajó con la norma ASTM D 2216 – 98, y se siguió el siguiente proceso:

1. Se pesó el recipiente que se usó y se le agregó la muestra húmeda y se registró el peso del mismo.
2. Con un horno se dejó secar la muestra 24 horas a una temperatura de 110°C
3. Pasado el tiempo estipulado se retiró la muestra del horno y se registró su peso nuevamente.

Se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$\rho_a = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

En donde:

$W_h$  = peso de la roca húmeda

$W_s$  = peso de la roca seca

- **Porosidad.**

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la porosidad:

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

En donde:

$\rho_a$  = Peso específico aparente

$\rho_r$  = peso específico real

- **Porosidad eficaz.**

La porosidad eficaz se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$n_e = \frac{W_{sat} - W_s}{W_{sat} - W_{sum}}$$

En donde:

$W_s$  = peso en seco

$W_{sat}$  = peso saturado

$W_{sum}$  = peso sumergido

- **Porosidad cerrada.**

La porosidad cerrada se calculó con la siguiente expresión:

$$n_c = n - n_e$$

En donde:

$n$  = porosidad

$n_e = \text{porosidad eficaz}$

- **Coefficiente de absorción**

La siguiente fórmula permitió obtener el coeficiente de absorción:

$$C_{abs} = \frac{W_{sat} - W_s}{W_s} * 100$$

En donde:

$W_s = \text{peso en seco}$

$W_{sat} = \text{peso saturado}$

- **Compacidad**

Se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$C = 1 - n$$

En donde:

$n = \text{porosidad}$

- **Módulo de saturación**

Se utilizó la siguiente expresión para calcular el módulo de saturación:

$$M_{sat} = \frac{n_e}{n} * 100$$

En donde:

$n = \text{porosidad}$

$n_e = \text{porosidad eficaz}$

### 5.7.3. *Caracterización del macizo rocoso*

Se caracterizó el macizo rocoso utilizando la clasificación geo-mecánica de Bieniawski. Para cumplir con estos requisitos, Bieniawski propuso originalmente que su clasificación geomecánica comprendiera los siguientes parámetros: RQD (índice de calidad de la roca), grado de meteorización, resistencia a la compresión uniaxial de la roca inalterada, distancia entre sí de fisuras y estratificación, orientación del rumbo y el buzamiento (echado), separación de las fisuras (entre grietas), continuidad de las fisuras, infiltración de aguas subterráneas. Con la obtención de estos datos se clasificará los parámetros y sus valores. También se realizó el SMR que, es una adaptación del RMR de Bieniawski para su aplicación a taludes rocosos, este sistema fue propuesto por Romana en 1985. Por último, se determinó el GSI (Geological Strength Index) planteado por Hoek y Brown (1980 y 1980a), el cual, estima la reducción de la resistencia del macizo para diferentes condiciones geológicas.

- **Trabajo en campo**

La metodología empleada fue la del Manual de Campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos de Gonzáles y Ferrer (2007). Para describir las características se emplearon fichas técnicas que se adjuntan en el Anexo 13. Los materiales utilizados fueron: Peine de Barton, cintra métrica, brújula, GPS, fichas de campo, juego geométrico.

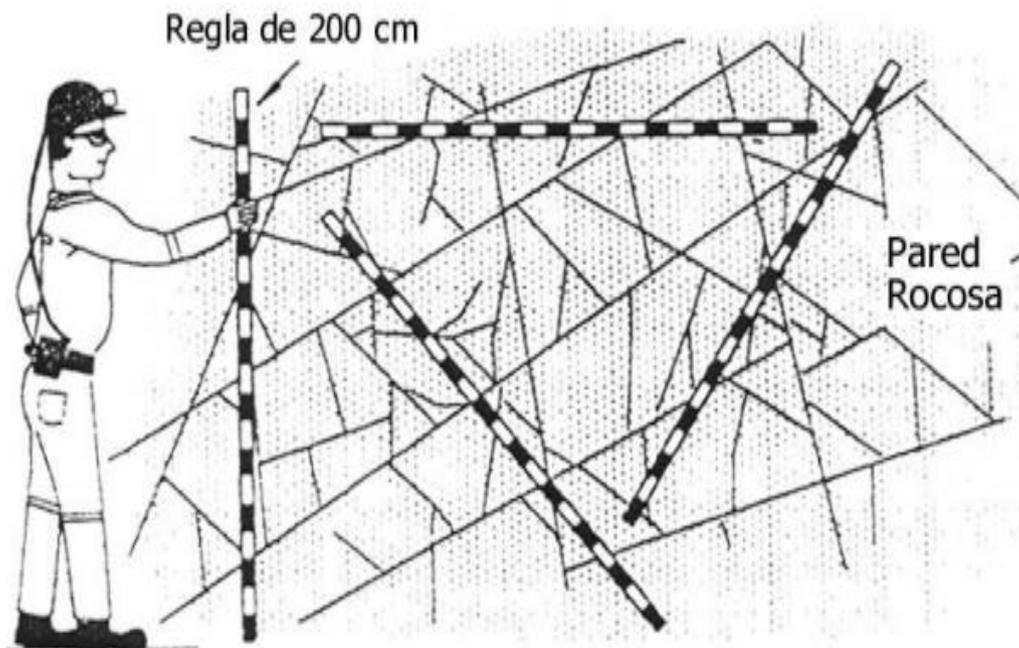
Una vez completada la información de la ficha de caracterización del macizo rocoso, se calcula los parámetros que se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 9.** Caracterización del macizo rocoso.

<b>Caracterización del Macizo Rocosó</b>
Resistencia a compresión simple de la roca
RQD (Rock Quality Designation)
Distancia de separación entre las discontinuidades
Condición de las discontinuidades
Orientación de las discontinuidades

- **RQD (Rock Quality Designation)**

Para el RQD se utilizó en método de la regleta que consiste en colocar una regla de 2.0 m de longitud en varias direcciones y obtener las medidas de las discontinuidades. (Suárez, s.f.)



**Figura 21.** Metodología de la regleta para determinar RQD.

**Nota.** (Suárez, s.f.)



**Figura 22.** Aplicación de método de la regleta en campo.

Una vez obtenidas las medidas se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum \text{Discontinuidades}}{200} * 100$$

Donde:

$\sum$  Discontinuidades= Medidas de las discontinuidades obtenidas en campo.

200 cm= 2 metros de la regleta.

Los resultados permitieron identificar la calidad del macizo rocoso, con la siguiente tabla:

**Tabla 10.** Calidad del macizo rocoso.

Calidad del macizo rocoso	
Muy buena	90-100
Buena	75-90
Regular	50-75
Mala	25-50
Muy Mala	0-25

**Nota.** (Suárez, s.f.)

- **RMR de Bieniawski 1989.**

Para calcular del índice RMR se empleó la clasificación geomecánica de Bieniawski, por cada junta identificada en estaciones de 1m<sup>3</sup> y se promedió estos resultados, en los 3 macizos rocosos, la tabla utilizada se presenta a continuación:

**Tabla 11.** Clasificación para el RMR de Bieniawski.

Clasificación para el RMR de Bieniawski 1989										
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (Mpa)			
			>250	250-100	100-50	50-25		25 5 <		
			Compresión Simple					- - 1	5 1	
Puntuación			15	12	7	4	2 1 0			
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%			
		Puntuación			20	17	13	6	3	
		Separación entre diaclasas			>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0,06m	
Puntuación			20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m			
			Puntuación			6	4	3	1	0
			Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm		
			Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
			Puntuación			6	5	3	1	0
			Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm		
			Puntuación			6	4	2	2	0
			Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Muy alterado	Descompuesta		
			Puntuación			6	5	3	1	0
			5	Agua Freática	Caudal por 10m 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		
Puntuación						15	10	7	4	0

**Nota.** Bieniawski (1989)

Con la información de la tabla se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{RMR} = A1+A2+A3+A4+A5.$$

A1= Resistencia de la matriz rocosa (Mpa).

A2= RQD.

A3= Separación entre diaclasas.

A4= Estado de las discontinuidades.

A5= Agua Freática.

De acuerdo a la puntuación obtenida mediante la tabla, se asigna una clase y una categoría de calidad de acuerdo a los datos obtenidos:

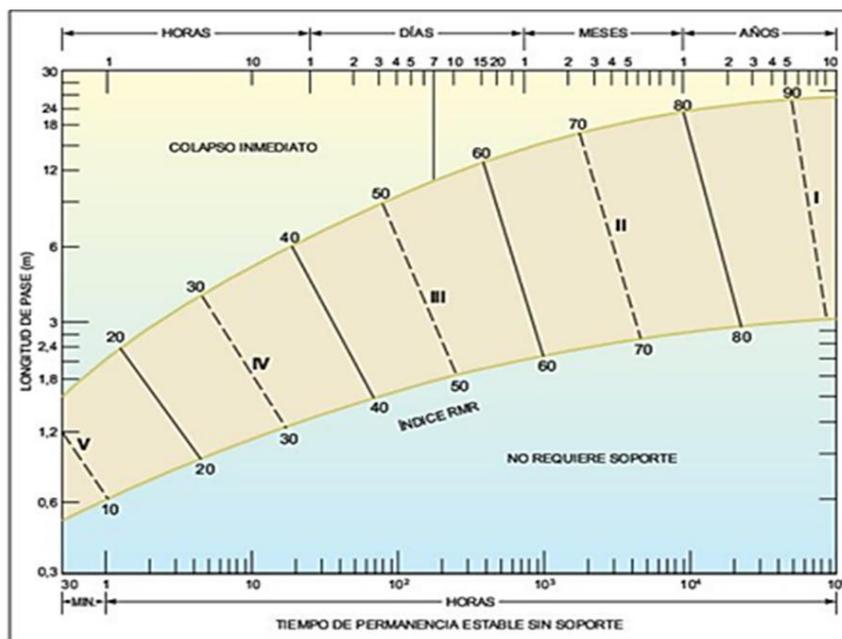
**Tabla 12.** Clasificación RMR de Bieniawski.

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

**Nota.** (Bieniawski,1989)

Para la interpretación de los resultados se utilizó la siguiente figura propuesta por el profesor Bieniawski que relaciona tiempo de permanencia estable sin soporte y la longitud, en la cual un macizo rocoso puede estar abierto, de acuerdo a su calidad obtenida con los datos de campo, cálculos y ensayos realizados.

**Figura 23.** Relación de tiempo de estabilidad de acuerdo al resultado de calidad del macizo rocoso.



**Nota.** (Bieniawski, 1989).

- **SMR (Slope Mass Rating)**

El SMR es una adaptación del RMR de Bieniawski para su aplicación a taludes rocosos, este sistema fue propuesto por Romana en 1985. Se lo determinó con el siguiente proceso:

Se obtiene a partir del RMR básico sumando cuatro factores de corrección en función de la orientación de las juntas y un factor de excavación, con la fórmula que se presenta a continuación:

$$\text{SMR} = \text{RMR} + (\text{F1} \times \text{F2} \times \text{F3}) + \text{F4}$$

**RMR**= Índice RMR básico de Bieniawski (0-100), es independiente de la estructura a construir en el macizo rocoso.

**F1**= Factor de ajuste por el paralelismo entre la dirección de las discontinuidades y la dirección de la superficie del talud.

**F2**= Factor de ajuste por buzamiento de las discontinuidades.

**F3**= Factor de ajuste por la relación entre los buzamientos de las discontinuidades y el del talud.

**F4**= Factor de excavación que depende método utilizado para excavar el talud.

**Tabla 13.** Factores de ajuste de juntas.

<b>Factores de ajuste por la orientación de las juntas (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub>)</b>					
<b>Caso</b>	<b>Muy favorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Normal</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Muy Desfavorable</b>
<b>P</b> $ \alpha_j - \alpha_s $					
<b>T</b> $ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
<b>P/T</b> F <sub>1</sub>	0,15	0,4	0,7	0,85	1
<b>P</b> $ \beta_j $	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
F <sub>2</sub>	0,15	0,4	0,7	0,85	1
<b>T</b> F <sub>2</sub>	1	1	1	1	1
<b>P</b> $\beta_j - \beta_s$	>10°	10°-0°	0°	0°-(-10°)	<-10°
<b>T</b> $\beta_j + \beta_s$	<110°	110°-120°	>120°		
<b>P/T</b> F <sub>3</sub>	0	-6	-25	-50	-60
<b>Factor de ajuste por el método de excavación (F<sub>4</sub>)</b>					
<b>Método</b>	Talud Natural	Precorte	Voladura Suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura Deficiente
<b>F<sub>4</sub></b>	+15	+10	+8	0	-8
<b>Clases de estabilidad</b>					
<b>Clase</b>	V	IV	III	II	I
<b>SMR</b>	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
<b>Descripción</b>	Muy Mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
<b>Estabilidad</b>	Totalmente Inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
<b>Roturas</b>	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos Bloques	Ninguna
<b>Tratamiento</b>	Reexcavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

**Nota.** (Romana, 1997)

De acuerdo a estos valores se clasifico los 3 macizos rocosos en las siguientes categorías:

**Tabla 14.** Clases de estabilidad.

Caso	Clases de estabilidad				
	V	IV	III	II	I
<b>SMR</b>	0-20	21-40	41-60	61-80	8-100
<b>Descripción</b>	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
<b>Estabilidad</b>	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Completamente estable
<b>Rotura</b>	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
<b>Tratamiento</b>	Excavación	corrección	sistemático	Ocasional	Ninguno

**Nota.** (Bieniawski, 1972)

- **GSI (Geological Strength Index)**

Para el GSI se consideró las relaciones con el RMR de los 3 macizos rocosos en estudio, donde especifica que si el Si  $RMR > 23$  se puede aplicar la fórmula que se plantea a continuación, mientras que, si  $RMR < 23$  entonces no se puede determinar el valor de GSI.

$$GSI = RMR - 5$$

Con la siguiente tabla se determinó la calidad del macizo rocoso en función del GSI.

**Tabla 15.** Calidad del macizo rocoso según el GSI.

CALIDAD	
<b>Macizos de calidad Muy Mala</b>	$(0 \leq GSI \leq 20)$
<b>Macizos de calidad Mala</b>	$(20 < GSI \leq 40)$
<b>Macizos de calidad Regular</b>	$(40 < GSI \leq 60)$
<b>Macizos de calidad Buena</b>	$(60 < GSI \leq 80)$
<b>Macizos de calidad Muy Buena</b>	$(80 < GSI \leq 100)$

**Nota.** (Álvarez, 2020)

## 5.8. Tercer objetivo

“Evaluar el factor de seguridad en dos taludes representativos del tramo de la vía.”

### 5.8.1. Método de equilibrio límite

#### • Trabajo de Oficina

Este método establece la rotura del terreno que se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. Con ello ayuda a determinar si la masa de terreno por encima de dicha línea se desplazará respecto la masa inferior, produciéndose, así, la rotura del terreno. Se utilizaron distintos métodos: Bishop Simplificado, Janbú y Spencer.

Adicionalmente, se trabajó con las fórmulas de talud infinito para suelos y de rotura planar para rocas. El modelo aplicado a los taludes corresponde al Estático.

El mapa de ubicación de los taludes se encuentra en el Anexo 27.

#### • Factor de seguridad.

##### ➤ Métodos Bishop Simplificado, Janbú y Spencer, en software Slide 6.0

Para el cálculo del factor de seguridad se realizó un análisis mediante el software Slide 6.0., a continuación, se detalla el proceso:

Se define los perfiles topográficos en el software ArcGIS 10.4.1 y se exportan los datos en formato texto.

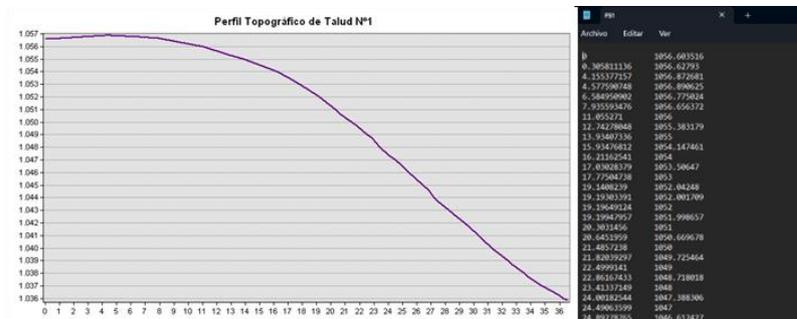


Figura 24. Datos para el factor de seguridad.

En el software Slide 6.0 se importan los datos topográficos, con los cuales el programa grafica un perfil

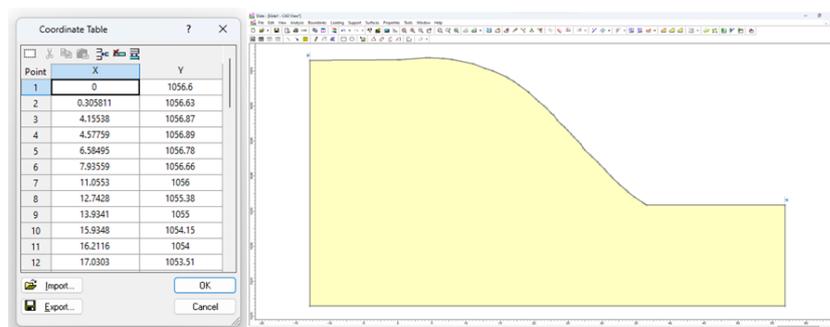
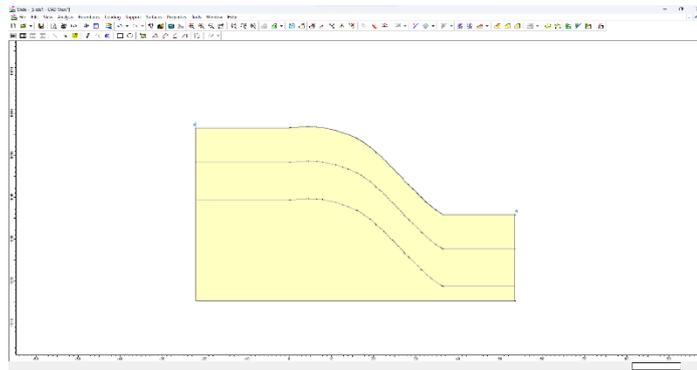


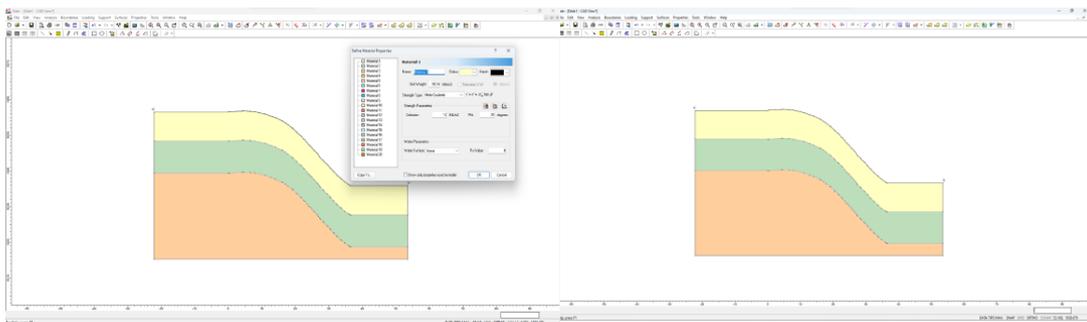
Figura 25. Datos en software Slide 6.0.

Una vez graficado el perfil, se ingresan las capas obtenidas con el estudio de los SEVs, de los cuales se tenga el dato de profundidad.



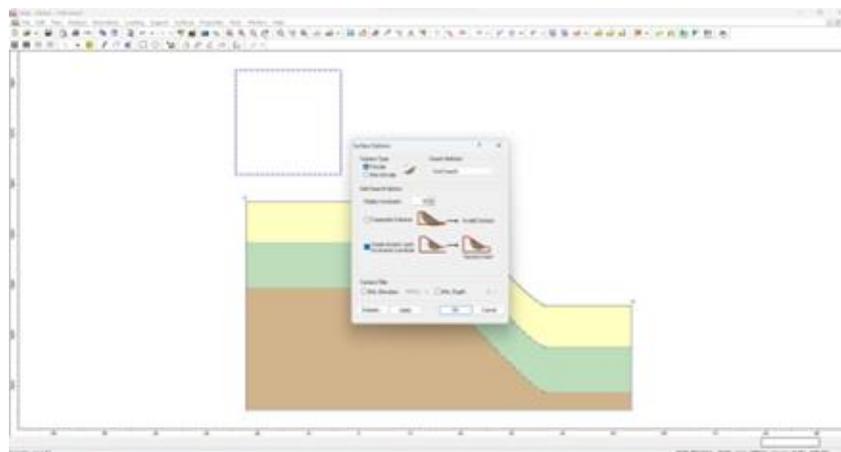
**Figura 26.** Perfil de capas graficado.

Posteriormente se define los materiales, con los datos de peso específico, cohesión y ángulo de fricción, utilizando el criterio de Mohr-Coulomb y se asignan los materiales a las capas correspondientes.



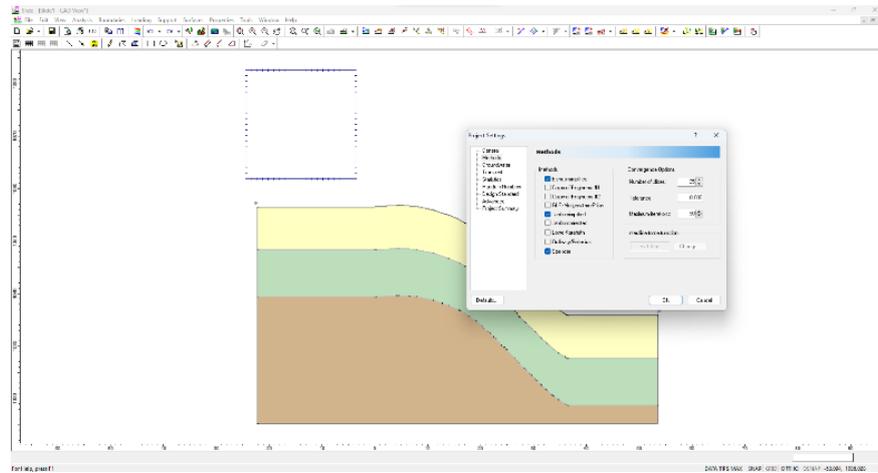
**Figura 27.** Asignación de materiales.

Seguidamente, se agrega la opción de tipos de superficie asignamos circular la cual es empleada en taludes de suelos. Para luego crear una grilla, en la cual se visualizará el factor de seguridad.



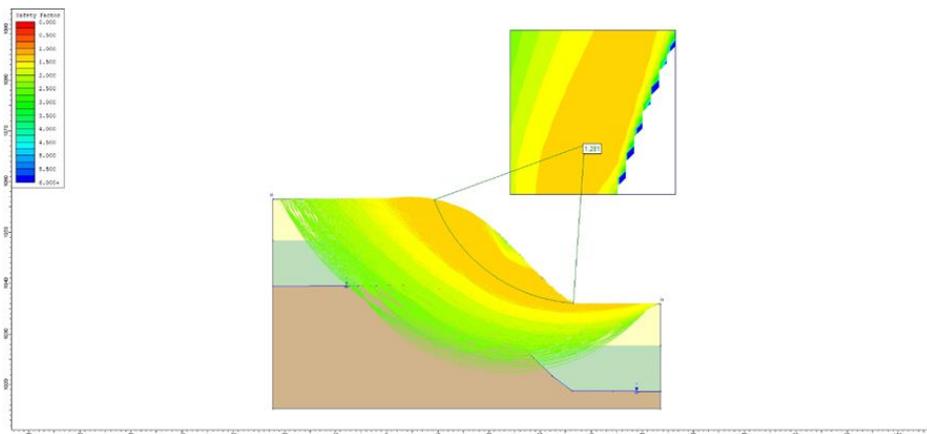
**Figura 28.** Asignación de superficie y creación de grilla.

Se selecciona los métodos a emplear en este caso: Bishop Simplificado, Janbú Simplificado y Spencer. Luego se selecciona la herramienta calcular.



**Figura 29.** Selección de métodos y cálculo de factor de seguridad.

Finalmente, se hace uso de la herramienta Interpretar y se obtiene el factor de seguridad en los diferentes métodos especificados.



**Figura 30.** Resultado de factor de seguridad.

### ➤ Método de talud infinito

Se consideraron diversos factores que podrían influir en la estabilidad de los taludes, entre ellos la geometría, la geología y las propiedades geológico-geotécnicas de los materiales identificados a través de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs).

El cálculo del factor de seguridad se llevó a cabo mediante una fórmula propuesta por Braja M. Das (2013). Si la longitud relativa del talud excede la relación con su espesor, la contribución a la resistencia en la parte superior e inferior del talud es menor en comparación con otras regiones de la superficie de falla. En vista de esto, se empleó el método del talud infinito, el cual es adecuado para evaluar el factor de seguridad en taludes conformados por materiales homogéneos y alterados. Este método permite calcular el factor de seguridad para condiciones normales en suelos.

Las fórmulas utilizadas para obtener el factor de seguridad son:

**Talud Infinito sin Infiltración:**

$$FS_s = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$$

**Talud Infinito con Infiltración:**

$$FS_{sat.} = \frac{c}{\gamma_{sat} * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\gamma' * \tan\phi}{\gamma_{sat} * \tan\beta}$$

$\gamma'$ . –**peso específico del suelo:**

$$\gamma' = (\gamma_{sat} - \gamma_{agua})$$

Donde:

$c$  = Ángulo de cohesión (KN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Peso específico (KN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{sat}$  = Peso saturado (KN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{agua}$  = Peso específico del agua (KN/m<sup>3</sup>)

$H$  = Altura del macizo rocoso (m)

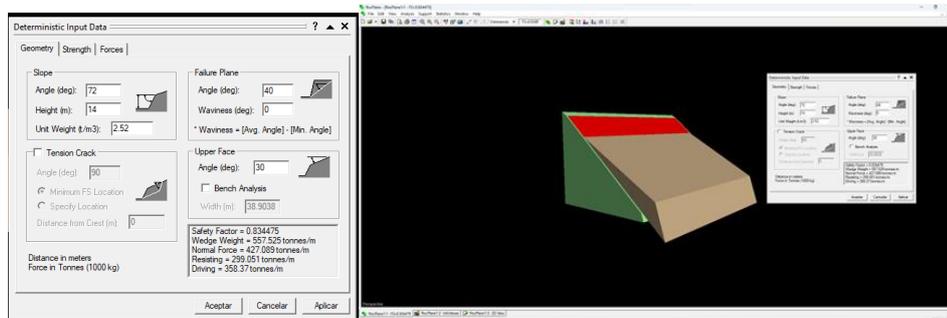
$\beta$  = Ángulo de inclinación.

$\phi$  = Ángulo de fricción.

Estos datos son bibliográficos, específicamente tomados de (Hoek y Bray, 1991) debido a que, no se cuenta con los estudios que los determinan.

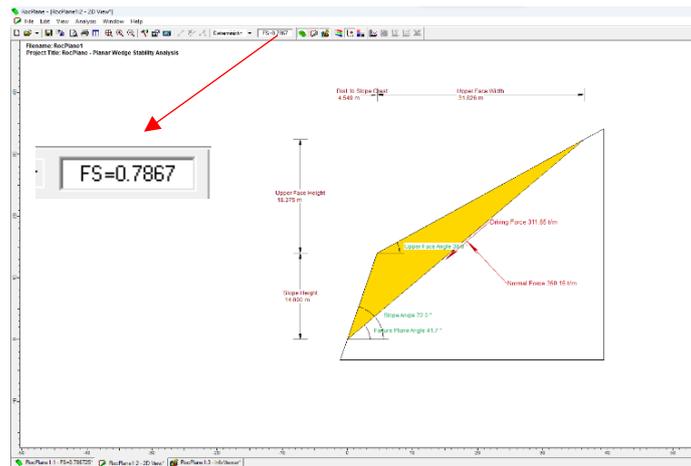
➤ **Método de Rotura Planar para macizo rocoso en RocPlane 2.029**

Este método es sencillo, se introduce los datos de peso específico(ton/m<sup>3</sup>), ángulo de cohesión, ángulo de fricción, altura del macizo rocoso, ángulo de trabajo, diferencia de ángulo. Cabe mencionar que se emplea el método determinístico.



**Figura 31.** Ingreso de datos.

Una vez ingresados los datos se obtiene el factor de seguridad



**Figura 32.** Resultados de factor de seguridad para macizo rocoso.

➤ **Método de Rotura Planar con fórmula de Culmann (1875)**

La fórmula empleada para determinar el factor de seguridad en el macizo rocoso es la siguiente:

$$F_s = \frac{c + \frac{1}{2} \gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \cos\theta \text{ sen}\theta \text{ tg}\phi}{\frac{1}{2} \gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \text{ sen}^2\theta}$$

Donde:

c= Cohesión.

$\gamma$ = Peso específico (ton/m<sup>3</sup>)

H= Altura.

$\beta$ =Ángulo de trabajo.

$\theta$ = Diferencia del ángulo.

$\phi$ = Ángulo de Fricción.

Estos datos son bibliográficos, específicamente tomados de (Hoek y Bray, 1991) debido a que, no se cuenta con los estudios que los determinan.

La tabla que se empleó para interpretar los resultados es la siguiente:

**Tabla 16.** Factor de Seguridad.

<b>F &lt; 1</b>	Inestable
<b>F=1-1.5</b>	Crítico
<b>F &gt; 1.5</b>	Estable

**Nota.** (Pinto, s.f)

## 6. Resultados

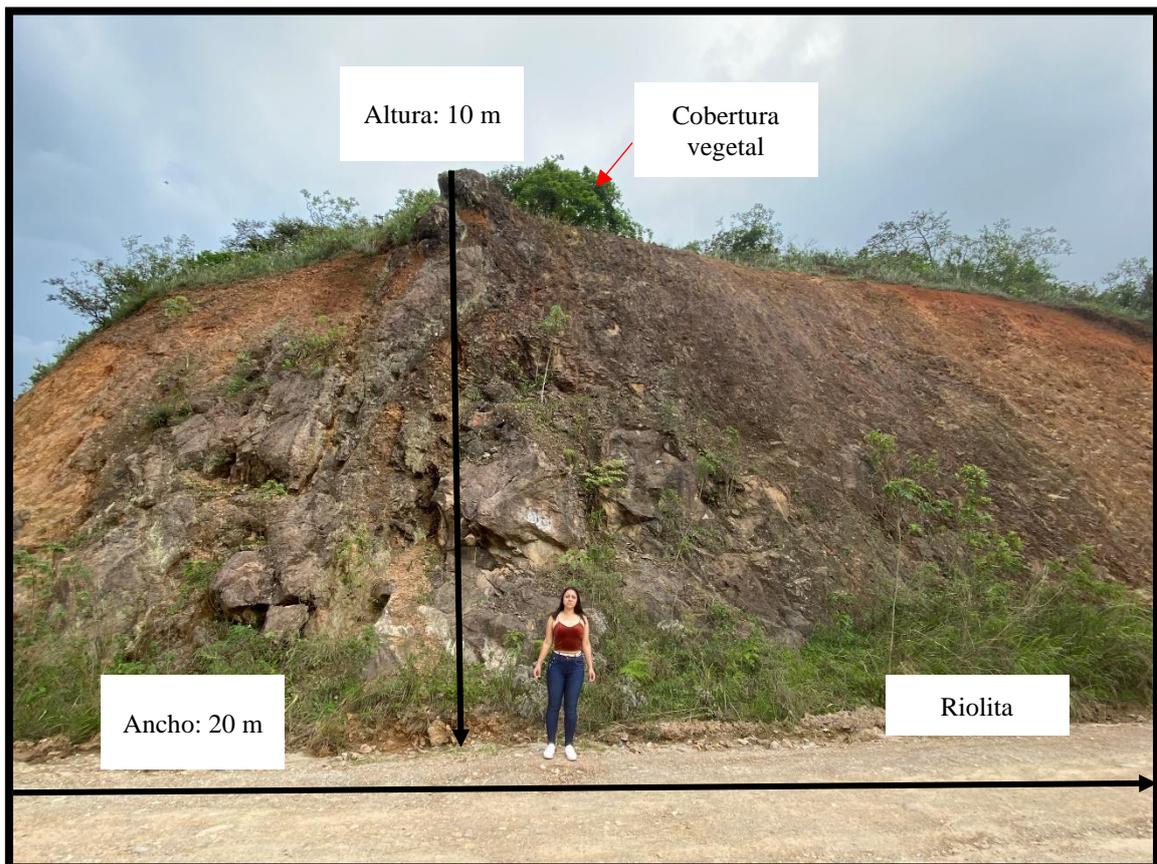
### 6.1. Resultados para el primer objetivo

#### 6.1.1. Geología Local

El área de estudio se encuentra dentro de la Formación Tarqui conformada principalmente en un 67,94 ha por Riolita meteorizada, 14.04 ha de Toba Riolítica, 0.46 ha de macizo rocoso de Riolita, 3.62 ha de Coluvio, estas litologías pertenecen a la Formación Tarqui, y de Esquistos micáceos meteorizados que forman parte de la Unidad Esquistos de Capiro de la Serie Tahuin. Las fichas de los afloramientos se encuentran en el anexo 4.

La información presentada a continuación está corroborada por análisis de muestras en laboratorio, correlacionada con la Carta Geológica Regional y los Sondeos Eléctricos Verticales.

Posteriormente, se describen los afloramientos presentes en la zona de interés:



**Figura 33.** Afloramiento N°2 conformado por roca riolita

El afloramiento se encuentra ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x: 648954 m, y: 9590431 m. La riolita es una roca ígnea de composición ácida, lo que significa que tiene una elevada proporción de sílice en su composición. Es una variedad de roca

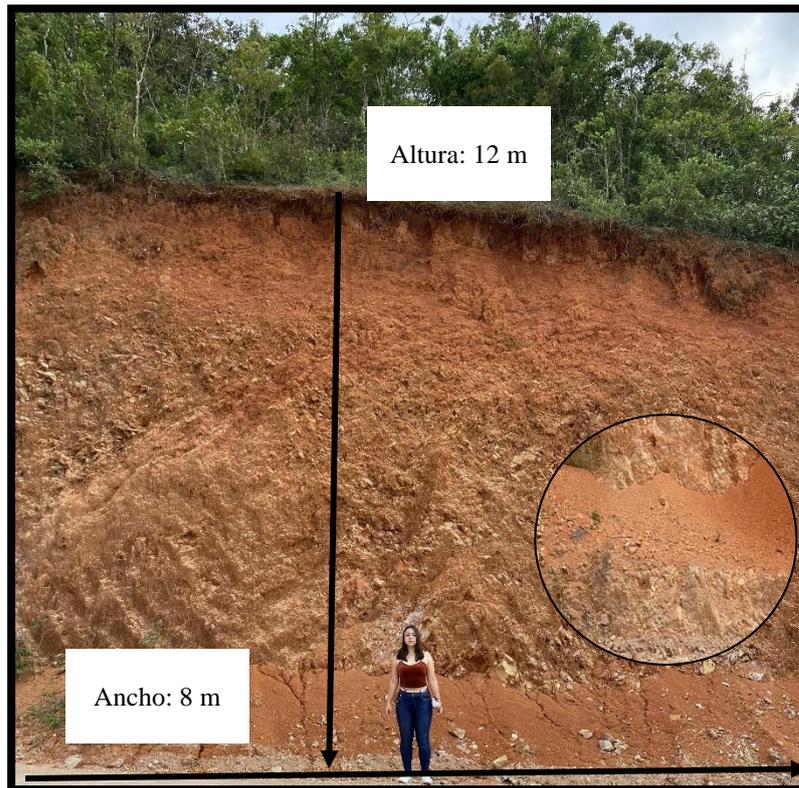
volcánica que se forma a partir del enfriamiento lento de la lava viscosa rica en sílice, lo que permite que los cristales se desarrollen y crezcan.

Al inicio del tramo de vía se presentan riolitas fracturadas y meteorizadas, dichas fracturas se encuentran rellenas de carbonatos. Presentan distintas tonalidades desde amarillentas hasta moradas debido a la oxidación y estos materiales son originarios de la descomposición del material ígneo. En la parte superior se puede observar vegetación arbustiva y herbácea. Las medidas del afloramiento son 10 metros de alto y 20 metros de largo.



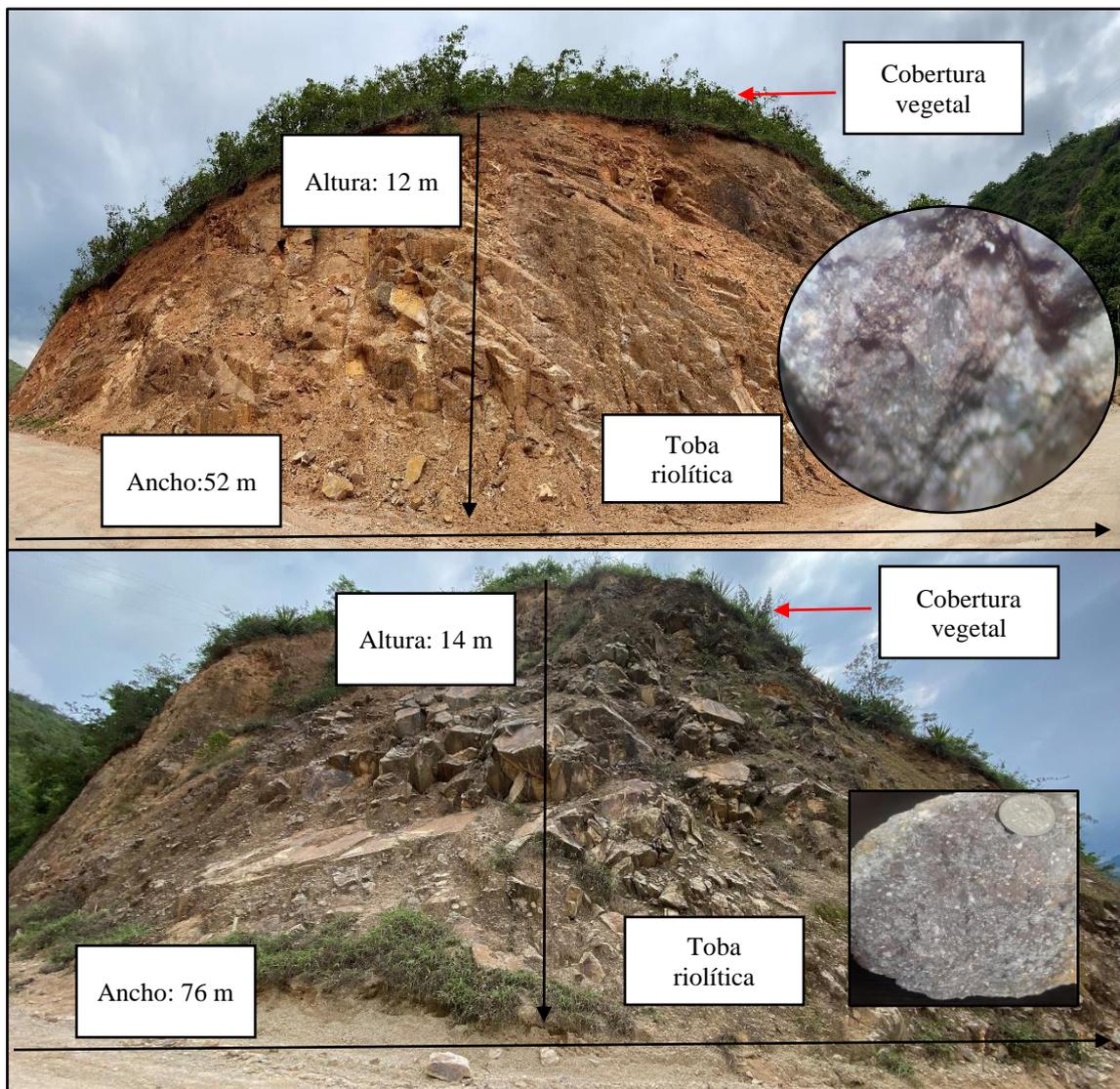
**Figura 34.** Afloramiento N°31 de material Coluvial de Riolita.

El afloramiento se encuentra ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x: 648956 m, y: 9590354 m. Los depósitos coluviales son materiales sueltos depositados en las depresiones de las montañas y partes bajas de las laderas como resultado de la erosión de las partes altas. En la zona de estudio dichos depósitos consisten en un material muy fragmentado compuesto por cantos angulosos de las rocas de las partes altas, siendo material disgregado de origen ígneo como la riolita. Está rodeado por cobertura vegetal de matorrales y pasto, así como materia orgánica.



**Figura 35.** Afloramiento N°11 de Riolita meteorizada.

El afloramiento se encuentra ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x: 648774 m, y: 9590460 m. El alto grado de meteorización de las rocas, que constituye una masa de arcilla o grava y un material arenoso; al ser materiales provenientes de rocas ígneas como Riolita y expuestos a factores exógenos, se convierten en suelo sedimentario, por lo cual, al realizar la fotointerpretación lo relacionamos con tonalidades anaranjadas, rojas, amarillentas, cafés y grises, tal y como se evidencia en la fotografía, además de tener texturas finas, asociadas a redes de drenaje dendrítico, no controlado. La vegetación que presenta en la parte superior del afloramiento es alta.

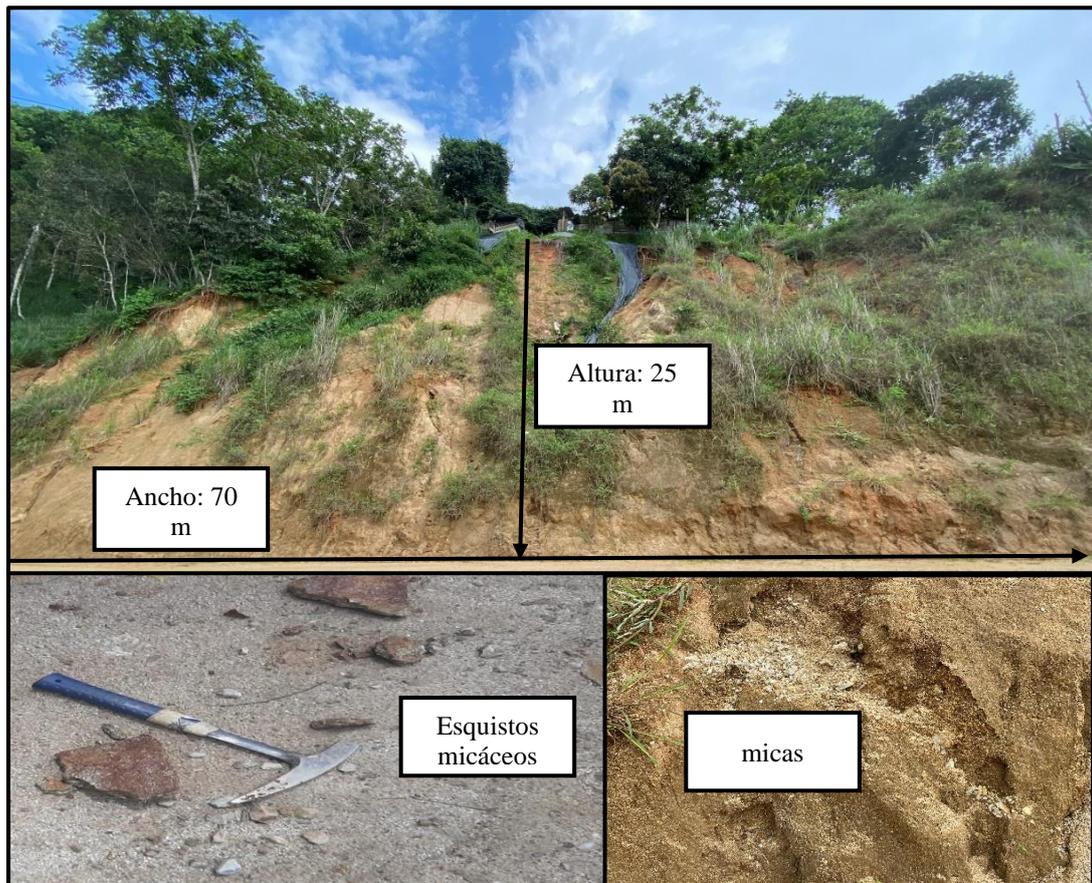


**Figura 36.** Afloramiento N°12 y N°13 de toba riolítica.

El afloramiento N°1 se encuentra ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x: 648661 m, y: 9590443 m y el N°2 x: 648585 m, y: 9590431 m. La litología corresponde a Tobas Riolíticas que tienen alto grado de meteorización.

La composición mineralógica de la toba riolítica evidenciada en laboratorio como minerales principales contiene: feldespatos, cuarzo, plagioclasas; minerales accesorios: oro y vidrio; textura afanítica; posee un color morado, tamaño de grano fino-pequeño.

Con la fotointerpretación, se determinó que hay presencia de material ígneo extrusivo, considerando que tiene un tono gris mediano y textura gruesa, bandeada, relacionada con un drenaje dendrítico. La morfología y la cubierta vegetal dependen mayormente del clima. Las tonalidades varían de oscuras a claras considerando así la presencia de tobas.



**Figura 37.** Afloramiento N°19 de Esquisto micáceo meteorizado.

El afloramiento se encuentra ubicado en las coordenadas UTM/WGS84 x: 648390 m, y: 9589658 m. De acuerdo serie Tahuin, conformada por roca metamórfica como la Unidad Esquistos de Capiro, se presenta un afloramiento con un alto de 20 m y un ancho de 82 m, en el cual se evidencian esquistos micáceos con alto grado de meteorización, cuarzo, y esquisto meteorizado.

Estos suelos se producen por el alto grado de meteorización de las rocas, que constituye una masa de arcilla o grava y un material arenoso; al ser materiales expuestos a factores exógenos, se convierten en suelo sedimentario, por lo cual, mediante la fotointerpretación se lo relacionó con tonalidades amarillentas o anaranjadas, además de tener texturas finas, asociadas a redes de drenaje dendrítico, no controlado. La vegetación depende de la zona, en este caso se tiene presencia de cobertura vegetal medianamente y puede haber cultivos.

Mediante la fotointerpretación y el levantamiento de afloramientos en campo, se logró inferir la existencia de un contacto discordante entre dos unidades geológicas debido a cambios litológicos identificados. A pesar de que en campo no se pudieron

discernir estructuras geológicas claras, el contacto discordante se considera inferido en base a las modificaciones observadas en las características litológicas.

Específicamente, este contacto se establece entre la Formación Tarqui y la Serie Tahuin, en particular, con la Unidad Esquistos de Capiro. En el terreno, se identificaron esquistos micáceos que han experimentado un proceso avanzado de meteorización.

Por otro lado, la Formación Tarqui se manifestó en el terreno a través de roca vulcano-sedimentaria como Tobas Riolíticas y Riolita, que son características inherentes a esta unidad litológica. Además, del material meteorizado producto de la Riolita, y aflora en la superficie. Como resultado, se pudo definir con mayor precisión el contacto entre estas dos formaciones geológicas.

Se realizó el levantamiento de los deslizamientos más importantes de la zona ver anexo, los cuales se representaron en el mapa geomorfológico de la zona, ver figura 6, siendo el más relevante el que se describe a continuación



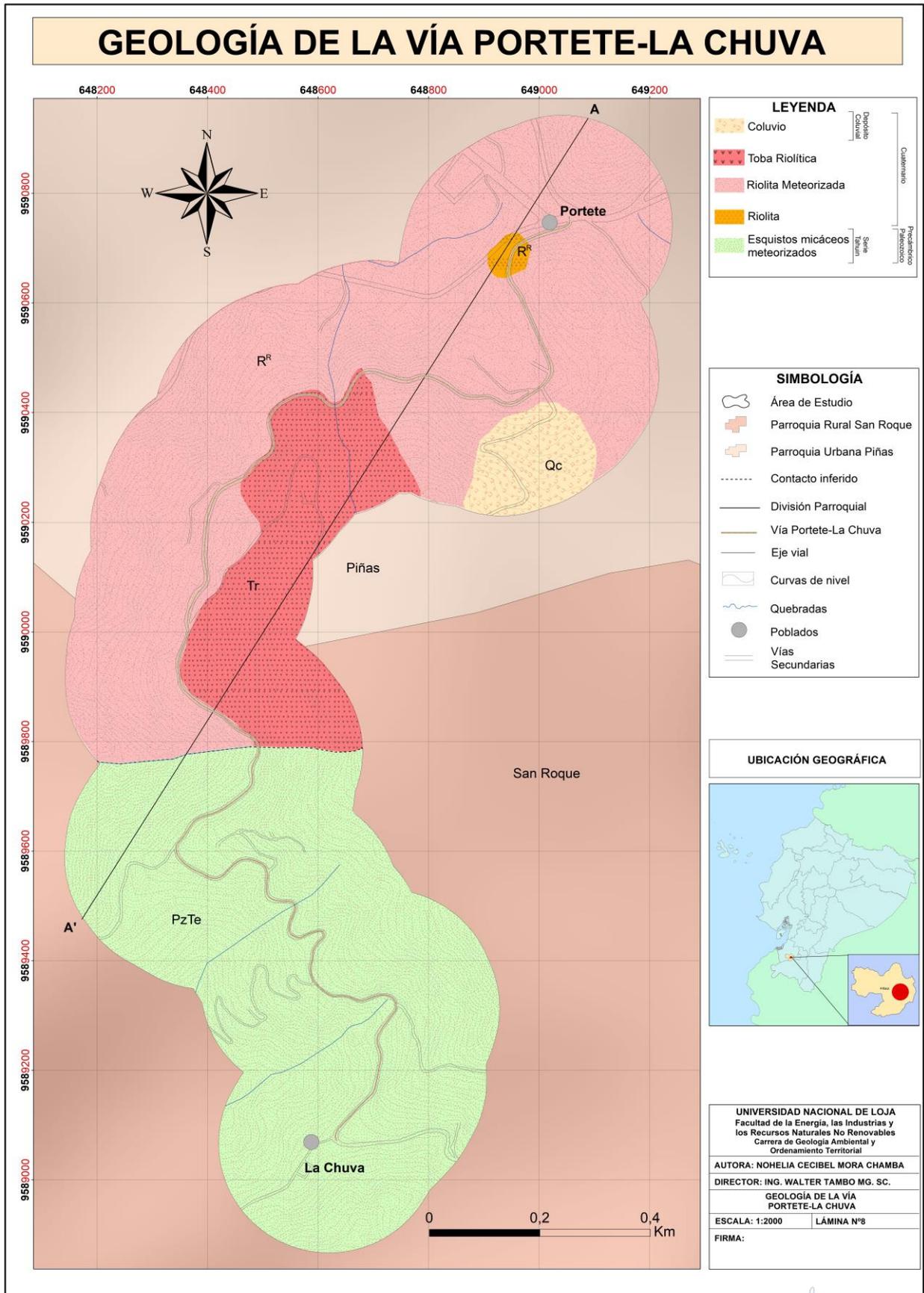
**Figura 38.** Deslizamiento más representativo.

El deslizamiento en cuestión está geográficamente localizado en las coordenadas x: 648490 m, y: 9589741 m. La zona presenta abundante cobertura vegetal tanto en la superficie como en los márgenes. En términos de dimensiones, abarca un ancho de 70 m y una altura de 25 m. Se compone de Esquistos micáceos meteorizados. La acción de factores climáticos ha ocasionado su desplazamiento. Desde un punto de vista morfológico, este deslizamiento presenta una forma cóncava orientada hacia arriba. Por su composición y comportamiento, este evento se clasifica como un deslizamiento de tipo rotacional. Ver anexo 10.

La zona de estudio se compone de depósitos del Cuaternario, como los Coluvios, que representan materiales relativamente jóvenes acumulados al pie de laderas como resultado de procesos gravitacionales. La presencia de Toba Riolítica en la superficie sugiere la ocurrencia de episodios volcánicos pasados que resultaron en la deposición de cenizas y fragmentos por medio de flujos piroclásticos.

La riolita, una roca ígnea de naturaleza ácida, se formó a partir de magma altamente viscoso que se solidificó lentamente, permitiendo el desarrollo de cristales de cuarzo y feldespatos. Su proceso de enfriamiento pudo haber ocurrido tanto en la superficie durante erupciones explosivas como en profundas cámaras magmáticas. Los procesos exógenos (aire, agua, viento, clima, actividad biológica y antrópica) son responsables de la meteorización de la riolita.

En contraste, los materiales de edad Precámbrico-Paleozoico, como los Esquistos de Capiro de la Serie Tahuin, están altamente meteorizados debido a la exposición a los agentes exógenos (aire, agua, viento, clima, actividad biológica y antrópica). Se han observado cambios litológicos en la zona, lo que sugiere un contacto discordante entre las litologías ígneas y metamórficas presentes en el área de estudio.



**Figura 39.** Mapa Geológico de la vía Portete-La Chuva.

### 6.1.2. Corte Geológico

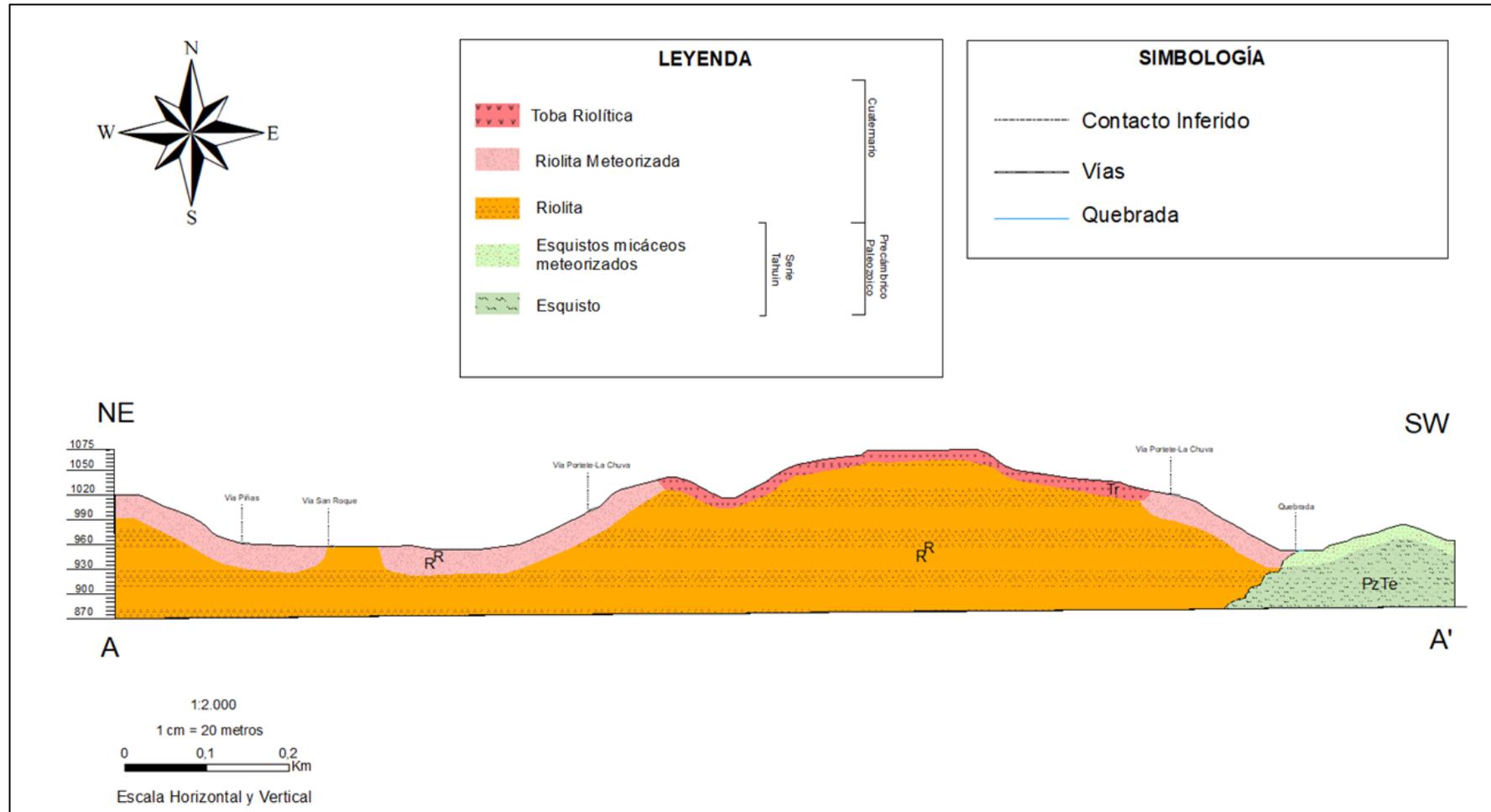


Figura 40. Corte Geológico.

El corte geológico es una representación gráfica que ilustra las características geológicas de un lugar. En este caso particular, se presenta una zona en la que se destaca la presencia de dos materiales volcano-sedimentario (Riolita y Toba Riolítica) que se presenta en forma de un macizo rocoso en la superficie.

Debido a la acción de la meteorización, la riolita que se encuentra en la superficie ha experimentado un alto grado de meteorización. Sobre este material se sitúa una capa de toba riolítica, la cual tiene un origen volcano-sedimentario. Esta toba riolítica emergió como lava durante eventos volcánicos y posteriormente se solidificó.

Se puede inferir la existencia de un contacto discordante entre Riolita, Riolita meteorizada y Toba Riolítica que pertenecen a la formación Tarqui con la Unidad Esquistos de Capiro de la Serie Tahuin, con el esquisto micáceo meteorizado, mientras que como basamento está el esquisto sano.

Este corte geológico proporciona una valiosa comprensión de la disposición de las diversas capas y formaciones rocosas en la zona en cuestión, así como de los procesos geológicos que han dado forma a la zona a lo largo del tiempo.

## 6.2. Resultados para el segundo objetivo

### 6.2.1. Ensayo de compresión simple

Luego de haber realizado las pruebas de la resistencia a la compresión a cada una de las muestras se llegó a los siguientes resultados:

**Tabla 17.** Resultados de ensayo de compresión simple.

Datos	N°	Peso (gr)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Profundidad (mm)	Esfuerzo (KN)	Esfuerzo (MPa)
<b>Riolita</b>	M1.1	291	49,82	49,78	49,88	91,8	37,15
	M1.2	302	50,13	49,52	49,65	108,6	43,88
	M1.3	297	50,29	49,71	49,74	130,4	52,27
<b>Promedio</b>							44,43
<b>Toba Riolítica</b>	M2.1	311	49,46	50,38	49,97	111,8	44,82
	M2.2	313	50,67	49,5	50,65	134,2	53,49
	M2.3	314	50,32	49,41	50,61	138,2	55,74
<b>Promedio</b>							51,35

El ensayo de compresión simple determina la resistencia a la compresión no confinada de un material. Este ensayo proporcionó información crucial sobre la capacidad de la roca para resistir cargas aplicadas en una dirección axial. En este caso la Riolita con un promedio de 44.43 MPa es menos resistente que la Toba Riolítica con 51.35 MPa,

valores fundamentales que son empleados para la caracterización del macizo rocoso por el método de Bieniawski.

## 6.2.2. *Propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso*

### 6.2.2.1. **Propiedades índices de las rocas.**

**Tabla 18.** Propiedades índices de las rocas.

<b>Propiedades</b>	<b>Toba Riolítica</b>	<b>Riolita</b>
<b>Densidad</b>	2,59	2,66
<b>Peso específico aparente</b>	2,52	2,43
<b>Peso específico real</b>	2,59	2,66
<b>Humedad</b>	0,74	1,01
<b>Porosidad</b>	2,78	8,76
<b>Porosidad eficaz</b>	3,82	10,20
<b>Porosidad cerrada</b>	0,04	0,10
<b>Coefficiente de absorción</b>	1,51	4,20
<b>Compacidad</b>	97,22	91,24
<b>Módulo de saturación</b>	137,06	116,40

Estas propiedades clave permiten comprender y evaluar de manera precisa y eficiente el entorno geológico para diversas aplicaciones, como el comportamiento de los taludes en la vía.

*Densidad:* La riolita tiene una densidad de 2,66 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la toba riolítica tiene una densidad ligeramente menor de 2,59 g/cm<sup>3</sup>. La densidad proporciona información sobre la masa de la roca por unidad de volumen y es crucial para comprender su resistencia y capacidad de soporte de carga.

*Peso específico aparente y real:* La toba riolítica tiene un peso específico aparente de 2,52 g/cm<sup>3</sup> y un peso específico real de 2,59 g/cm<sup>3</sup>. La riolita, por otro lado, tiene un peso específico aparente de 2,43 g/cm<sup>3</sup> y un peso específico real de 2,66 g/cm<sup>3</sup>. Estos valores proporcionan información sobre la relación entre el peso de la roca y el volumen que ocupa, lo que es crucial para evaluar su comportamiento bajo cargas estáticas y dinámicas.

*Humedad:* La toba riolítica tiene una humedad del 0,74%, mientras que la riolita tiene una humedad ligeramente mayor del 1,01%. La humedad es importante para comprender la interacción de la roca con el agua y su susceptibilidad a la erosión y la degradación.

*Porosidad:* La porosidad de la toba riolítica es del 2,78%, mientras que la riolita tiene una porosidad más alta del 8,76%. La porosidad indica la proporción de espacios vacíos en la roca y es esencial para evaluar su capacidad de retención de agua y su resistencia a la compresión y la degradación.

*Porosidad efectiva y porosidad cerrada:* La porosidad efectiva de la toba riolítica es del 3,82%, mientras que la riolita tiene una porosidad efectiva más alta del 10,20%. La porosidad cerrada, que no contribuye a la permeabilidad, es del 0,04% en la toba riolítica y del 0,10% en la riolita.

*Coefficiente de absorción:* La toba riolítica tiene un coeficiente de absorción de 1,51, mientras que la riolita tiene un coeficiente de absorción más alto de 4,20. Este valor es crucial para evaluar la interacción de las rocas con el agua y su resistencia a la erosión y la meteorización química.

*Compacidad:* La toba riolítica tiene una compacidad del 97,22%, mientras que la riolita tiene una compacidad ligeramente menor del 91,24%. La compacidad refleja la proximidad de los granos minerales y la ausencia de espacios vacíos en la estructura de la roca, lo que es esencial para comprender su resistencia y estabilidad.

*Módulo de saturación:* El módulo de saturación de la toba riolítica es de 137,06, mientras que la riolita tiene un módulo de saturación ligeramente más bajo de 116,40. El módulo de saturación es importante para comprender la capacidad de la roca para retener agua bajo condiciones de saturación y su resistencia a la degradación y la erosión.

Ciertos valores, como una mayor porosidad y coeficiente de absorción, pueden indicar una mayor susceptibilidad a la erosión y la degradación. La porosidad más alta sugiere una mayor capacidad de retención de agua y una mayor probabilidad de que la roca sea afectada. Además, la compacidad ligeramente más baja en la riolita en comparación con la toba riolítica podría indicar una estructura ligeramente menos resistente. Sin embargo, la estabilidad y la resistencia de una roca en un talud o en cualquier otra aplicación geotécnica dependen de una serie de factores adicionales, que se analizan conjuntamente, como la resistencia a la compresión simple de la roca que se estableció y la caracterización de los macizos, que se determinan a continuación:

**6.2.2.2. Caracterización de los macizos rocosos.** Se caracterizaron 3 macizos rocosos ubicados en las siguientes coordenadas:

**Tabla 19.** Ubicación de afloramientos.

<b>Macizo Rocosos</b>	<b>Coordenadas de los macizos rocosos, UTM WGS85</b>		
Nº1	<b>X:</b> 648585 m	<b>Y:</b> 9590431 m	<b>Z:</b> 984 m.s.n.m
Nº2	<b>X:</b> 648661 m	<b>Y:</b> 9590443 m	<b>Z:</b> 997 m.s.n.m
Nº3	<b>X:</b> 648954 m	<b>Y:</b> 9590694 m	<b>Z:</b> 962 m.s.n.m

**6.2.2.2.1. Talud N°1**

El talud N°1 está conformado por Toba Riolítica, presenta poca cobertura vegetal, se encuentra altamente meteorizado, en las partes laterales que conforman el afloramiento se observa los cambios y las alteraciones de la roca. Se estableció dos zonas; dentro de las cuales se obtuvo datos de 4 estaciones para obtener datos del macizo y a su vez analizarlo.



**Figura 41.** Zonificación del talud N°1.

A continuación, en la figura se presentan las estaciones establecidas con una dimensión de 1m<sup>3</sup>:



**Figura 42.** Estaciones para caracterización del macizo rocoso N°1.

#### 6.2.2.2.2. Talud N°2

El talud N°2 está conformado por Toba Riolítica, presenta cobertura vegetal moderada, se encuentra altamente meteorizado, en las partes laterales que conforman el afloramiento se observa los cambios y las alteraciones de la roca. Se estableció dos zonas; dentro de las cuales se obtuvo datos de 5 estaciones para obtener datos del macizo y a su vez analizarlo.



**Figura 43.** Zonificación del talud N°2.

A continuación, en la figura se presentan las estaciones establecidas con una dimensión de 1m<sup>3</sup>:



**Figura 44.** Estaciones para caracterización del macizo rocoso N°2.

#### 6.2.2.2.3. Talud N°3

El talud N°3 está conformado por Riolita, presenta escasa cobertura vegetal, se encuentra altamente meteorizado, en las partes laterales que conforman el afloramiento se observa los cambios y las alteraciones de la roca. Se estableció dos zonas; dentro de las cuales se obtuvo datos de 2 estaciones para obtener datos del macizo y a su vez analizarlo.



**Figura 45.** Zonificación del talud N°3.



**Figura 46.** Estaciones para caracterización del macizo rocoso N°3.

- **RQD (Rock Quality Designation)**

A partir de los datos obtenidos en los 3 macizos rocosos se determinó el índice de la calidad de la roca, resultando lo siguiente:

**Tabla 20.** RQD.

<b>MACIZO ROCOSO N°1</b>	<b>RQD</b>	20,83
	<b>Calidad</b>	Muy Mala
<b>MACIZO ROCOSO N°2</b>	<b>RQD</b>	22,39
	<b>Calidad</b>	Muy Mala
<b>MACIZO ROCOSO N°3</b>	<b>RQD</b>	52,23
	<b>Calidad</b>	Regular

Ver anexo 16 para encontrar los datos de campo.

- **RMR de Bieniawski**

**Tabla 21.** RMR de Bieniawski.

<b>Macizo Rocosos</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>
<b>Clase</b>	IV	IV	III
<b>Calidad</b>	Mala	Mala	Media
<b>Valoración RMR</b>	40	38.4	52.23
<b>Cohesión</b>	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	2-3 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ángulo de rozamiento</b>	15°-25°	15°-25°	25°-35°

Ver anexo 15, 17, 18 y 19 para encontrar los datos de campo y el proceso en gabinete.

- **SMR (Slope Mass Rating)**

Los resultados del SMR se muestran a continuación:

**Tabla 22.** SMR.

<b>Clases de estabilidad</b>			
<b>Macizo Rocoso</b>	<b>Nº1</b>	<b>Nº2</b>	<b>Nº3</b>
<b>SMR</b>	21	16	31
<b>Descripción</b>	Mala	Muy Mala	Mala
<b>Estabilidad</b>	Inestable	Totalmente Inestable	Inestable
<b>Roturas</b>	Juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas
<b>Tratamiento</b>	Corrección	Reexcavación	Corrección

Ver anexo 20 para encontrar los valores a detalle.

- **GSI (Geological Strength Index)**

Los resultados son los siguientes:

**Tabla 23.** Resultados del GSI.

<b>GSI-Macizo 1</b>	34,7	Calidad Mala
<b>GSI-Macizo 2</b>	33,4	Calidad Mala
<b>GSI-Macizo 3</b>	46	Calidad Regular

Ver anexo 21 para encontrar los datos del GSI.

Los resultados obtenidos para evaluar la calidad de los macizos rocosos mediante los métodos RMR de Bieniawski y GSI están intrínsecamente relacionados. No solo en las características de las discontinuidades, resistencia de la roca sana. Esto se debe a que la base del método GSI se basa en los valores derivados del método RMR; es decir, los valores obtenidos en el RMR son el fundamento sobre la cual se construye el GSI. En el caso específico de los dos primeros macizos, el método GSI arrojó valores de 34.7 y 33.4, que concuerdan con los valores obtenidos mediante el método RMR, ambos indicando una calidad mala. Por otro lado, el tercer macizo, con un valor GSI de 46, fue evaluado como de calidad regular.

Es importante señalar que los valores del método RMR no presentan divergencias sustanciales, ya que se obtuvieron cifras de 38.4 y 40, las cuales indican una calidad mala para los macizos correspondientes. Del mismo modo, el tercer macizo recibió una evaluación de calidad regular con un valor de 52.23. En resumen, la consistencia entre los resultados de los métodos RMR y GSI refuerza la evaluación de la calidad

geomecánica de los macizos rocosos y proporciona una base sólida para las conclusiones relacionadas con la estabilidad de los taludes.

La clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) posibilita la evaluación de la calidad del macizo rocoso mediante la consideración de varios factores clave. Estos incluyen la resistencia inherente de la roca sin alteraciones, el nivel de fracturación y diaclasado presente en las discontinuidades del macizo, la influencia de la presencia de agua, y la orientación de las discontinuidades en relación con los componentes del análisis, en este caso, los taludes.

De acuerdo con los resultados derivados de la clasificación geomecánica de Bieniawski, se recurre a la utilización de la figura 22, concebida por el profesor Bieniawski en 1989. Esta figura permite realizar un análisis de los resultados al compilar datos relacionados con el tiempo de estabilidad sin necesidad de soporte. La figura en cuestión establece una relación entre el tiempo de permanencia estable sin el uso de soporte y la longitud de la apertura en la que un macizo rocoso puede permanecer expuesto. Dicha longitud se define con base en la calidad obtenida mediante datos de campo, cálculos y ensayos realizados.

En este contexto, los valores resultantes de RMR, que van de 40% y 38.4%, categorizan los macizos como de mala calidad. Esto implica que el talud N°1 tiene la capacidad de permanecer abierto durante 22 horas con una abertura de 6 metros de longitud antes de sufrir un colapso inmediato. Por su parte, el talud N°2 puede permanecer abierto durante 19 horas con una abertura de 5.80 metros antes de sufrir un colapso inmediato.

Para el caso del talud N°3, con un valor de RMR del 51%, se prevé que pueda permanecer abierto durante 4 días, siempre que la apertura no exceda los 10 metros de longitud.

En resumen, estos análisis basados en la clasificación RMR proporcionan información esencial sobre la estabilidad y el comportamiento potencial de los taludes en función de la calidad geomecánica del macizo rocoso.

### 6.3. Resultados para el tercer objetivo

El factor de seguridad es una medida para determinar si un talud de roca o suelo es estable o si existe el riesgo de un colapso, deslizamiento o desprendimiento de rocas. A continuación, se muestran los resultados de dos taludes más representativos de la zona de estudio, analizados por diferentes métodos en el software Slide 6.0 y mediante fórmulas planteadas por Braja M. Das (2013) para taludes de suelos con y sin infiltración, y, por Culmann (1875) para taludes de rocas.

#### 6.3.1. Talud N°1

**Tabla 24.** Datos del talud N°1.

Parámetros geotécnicos del talud 1				
Litología	Color	Peso específico KN/m <sup>3</sup>	Cohesión KN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción
Esquisto micáceo meteorizado		17	12	35
Esquisto micáceo meteorizado húmedo		19.71	0	35
Esquistos sanos		25	0	37
<b>Promedio</b>		20.57	4	35.66
<b>Altura del talud</b>				25 m
<b>Ángulo de inclinación</b>				33°
<b>Peso saturado</b>	18.1	20.2	26.3	<b>Prom: 21.5</b>

Aplicando el método de talud infinito se obtuvo los siguientes resultados:

#### Talud Infinito sin Infiltración

$$FS_s = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$$

$$FS_s = \frac{4}{20.57 * 25 * \cos(33)^2 * \tan(33)} + \frac{\tan(35.66)}{\tan(33)}$$

$$FS_s = 1.12$$

## Talud Infinito con Infiltración

$$FS_{sat.} = \frac{c}{\gamma_{sat} * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} * \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$$

$\gamma'$ . – peso específico del suelo:

$$\gamma' = (\gamma_{sat} - \gamma_{agua})$$

$$\gamma' = (21.5 - 1)$$

$$\gamma' = 20.5$$

$$FS_{sat.} = \frac{4}{21.5 * 25 * \cos(33)^2 * \tan(33)} + \frac{20.5}{21.5} * \frac{\tan(35.66)}{\tan(33)}$$

$$FS_{sat.} = 1.07$$

El talud se encuentra en un grado de meteorización alto, en esta zona se da lugar el deslizamiento más importante de la zona de estudio, debido a que, una vivienda está vulnerable ante este. Como resultado se obtiene un factor de seguridad de 1.12 sin infiltración y 1.07 con infiltración, lo cual indica que se encuentra en estado crítico con probabilidad de que ocurra fallo, en temporada invernal, considerando como factor detonante las precipitaciones.

Utilizando el software Slide 6.0 para taludes sin infiltración y empleando los métodos Bishop Simplificado, Janbú Simplificado y Spencer se obtuvo los siguientes resultados:

- **Bishop Simplificado**

Como resultado se obtiene un factor de seguridad 1.281 sin infiltración, lo cual indica que se encuentra en estado crítico con probabilidad de que ocurra fallo.

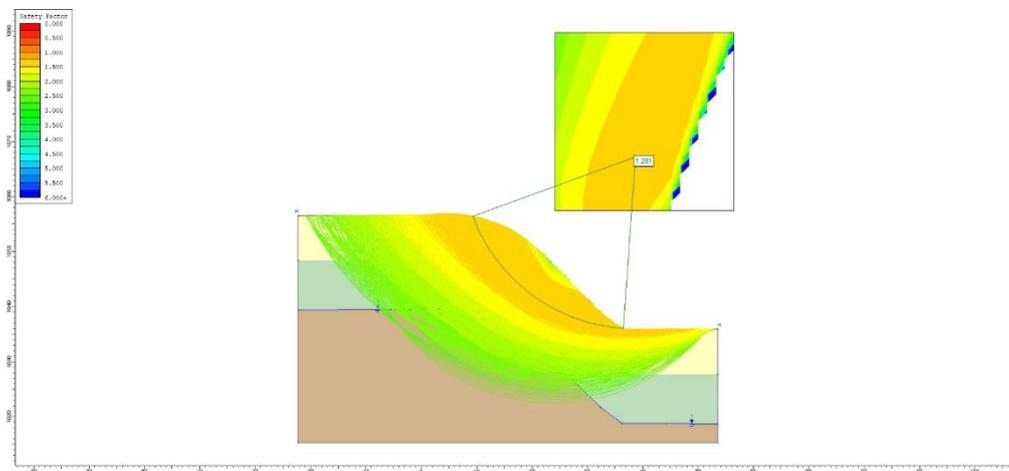
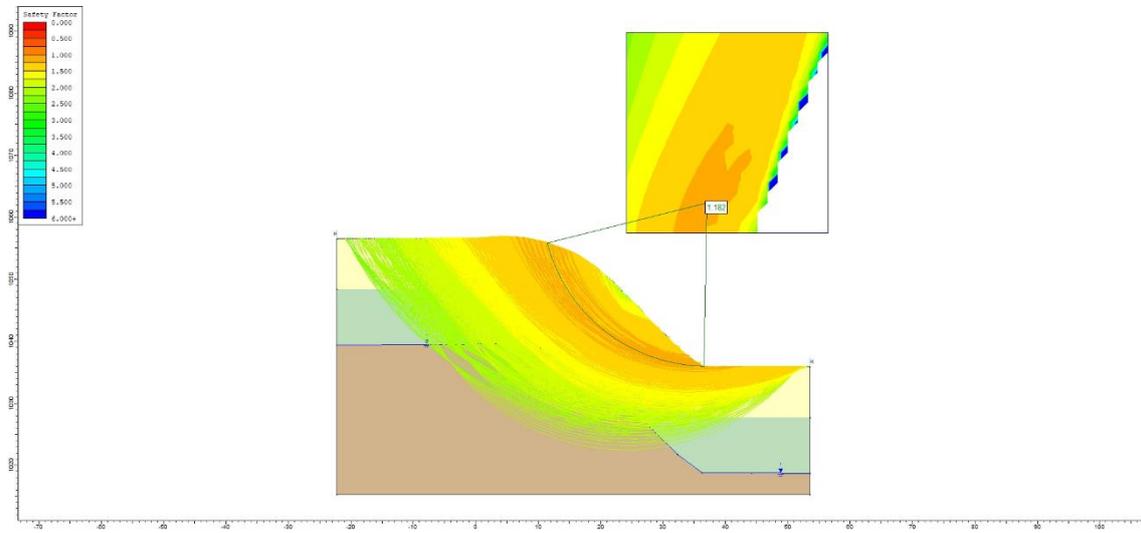


Figura 47. Bishop Simplificado.

- **Janbú Simplificado**

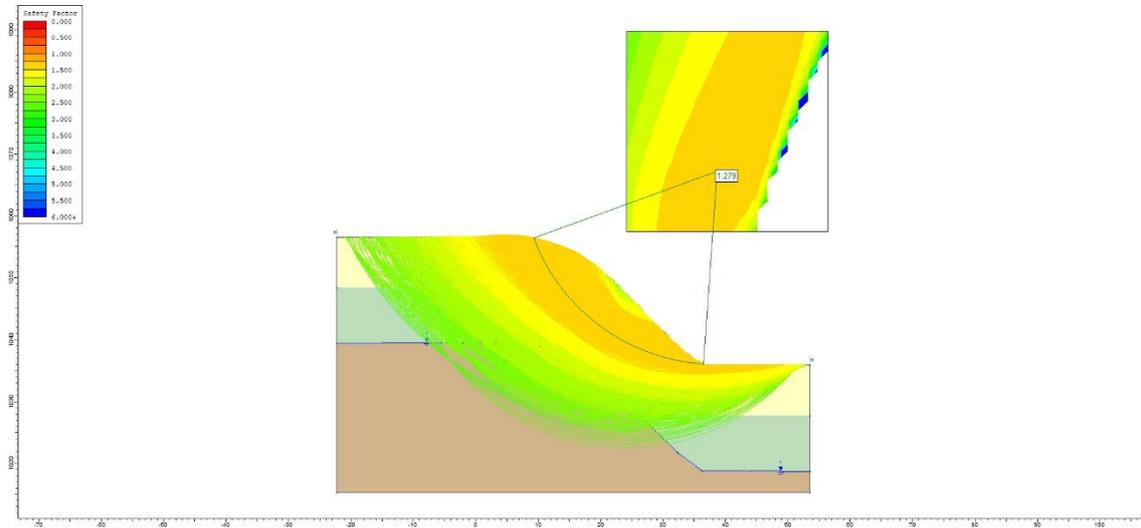
Como resultado se obtiene un factor de seguridad 1.182 sin infiltración, lo cual indica que se encuentra en estado crítico con probabilidad de que ocurra fallo.



**Figura 48.** Janbú Simplificado.

- **Spencer**

Como resultado se obtiene un factor de seguridad 1.279 sin infiltración, lo cual indica que se encuentra en estado crítico con probabilidad de que ocurra fallo.



**Figura 49.** Spencer.

### 6.3.2. Talud N°2

Tabla 25. Datos del talud N°2

Parámetros geotécnicos del talud 2				
Litología	Color	Peso específico KN/m <sup>3</sup>	Cohesión KN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción
Toba Riolítica meteorizada		25.40	0	35°
<b>Altura</b>				14
<b>Ángulo de trabajo <math>\beta</math></b>				72°
<b>Diferencia del ángulo <math>\theta</math></b>				41.67°

Se llevaron a cabo investigaciones detalladas sobre la estructura del talud rocoso, así como sobre la naturaleza de las discontinuidades presentes en el mismo. Utilizando el software RocPlane 2.029, se efectuó un análisis orientado a la predicción de roturas planares en el talud. Este análisis se basó en enfoques determinísticos, en los que se centró exclusivamente en el criterio J1 (Junta 1 del macizo rocoso), el cual identifica las superficies propensas a romperse a lo largo de planos específicos.

La cohesión no será considerada y se asumirá un valor de 0 debido a que las juntas de roca no tienen cohesión, y tiene rotura planar. Sin embargo, se tuvo en cuenta un ángulo de fricción alto.

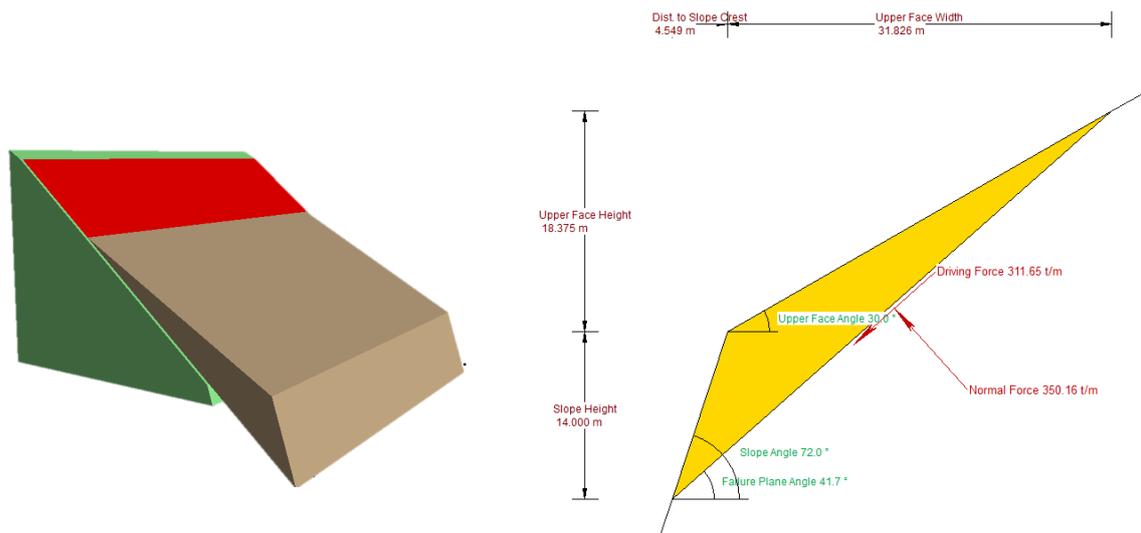


Figura 50. Análisis de FS general, Toba Riolítica.

Como resultado se obtuvo un factor de seguridad en condiciones estáticas de 0.79 lo que indica que se encuentra en estado inestable.

A continuación, se calcula el factor de seguridad, aplicando la fórmula para rotura planar que establece:

$$F_s = \frac{c + \frac{1}{2}\gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \cos\theta \text{sen}\theta \text{tg}\phi}{\frac{1}{2}\gamma * H \frac{\text{Sen}(\beta - \theta)}{\text{Sen}\theta - \text{Sen}\beta} \text{sen}^2\theta}$$

$$F_s = \frac{0 + \frac{1}{2}25.40 * 14 \frac{\text{Sen}(72 - 41.67)}{\text{Sen}41.67 - \text{Sen}72} \cos41.67 \text{sen}41.67 \text{tg}35}{\frac{1}{2}25.40 * 14 \frac{\text{Sen}(72 - 41.67)}{\text{Sen}41.67 - \text{Sen}72} \text{sen}^241.67}$$

$$F_s = 0.79$$

El software RocPlane 2.029 permitió corroborar el resultado del factor de seguridad establecido por la fórmula de rotura planar, el resultado obtenido para ambos métodos fue 0.79, lo que significa que el talud es inestable, ante esto se determina que hay desprendimiento de rocas, de manera que necesita medidas correctivas.

## 7. Discusión

La discusión se centró en el análisis de los resultados obtenidos mediante la metodología planteada para la caracterización geológica-geotécnica de la vía Portete-La Chuva.

La zona de estudio se caracteriza por la presencia mayoritaria de pendientes clasificadas como, "muy inclinadas" en un 69.52%, con una inclinación que varía entre 15 y 35 grados, junto con un 12.85% de pendientes categorizadas como "empinadas" con grados que oscilan entre 35 y 55 grados. En este tipo de entornos, es esencial realizar un análisis detallado de la geología circundante, especialmente en relación con los materiales presentes, como los esquistos meteorizados, la riolita meteorizada, el macizo de riolita y la toba riolítica. Los esquistos meteorizados, alterados por procesos físicos y químicos a lo largo del tiempo, pueden presentar una estabilidad reducida en pendientes pronunciadas. Por otro lado, la riolita, como una roca ígnea volcánica con alta viscosidad, podría exhibir distintos grados de meteorización que determinarían su comportamiento en condiciones de inclinación, siendo más inestables y propensos a deslizamientos.

Además, al considerar los materiales meteorizados con un ángulo de fricción aproximado de 35 grados y su relación con las pendientes predominantes (15°-35°), se deduce que estos materiales tienen una capacidad razonable para resistir el deslizamiento en el rango de pendientes mencionado. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los taludes cuando las pendientes son más pronunciadas (35°-55°) podrían verse afectados en su estabilidad, lo que requiere una consideración minuciosa y una planificación geotécnica adecuada para garantizar la seguridad de cualquier construcción o actividad en esas áreas. En cuanto a los macizos rocosos como la Riolita con generalmente ángulos de fricción de 55° se presentan más estables ante estas pendientes, sin embargo, dependen de varios factores como determinar la estabilidad de un talud (propiedades físicas, grado de meteorización, agua, discontinuidades, etc.)

Mediante la obtención de la calidad del macizo rocoso principalmente por la metodología propuesta por Bieniawski se pudo establecer que tres macizos rocosos representativos fueron clasificados en las categorías III y IV. Estos macizos presentaron una calidad de roca media, con un valor del 52.23%, y mala, con valores del 40% y 38.4%, respectivamente. Considerando estos resultados, podemos determinar que en la vía Portete-La Chuva con frecuencia se presentan desprendimientos de rocas; al evaluar la calidad con parámetros de suma importancia como: RQD (índice de calidad de la roca) que determinó que los macizos de Toba Riolítica tienen muy mala calidad y el de Riolita

calidad Regular, grado de meteorización muy alterado, resistencia a la compresión uniaxial de la roca inalterada con valores de 44.43 MPa para Riolita y 51.35 Mpa para Toba Riolítica, distancia entre sí de fisuras que es muy separada, orientación del rumbo y el buzamiento, separación de las fisuras (entre grietas) que van de abiertas hasta muy anchas, continuidad de las fisuras, infiltración de aguas subterráneas. Es así, que, relacionando todos estos parámetros con la geología de la zona de estudio (Riolita y Toba Riolítica), se establece que los macizos rocosos que conforman la vía, se encuentran inestables y requieren medidas de mitigación.

Para determinar la estabilidad de dos taludes representativos de la zona de estudio primeramente se los escogió por las condiciones que presentaron en campo, el talud de suelos que está conformado por esquistos micáceos altamente meteorizados o se lo puede denominar como saprolito, al tener en la parte superior una vivienda, lo cual genera riesgo para sus habitantes por deslizamiento con mayor repercusión en temporada invernal, se lo evaluó obteniendo un factor de seguridad que estableció que el talud se encuentra en estado crítico ( $F_s=1.07$ ) que significa que tiene probabilidad de ocurrir fallo, donde su factor detonante podrían ser principalmente las precipitaciones. En el caso de talud de rocas litológicamente conformado por Toba Riolítica; al presentar continuamente desprendimiento de rocas se determinó que es inestable ( $F_s=0.79$ ) por lo cual es indispensable que se realicen medidas de mitigación para contrarrestar los daños que produce y precautelar la seguridad de la comunidad.

De acuerdo a Valarezo (2021) en su estudio realizado en la ciudad de Piñas empleando la metodología de Mora Vahrson (1994) establece la presencia mayoritariamente de pendientes “Altas” (50.1 – 80%) y “Muy Altas” (> 80.1%) que cubren un 50% del área de estudio, pendientes “Moderadas” (17.6 – 30%) y “Medias” (30.1 – 50%) abarcan el 37.0% del total, pendientes “Muy bajas” (0 - 7.5%) y “Bajas” (7.6 – 17.5%), cubren un total del 13% del área. Lo que difiere con lo que se determinó en esta investigación desde la metodología empleada que fue la postulada por Demek (1972) hasta los resultados, debido a que, se estableció que predomina en su mayoría la categoría de pendientes "muy inclinadas" (15°-35°), que abarca un 69,52% del área. La siguiente categoría, que representa el 15,46% del terreno, se refiere a "pendientes fuertemente inclinadas" (5°-15°), principalmente ubicadas en el norte del área estudiada. No se identifican pendientes planas en la zona. Además, se registra un porcentaje de un 12,85% para pendientes "empinadas" (35°-55°), seguidas por la clase de pendientes "ligeramente inclinadas" (0°-5°) con un 2,09%. Por

último, se presentan pendientes "verticales" ( $>55^\circ$ ), aunque con una presencia mínima representada por un escaso 0,06%.

De acuerdo con González de Vallejo et al. (2002), la clasificación más práctica en el ámbito de la mecánica de rocas es el RMR, ya que toma en consideración las propiedades tanto de la matriz rocosa como de las discontinuidades. Los resultados de la caracterización revelaron que tres macizos rocosos representativos fueron clasificados en las categorías III y IV, según la clasificación geomecánica de Bieniawski. Estos macizos presentaron una calidad de roca media, con un valor del 52.23%, y mala, con valores del 40% y 38.4%, respectivamente. Los estudios mediante RMR de Valarezo (2021) difieren debido a que, el análisis que obtuvo en los macizos rocosos de material ígneo volcánico se posiciona en la clase I o calidad Muy Buena. Este contraste se debe a las condiciones en las que se encuentra el macizo, las discontinuidades, alteración, fracturación, entre otros. Mientras que, si relacionamos el estudio de macizos rocosos de Guevara (2020) contrastamos debido a que, el autor determina que de los macizos rocosos que estudió, poseen una calidad buena (clase II) y regular (clase III), pero especifica que, pesar de contar con una buena clasificación es necesario tener en cuenta que los taludes poseen un ángulo de inclinación casi vertical, pudiendo provocar deslizamientos o caídas de rocas por efectos gravitatorios. Las diferencias inherentes en los estudios del macizo se deben principalmente a la zona en la que se encuentran por las condiciones y características que presentan como su tipo de litología, como es el caso de Guevara (2020) que realiza su análisis sobre materiales como andesitas donde obtiene una calidad Buena y la clase Regular obtenida en los macizos de Tobas silicificadas.

Como resultado del análisis del factor de seguridad, se estableció que el talud compuesto por suelos se presenta en estado crítico: Esto indica que las condiciones actuales del talud están al límite de su estabilidad y que cualquier cambio adicional en las condiciones ambientales podría desencadenar un deslizamiento o un colapso. Con el Factor de seguridad mediante la fórmula establecida por Braja M. Das (2013) se obtuvo valores de 1.12 en ausencia de infiltración y 1.07 bajo condiciones de infiltración: Esto sugiere que, incluso en condiciones normales, el talud está operando con un margen de seguridad relativamente bajo. La presencia de infiltración reduce aún más este margen, lo que indica que la presencia de agua está debilitando la resistencia del suelo y aumentando el riesgo de falla durante la temporada invernal. En el caso del Talud constituido por roca con el uso de la fórmula orientada a la rotura planar propuesta por Culman (1985) y el software Rockplane 2.029, implica que se utilizaron métodos

específicos y herramientas especializadas para evaluar la estabilidad del talud rocoso, lo que sugiere que se llevaron a cabo análisis detallados y precisos para llegar a la conclusión de inestabilidad. Obteniendo el Factor de seguridad de 0.79 el cual Este claramente indica que la inclinación del talud es demasiado pronunciada para las propiedades de la roca en cuestión, lo que sugiere que la estabilidad del talud está comprometida y que existe un riesgo significativo de deslizamiento o colapso. En ambos casos, es esencial considerar factores adicionales, como la posibilidad de cambios estacionales y condiciones ambientales adversas. Finalmente, ambos taludes requieren la implementación de medidas correctivas con el fin de lograr su estabilización efectiva.

## 8. Conclusiones

De acuerdo a la geología local, el área de estudio está conformada al norte de la zona por Riolita meteorizada abarcando un total de 67.94 hectáreas. En el noreste, encontramos 14.04 hectáreas de Toba Riolítica, y al norte, una pequeña extensión de 0.46 hectáreas de macizo rocoso de Riolita. Además, en la parte noreste, se identifican 3.62 hectáreas de Coluvio. Todas estas litologías pertenecen a la Formación Tarqui. Por otro lado, en la zona sur del área de estudio, se extienden 45.42 hectáreas de Esquistos micáceos meteorizados. Estos esquistos son parte de la Unidad Esquistos de Capiro de la Serie Tahuin. Ubicando así por los cambios litológicos un contacto discordante entre las Unidades Geológicas mencionadas.

En el marco geotécnico, se determinó las propiedades índices de las rocas, con las muestras obtenidas en campo y analizadas en laboratorio. El ensayo de compresión simple permitió conocer la resistencia de la roca sana al aplicar una carga, dando como resultado un esfuerzo de 44.43 Mpa para la Riolita 51.35 para la Toba Riolítica, lo que quiere decir que la Riolita es más resistente; sin embargo, para afirmar que un macizo rocoso es estable se requiere de un conjunto de estudios que permitan analizar su estabilidad, como las propiedades físicas de las rocas y la caracterización del macizo rocoso.

La caracterización geomecánica de los macizos rocosos, identificados como Macizo N°1 y N°2 compuestos por Toba Riolítica, y Macizo N°3 compuesto por Riolita, se llevó a cabo mediante la aplicación de diversos métodos. Aplicando el método RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski, se determinó que los Macizos N°1 y N°2 exhiben una calidad mala con valores de 40% y 38.4%, respectivamente. En contraste, el Macizo N°3 recibió una evaluación de calidad media, con un puntaje de 51%. Finalmente, el método GSI (Geological Strength Index), basado en los resultados del RMR, arrojó porcentajes de mala calidad del 34.7% y 33.4% para los Macizos N°1 y N°2, mientras que para el Macizo N°3 se obtuvo un valor de 46 que indica una calidad regular. Una observación relevante es que ambos métodos coinciden de manera consistente en sus resultados al indicar que los Macizos N°1 y N°2 poseen una calidad mala, mientras que el Macizo N°3 exhibe una calidad regular.

En relación al análisis de estabilidad realizado en el área de estudio, se han identificado y evaluado dos taludes con orientación hacia el Noreste. En cuanto al Talud N°1, compuesto por suelos de esquistos micáceos meteorizados, se ha calculado un factor de seguridad de 1.12. Este valor indica que el talud se encuentra en un estado crítico en términos de estabilidad. Por otro lado, en el caso del Talud N°2, compuesto por roca toba

riolítica, se ha determinado un factor de seguridad de 0.79. Este valor refleja claramente que el talud es inestable. Estos resultados subrayan la importancia de tomar medidas inmediatas para abordar la estabilidad de ambos taludes. Las acciones correctivas y las estrategias de estabilización serán esenciales para mitigar los riesgos asociados y garantizar la seguridad de la zona de estudio.

## **9. Recomendaciones**

Se recomienda a las autoridades competentes que consideren los estudios desarrollados con el objetivo de contribuir a la búsqueda de soluciones efectivas para abordar la inestabilidad vial en la zona de estudio.

Para futuras obras en la zona se recomienda mejorar la escala de trabajo existente. Esto puede incluir la recopilación de datos adicionales, una mayor precisión en la cartografía geológica, un mapeo más detallado de las unidades geológicas y una mayor profundidad en los análisis geotécnicos.

Para aprovechamiento del área a futuro en cuanto a construcciones ingenieriles, se recomienda aumentar los estudios, como realizar SPTs, clasificación de suelos, refracción sísmica, calicatas geotécnicas con el fin de obtener una correlación de datos más exacta.

Se sugiere llevar a cabo una evaluación detallada de las condiciones geotécnicas y geológicas de los taludes para comprender mejor las causas subyacentes de su inestabilidad. En el caso del talud de suelos, se debe considerar la posible implementación de medidas de estabilización, como sistemas de drenaje para el control de la infiltración de agua y la prevención de la erosión. Por otro lado, en el talud de rocas, se puede evaluar la viabilidad de aplicar anclajes, mallas de protección contra caídas de rocas y sistemas de retención. Se recomienda la realización de monitoreo continuo para detectar cualquier cambio en la estabilidad y tomar medidas correctivas según sea necesario.

## 10. Bibliografía

- Alcaldía de Medellín. (2016). *Movimientos En Masa*. Medellin.gov.  
[https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano\\_2/PlandeDesarrollo\\_0\\_8/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2016/CartillaMovMasa.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_8/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2016/CartillaMovMasa.pdf)
- Álvarez Tovar, J. (2020) Evaluación geomecánica del macizo rocoso aplicando el SMR para el diseño del banco en U.E.A. Encanto Blanco LYOF, Chongos Alto [Tesis de Grado, Universidad Continental].  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8743/4/IV\\_FIN\\_110\\_TE\\_Alvarez\\_Tovar\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8743/4/IV_FIN_110_TE_Alvarez_Tovar_2020.pdf)
- Asociación Española de Normalización. (2007). Métodos de ensayo para la piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial (UNE-EN 1926:2007)
- Áviles, E. (s.f). *Provincia de El Oro*. Enciclopedia del Ecuador.  
<http://www.encyclopediadelecuador.com/geografia-del-ecuador/provincia-de-el-oro/>
- Banegas. E. (26 de noviembre de 2012). *Métodos de cálculo*. Slideshare  
<https://es.slideshare.net/EfrainBanegasCapacute/metodos-de-calculo1>
- Bieniawski, Z. T. (1972). Engineering Rock Mass Classifications.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering Rock Mass Classifications.
- Boiero, A. (s.f.). *Caracterización geotécnica del terreno*. Geo.  
<https://geo-webonline.com/caracterizacion-geotecnica-del-terreno/>
- Borselli, L. (2014). *Definición, estructura y propiedades físicas de los geomateriales (rocas y suelos)*. UASLP. [https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia\\_1\\_parte\\_I.pdf](https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_I.pdf)
- Braja M. Das. (2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica. (4ta ed.). Cengage Learning
- Cárdenas, N. (2018, agosto 08). *La geología en Ecuador, una ciencia primordial*. utpl.edu.ec <https://noticias.utpl.edu.ec/la-geologia-en-ecuador-una-ciencia-primordial>
- Culmann, C. (1875). Die Graphische Statik, Meyer and Zeller, Zurich.
- Cordero, D. (2011). Importancia de la Geotecnia Vial. PITRA. 2(11),1-3.
- Diario Correo. (18 de marzo 2022). Crudo invierno destruye vías rurales del altiplano

- oreense. *Diario Correo*. <https://diariocorreo.com.ec/69015/cantonal/crudo-invierno-destruye-vias-rurales-del-altiplano-oreense>
- Echeveste, H. (2018). *Manual de Levantamiento Geológico: Una introducción a la geología de campo* (1° Ed.). Edupl. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69363>
- ESTSUELCON. (2023)
- Fernández, C. (2016). *Aplicación de las clasificaciones geomecánicas del RMR (rock mass rating) y el Índice Q, en el túnel de carga Pilatón Sarapullo – Aguas abajo, entre las abscisas 5+100.00 – 4+600.00*. Proyecto hidroeléctrico Toachi Pilatón”. Guayaquil, Ecuador. [Tesis de grado]
- Geoseismic. (20 de septiembre de 2017). *¿Qué son las Calicatas?* Geoseismic.cl <https://www.geoseismic.cl/calicatas/>
- Geoxnet. (s.f.). Muestreo Geológico. geoxnet. <https://www.geoxnet.com/muestreo-geologico/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Piñas. (2015, 16 de marzo). *Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial Cantonal*. Sistema Nacional de Información SNI. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0760000850001\\_PDOT%20PI%C3%91AS%20DIAGN%C3%93STICO\\_16-03-2015\\_23-39-35.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0760000850001_PDOT%20PI%C3%91AS%20DIAGN%C3%93STICO_16-03-2015_23-39-35.pdf)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial Cantonal*. Sistema Nacional de Información SNI. [https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/07600377700\\_01\\_POT%20SAN%20ROQUE\(1\)\\_30-10-2015\\_22-54-49.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/07600377700_01_POT%20SAN%20ROQUE(1)_30-10-2015_22-54-49.pdf)
- G. Gorshkov y A. Yakushova. (1970). *Geología General*. (V. Grekov Mora, trad.). MIR. (Trabajo original publicado en 1977)
- González de Vallejo et. al. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson
- González de Vallejo, Luis I.; Ferrer Gijón, Mercedes. (2007). *Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Google Earth (2022)
- Guevara, B. (2020). *Caracterización Geomecánica De Los Afloramientos Rocosos Presentes En La Microcuenca “La Mesa”, Cantón Piñas, Provincia De El Oro – Ecuador*. Universidad de Guayaquil

- Heiningen, M. V. (2009, Julio 04). *ESPELEOGÉNESIS: La Formación de Cuevas*. espeleogenesis.blogspot. <http://espeleogenesis.blogspot.com/2009/07/rumbo-y-buzamiento-marius-van-heiningen.html>
- Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua. (2021). *Suelos*. Cedex. <https://hispagua.cedex.es/datos/suelos#2>
- HHTV Noticias. (2022). *Prefectura y Municipio de Piñas, constataron daños vía a Piedra Blanca y Puente Negro* [HHTV Noticias]. Facebook, recuperado el 14 de julio de 2022. [https://www.facebook.com/HHTV2022/photos/a.108734924939828/154364357043551/?type=3&\\_rdc=2&\\_rdr](https://www.facebook.com/HHTV2022/photos/a.108734924939828/154364357043551/?type=3&_rdc=2&_rdr)
- Hoek, E, and Brown, E.T. (1980). Empirical Strength Criterion for Rock Masses. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 106, GT9, pp. 1013-1035
- Hoek, E. and Brown, E.T. (1980a). Empirical strength criterion for rock masses. J. Geotech. Engng.Div., ASCE, 106 (GT9), pp. 1013-1035.
- Hoek, E. y Bray, J. W. (1991). *Manual de estabilidad de taludes*. Institution of Mining and Metallurgy
- Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña. (s.f.). Qué es un mapa geológico. ICGC. <https://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Servicios/Geologia/Aprende-a-interpretar-un-mapa-geologico/Que-es-un-mapa-geologico>
- Instituto Nacional De Defensa Civil INDECI. (2011). *Manual de Estimación del Riesgo Ante Movimientos en Masa en Laderas*. (Cuaderno Técnico N° 03). INDECI. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-1a.pdf>
- Kulhawy, F. y Mayne, P. (1990). *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*. Cornell University Geotechnical Engineering Group. Hollister Hall.
- Ley Sistema Nacional De Infraestructura Vial Transporte Terrestre. Registro Oficial Suplemento 998 de 05-may.-2017
- Maldonado. Y. (s.f.). Macizo rocoso, matriz rocosa y discontinuidades. Descripción y caracterización de macizos rocosos. Geologiaweb. <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/macizo-rocoso/>
- Molina I. y Nitescu B. (s.f.). *Geología Estructural*. Universidad de los Andes. <https://geociencias.uniandes.edu.co/es/investigacion/geologia-estructural>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas un.org. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). Geotecnia y Cimentaciones (NEC-SE-

GC)

Pastén y Sepulveda. (2014). *Estudio Comparativo Entre Requerimientos De Soporte Y Fortificación De Túneles Definidos Según Métodos Empíricos De Clasificación Geomecánica Versus Métodos Analíticos Y Numéricos*. Universidad de Chile.

Pinto, A. (s.f). TALUD; Clasificación, diseño y recomendaciones.

<https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>

Pérez, E. (2005). Estabilidad de Taludes. Universitat Politècnica de Catalunya.

[https://deca.upc.edu/es/el-](https://deca.upc.edu/es/el-departamento/secciones/itcg/docencia/asignaturas/geolquat/ejercicios/P2/analisis-estabilidad)

[departamento/secciones/itcg/docencia/asignaturas/geolquat/ejercicios/P2/analisis-estabilidad](https://deca.upc.edu/es/el-departamento/secciones/itcg/docencia/asignaturas/geolquat/ejercicios/P2/analisis-estabilidad)

Restrepo. L. (17 de junio de 2020). *Factor de Seguridad vs Probabilidad de Falla*.

Integral. <https://www.integral.com.co/factor-de-seguridad-vs-probabilidad-de-falla/>

Rincón M., Vargas W. y González C.(2018). *Topografía Conceptos y Aplicaciones*. Ecoe.

Ruales G. (2013). *Topografía*. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia – UNAD.

[https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Topografia/11.pdf](https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Topografia/11.pdf)

Rodríguez H. (2021). *Cuando el suelo se hunda bajo nuestros pies*. National Geographic España.

[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/subsidencia-cuando-suelo-se-hunda-bajo-nuestros-pies\\_16206#:~:text=El%20geolog%C3%ADa%20se%20describe%20el,en%20ausencia%20de%20movimientos%20horizontales](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/subsidencia-cuando-suelo-se-hunda-bajo-nuestros-pies_16206#:~:text=El%20geolog%C3%ADa%20se%20describe%20el,en%20ausencia%20de%20movimientos%20horizontales)

Romana. N. (1997). Índice SMR de Romana 1997.

Sarría. A. (2006). *Sistemas de información geográfica*. Universidad de Murcia.

<https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-*

*2025*. Secretaría Nacional de Planificación. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>

Servicio Geológico Mexicano. (2017). *¿Qué es la Geotecnia?*. Gobierno de México.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157802/Que-es-la-Geotecnia.pdf>

SIG Tierras (2022)

Sísmica de Suelos. (s.f.). *Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)*. Sísmica.

- <https://sismica.com.mx/procedimientos/sondeo-electrico-vertical.php>
- Suárez, J. (s.f.) Métodos De Clasificación De Macizos Rocosos [Diapositiva PowerPoint]. <https://www.ingeassas.com/diapositivas/metodos-de-clasificacion-de-macizos-rocosos.pdf>
- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. (2010). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil (ASTM-D2166)
- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. (2014). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer (ASTM D854-58)
- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. (1998). Método de Prueba Estándar para la Determinación en Laboratorio del Contenido de Agua (Humedad) de Suelos y Rocas por Masa (ASTM D 2216 – 98)
- Snelling, N. J. (1970). K: Ar age determinations on samples from Ecuador. Institute Geological Sciences, Geochemical Division, Londres. Rep. N° 70.18.
- Tarback, E. J. y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra*. (8ª ed.). Pearson.
- Taylor, D. (1948). *Fundamentals of Soil Mechanics*. (1st ed.). John Wiley & Sons.
- Universidad Politécnica de Cataluña (s.f). *Metodologías del Factor de Seguridad*.  
Obtenido de:  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6529/05.pdf?sequence=6&isAllowed=y#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20del%20equilibrio%20%C3%ADmite,as%C3%AD%20la%20rotura%20del%20terreno.>
- Valarezo, M. (2021). *Evaluación De Susceptibilidad A Fenómenos De Remoción En Masa Del Barrio San José Y La Merced Del Cantón Piñas, Provincia El Oro*. Universidad de Guayaquil
- Vargas, W. (2010). *Notas del curso Geotecnia Vial 1*. Capacitación interna LanammeUCR.
- Varnes, D. (1978). *Slope movement types and processes*. National Academy of.
- Weller J. M. (1960). *Stratigraphic principles and practice*. Harper & Brothers.
- Worschitz, Rodolfo O. «TOPOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA.» material de curso, Buenos Aires, s.f.
- Zambrano, M. (2010). Estudio geológico-geotécnico del tramo chita-río mulato. Bolivia: Universidad Autónoma Frías

## 11. Anexos

Anexo 1. Ficha para caracterización de afloramientos.

---

**Universidad Nacional de Loja**

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

**Renovables**

**Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**

---

**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO**

---

**Proyecto:** “Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro.”

---

**N° afloramiento:**                      **Código:**

---

**Ubicación:**

---

<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>Z:</b>
------------------------------	-----------	-----------	-----------

---

<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo:	Buzamiento:
------------------------------	--------	-------------

---

<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural:	Antrópico:
-----------------------------	----------	------------

---

<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo:	Medio:	Alto:
-------------------------------	-------	--------	-------

---

<b>Dimensiones</b>	Ancho:	Altura:
--------------------	--------	---------

---

**Descripción Litológica**

---



### FOTOGRAFÍA

---

**Observaciones:**

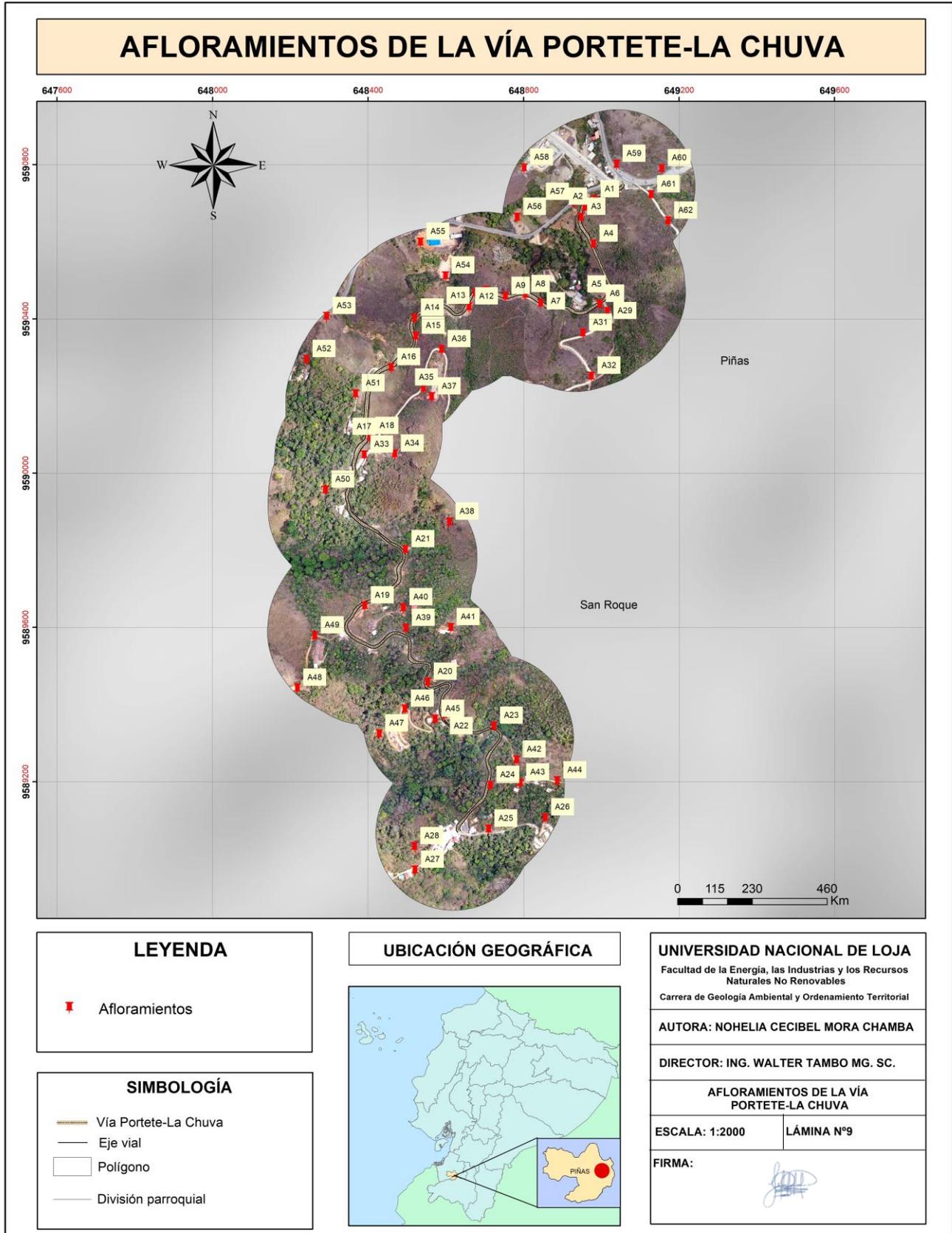
---

**Anexo 2.** Afloramientos de la vía Portete-La Chuva.

Afloramientos de la vía Portete-La Chuva	Coordenadas UTM/WGS84 (m)			Tipo
	X	Y	Z	
1	648981	9590708	958	Antrópico
2	648954	9590717	957	Antrópico
3	648963	9590619	979	Antrópico
4	648986	9590570	985	Antrópico
5	649012	9590440	995	Antrópico
6	649894	9590414	998	Antrópico
7	648839	9590455	995	Antrópico
8	648839	9590450	997	Antrópico
9	648774	9590460	995	Antrópico
10	648710	9590447	997	Antrópico
11	648774	9590460	995	Antrópico
12	648661	9590443	996	Antrópico
13	648585	9590431	987	Antrópico
14	648544	9590410	983	Antrópico
15	648517	9590378	987	Antrópico
16	648464	9589807	1043	Antrópico
17	648464	9590231	988	Antrópico
18	648397	9590092	1010	Antrópico
19	648390	9589658	1055	Antrópico
20	648392	9589643	1036	Antrópico
21	648549	9589434	1039	Antrópico
22	648589	9589374	1042	Antrópico
23	648722	9589336	1059	Antrópico
24	648702	9589782	1031	Antrópico
25	648711	9589074	1010	Antrópico
26	648854	9589102	1030	Antrópico
27	648518	9588963	995	Antrópico
28	648523	9589028	980	Antrópico
29	649011	9590411	1001	Antrópico
30	649013	9590384	1005	Antrópico
31	648956	9590354	1015	Antrópico
32	648974	9590252	1050	Antrópico
33	648975	9590396	1035	Antrópico
34	648397	9590050	1010	Antrópico
35	648465	9590048	1050	Antrópico
36	648442	9590218	1048	Antrópico
37	648587	9590313	1050	Antrópico
38	648561	9590195	1050	Antrópico
39	648604	9589675	1015	Antrópico

<b>40</b>	648499	9589593	1055	Antrópico
<b>41</b>	648493	9589646	1075	Antrópico
<b>42</b>	648605	9589597	1095	Antrópico
<b>43</b>	648782	9589245	1055	Antrópico
<b>44</b>	648790	9589193	1070	Antrópico
<b>45</b>	648891	9589196	1085	Antrópico
<b>46</b>	648573	9589356	1035	Antrópico
<b>47</b>	648495	9589385	1005	Antrópico
<b>48</b>	648431	9589321	975	Antrópico
<b>49</b>	648221	9589442	1010	Antrópico
<b>50</b>	648268	9589575	1020	Antrópico
<b>51</b>	648290	9589951	990	Antrópico
<b>52</b>	648371	9590203	980	Antrópico
<b>53</b>	648235	9590829	910	Antrópico
<b>54</b>	648288	9590399	880	Antrópico
<b>55</b>	648595	9590521	935	Antrópico
<b>56</b>	648534	9590599	920	Antrópico
<b>57</b>	648778	9590660	930	Antrópico
<b>58</b>	648930	9590697	955	Antrópico
<b>59</b>	648796	9590785	945	Antrópico
<b>60</b>	609045	9590797	970	Antrópico
<b>61</b>	649156	9590784	970	Antrópico
<b>62</b>	649127	9590712	970	Antrópico
<b>63</b>	649173	9590643	970	Antrópico

Anexo 3. Mapa de ubicación de afloramientos.



## Anexo 4. Fichas de levantamiento de afloramientos.

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	1	<b>Código:</b>	A1
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648981 m	<b>Y:</b> 9590708 m	<b>Z:</b> 958 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada  
**Descripción Litológica** Sapolito de Riolita



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	3	<b>Código:</b>	A3
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648963 m	<b>Y:</b> 9590619 m	<b>Z:</b> 979 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	m	Altura m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	2	<b>Código:</b>	A2
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648954 m	<b>Y:</b> 9590717 m	<b>Z:</b> 957 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
	70°		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	30 m	Altura 10 m
<b>Descripción Litológica</b>	Macizo rocoso de riolita		



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	4	<b>Código:</b>	A4
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648986 m	<b>Y:</b> 9590570 m	<b>Z:</b> 985 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada

**Descripción Litológica** Sapolito de Riolita



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	5	<b>Código:</b>	A5
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649012 m	<b>Y:</b> 9590440 m	<b>Z:</b> 995 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 3 m	Altura	1 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal, existencia de un desagüe.



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	6	<b>Código:</b>	A6
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648994 m	<b>Y:</b> 9590414 m	<b>Z:</b> 998 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 4 m	Altura	1.5 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	7	<b>Código:</b>	A7
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648839 m	<b>Y:</b> 9590455 m	<b>Z:</b> 995 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 40 m	Altura	6 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	8	<b>Código:</b>	A8
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648839 m	<b>Y:</b> 9590450 m	<b>Z:</b> 997 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 45 m	Altura	9 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº afloramiento	9	Código:	A9
Ubicación	Cantón Piñas, provincia El Oro		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648774 m	Y: 9590460 m	Z: 995 m
Medidas estructurales	Rumbo	Buzamiento	
Tipo de Afloramiento	Natural	Antrópico	X
Grado de Meteorización	Bajo	Medio X	Alto
Dimensiones	Ancho 40 m	Altura	5.5 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº afloramiento	10	Código:	A10
Ubicación	Cantón Piñas, provincia El Oro		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648710 m	Y: 9590447 m	Z: 997 m
Medidas estructurales	Rumbo	Buzamiento	
Tipo de Afloramiento	Natural	Antrópico	X
Grado de Meteorización	Bajo	Medio X	Alto
Dimensiones	Ancho 30 m	Altura	5 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº afloramiento	11	Código:	A11
Ubicación	Cantón Piñas, provincia El Oro		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648774 m	Y: 9590460 m	Z: 995 m
Medidas estructurales	Rumbo	Buzamiento	
Tipo de Afloramiento	Natural	Antrópico	X
Grado de Meteorización	Bajo	Medio X	Alto
Dimensiones	Ancho 15 m	Altura	4 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº afloramiento	12	Código:	A12
Ubicación	Cantón Piñas, provincia El Oro		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648661 m	Y: 9590443 m	Z: 996 m
Medidas estructurales	Rumbo	Buzamiento	
Tipo de Afloramiento	Natural	Antrópico	X
Grado de Meteorización	Bajo	Medio X	Alto
Dimensiones	Ancho 52 m	Altura	12 m

Descripción Litológica: ~~Macizo rocoso de toba riolitica~~



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO				
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° afloramiento</b>	13	<b>Código:</b>	A13	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648585 m	<b>Y:</b> 9590431 m	<b>Z:</b> 987 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	76 m	Altura	14 m
<b>Descripción Litológica</b>	Macizo rocoso de toba riolítica			
				
<b>Observaciones:</b>	Abundante cobertura vegetal			

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO				
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° afloramiento</b>	15	<b>Código:</b>	A15	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648517 m	<b>Y:</b> 9590378 m	<b>Z:</b> 987 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	70 m	Altura	48 m
<b>Descripción Litológica</b>	Macizo de toba riolítica			
				
<b>Observaciones:</b>	Abundante cobertura vegetal			

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO				
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° afloramiento</b>	14	<b>Código:</b>	A14	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648544 m	<b>Y:</b> 9590410 m	<b>Z:</b> 983 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	40 m	Altura	m
<b>Descripción Litológica:</b>	Riolita Meteorizada			
				
<b>Observaciones:</b>	Abundante cobertura vegetal			

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO				
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° afloramiento</b>	16	<b>Código:</b>	A16	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648464 m	<b>Y:</b> 9589807 m	<b>Z:</b> 1043 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	6 m	Altura	3 m
<b>Descripción Litológica:</b>	Riolita Meteorizada			
				
<b>Observaciones:</b>	Abundante cobertura vegetal			



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	17	<b>Código:</b>	A17
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648464 m	<b>Y:</b> 9590231 m	<b>Z:</b> 988 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	6 m	Altura 4 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	18	<b>Código:</b>	A18
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648397 m	<b>Y:</b> 9590092 m	<b>Z:</b> 1010 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	23 m	Altura 6 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	19	<b>Código:</b>	A19
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648390 m	<b>Y:</b> 9589658 m	<b>Z:</b> 1055 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	16 m	Altura 14 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	20	<b>Código:</b>	A20
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648392 m	<b>Y:</b> 9589643 m	<b>Z:</b> 1036 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	4 m	Altura 6 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	21	<b>Código:</b>	A21
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648549 m	<b>Y:</b> 9589434 m	<b>Z:</b> 1039 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	5 m	Altura 3 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal, con presencia de humedad

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	22	<b>Código:</b>	A22
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648589 m	<b>Y:</b> 9589374 m	<b>Z:</b> 1042 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	4 m	Altura 6 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal, con presencia de humedad

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	23	<b>Código:</b>	A23
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648722 m	<b>Y:</b> 9589336 m	<b>Z:</b> 1059 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	5 m	Altura 3.5 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	24	<b>Código:</b>	A24
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648702 m	<b>Y:</b> 9589182 m	<b>Z:</b> 1031 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	5 m	Altura 3.5 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO</b>			
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
<b>Nº afloramiento</b>	25	<b>Código:</b>	A25
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648711 m	<b>Y:</b> 9589074 m	<b>Z:</b> 1010 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 5 m	Altura	2.5 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO</b>			
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
<b>Nº afloramiento</b>	26	<b>Código:</b>	A26
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648854	<b>Y:</b> 9589102 m	<b>Z:</b> 1030 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 6 m	Altura	2.8 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO</b>			
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
<b>Nº afloramiento</b>	27	<b>Código:</b>	A27
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648518	<b>Y:</b> 9588963 m	<b>Z:</b> 995 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 4 m	Altura	2 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO</b>			
<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
<b>Nº afloramiento</b>	28	<b>Código:</b>	A28
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648523 m	<b>Y:</b> 9589028 m	<b>Z:</b> 980 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 4 m	Altura	2 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	29	<b>Código:</b>	A29
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649011 m	<b>Y:</b> 9590411 m	<b>Z:</b> 1001 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	10 m	Altura 1.5 m

**Descripción Litológica:** Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	31	<b>Código:</b>	A31
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648956 m	<b>Y:</b> 9590354 m	<b>Z:</b> 1015 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	8 m	Altura 1.2 m
<b>Descripción Litológica</b>	Coluvio		



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	30	<b>Código:</b>	A30
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649013 m	<b>Y:</b> 9590384 m	<b>Z:</b> 1005 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	10 m	Altura 1.5 m

**Descripción Litológica:** Coluvio



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	32	<b>Código:</b>	A32
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648974 m	<b>Y:</b> 9590252 m	<b>Z:</b> 1050 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	11 m	Altura 1.5 m
<b>Descripción Litológica</b>	Coluvio		



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	33	<b>Código:</b>	A33	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 6489756 m	<b>Y:</b> 9590396 m	<b>Z:</b> 1035 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	10 m	Altura	2 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	34	<b>Código:</b>	A34	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648397 m	<b>Y:</b> 9590050 m	<b>Z:</b> 1010 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	20 m	Altura	15 m
<b>Descripción Litológica</b>	Toba <u>riolítica</u>			



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	35	<b>Código:</b>	A35	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648465 m	<b>Y:</b> 9590048 m	<b>Z:</b> 1050 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	40 m	Altura	45 m
<b>Descripción Litológica</b>	Toba <u>riolítica</u>			



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	36	<b>Código:</b>	A36	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648542 m	<b>Y:</b> 9590218 m	<b>Z:</b> 1048 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	15 m	Altura	10 m
<b>Descripción Litológica</b>	Toba <u>riolítica</u>			



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	37	<b>Código:</b>	A37
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	X: 648587 m	Y: 9590313 m	Z: 1050 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 10 m	Altura 3 m	
<b>Descripción Litológica</b>	Toba <u>riolítica</u>		



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	39	<b>Código:</b>	A39
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	X: 648604 m	Y: 9589867 m	Z: 1015 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 40 m	Altura 36 m	
<b>Descripción Litológica</b>	Toba <u>riolítica</u>		



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	38	<b>Código:</b>	A38
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	X: 648561 m	Y: 9590195 m	Z: 1050 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 36 m	Altura 12 m	
<b>Descripción Litológica</b>	Toba <u>riolítica</u>		



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	40	<b>Código:</b>	A40
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	X: 648499 m	Y: 9589593 m	Z: 1055 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 3 m	Altura 1.5 m	

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial	
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO	
<b>Proyecto:</b>	“Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro.”
<b>N° afloramiento</b>	41 <b>Código:</b> A41
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648493 m <b>Y:</b> 9589646 m <b>Z:</b> 1075 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo Buzamiento
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural Antrópico X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo Medio X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 5 m Altura 1.5 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial	
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO	
<b>Proyecto:</b>	“Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro.”
<b>N° afloramiento</b>	43 <b>Código:</b> A43
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648782 m <b>Y:</b> 9589245 m <b>Z:</b> 1055 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo Buzamiento
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural Antrópico X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo Medio X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 15 m Altura 2 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial	
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO	
<b>Proyecto:</b>	“Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro.”
<b>N° afloramiento</b>	42 <b>Código:</b> A42
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648605 m <b>Y:</b> 9589597 m <b>Z:</b> 1095 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo Buzamiento
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural Antrópico X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo Medio X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 3 m Altura 1.5 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja  Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial	
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO	
<b>Proyecto:</b>	“Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro.”
<b>N° afloramiento</b>	44 <b>Código:</b> A44
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648790 m <b>Y:</b> 9589193 m <b>Z:</b> 1070 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo Buzamiento
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural Antrópico X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo Medio X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 7 m Altura 2.2 m

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

---

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	45	<b>Código:</b>	A45
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648891 m	<b>Y:</b> 9589196 m	<b>Z:</b> 1085 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 7 m	Altura 2.2 m	

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

---

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	46	<b>Código:</b>	A46
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648573 m	<b>Y:</b> 9589356 m	<b>Z:</b> 1035 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 3.6 m	Altura 4 m	

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

---

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	47	<b>Código:</b>	A47
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648495 m	<b>Y:</b> 9589385 m	<b>Z:</b> 1005 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 2 m	Altura 3.5 m	

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja 

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables  
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

---

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	48	<b>Código:</b>	A48
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648431 m	<b>Y:</b> 9589321 m	<b>Z:</b> 975 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 5 m	Altura 3 m	

**Descripción Litológica:** Esquisto micáceo Meteorizado



**Observaciones:** Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	49	<b>Código:</b>	A49
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648221 m	<b>Y:</b> 9589442 m	<b>Z:</b> 1010 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 4 m	Altura	6.2 m

Descripción Litológica: Esquisto micáceo Meteorizado



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	51	<b>Código:</b>	A51
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648290 m	<b>Y:</b> 9589951 m	<b>Z:</b> 990 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 5 m	Altura	1 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	50	<b>Código:</b>	A50
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648268 m	<b>Y:</b> 9589575 m	<b>Z:</b> 1020 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 3 m	Altura	6 m

Descripción Litológica: Esquisto micáceo Meteorizado



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>N° afloramiento</b>	52	<b>Código:</b>	A52
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648371 m	<b>Y:</b> 9590203 m	<b>Z:</b> 980m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 8 m	Altura	1.5 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	5	<b>Código:</b>	A53	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648235 m	<b>Y:</b> 9590289 m	<b>Z:</b> 910 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	5 m	Altura	1.5 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	54	<b>Código:</b>	A54	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648288 m	<b>Y:</b> 9590399 m	<b>Z:</b> 880 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	16 m	Altura	3.2 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	55	<b>Código:</b>	A55	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648595 m	<b>Y:</b> 9590521 m	<b>Z:</b> 935 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	35 m	Altura	8 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

<b>Proyecto:</b>	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>Nº afloramiento</b>	56	<b>Código:</b>	A56	
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648534 m	<b>Y:</b> 9590599 m	<b>Z:</b> 920 m	
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento		
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X	
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	10 m	Altura	2.5 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	57	<b>Código:</b>	A57
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648778 m	<b>Y:</b> 9590660 m	<b>Z:</b> 930 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	5 m	Altura 2.5

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	58	<b>Código:</b>	A58
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648930 m	<b>Y:</b> 9590697 m	<b>Z:</b> 955 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	15 m	Altura 8 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	59	<b>Código:</b>	A59
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648796 m	<b>Y:</b> 9590785 m	<b>Z:</b> 945 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	6 m	Altura 2 m

Descripción Litológica: Saprolito de riolita

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO

**Proyecto:** "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

<b>Nº afloramiento</b>	60	<b>Código:</b>	A60
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649045 m	<b>Y:</b> 9590797 m	<b>Z:</b> 970m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio	X Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho	20 m	Altura 12 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>Nº afloramiento</b>	61	<b>Código:</b>	A61
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649156 m	<b>Y:</b> 9590784 m	<b>Z:</b> 970 m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 12 m	Altura	2 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>Nº afloramiento</b>	62	<b>Código:</b>	A62
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649127 m	<b>Y:</b> 9590712 m	<b>Z:</b> 970m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 20 m	Altura	3 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada



Observaciones: Abundante cobertura vegetal

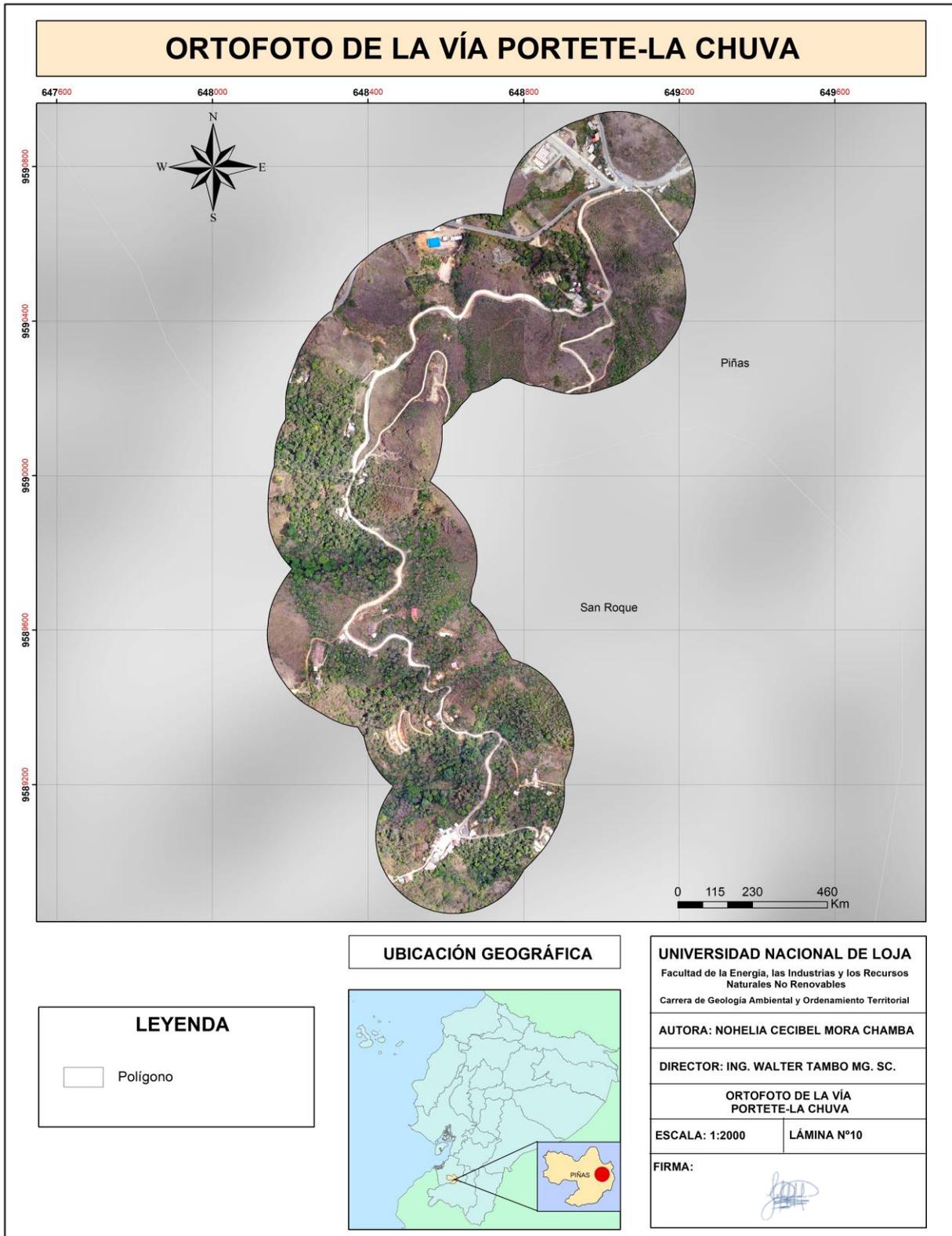
Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CAMPO			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>Nº afloramiento</b>	63	<b>Código:</b>	A63
<b>Ubicación</b>	Cantón Piñas, provincia El Oro		
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 649173 m	<b>Y:</b> 9590643 m	<b>Z:</b> 970m
<b>Medidas estructurales</b>	Rumbo	Buzamiento	
<b>Tipo de Afloramiento</b>	Natural	Antrópico	X
<b>Grado de Meteorización</b>	Bajo	Medio X	Alto
<b>Dimensiones</b>	Ancho 6 m	Altura	4 m

Descripción Litológica: Riolita Meteorizada

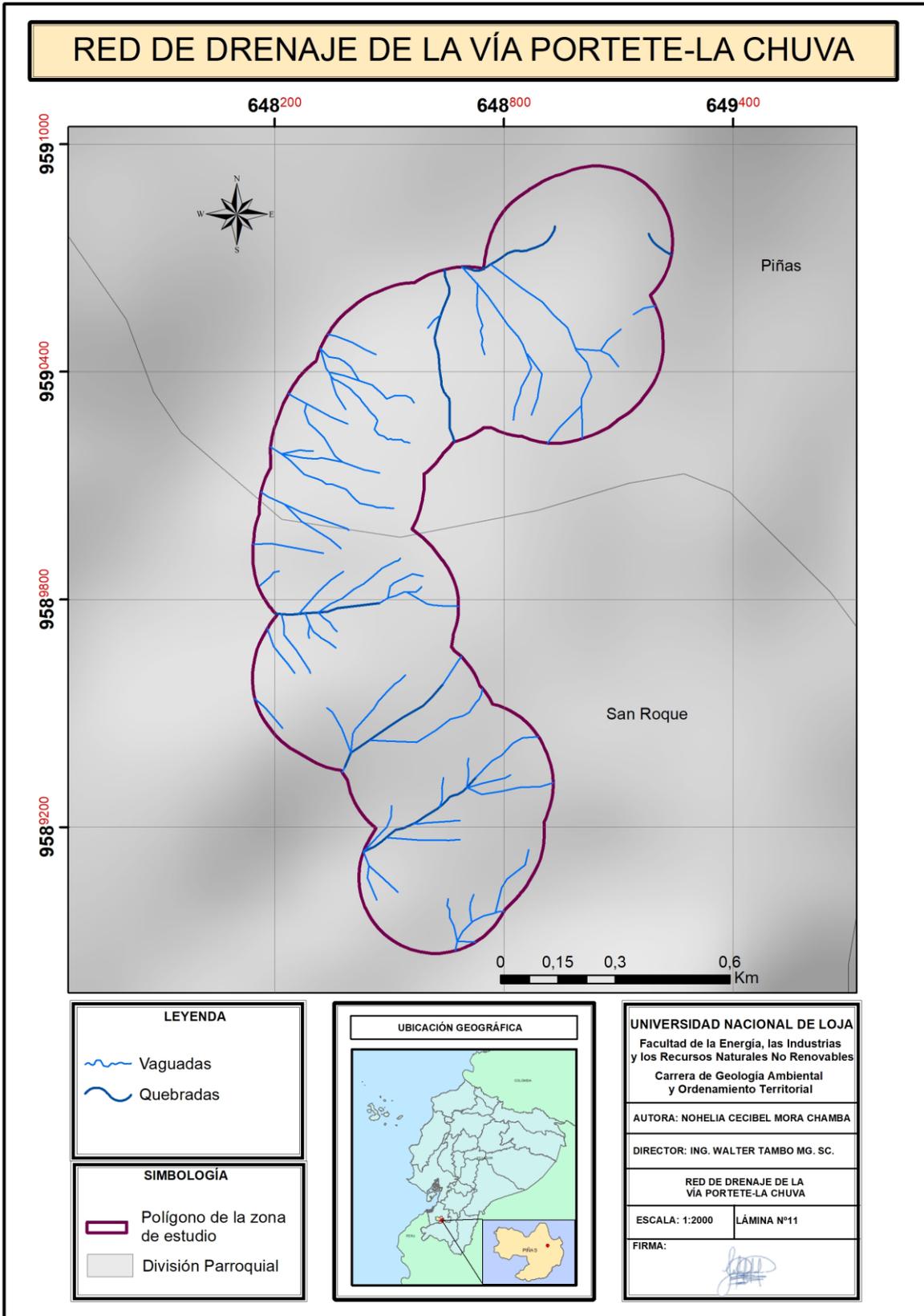


Observaciones: Abundante cobertura vegetal

**Anexo 5.** Ortofoto de la zona de estudio.



Anexo 6. Mapa de red hídrica.



**Anexo 7.** Ficha de deslizamientos.

---

**Universidad Nacional de Loja**

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

**Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**



---

**FICHA DE DESLIZAMIENTOS**

---

**Proyecto:**

---

**Nº deslizamiento:**                      **Código:**

---

**Ubicación:**

---

**Coordenadas UTM/WGS84    X:                                      Y:                                      Z:**

---

**Caracterización del movimiento:**

---

**Tipo de deslizamiento:**

---

**Tipo de material:**

---

**Humedad:**

---

**Estado de actividad:**

---

**Cobertura vegetal:**

---

<b>Magnitud:</b>	<b>Grande</b>	<b>Mediano</b>	<b>Pequeño</b>
------------------	---------------	----------------	----------------

---

**Morfometría**

---

<b>Ancho total:</b>	<b>Longitud total:</b>
---------------------	------------------------

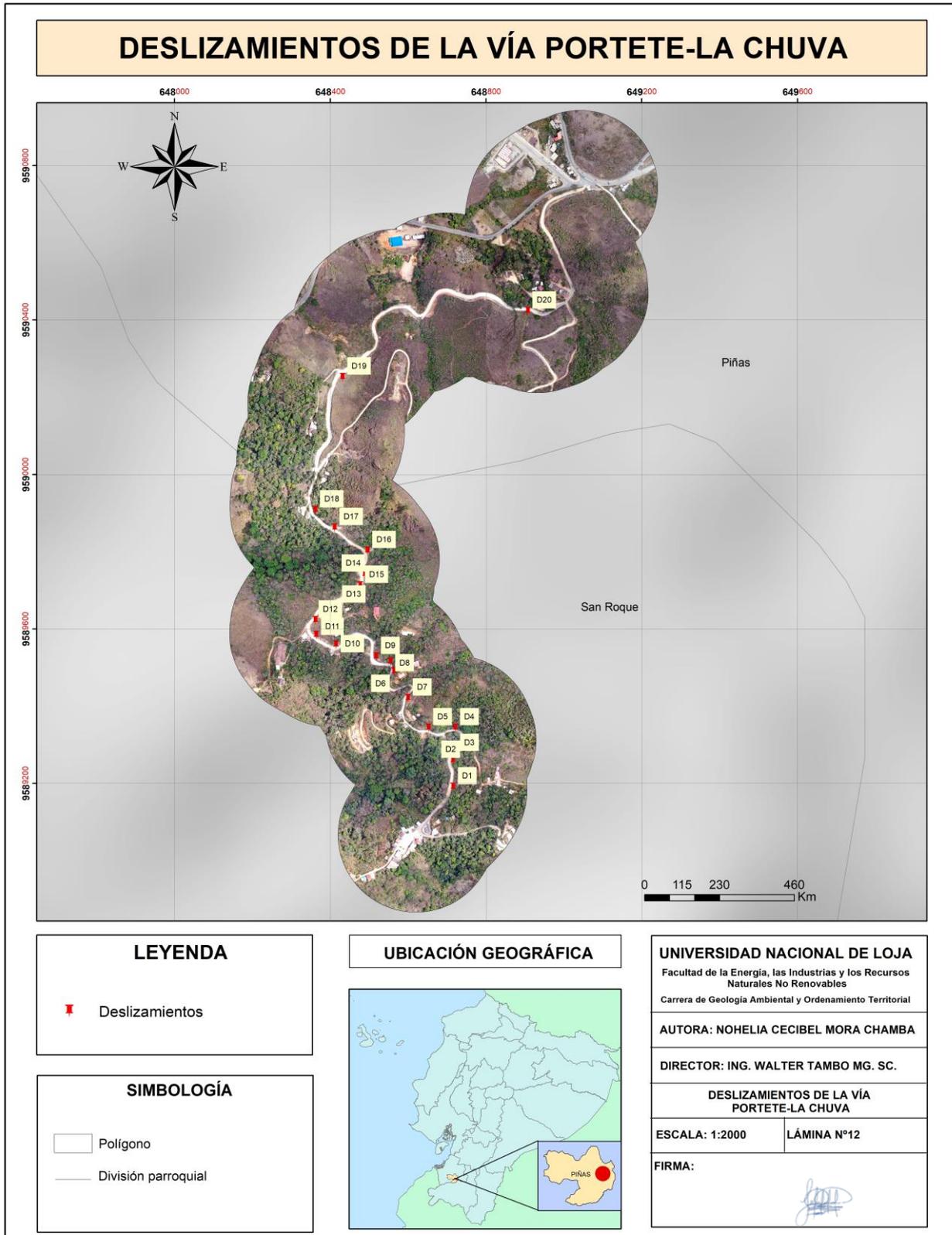
---

**FOTOGRAFÍA**

**Anexo 8.** Deslizamientos de la vía Portete-La Chuva.

<b>Deslizamientos de la vía</b>	<b>Coordenadas (m)</b>			<b>Tipo</b>
	<b>Portete-La Chuva</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	
<b>1</b>	648718	9589192	1020	Rotacional
<b>2</b>	648712	9589257	1025	Rotacional
<b>3</b>	648719	9589274	1025	Rotacional
<b>4</b>	648720	9589343	1040	Rotacional
<b>5</b>	648651	9589342	1040	Rotacional
<b>6</b>	648599	9589420	1040	Rotacional
<b>7</b>	648560	9589489	1045	Rotacional
<b>8</b>	648559	9589505	1045	Rotacional
<b>9</b>	648514	9589521	1045	Rotacional
<b>10</b>	648415	9589556	1045	Rotacional
<b>11</b>	648365	9589576	1035	Rotacional
<b>12</b>	648362	9589620	1040	Rotacional
<b>13</b>	648490	9589741	1040	Rotacional
<b>14</b>	649490	9589741	1040	Rotacional
<b>15</b>	648484	9589732	1040	Rotacional
<b>16</b>	648495	9589796	1030	Rotacional
<b>17</b>	648397	9589853	1020	Rotacional
<b>18</b>	648351	9589896	1015	Rotacional
<b>19</b>	648427	9590252	985	Rotacional
<b>20</b>	648905	9590421	995	Rotacional

Anexo 9. Mapa de ubicación de deslizamientos.



## Anexo 10. Fichas de levantamiento de deslizamientos.

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° deslizamiento:</b> 1	<b>Código:</b> D1		
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648718 m Y: 9589192 m Z: 1020 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea y arbustiva			
<b>Magnitud:</b> Grande Mediano X Pequeño			
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b> 14 m		<b>Longitud total:</b> 8 m	
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° deslizamiento:</b> 2	<b>Código:</b> D2		
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648712 m Y: 9589257 m Z: 1025 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea			
<b>Magnitud:</b> Grande Mediano Pequeño X			
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b> 2.5 m		<b>Longitud total:</b> 3 m	
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° deslizamiento:</b> 3	<b>Código:</b> D3		
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648719 m Y: 9589274 m Z: 1025 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea			
<b>Magnitud:</b> Grande Mediano Pequeño X			
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b> 8 m		<b>Longitud total:</b> 12 m	
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."			
<b>N° deslizamiento:</b> 4	<b>Código:</b> D4		
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648720 m Y: 9589343 m Z: 1040 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea			
<b>Magnitud:</b> Grande Mediano X Pequeño			
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b> 10 m		<b>Longitud total:</b> 6 m	
			

Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>N° deslizamiento:</b>	5	<b>Código:</b>	D5
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648651 m Y: 9589342 m Z: 1040 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Antiguo			
<b>Cobertura vegetal:</b> Abundante vegetación predominante de tipo herbácea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	Mediano X	Pequeño
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b>	9 m	<b>Longitud total:</b>	5 m



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>N° deslizamiento:</b>	6	<b>Código:</b>	D6
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648599 m Y: 9589420 m Z: 1040 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	Mediano X	Pequeño
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b>	12 m	<b>Longitud total:</b>	4 m



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>N° deslizamiento:</b>	7	<b>Código:</b>	D7
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648560 m Y: 9589489 m Z: 1045 m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	Mediano X	Pequeño
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b>	15 m	<b>Longitud total:</b>	18 m



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
<b>Proyecto:</b>		"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."	
<b>N° deslizamiento:</b>	8	<b>Código:</b>	D8
<b>Ubicación:</b> Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b> X: 648559 m Y: 9589505 m Z: 1045m			
<b>Caracterización del movimiento:</b> Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b> Rotacional			
<b>Tipo de material:</b> Sapolito de esquistos			
<b>Humedad:</b> Baja			
<b>Estado de actividad:</b> Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b> Vegetación predominante de tipo herbácea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	Mediano X	Pequeño
<b>Morfometría</b>			
<b>Ancho total:</b>	15 m	<b>Longitud total:</b>	18 m





FICHA DE DESLIZAMIENTOS

Proyecto: "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº deslizamiento:	9	Código:	D9
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648514 m	Y: 9589521 m	Z: 1045 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de esquistos		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea		
Magnitud:	Grande	X	Mediano Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	36 m	Longitud total:	14 m



FICHA DE DESLIZAMIENTOS

Proyecto: "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº deslizamiento:	10	Código:	D10
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648415 m	Y: 9589556 m	Z: 1045 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de esquistos		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Antiguo		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea		
Magnitud:	Grande	Mediano	X Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	20 m	Longitud total:	7 m



FICHA DE DESLIZAMIENTOS

Proyecto: "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº deslizamiento:	11	Código:	D11
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648365 m	Y: 9589576 m	Z: 1035 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de esquistos		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea		
Magnitud:	Grande	X	Mediano Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	29 m	Longitud total:	6 m



FICHA DE DESLIZAMIENTOS

Proyecto: "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."

Nº deslizamiento:	12	Código:	D12
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648362 m	Y: 9589620 m	Z: 1040 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de esquistos		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea		
Magnitud:	Grande	Mediano	Pequeño X
Morfometría			
Ancho total:	6.5 m	Longitud total:	10 m



Universidad Nacional de Loja				
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables				
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESLIZAMIENTOS				
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."				
<b>N° deslizamiento:</b>	13	<b>Código:</b>	D13	
<b>Ubicación:</b>	Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648490 m	<b>Y:</b> 9589741 m	<b>Z:</b> 1040 m	
<b>Caracterización del movimiento:</b>	Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b>	Rotacional			
<b>Tipo de material:</b>	Saprolito de esquistos			
<b>Humedad:</b>	Media			
<b>Estado de actividad:</b>	Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b>	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	X	Mediano	Pequeño
<b>Morfometría</b>				
<b>Ancho total:</b>	70 m	<b>Longitud total:</b>	25 m	



Universidad Nacional de Loja				
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables				
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESLIZAMIENTOS				
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."				
<b>N° deslizamiento:</b>	14	<b>Código:</b>	D14	
<b>Ubicación:</b>	Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648490 m	<b>Y:</b> 9589741 m	<b>Z:</b> 1040 m	
<b>Caracterización del movimiento:</b>	Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b>	Rotacional			
<b>Tipo de material:</b>	Saprolito de esquistos			
<b>Humedad:</b>	Media			
<b>Estado de actividad:</b>	Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b>	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	X	Mediano	Pequeño +
<b>Morfometría</b>				
<b>Ancho total:</b>	24 m	<b>Longitud total:</b>	8 m	



Universidad Nacional de Loja				
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables				
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESLIZAMIENTOS				
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."				
<b>N° deslizamiento:</b>	15	<b>Código:</b>	D15	
<b>Ubicación:</b>	Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648484 m	<b>Y:</b> 9589732 m	<b>Z:</b> 1040 m	
<b>Caracterización del movimiento:</b>	Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b>	Rotacional			
<b>Tipo de material:</b>	Saprolito de esquistos			
<b>Humedad:</b>	Baja			
<b>Estado de actividad:</b>	Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b>	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	X	Mediano	Pequeño
<b>Morfometría</b>				
<b>Ancho total:</b>	26 m	<b>Longitud total:</b>	16 m	



Universidad Nacional de Loja				
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables				
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial				
FICHA DE DESLIZAMIENTOS				
<b>Proyecto:</b> "Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."				
<b>N° deslizamiento:</b>	16	<b>Código:</b>	D16	
<b>Ubicación:</b>	Cantón Piñas, provincia de El Oro.			
<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	<b>X:</b> 648495 m	<b>Y:</b> 9589796 m	<b>Z:</b> 1030 m	
<b>Caracterización del movimiento:</b>	Deslizamiento			
<b>Tipo de deslizamiento:</b>	Rotacional			
<b>Tipo de material:</b>	Saprolito de Riolita			
<b>Humedad:</b>	Baja			
<b>Estado de actividad:</b>	Latente			
<b>Cobertura vegetal:</b>	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea			
<b>Magnitud:</b>	Grande	X	Mediano	Pequeño
<b>Morfometría</b>				
<b>Ancho total:</b>	5 m	<b>Longitud total:</b>	10 m	



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Proyecto:	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
N° deslizamiento:	17	Código:	D17
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648397 m	Y: 9589853 m	Z: 1020 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de Riolita		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea y arbórea		
Magnitud:	Grande	X	Mediano Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	5 m	Longitud total:	10 m



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Proyecto:	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
N° deslizamiento:	18	Código:	D18
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648351 m	Y: 9589896 m	Z: 1015 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de Riolita		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea		
Magnitud:	Grande	X	Mediano Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	6 m	Longitud total:	8 m



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Proyecto:	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
N° deslizamiento:	19	Código:	D19
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648427 m	Y: 9590252 m	Z: 985 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de Riolita		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea		
Magnitud:	Grande	X	Mediano Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	38 m	Longitud total:	7.2 m



Universidad Nacional de Loja			
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables			
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial			
FICHA DE DESLIZAMIENTOS			
Proyecto:	"Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro."		
N° deslizamiento:	20	Código:	D20
Ubicación:	Cantón Piñas, provincia de El Oro.		
Coordenadas UTM/WGS84	X: 648905 m	Y: 9590421 m	Z: 995 m
Caracterización del movimiento:	Deslizamiento		
Tipo de deslizamiento:	Rotacional		
Tipo de material:	Saprolito de Riolita		
Humedad:	Baja		
Estado de actividad:	Latente		
Cobertura vegetal:	Vegetación predominante de tipo herbácea		
Magnitud:	Grande	X	Mediano Pequeño
Morfometría			
Ancho total:	90 m	Longitud total:	175 m



# Anexo 11. Valores obtenidos en campo.

Fecha:

## SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER

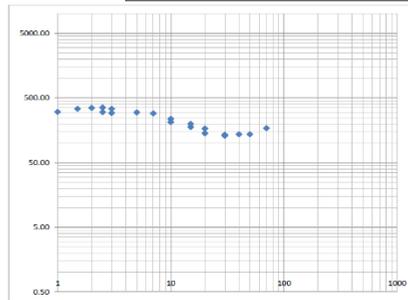


Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LA VÍA PORTETE-LA CHUVA EN EL CANTÓN PIÑAS PROVINCIA DE EL ORO

Solicita: SRTA. NOELIA MORA  
Coordenadas: X: 648590 Y: 9589043  
Realizó: Claudel Guerrero

SEV: 1  
Azimut: N-S

AB/2	MN/2	K	Δv/l	ρs
1	0.5	2.36	129.13	304.26
1.5	0.5	6.28	54.09	339.86
2	0.5	11.78	29.792	350.98
2.5	0.5	18.85	18.876	355.80
2.5	1	8.25	36.704	302.69
3	0.5	27.5	12.359	339.24
3	1	12.6	21.286	297.67
5	1	37.7	7.9426	299.43
7	1	75.4	3.8288	288.68
10	1	155.5	1.528	237.67
10	2.5	58.9	3.5942	211.72
15	1	351.9	0.58526	198.89
15	2.5	137.4	1.2959	178.11
20	2.5	247.4	0.68043	168.34
20	10	47.1	3.0178	142.21
30	2.5	561.6	0.24	134.77
30	10	125.7	1.0378	130.41
40	10	235.6	0.58211	137.36
50	10	377.0	0.38461	137.45
70	10	754.0	0.22616	170.52
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo  
LABORATORIO

Fecha:

## SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER

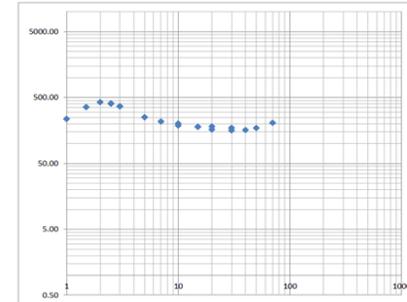


Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LA VÍA PORTETE-LA CHUVA EN EL CANTÓN PIÑAS PROVINCIA DE EL ORO.

Solicita: SRTA. NOELIA MORA  
Coordenadas: X: 648418 Y: 9589662  
Realizó: Claudel Guerrero

SEV: 2  
Azimut: N-SE

AB/2	MN/2	K	Δv/l	ρs
1	0.5	2.36	100.4	236.56
1.5	0.5	6.28	57.05	338.46
2	0.5	11.78	36.122	425.55
2.5	0.5	18.85	21.616	407.45
2.5	1	8.25	48.995	404.05
3	0.5	27.5	13.818	366.10
3	1	12.6	29.362	368.97
5	1	37.7	6.6637	251.22
7	1	75.4	2.8643	215.96
10	1	155.5	1.2975	201.77
10	2.5	58.9	3.1956	188.24
15	1	351.9	0.512	180.15
15	2.5	137.4	1.3068	179.61
20	2.5	247.4	0.73574	182.02
20	10	47.1	3.4663	163.35
30	2.5	561.6	0.308	172.96
30	10	125.7	1.2622	158.61
40	10	235.6	0.68153	160.58
50	10	377.0	0.45769	172.55
70	10	754.0	0.27395	206.55
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo  
LABORATORIO

Fecha:

## SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER

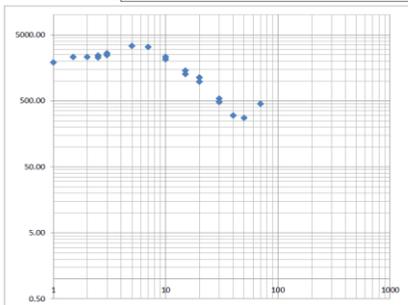


Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LA VÍA PORTETE-LA CHUVA EN EL CANTÓN PIÑAS PROVINCIA DE EL ORO.

Solicita: SRTA. NOELIA MORA  
Coordenadas: X: 648581 Y: 9590434  
Realizó: Claudel Guerrero

SEV: 3  
Azimut: E-G

AB/2	MN/2	K	Δv/l	ρs
1	0.5	2.36	404.97	1908.38
1.5	0.5	6.28	183.89	2310.83
2	0.5	11.78	97.803	2366.79
2.5	0.5	18.85	60.231	2270.66
2.5	1	8.25	147.18	2427.49
3	0.5	27.5	44.791	2462.51
3	1	12.6	104.42	2624.36
5	1	37.7	45.092	3399.86
7	1	75.4	21.682	3269.57
10	1	155.5	6.846	2129.23
10	2.5	58.9	19.738	2325.33
15	1	351.9	1.8053	1270.42
15	2.5	137.4	5.2302	1434.98
20	2.5	247.4	1.97	974.76
20	10	47.1	12.001	1131.07
30	2.5	561.6	0.4823	541.68
30	10	125.7	1.9133	480.86
40	10	235.6	0.63625	299.83
50	10	377.0	0.38646	276.30
70	10	754.0	0.23941	451.50
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo  
LABORATORIO

Fecha:

## SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL ARREGLO SCHLUMBERGER

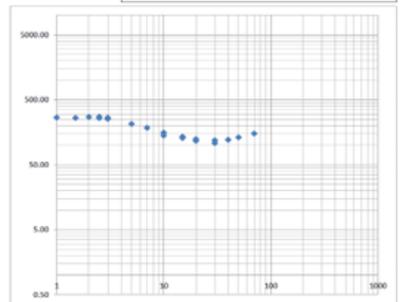


Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LA VÍA PORTETE-LA CHUVA EN EL CANTÓN PIÑAS PROVINCIA DE EL ORO.

Solicita: SRTA. NOELIA MORA  
Coordenadas: X: 648674 Y: 9590430  
Realizó: Claudel Guerrero

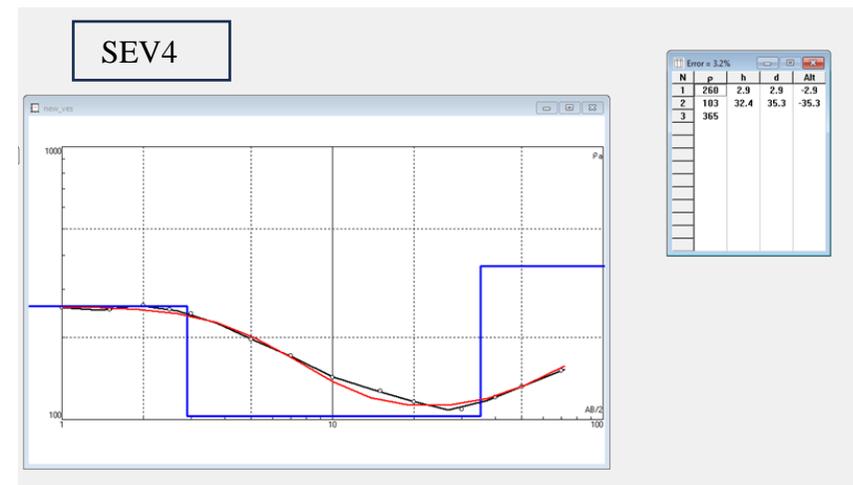
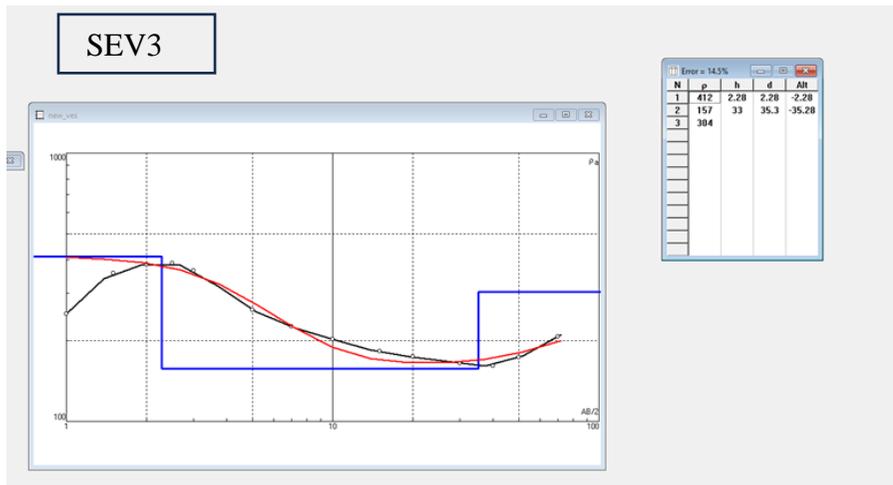
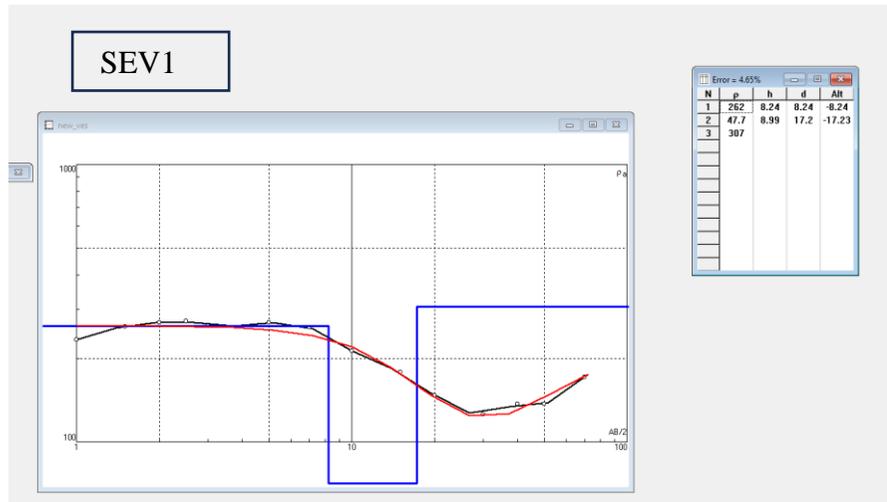
SEV: 4  
Azimut: O-E

AB/2	MN/2	K	Δv/l	ρs
1	0.5	2.36	113.28	266.91
1.5	0.5	6.28	41.78	262.50
2	0.5	11.78	23.049	271.54
2.5	0.5	18.85	13.915	262.29
2.5	1	8.25	33.157	273.44
3	0.5	27.5	9.219	253.42
3	1	12.6	21.055	264.58
5	1	37.7	6.6422	212.71
7	1	75.4	2.4534	184.98
10	1	155.5	0.90668	141.00
10	2.5	58.9	2.646	155.86
15	1	351.9	0.3841	135.35
15	2.5	137.4	0.93866	129.01
20	2.5	247.4	0.50103	123.96
20	10	47.1	2.4773	116.49
30	2.5	561.6	0.212	119.05
30	10	125.7	0.85696	107.69
40	10	235.6	0.51487	121.11
50	10	377.0	0.34966	111.83
70	10	754.0	0.1999	150.77
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo  
LABORATORIO

Anexo 12. Curvas de resistividades.



### Anexo 13. Fichas técnicas para caracterización de macizo rocoso.

PROYECTO: _____		ZONA: _____		HOJA/PLANO: _____											
REALIZADO POR: _____		LOCALIZACIÓN: _____		FOTO: _____											
FECHA: _____															
LITOLOGÍA		NATURALEZA Y TEXTURA:		POTENCIA:		FORMACIÓN Y EDAD:									
FORMACIONES SUPERFICIALES		MORFOLOGÍA:		ESPESOR:											
ESTRUCTURA		PLIEGUES		FALLAS		OTROS:									
FRACTURACIÓN		BLOQUES N juntas/m <sup>3</sup>		Muy Grandes <1		Grandes 1-3		Medios 3-10		Pequeños 10-30		Muy Pequeños >30		Muy brechificado >80	
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA		Extremadament blanda (Lufa) 0		Muy blanda (Navaja) 1		Blandas (Punta de martillo) 2		Media (1 golpe martillo) 3		Dura (+1 golpe martillo) 4		Muy dura (Varios golpes) 5		Extremadament Dura (Sólo raye con martillo) 6	
GRADOS DE METEORIZACION		I Inalterada [6]		II Ligeramente alterada [5]		III Moderadamente alterada [3]		IV Muy alterada [1]		V Compl. meteorizada [0]		VI Suelo residual [0]			
HIDROGEOLOGÍA		Sin presencia de agua		Seco (sin señales de agua)		Húmedo		Góttos		Frujo		CAUDAL ESTIMADO:			
MUESTRAS														OBSERVACIONES:	
ALORAMENTO												CROQUIS			

Nº	HOJA Nº		SEPARACION EN mm		LONGITUD EN m		APERTURA EN mm		RUGOSIDAD				Meteorización		Filtración		Relleno		OBSERVACIONES
	TIPO DE PLANO	DIRECCIÓN DE BUDAMIENTO (°)	SEPARACION EN mm	BUMBO - BUDAMIENTO	BUMBO - BUDAMIENTO	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	APERTURA EN mm	
1			Extrem Juntas <20	Muy baja <1	Muy cerrada <0.1	Muy cerrada <0.1													
2			Muy Juntas 20-60	Baja 1-3	Cerrada 0.1-0.25	Cerrada 0.1-0.25													
3			Juntas 60-200	Moderada 3-10	Practicamente	Practicamente													
4			Moderadamente juntas 200-600	Alta 10-20	Abierta 0.2-2.5	Abierta 0.2-2.5													
5			Separadas 600-2000	Muy alta >20	Moderada abierta	Moderada abierta													
6			Muy separadas 2000-6000		Muy alta >20	Muy alta >20													
7			Extremadamente separadas >6000																
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			

**Anexo 14.** Ficha General de descripción del macizo rocoso.



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

---

**Proyecto:**

---

**Localización:**

**Observador:**

**Fecha:**

---

**FOTO**

**ESQUEMA**

---

---

**DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA GENERAL**

---

---

**DESCRIPCIÓN BÁSICA DE CADA ZONA**

---



### Anexo 17. Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°1.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO							
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENIAWSKI							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES						
1 RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
	Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
2 PUNTUACION	20	17	13	6	3		
3 SEPARACION ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
PUNTUACION	20	15	10	8	5		
4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	
	PUNTUACION	6	4	2	1	0	
	ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5	
	PUNTUACION	6	5	4	1	0	
	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5	
	PUNTUACION	6	4	2	2	0	
RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
PUNTUACION	6	5	3	1	0		
ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5 AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
PUNTUACION	15	10	7	4	0		
VALOR RMR			40				

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO							
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENIAWSKI							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES						
1 RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
	Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
2 PUNTUACION	20	17	13	6	3		
3 SEPARACION ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
PUNTUACION	20	15	10	8	5		
4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	
	PUNTUACION	6	4	2	1	0	
	ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5	
	PUNTUACION	6	5	4	1	0	
	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5	
	PUNTUACION	6	4	2	2	0	
RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
PUNTUACION	6	5	3	1	0		
ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5 AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
PUNTUACION	15	10	7	4	0		

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50		<25	
2	PUNTUACION	20	17	13	6	3		
3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2		<0.06	
	PUNTUACION	20	15	10	8	5		
4	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20		>20	
	PUNTUACION	6	4	2	1	0		
	ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5		>5	
	PUNTUACION	6	5	4	1	0		
	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5		BLANDO >5	
	PUNTUACION	6	4	2	2	0		
	RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
	PUNTUACION	6	5	3	1	0		
	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
	PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5		>0.5	
	ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
	PUNTUACION	15	10	7	4	0		
VALOR RMR					40			

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50		<25	
2	PUNTUACION	20	17	13	6	3		
3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2		<0.06	
	PUNTUACION	20	15	10	8	5		
4	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20		>20	
	PUNTUACION	6	4	2	1	0		
	ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5		>5	
	PUNTUACION	6	5	4	1	0		
	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5		
	PUNTUACION	6	4	2	2	0		
	RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
	PUNTUACION	6	5	3	1	0		
	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
	PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5		>0.5	
	ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
	PUNTUACION	15	10	7	4	0		
VALOR RMR					40			

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

JUNTA 5

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO									
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI									
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple		
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	PUNTUACION		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	PUNTUACION		20	17	13	6	3		
3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
	PUNTUACION		20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20		
		PUNTUACION	6	4	2	1	0		
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5		
		PUNTUACION	6	5	4	1	0		
		RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5		
		PUNTUACION	6	4	2	2	0		
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
		PUNTUACION	6	5	3	1	0		
		ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
		PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
		PUNTUACION	15	10	7	4	0		
VALOR RMR					40				

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

JUNTA 6

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO									
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI									
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple		
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	PUNTUACION		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	PUNTUACION		20	17	13	6	3		
3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
	PUNTUACION		20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20		
		PUNTUACION	6	4	2	1	0		
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5		
		PUNTUACION	6	5	4	1	0		
		RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5		
		PUNTUACION	6	4	2	2	0		
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
		PUNTUACION	6	5	3	1	0		
		ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
		PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
		PUNTUACION	15	10	7	4	0		
VALOR RMR					38				

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Anexo 18. Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°2.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
2	PUNTUACION	20	17	13	6	3		
	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
3	PUNTUACION	20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	
		PUNTUACION	6	4	2	1	0	
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5	
		PUNTUACION	6	5	4	1	0	
		RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5	
		PUNTUACION	6	4	2	2	0	
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE	
PUNTUACION	6	5	3	1	0			
	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
PUNTUACION	6	5	3	1	0			
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	
		PUNTUACION	15	10	7	4	0	
VALOR RMR		36						
CLASE DE MACIZO ROCOSO		I	II	III	IV	V		
CALIDAD		MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA		
PUNTUACION		100-81	80-61	60-41	40-21	<20		

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
2	PUNTUACION	20	17	13	6	3		
	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
3	PUNTUACION	20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	
		PUNTUACION	6	4	2	1	0	
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5	
		PUNTUACION	6	5	4	1	0	
		RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5	
		PUNTUACION	6	4	2	2	0	
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE	
PUNTUACION	6	5	3	1	0			
	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
PUNTUACION	6	5	3	1	0			
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	
		PUNTUACION	15	10	7	4	0	
VALOR RMR		38						
CLASE DE MACIZO ROCOSO		I	II	III	IV	V		
CALIDAD		MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA		
PUNTUACION		100-81	80-61	60-41	40-21	<20		

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECÁNICA RMR89 DE BIENAWSKI								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50			<25
2	PUNTUACION	20	17	13	6			3
	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2			<0.06
3	PUNTUACION	20	15	10	8			5
4	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	<1	1-3	3-10	10-20			>20
	PUNTUACION	6	4	2	1			0
	ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5			>5
	PUNTUACION	6	5	4	1			0
	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5		
	PUNTUACION	6	4	2	2			0
	RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE	ONDULADA	SUAVE		
	PUNTUACION	6	5	3	1			0
	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
	PUNTUACION	6	5	3	1			0
5	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5			>0.5
	ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO			AGUA FLUYENDO
	PUNTUACION	15	10	7	4			0
VALOR RMR				41				

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECÁNICA RMR89 DE BIENAWSKI								
PARAMETRO		RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple	
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0
	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50			<25
2	PUNTUACION	20	17	13	6			3
	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2			<0.06
3	PUNTUACION	20	15	10	8			5
4	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20			>20
	PUNTUACION	6	4	2	1			0
	ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5			>5
	PUNTUACION	6	5	4	1			0
	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5		
	PUNTUACION	6	4	2	2			0
	RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
	PUNTUACION	6	5	3	1			0
	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
	PUNTUACION	6	5	3	1			0
5	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5			>0.5
	ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO			AGUA FLUYENDO
	PUNTUACION	15	10	7	4			0
VALOR RMR				36				

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO									
CLASIFICACION GEOMECÁNICA RMR89 DE BIENAWSKI									
PARAMETRO			RANGO DE VALORES						
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple		
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	PUNTUACION	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	PUNTUACION	20	17	13	6	3			
3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
	PUNTUACION	20	15	10	8	5			
4	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)		<1	1-3	3-10	10-20	>20		
		PUNTUACION	6	4	2	1	0		
	ABERTURA (mm)		NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5		
		PUNTUACION	6	5	4	1	0		
	RELLENO		NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5		
		PUNTUACION	6	4	2	2	0		
	RUGOSIDAD (mm)		MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE		
		PUNTUACION	6	5	3	1	0		
	ALTERACION		INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA		
		PUNTUACION	6	5	3	1	0		
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO		
	PUNTUACION	15	10	7	4	0			
VALOR RMR					41				

JUNTA 5

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

### Anexo 19. Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski para el macizo N°3.

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO									
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI									
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple		
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	PUNTUACION		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50			<25
	PUNTUACION		20	17	13	6			3
3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2			<0.06
	PUNTUACION		20	15	10	8			5
JUNTA 1	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20			>20
		PUNTUACION	6	4	2	1			0
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5			>5
		PUNTUACION	6	5	4	1			0
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5			BLANDO >5
		PUNTUACION	6	4	2	2			0
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA			SUAVE
		PUNTUACION	6	5	3	1			0
5	AGUA FREÁTICA	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA			DESCOMPUESTA
		PUNTUACION	6	5	3	1			0
		RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5			>0.5
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO			AGUA FLUYENDO
	PUNTUACION	15	10	7	4			0	
VALOR RMR		51							

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO									
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR89 DE BIENAWSKI									
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple		
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	PUNTUACION		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50			<25
	PUNTUACION		20	17	13	6			3
3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2			<0.06
	PUNTUACION		20	15	10	8			5
JUNTA 2	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20			>20
		PUNTUACION	6	4	2	1			0
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5			>5
		PUNTUACION	6	5	4	1			0
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5			BLANDO >5
		PUNTUACION	6	4	2	2			0
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	ONDULADA			SUAVE
		PUNTUACION	6	5	3	1			0
5	AGUA FREÁTICA	ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA			DESCOMPUESTA
		PUNTUACION	6	5	3	1			0
		RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5			>0.5
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO			AGUA FLUYENDO
	PUNTUACION	15	10	7	4			0	
VALOR RMR		51							

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO							
CLASIFICACION GEOMECÁNICA RMR89 DE BIENAWSKI							
PARAMETRO		RANGO DE VALORES					
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5 5-1 <1
	PUNTUACION		15	12	7	4	2 1 0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25
	PUNTUACION		20	17	13	6	3
3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06
	PUNTUACION		20	15	10	8	5
JUNTA 3	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20
		PUNTUACION	6	4	2	1	0
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5
		PUNTUACION	6	5	4	1	0
		RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5
		PUNTUACION	6	4	2	2	0
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	BLANDAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE
		PUNTUACION	6	5	3	1	0
		ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
		PUNTUACION	6	5	3	1	0
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO
		PUNTUACION	15	10	7	4	0
VALOR RMR		51					

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO							
CLASIFICACION GEOMECÁNICA RMR89 DE BIENAWSKI							
PARAMETRO		RANGO DE VALORES					
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple
		Compresión Simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5 5-1 <1
	PUNTUACION		15	12	7	4	2 1 0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25
	PUNTUACION		20	17	13	6	3
3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06
	PUNTUACION		20	15	10	8	5
JUNTA 4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD D (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20
		PUNTUACION	6	4	2	1	0
		ABERTURA (mm)	NADA	<0.1	0.1-1	1-5	>5
		PUNTUACION	6	5	4	1	0
		RELLENO	NINGUNO	DURO <5	DURO >5	BLANDO <5	BLANDO >5
		PUNTUACION	6	4	2	2	0
		RUGOSIDAD (mm)	MUY RUGOSA	RUGOSA	BLANDAMENTE RUGOSA	ONDULADA	SUAVE
		PUNTUACION	6	5	3	1	0
		ALTERACION	INALTERADA	LIGERAMENTE ALTERADA	MODERADAMENTE ALTERADA	MUY ALTERADA	DESCOMPUESTA
		PUNTUACION	6	5	3	1	0
5	AGUA FREÁTICA	RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5
		ESTADO GENERAL	SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO
		PUNTUACION	15	10	7	4	0
VALOR RMR		51					

CLASE DE MACIZO ROCOSO	I	II	III	IV	V
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	MUY MALA
PUNTUACION	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Anexo 20. Clasificación geomecánica SMR romana 1997.

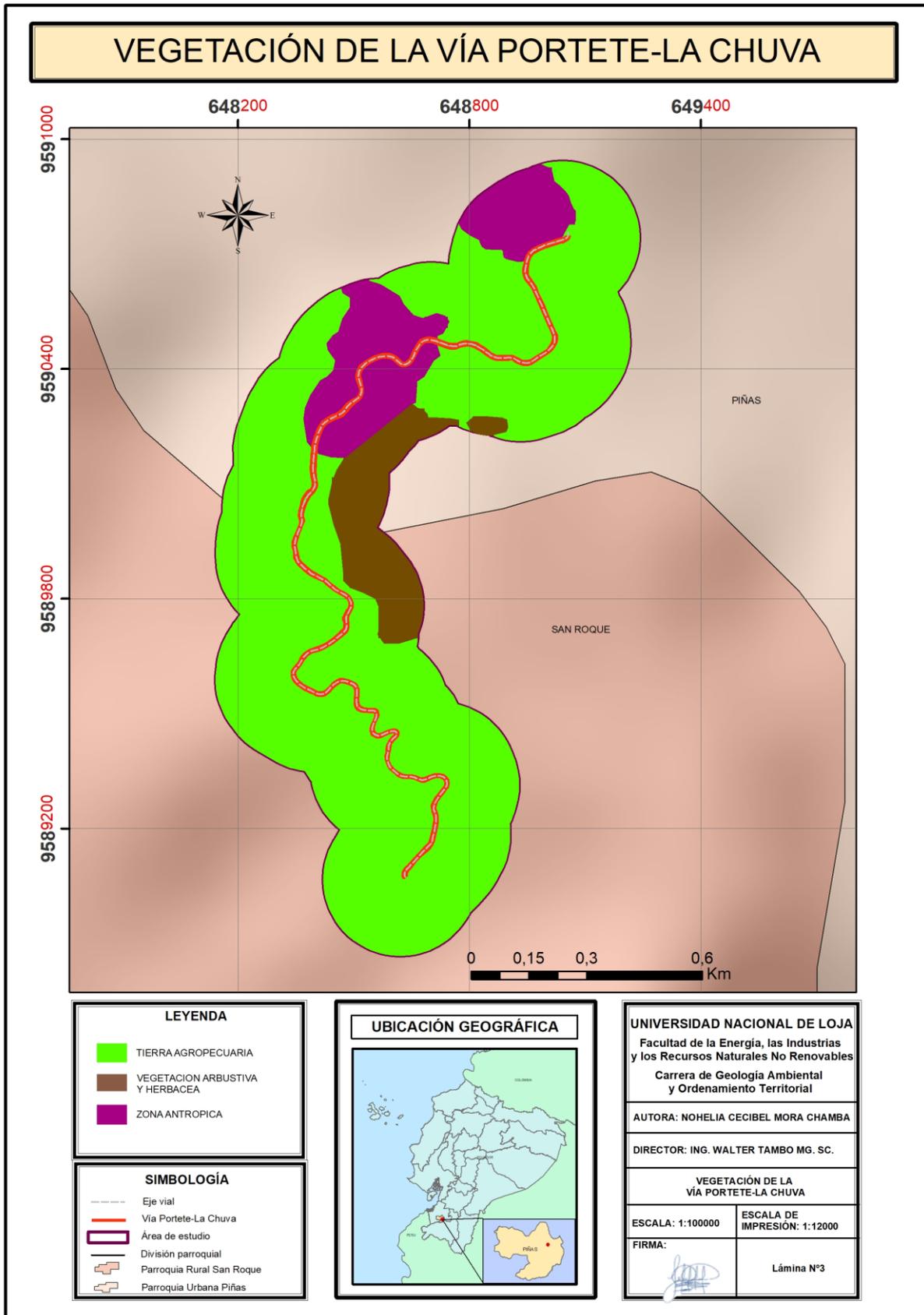
CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA SMR ROMANA 1997													
MACIZO ROCOSO NRO. 1													
ROTURA PLANAR													
JUNTAS	$(\alpha_s)$	$(\alpha_j)$	$(\alpha_j) - (\alpha_s)$	F1	$(\beta_j)$	F2	$(\beta_s)$	$(\beta_j) - (\beta_s)$	F3	F4	SMR	CLASE DE ESTABILIDAD	RMR
J1	111	143	32	0,15	42	0,85	32	10	-6	0	39,24	Inestable	40,00
J2	111	168	57	0,15	70	1,00	32	38	0	0	40,00		40,00
J3	111	67	44	0,15	83	1,00	32	51	0	0	40,00	21,00	40,00
J4	111	50	61	0,15	21	0,40	32	-11	-60	0	36,40		40,00
J5	111	34	77	0,15	69	1,00	32	37	0	0	40,00	21,00	40,00
J6	111	114	3	0,85	29	0,40	32	-3	-50	0	21,00		38,00
CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICA SMR ROMANA 1997													
MACIZO ROCOSO NRO. 3													
ROTURA PLANAR													
JUNTAS	$(\alpha_s)$	$(\alpha_j)$	$(\alpha_j) - (\alpha_s)$	F1	$(\beta_j)$	F2	$(\beta_s)$	$(\beta_j) - (\beta_s)$	F3	F4	SMR	CLASE DE ESTABILIDAD	RMR
J1	75	115	40	0,15	69	1	16	53	0	0	51	Inestable	51
J2	75	11	64	0,15	16	0,4	16	0	-50	0	48		51
J3	75	72	3	1	14	0,4	16	-2	-50	0	31	31	51
J4	75	309	234	0,15	59	1	16	43	0	0	51		51

**Anexo 21.** Clasificación GSI.

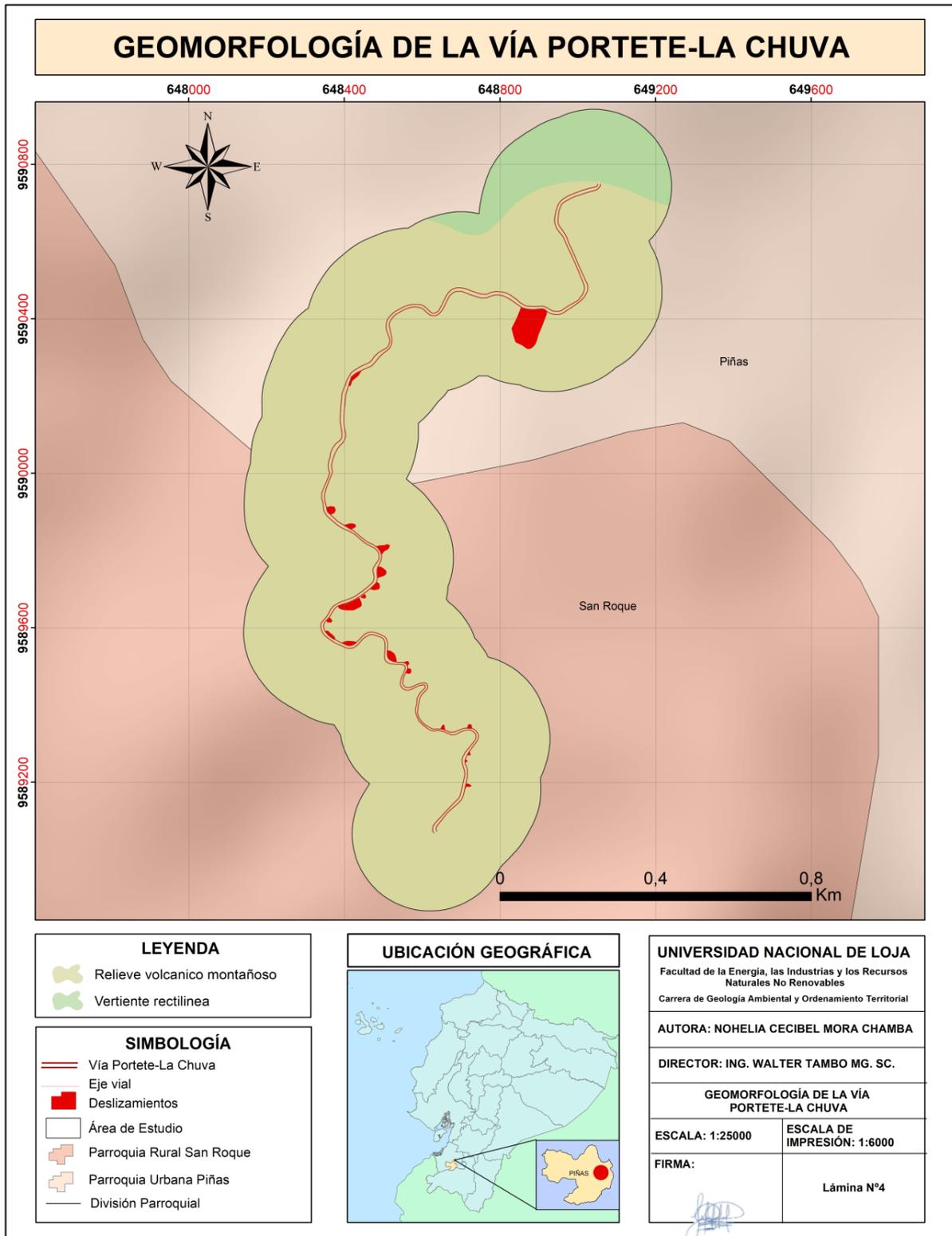
RMR-Macizo 1	40
RMR-Macizo 2	38,4
RMR-Macizo 3	51

GSI-Macizo 1	34,7	Calidad Mala
GSI-Macizo 2	33,4	Calidad Mala
GSI-Macizo 3	46	Calidad Regular

Anexo 22. Vegetación de la zona de estudio.

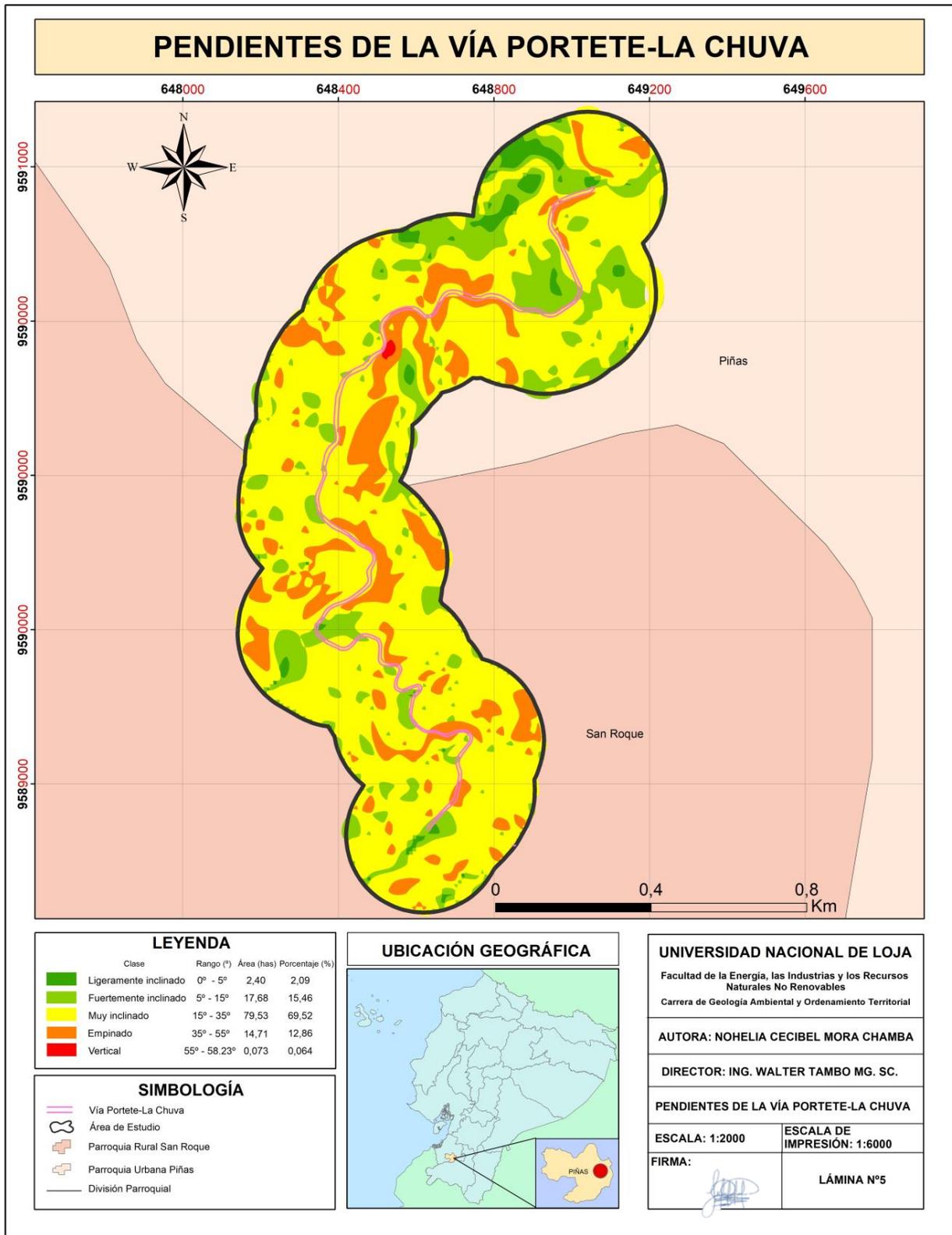


**Anexo 23.** Geomorfología de la zona de estudio.

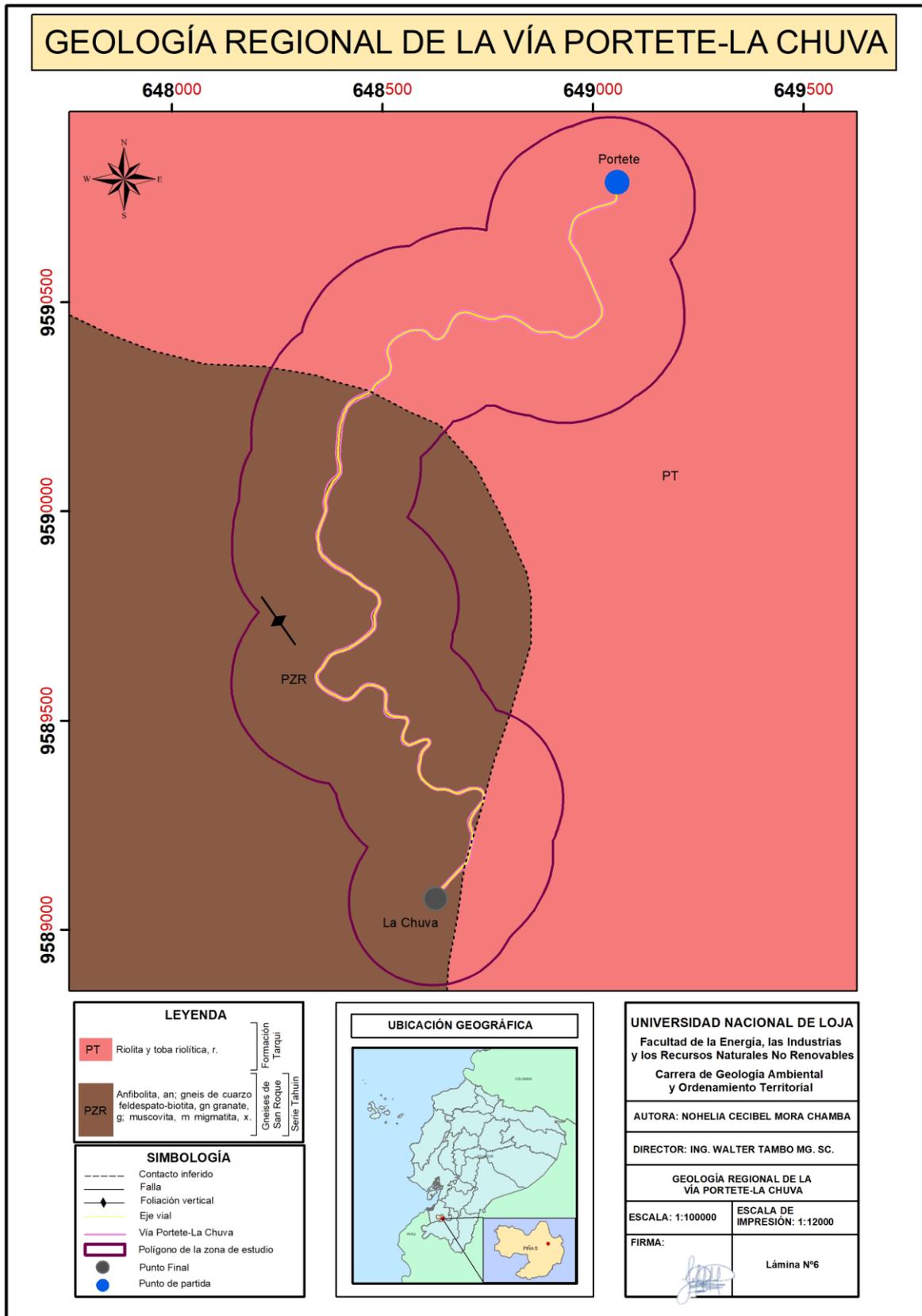


**Nota.** Ministerio del Ambiente (2018). Adaptado por la Autora (2023).

Anexo 24. Pendientes de la zona de estudio.

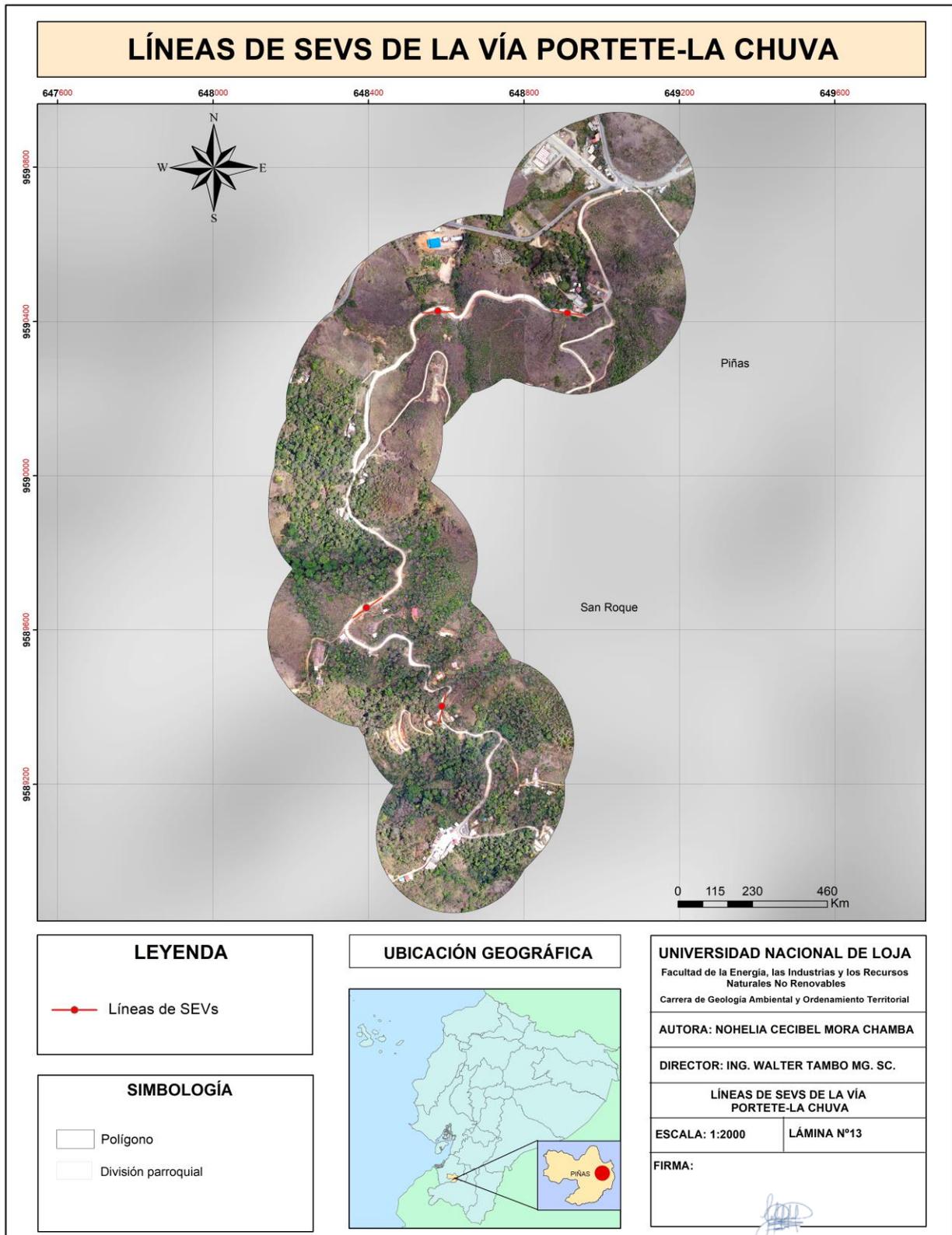


Anexo 25. Geología Regional de la zona de estudio.

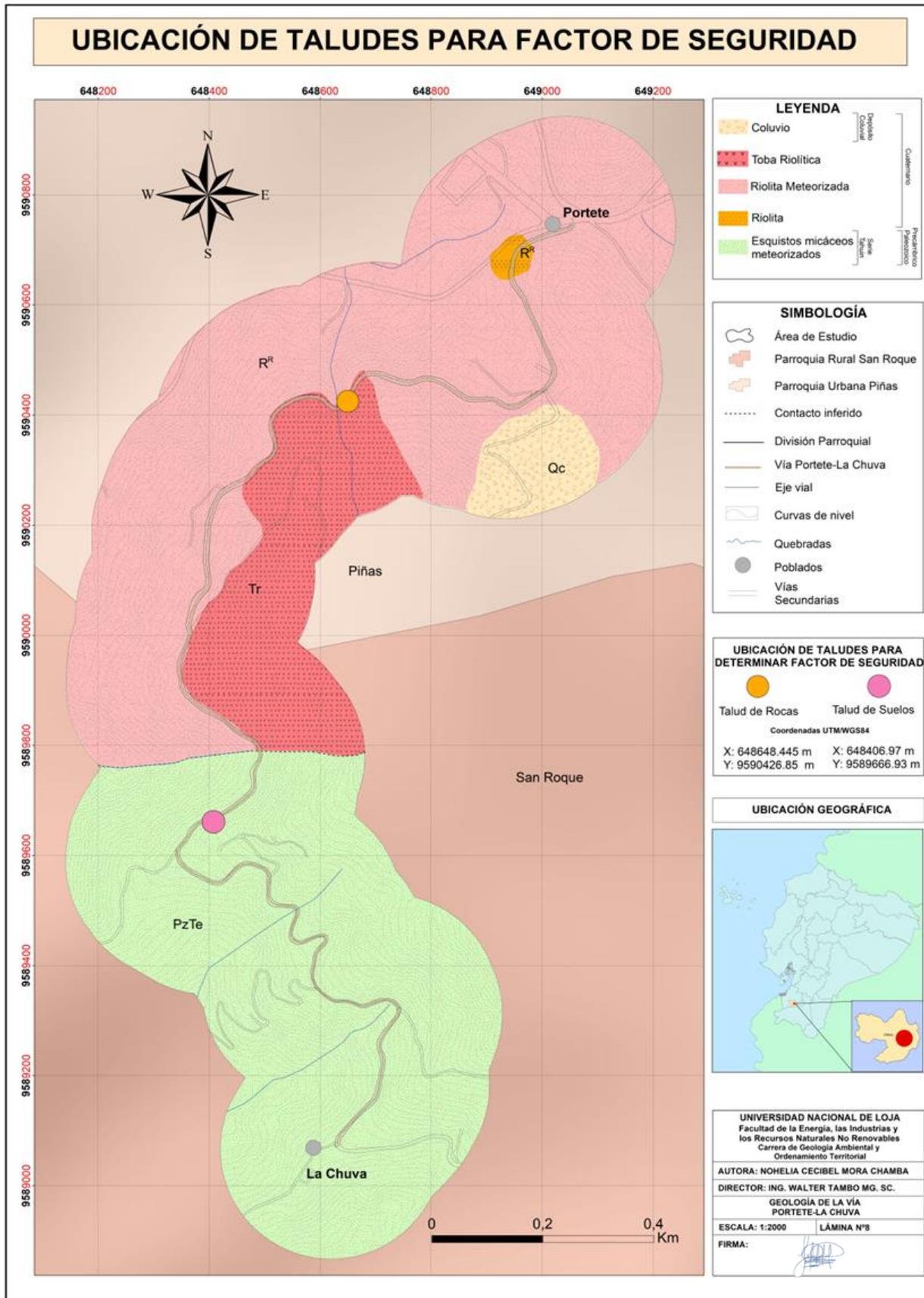


Nota. Adaptado de Carta geológica del cantón Zaruma, 1980

**Anexo 26.** Ubicación de los SEVS.



Anexo 27. Ubicación de taludes para factor de seguridad.



**Anexo 28.** Topografía de la zona de estudio.

**Anexo 29.** Geología de la zona de estudio.

**Anexo 30.** Corte Geológico.

**(Ubicados en el CD-R Nro. 1)**

**Anexo 31.** Certificación de traducción del resumen.

Cuenca, 07 de octubre del 2023

Yo, Julissa Maribel Iñiguez Añezco, con documento de identidad Nro. 0750531527,  
Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés con N° de registro 1007-2022-2463742

**CERTIFICO:**

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés correspondiente a un resumen de Trabajo de Titulación, el cual se realizó en base a los documentos originales entregados por su autor, la Srta. Nohelia Cecibel Mora Chamba, con cédula de identidad Nro. 0705914299, con el tema denominado "*Caracterización Geológica-Geotécnica de la vía Portete-La Chuva en el cantón Piñas, provincia de El Oro.*", traducción que servirá para fines personales y académicos de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad y a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.



Escrito digitalmente por:  
JULISSA MARIBEL  
IÑIGUEZ AÑEZCO

Julissa Maribel Iñiguez Añezco

C.I: 0750531527