



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**

**CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL  
RIESGO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL  
RIESGO**

**TEMA:**

**“ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS Y VULNERABILIDAD DE LOS  
ELEMENTOS EXPUESTOS, EN LA VÍA GUARANDA – GALLO RUMI, PERIODO  
MAYO – SEPTIEMBRE 2023.”**

**AUTORES:**

**ANDREA MARISOL BAZANTES CEVALLOS**

**PAVLOVA SUSANA LOPÉZ PAVÓN**

**TUTOR:**

**ING. LUIS VILLACÍS TACO, Msc.**

**GUARANDA – ECUADOR**

**2023**

## **CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO,**

### **CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.**

**Guaranda, 23 de febrero de 2024.**

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC., Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

#### **CERTIFICA:**

Que el proyecto de Investigación titulado: “ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS Y VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS, EN LA VÍA GUARANDA – GALLO RUMI, PERIODO MAYO – SEPTIEMBRE 2023”; realizado por las señoritas: **Andrea Marisol Bazantes Cevallos y Pavlova Susana López Pavón** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



**ING. LUIS VILLACIS TACO.**

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO**

**DERECHOS DE AUTOR**

Yo/nosotros **BAZANTES CEVALLOS ANDREA MARISOL y LOPEZ PAVÒN PAVLOVA SUSANA** portador/res de la Cédula de Identidad No **0250180049** y **0201869021** en calidad de autor/res y titular/es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **"ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS Y VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS, EN LA VÍA GUARANDA – GALLO RUMI, PERIODO MAYO – SEPTIEMBRE 2023"** modalidad presencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Nombres y Apellidos

BAZANTES CEVALLOS ANDREA MARISOL

Nombre del Autor 1

Firma

Nombres y Apellidos

LOPEZ PAVÒN PAVLOVA SUSANA

Nombre del Autor 2

Firma

## **II. DEDICATORIA**

*A Dios por su bendición durante toda la etapa universitaria, a mis padres Rodrigo y Lourdes que han sido mis pilares fundamentales en mi vida que con su sacrificio y apoyo incondicional siempre me han brindado su ayuda para culminar con éxito el fin de mi carrera.*

**Andrea Marisol Bazantes Cevallos**

*A mis padres Esthela y Vicente por guiarme y ser pilares fundamentales en cada paso que doy, ya que, con su apoyo incondicional, su amor y trabajo me educaron en toda mi formación, a mi hermana Valeria por ser el reflejo de una mujer luchadora y a mi hijo Zamir por darme la valentía y haber subido un escalón más y crecer como persona y profesional, esperó que un día comprendas que te debo lo que soy ahora y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de tus pasos.*

**Pavlova Susana Lopez Pavón**

### **III. AGRADECIMIENTO**

*A Dios por permitirme culminar mis estudios universitarios satisfactoriamente, a mis padres que han sido mi ejemplo a seguir y que siempre me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria, a mi tutor de tesis por toda la ayuda brindada en este proceso.*

**Andrea Marisol Bazantes Cevallos**

*Doy gracias a Dios por darme sabiduría, fuerza y valentía en todas las situaciones adversas que se han presentaron en mi vida y también los buenos momentos que he disfrutado, a mis padres quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio para ser un excelente ser humano ante la sociedad. A mí, por ser perseverante y no rendirme, me valoro y me felicito y sobre todo gratitud a mi tutor por su guía y apoyo durante la elaboración de esta investigación*

**Pavlova Susana Lopez Pavón**

## V. ÍNDICE GENERAL

II. DEDICATORIA.....	iii
III. AGRADECIMIENTO .....	iv
IV. DERECHOS DEL AUTOR A LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR .....	v
V. ÍNDICE GENERAL .....	vi
VI. ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
VII. ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
VIII. ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
TEMA: .....	1
RESUMEN .....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA .....	6
1.1.    Planteamiento del Problema .....	6
1.2.    Formulación del Problema.....	7
1.3.    Objetivos.....	7
1.3.1.  Objetivo General .....	7
1.3.2.  Objetivos Específicos.....	7

1.4.	Justificación .....	8
1.5.	Limitaciones .....	9
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	10
2.1.	Marco referencial .....	10
2.1.1.	Localización del Área de Estudio .....	10
2.1.2.	Clima y Relieve.....	10
2.1.3.	Geología y Geomorfología .....	11
2.2.	Antecedentes de la Investigación:.....	12
2.2.1.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY, PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023. ....	12
2.2.2.	APLICACIÓN DEL CRITERIO DE FALLA MOHR – COULOMB PARA DETERMINAR ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VÍA CHIMBO – EL TORNEADO, EN EL PERIODO JUNIO A DICIEMBRE 2022.....	14
2.2.3.	Generación de Mapa de Curva de Nivel a un Intervalo de 10 m. ....	14
2.2.4.	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN MALINALCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO. UN APORTE A LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES A ESCALA MUNICIPAL .....	15
2.3.	Bases Teóricas .....	16
2.3.1.	Amenaza .....	16

2.3.2. Movimientos en masa .....	16
2.3.3. Deslizamiento .....	17
2.3.4. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DESLIZAMIENTOS .....	19
2.3.5. NOMENCLATURA DE UN TALUD O LADERA .....	21
2.3.6. NOMENCLATURA DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO .....	23
2.3.7. ETAPAS EN EL PROCESO DE FALLA .....	25
2.3.8. PROCESOS EN LA ETAPA DE DETERIORO .....	26
2.3.9. CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	35
2.3.10. CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO.....	43
2.3.11. FACTORES NATURALES O ANTRÓPICOS .....	46
2.3.12. CRITERIO DE LA FALLA DE MOHR – COULOMB .....	47
2.3.13. Medidas no estructurales para la prevención, atención y reducción de desastres por deslizamientos .....	56
2.4. MARCO LEGAL.....	57
2.4.1. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.....	58
2.5. Definición de Términos .....	59
2.6 Sistema de Variables.....	62
2.7 Operacionalización de variables .....	63
3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	67
3.1. Nivel de Investigación .....	67

3.2. Diseño de la investigación .....	68
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	68
3.4. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	69
3.4.1. Metodología para el procesamiento de la información del objetivo 1: Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi. ....	70
3.4.2. Metodología para el procesamiento de la información del objetivo 2: Evaluar la vulnerabilidad estructural de elementos esenciales expuestos a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi. ....	72
3.4.3. Metodología para el procesamiento de la información del objetivo 3: Proponer medidas de reducción del riesgo ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.....	78
4.    CAPITULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	78
4.1. Resultados según objetivo específico 1: Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.....	78
4.1.1. Zonas Susceptibles a Deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi .....	79
4.1.2. Resultados obtenidos del talud mediante el programa Geo5.....	88
4.2. Resultados según objetivo 2.....	91
4.2.1. Objetivo 2: Evaluar la vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales expuestos a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi. ....	91
4.2.2. Sistema de agua potable.....	92

4.2.3. Sistema Eléctrico .....	93
4.3. Resultados del objetivo 3 .....	97
4.3.1. Objetivo 3: Proponer medidas de reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda Gallo Rumi.....	97
5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
5.1. Conclusiones.....	105
5.2. Recomendaciones .....	107
6. BIBLIOGRAFÍA: .....	109
7. ANEXOS .....	112
7.1. Anexo 1: Documentación fotográfica.....	112

## VI. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamiento rotacional típico.....	18
Figura 2. Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana – Ensenada en México.....	19
Figura 3: Nomenclatura de taludes y laderas.....	21
Figura 4. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.....	23
Figura 5. Procesos de deterioro en macizos rocosos.....	28
Figura 6. Esquema general de cárcava de erosión.....	33
Figura 7. Caídos de bloques por gravedad en roca fracturada.....	36
Figura 8. Caídos de bloques rodando.....	36
Figura 9. Algunos mecanismos de falla de caídos.....	37
Figura 10. Esquema de caídos de roca y residuos.....	38
Figura 11. Volteo o inclinación en materiales residuales.....	38
Figura 12. Proceso de falla al volteo.....	39
Figura 13. El volteo puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera.....	39
Figura 14. Esquema de un proceso de reptación.....	40
Figura 15. Deslizamiento de suelos blandos.....	41
Figura 16. Flujos de diferentes velocidades.....	42
Figura 17. Representación gráfica de la ecuación de MOHR – COULOMB.....	48
Figura 18: Bermas para detener caídos o derrumbes de roca o suelo.....	52
Figura 19: Trincheras para el control de flujos caídos o avalanchas.....	53

Figura 20: Cubierta de protección contra caídos de roca, flujos o avalanchas ..... 54

## VII. ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 <i>Mapa de localización geográfica de la vía Guaranda – Gallo Rumi</i> .....	11
Gráfico 2 <i>Cubierta de protección para mitigar impacto de los bloques</i> .....	55
Gráfico 3 <i>Mapa Geopedológico del Área delimitado con la Cuenca hidrográfica Conventillo</i> ..	80
Gráfico 4 <i>DEM de la cuenca hidrográfica exportada al software ArcView GIS 3.2 EL DEM</i>	81
Gráfico 5 <i>Curvas de nivel de la cuenca hidrográfica de Conventillo con un intervalo de 20m</i> ..	81
Gráfico 6 <i>Mapa de pendientes</i> .....	82
Gráfico 7 <i>Mapa de zonas de acumulacion de flujo</i> .....	83
Gráfico 8 <i>Mapa de áreas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi</i>	<b>Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Gráfico 9 <i>Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi</i> .....	86
Gráfico 10 <i>Muestra de Talud en pendiente</i> .....	88
Gráfico 11 <i>Mapa de elementos expuestos (Sistema eléctrico) susceptible a deslizamiento en la vía Guaranda – Gallo Rumi</i> .....	96

## VIII. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Métodos de estructuras de contención .....	51
Tabla 2 Matriz de Operacionalización de variable Independiente.....	63
Tabla 3 Matriz de Operacionalización de variable Dependiente .....	65
Tabla 4 Densidad y ángulo de fricción del suelo .....	71
Tabla 5 Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación de la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	73
Tabla 6 Resultado de niveles de vulnerabilidad de la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	74
Tabla 7 Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema de agua potable la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	74
Tabla 8 Resultado de niveles del sistema de agua potable (captación) de la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	75
Tabla 9 Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema eléctrico de la vía Guaranda – Gallo Rumi. ....	75
Tabla 10 Resultado de niveles de vulnerabilidad del sistema eléctrico Guaranda – Gallo Rumi	78
Tabla 11 Densidad relativa Angulo de Fricción del suelo .....	79
Tabla 12 Zonas de estudio en la vía Guaranda – Gallo Rumi .....	86
Tabla 13 Resultados obtenidos del análisis de estabilidad de talud del punto crónico de la vía Guaranda – Gallo Rumi .....	89

Tabla 14 Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación de la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	91
Tabla 15 Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema de agua potable la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	92
Tabla 16 Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema eléctrico de la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	93
Tabla 17 Ubicación de postes, transformadores y seccionadores en zonas susceptibles a deslizamientos.....	96
Tabla 18 Medidas para la reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos de la vía Guaranda – Gallo Rumi (medidas estructurales).....	97
Tabla 19 Medidas para la reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos de la vía Guaranda – Gallo Rumi (medidas no estructurales).....	102
Tabla 20 Medidas para reducir la exposición de los elementos esenciales frente a la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.....	103

**TEMA:**

“ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS Y VULNERABILIDAD DE LOS  
ELEMENTOS EXPUESTOS, EN LA VÍA GUARANDA – GALLO RUMI, PERIODO MAYO  
– SEPTIEMBRE 2023.”

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realiza en la vía Guaranda - Gallo Rumi ubicada al sur este de la ciudad, misma que conecta con la ciudad de Riobamba en 45 minutos aproximadamente el objetivo del presente estudio es determinar las zonas susceptibles a deslizamientos y la vulnerabilidad de los elementos expuestos para plantear las respectivas medidas de reducción del riesgo. El trabajo de titulación consta de un enfoque mixto tipo descriptivo y de campo, utilizando metodologías cualitativas y cuantitativas, se identifica las zonas susceptibles a deslizamientos aplicando la metodología de la ley de MOHR – COULOMB en el cual se toma en cuenta los factores como: densidad y ángulo de fricción del suelo con el fin de conocer las zonas críticas con característica: crónica, muy alta, alta, media, baja y estable de la vía de estudio. A través del software GEO 5 se determina el cálculo de pendientes estables o inestables acorde a los resultados obtenidos en la investigación.

Para la obtención de los resultados del grado de vulnerabilidad de los elementos expuestos se consideró la metodología del (PNUD & SNGR, 2011) con la finalidad de evaluar el sistema vial, agua potable y el sistema eléctrico obteniendo niveles bajos.

En cuanto a las medidas de reducción de riesgos se estableció medidas estructurales como: la construcción de muros de contención, disminución de la pendiente, construcción de bermas y medidas no estructurales como: aplicación de normativas vigentes, incluir señalética en la vía, fortalecimiento institucional, aplicar acciones en cuanto a los elementos expuestos.

## **ABSTRACT**

The present research work is carried out on the Guaranda - Gallo Rumi, road located to the south east of the city, which connects with the city of Riobamba in approximately 45 minutes. The objective of this study is to determine the areas susceptible to landslides and the exposed elements. to propose the respective risk reduction measures. The degree work consists of a mixed descriptive and field approach, using qualitative and quantitative methodologies, the areas susceptible to landslides are identified by applying the MOHR – COULOMB law methodology in which factors such as: density are taken into account. and ground angle in order to know the critical zones with chronic, very high, high, medium, low and stable characteristics of the study road. Through the GEO 5 software, the calculation of stable or unstable slopes is determined according to the results obtained in the investigation.

To obtain the results of the degree of vulnerability of the exposed elements, the methodology of (UNDP; SNGR, 2011) was considered in order to evaluate the road system, drinking water and the electrical system, obtaining low levels.

Regarding risk reduction measures, structural measures were established such as: the construction of retaining walls, reduction of the slope, construction of berms and non-structural measures such as: application of current regulations, including signage on the road, institutional strengthening, apply actions regarding the exposed elements.

## **INTRODUCCIÓN**

Los deslizamientos en el Ecuador ocurren frecuentemente durante la temporada de lluvias siendo muy notorios en diferentes regiones del país debido a su topografía montañosa. Algunas zonas son más propensas a este tipo de eventos ya que cuando el suelo recibe una gran cantidad de agua por lo cual la tierra se ablanda y se desprende formando flujos de lodo o material seco que se precipitan pendiente abajo ya sean por causas naturales o antrópicas.

En la provincia de Bolívar se puede evidenciar la presencia de suelos y pendientes inestables debido al relieve montañoso que lo caracteriza razón por la cual son propensas a deslizamientos por diferentes factores. Estos eventos pueden tener consecuencias devastadoras por eso es importante tener en cuenta que cada provincia puede tener sus propias medidas de reducción del riesgo y gestión de desastres para hacer frente a los deslizamientos y otros eventos naturales.

La vía Guaranda – Gallo Rumi no está exenta de este tipo de afectación ya que se ha podido evidenciar: agrietamientos, rupturas físicas montañosas y deslizamientos de considerablemente magnitud en los diferentes tramos de la vía de gran importancia ya que conecta con la ciudad de Riobamba. El inconveniente en la vía se viene desarrollando desde el año 2011 a raíz de las etapas invernales fuertes que se han incrementado con el pasar de los años.

El proyecto de investigación tiene por objetivo reducir el riesgo planteando medidas de reducción del riesgo ante la amenaza de deslizamientos que se han evidenciado en estos meses del año 2023; para lo cual se identificará las zonas de alta vulnerabilidad que son un peligro latente para las personas que circulan por el sector.

Dentro del proyecto de investigación se va a evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos tales como: sistema vial, agua potable y sistema eléctrico en las zonas de exposición a deslizamientos mediante la utilización de metodologías y sistemas de información geográfica con el fin de obtener una mayor exactitud, así como también se planteó medidas de reducción del riesgo ante deslizamientos del sector ya que las autoridades encargadas no prestan atención ni un mantenimiento constante de la vía por ello tardan mucho tiempo en el momento de dar una pronta respuesta en caso de emergencia.

## **CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA**

### **1.1.Planteamiento del Problema**

Los deslizamientos de tierra se refieren especialmente a los movimientos de tierra en los que una masa de suelo compuesto de diferentes materiales se desplaza ladera abajo por una determinada pendiente. Estos deslizamientos pueden ser provocados por diferentes factores como: precipitaciones, deforestación, o la construcción sin planificación entre otros, siendo así los deslizamientos eventos que aumentan su peligrosidad.

Debido a la irregularidad del terreno según su relieve montañoso los deslizamientos han ocasionado obstrucciones en las vías, daños en la infraestructura vial, interrupciones de tráfico entre otros. Estas situaciones ponen en un riesgo alto a la estructura vial siendo evidente en la vía de Guaranda – Gallo Rumi misma que conecta con la ciudad de Riobamba en la cual se pueden apreciar muchas pendientes fisuradas.

En la vía Guaranda Gallo – Gallo Rumi existen diferentes tramos de la vía en la cual por diferentes causas se observó que hay presencia de diferentes deslizamientos que se incrementan en la época lluviosa y al relieve montañoso lo cual genera destrucción en las pendientes pronunciadas impidiendo la circulación por la zona de estudio.

Es necesario recalcar que en la actualidad no se ha realizado estudios previos del sector motivo por el cual se desconoce con exactitud las zonas de deslizamientos inestables del sector, así como la vulnerabilidad de los elementos expuestos (red vial, agua potable, sistema eléctrico) mismos que si no son analizados acusan un impacto negativo para el desarrollo. Es por ello que se busca reducir el riesgo proponiendo estrategias que servirán de apoyo para la toma de decisiones por parte de las autoridades.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuáles son las zonas susceptibles a deslizamientos y la vulnerabilidad estructural de los elementos expuestos en la vía Guaranda - Gallo Rumi en el año 2023?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar las zonas susceptibles a deslizamientos y la vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales expuestos en la vía Guaranda - Gallo Rumi, en el año 2023.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.
- Evaluar la vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales expuestos a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.
- Proponer medidas de reducción del riesgo ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.

#### **1.4. Justificación**

En la vía Guaranda - Gallo Rumi no se ha podido evidenciar que efectúen las respectivas medidas de reducción de riesgos para actuar con rapidez ante los efectos negativos de se desencadenan por los deslizamientos de gran magnitud ya son afectaciones de gran impacto en el área de estudio, no obstante mediante el estudio que se va a realizar se pretende investigar a profundidad tomando en cuenta cada uno de los antecedentes que se han suscitado en la vía ya que así se tomará en cuenta su evolución para determinar con exactitud el grado de afectación al cual se enfrenta así como también el impacto directo para las personas de las comunidades cercanas y las que circulan a diario por la vía.

El proyecto de investigación se busca ayudar significativamente a una correcta toma de decisiones por parte de las autoridades mismas que permitan un mejor manejo en una situación de emergencia para dar una pronta respuesta. Además, la Universidad Estatal de Bolívar ayudará con la obtención de nuevas metodologías para analizar con una mayor exactitud las zonas de deslizamientos siendo una fuente de apoyo.

Se realizará un diagnóstico de la situación actual de la zona de estudio en el cual se va a evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos que pueden encontrarse en zonas de mayor afectación con el fin de establecer medidas de reducción de riesgo y así de esta manera fortalecer los organismos de respuesta.

El proyecto es viable ya que se pretende recabar la mayor información siendo una fuente muy útil para fortalecer y promover prácticas resilientes, así como también la coordinación de organismos y entes de respuestas dando una solución técnica al problema.

## **1.5. Limitaciones**

Para el desarrollo del proyecto de investigación se pueden mencionar las siguientes limitaciones:

- Escasa información.
- Carencia de estudios previos de la vía.
- Poco acceso a la vía cuando hay presencia de lluvias
- Acceso limitado de estudios técnicos de los elementos esenciales (red vial, sistema de agua potable y sistema eléctrico)
- Escasos proyectos de investigación que proporcionen la información clara y necesaria para conocer con exactitud.

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco referencial**

#### **2.1.1. Localización del Área de Estudio**

El área de estudio está ubicada al sur este de la ciudad de Guaranda la vía Gallo Rumi es aquella que consta de 2 carriles con un total de 33km que conecta directamente con la ciudad de Riobamba para lo cual en el estudio comprende desde el kilómetro 10 al kilómetro 19 ya q son las zonas donde hay mayor número de deslizamientos.

#### **2.1.2. Clima y Relieve**

##### **2.1.2.1. Clima**

El clima del área de estudio es un clima frío con variaciones de temperatura y presencia de viento dependiendo la etapa en la que se encuentra, pero normalmente está en un rango de 14-15° C. La temperatura más baja se las puede presenciar cerca al volcán Chimborazo.(Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOPE), 2017)

##### **2.1.2.2. Relieve**

La zona de estudio cuenta con un relieve montañoso lleno de pendientes que van desde las pequeñas hasta las más pronunciadas. De la misma manera que cuentan con una vegetación seca en la cual dominan de árboles pequeños y grandes por lo cual se la considera como una vegetación tipo arbustiva. Además, es una unidad tipo Cordillera, donde los drenajes presentes han formado valles profundos con pendientes naturales transversales de hasta 45° de inclinación sobre las formaciones. (Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOPE), 2017)

### **2.1.3. Geología y Geomorfología**

Según los informes de (Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOPE), 2017) el área de estudio, a nivel regional, se han diferenciado las siguientes formas de relieve, las cuales han sido modeladas por diferentes factores a través del tiempo. Las laderas naturales permanecen con buena estabilidad, pero, debido a los cortes efectuados por la construcción de la carretera actual se ha producido ciertas inestabilidades puntuales que son de origen antrópico, litológico e hidrológico.

#### **Gráfico 1**

*Mapa de localización geográfica de la vía Guaranda – Gallo Rumi.*



**Elaborado por:** Bazantes A & López P, 2023.

## 2.2. Antecedentes de la Investigación:

Para el presente proyecto de investigación se tomó en cuenta como apoyo algunos estudios realizados de la misma temática de identificación de zonas susceptibles a deslizamientos de diferentes infraestructuras viales en determinadas zonas, mismos que ayudarán a determinar una mejor apreciación del estudio para construir bases conceptuales ante deslizamientos, estabilidad de taludes y medidas de reducción del riesgo.

### 2.2.1. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY, PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023.

El trabajo de titulación tuvo como propósito identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay. Para lo cual se empleó una metodología basada en el modelo **SHALSTAB** diseñado por Montgomery y Dietrich en el año de 1994, con la finalidad de poder “evaluar la susceptibilidad relativa de las laderas y producir fenómenos de deslizamientos” este modelo trabaja en función de condiciones de estabilidad de las laderas y según las cualidades de los flujos superficiales (Daniela Salazar Bustillos & Nathaly Recalde Tapia, 2023)

Además, se utilizó el criterio de falla de **MOHR – COULOMB**, el cual postula que “si una muestra de suelo es sometida a un esfuerzo de corte, esta tiende a producir un desplazamiento de sus partículas entre sí o con respecto a la masa total de suelo” (Daniela Salazar Bustillos & Nathaly Recalde Tapia, 2023)

Según los resultados de la investigación:

Se calculó la estabilidad de los taludes de las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía, además se propone medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos en la vía y se determina que las condiciones de estabilidad que estos presentan “no aceptable”, por ende, son formaciones “inestables” que al generarse cualquier tipo de falla detonarían la ocurrencia de deslizamientos de tierra. La inestabilidad de los taludes se define, en razón que, los factores de seguridad calculados con el software GEO 5, se encuentra por debajo del coeficiente de seguridad (1.60) propuesto para efectos del estudio. (Daniela Salazar Bustillos & Nathaly Recalde Tapia, 2023)

El proyecto de investigación antes mencionado servirá de gran apoyo y fuente para la evaluación de ciertas especificaciones de los deslizamientos ya que se tomará en cuenta los

parámetros de evaluación para una mejor apreciación de nuestra área de estudio de la vía Guaranda – Gallo Rumi.

### **2.2.2. APLICACIÓN DEL CRITERIO DE FALLA MOHR – COULOMB PARA DETERMINAR ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VÍA CHIMBO – EL TORNEADO, EN EL PERIODO JUNIO A DICIEMBRE 2022**

Determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, mediante el criterio de falla MOHR – COULOMB. La determinación de zonas susceptibles a movimiento en masa en la vía Chimbo – El Torneado, tiene como punto de inicio la generación de varios insumos necesarios para la aplicación del criterio de falla MOHR – COULOMB, el mismo que permite conocer zonas de estabilidad e inestabilidad ante determinado fenómeno en el área objeto de estudio (Katheryn Estrada & Elvis Pucha, 2022)

### **2.2.3. Generación de Mapa de Curva de Nivel a un Intervalo de 10 m.**

Mediante el módulo SHALSTAB, es importante generar el mapa de curvas de nivel del área de influencia de la microcuenca del Batán a una distancia de 10 m, para obtener una mejor visualización de las zonas planas y empinadas del territorio. También, para determinar los accidentes geográficos que forman parte del área de estudio y la influencia que estos podrían tener en la susceptibilidad a movimientos en masa. (Katheryn Estrada & Elvis Pucha, 2022)

Se establece dos tipos de medidas de acuerdo a la realidad del territorio en el que se lleva a cabo la investigación; siendo la primera de estas las medidas estructurales, las cuales son toda obra física que ayuda a prevenir, mitigar y controlar 63 riesgos actuales y futuros; mientras que el

segundo tipo de medidas a formularse son las medidas no estructurales, cuyo enfoque se direcciona a las acciones no físicas que aportan a atender los riesgos existentes en la localidad (Katheryn Estrada & Elvis Pucha, 2022)

Este proyecto de investigación ayuda como fuente de estudio ya que al ejecutar diferentes metodologías para determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía mencionada cumpliendo todos los parámetros y así establecer medidas de reducción de riesgo con el fin de prevenir y actuar de manera eficaz durante una emergencia tomando en cuenta las zonas más propensas.

#### **2.2.4. SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN MALINALCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO. UN APORTE A LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES A ESCALA MUNICIPAL**

Este artículo realiza una contribución en la primera fase de la gestión local del riesgo para el municipio de Malinalco, Estado de México. Específicamente se determina la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, en un contexto geográfico donde en los últimos diez años ocurrieron al menos 36 deslizamientos. Para determinar la susceptibilidad a ellos, de acuerdo con el objetivo planteado para este caso de estudio, se seleccionó la metodología de Mora y Vahrson, ampliamente empleada en Latinoamérica. Probablemente, una de las respuestas a su amplio uso, la encontramos en la facilidad para la obtención de los recursos mínimos para su aplicación, con enfoque en los factores condicionantes y desencadenantes. La metodología involucra los factores condicionantes: 1) pendiente del terreno, 2) litología y 3) humedad; así como los factores desencadenantes, 1) precipitaciones y 2) sismicidad. A partir del conocimiento físico del territorio,

y en especial del inventario de deslizamientos realizados, se identifica una alta correspondencia espacial entre el 91.6% de los deslizamientos y las vialidades.(Valdez Valdez et al., 2022)

El municipio de Malinalco presenta su mayor número de movimientos inventariados en las vías de comunicación (carreteras), ubicadas al norte, noroeste y sureste del municipio; por consiguiente, el uso de suelo constituyó un factor desencadenante robusto para el diseño metodológico.

La metodología Mora y Vahrson resultó, para este caso de estudio, una herramienta eficaz en la identificación de zonas susceptibles a movimientos de laderas mediante técnicas SIG. Sin embargo, se muestra que puede ser modificada de acuerdo con las características físicas del espacio geográfico estudiado y al nivel de información disponible.

## **2.3. Bases Teóricas**

### **2.3.1. Amenaza**

Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. (Naciones Unidas, 2009)

### **2.3.2. Movimientos en masa**

Todo movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad. Algunos movimientos en masa son lentos, a veces imperceptibles y difusos; en tanto que otros pueden desarrollar velocidades altas. Los principales tipos de movimientos en masa comprenden caídas, deslizamientos, reptación, flujos y propagación lateral. (*Terminología-GRD-2017*, s. f.)

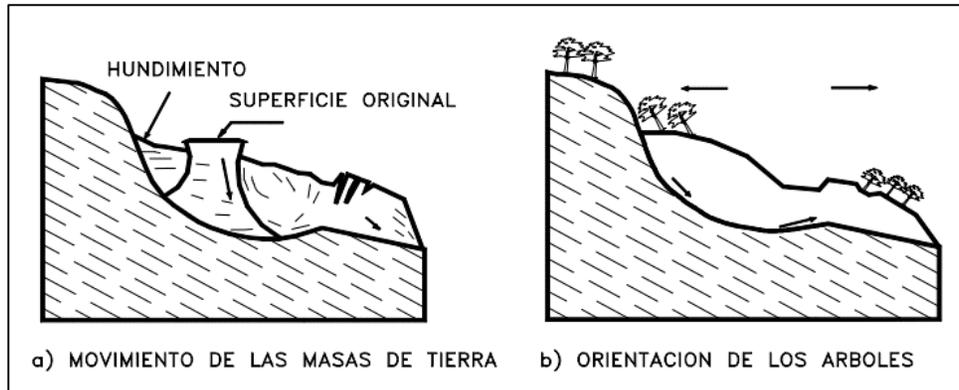
### **2.3.3. Deslizamiento**

Desplazamiento ladero abajo de una masa de material, (puede ser rotacionales o traslacionales en sus movimientos) que tiene lugar predominantemente sobre una o más superficies de rotura, con intensa deformación de cizalla, se caracterizan por tener presencia de superficies de rotura definidas y la preservación a grandes rasgos de la forma de la masa desplazada. Se pueden sub- clasificar en rotacionales, cuando la superficie de rotura es cóncava o curva, además, tiene baja deformación. (CONRED, s.f.)

#### **2.3.3.1. TIPOS DE DESLIZAMIENTOS:**

##### **2.3.3.1.1. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL**

En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. (Suárez Díaz Jaime, 1998)



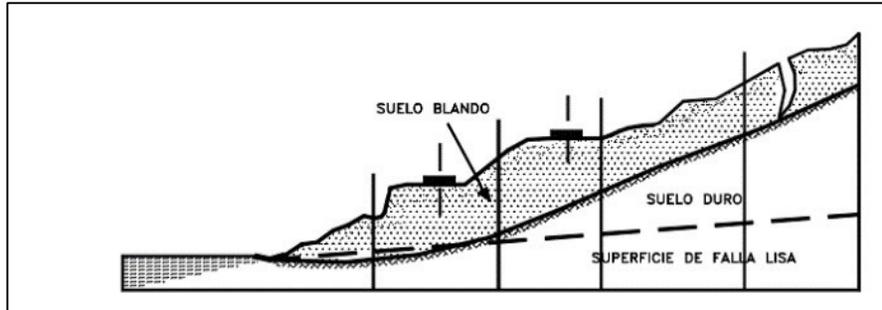
**Figura 1.** Deslizamiento rotacional típico.

**Fuente:** (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### 2.3.3.1.2. DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL

En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo (Suárez Díaz Jaime, 1998c)

Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones (Suárez Díaz Jaime, 1998c)



**Figura 2.** Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana – Ensenada en México.

**Fuente:** (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## 2.3.4. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DESLIZAMIENTOS

### 2.3.4.1. Resistencia al Cortante

La resistencia al corte representa la modelación física del fenómeno de deslizamiento, los parámetros de ángulo de fricción y cohesión determinan el factor de seguridad al deslizamiento de una determinada superficie dentro del terreno. (Suárez Jaime, 2009)

Los ángulos de fricción varían de cero en materiales muy blandos, a 50 grados en gravas angulosas o mantos de arenisca y las cohesiones de cero en materiales granulares limpios, a más de 10 Kg/cm<sup>2</sup> en suelos muy bien cementados y valores superiores en las rocas masivas. (Suárez Jaime, 2009)

### 2.3.4.2. Permeabilidad

La permeabilidad mide la resistencia interna de los materiales al flujo del agua y puede definir el régimen de agua subterránea, concentración de corrientes, etc. Los valores del coeficiente de permeabilidad varían de 100 cm/seg., en roca fracturada o suelos compuestos por

arenas y gravas, hasta 10-10 cm/seg., en arcillas impermeables o en pizarras y granitos sanos.(Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.4.3. Sensitividad**

La sensitividad se define como la relación de la resistencia pico al corte entre una muestra inalterada y otra remoldeada. En algunos suelos arcillosos esta relación puede ser hasta de 4, lo que equivale a que se pierde gran parte de la resistencia al remoldearse; y en la literatura se conoce de casos catastróficos, donde por acción del cambio de esfuerzos, el suelo se remoldea in situ, pierde su resistencia y se produce el deslizamiento. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.4.4. Expansividad**

Los suelos arcillosos al contacto con el agua expanden su volumen produciéndose movimientos de extensión dentro de la masa del suelo. En suelos sensitivos se puede producir pérdida de resistencia al corte por acción del remoldeo generado por el proceso expansivo, factor que se ha detectado en suelos de origen volcánico en el suroccidente de Colombia. (Suárez Jaime, 2009)

Según (Suárez Jaime, 2009) la expansividad de un suelo se puede medir por medio de ensayos de presión de expansión o expansión libre o por su relación con los límites de plasticidad. La expansividad de suelos arcillosos en los rellenos de juntas puede generar deslizamientos de rocas.

### 2.3.4.5. Erosionabilidad

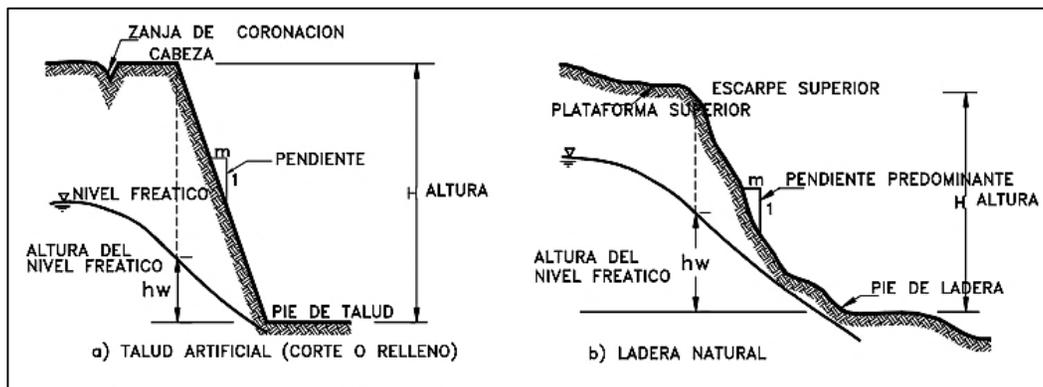
La erosionabilidad es la facilidad con la cual el suelo puede ser desprendido y transportado por acción del agua. Este factor puede afectar la estabilidad de un talud, en cuanto produce cambios topográficos desestabilizantes o genera conductos internos de erosión. (Suárez Jaime, 2009)

### 2.3.4.6. Parámetros ambientales y antrópicos

El clima ejerce una influencia en la rata de meteorización. Las reacciones químicas se duplican con cada 10° C de aumento de la temperatura. Factores tales como: evaporación, fuerzas sísmicas, vegetación y modificaciones causadas por el hombre, pueden producir alteración del talud lo cual afecta su inestabilidad. (Suárez Jaime, 2009)

### 2.3.5. NOMENCLATURA DE UN TALUD O LADERA

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. (Suárez Díaz Jaime, 1998)



**Figura 3:** Nomenclatura de taludes y laderas.

**Fuente:** (Suárez Díaz Jaime, 1998)

En el talud de laderas se definen los siguientes elementos constitutivos:

### **1. Altura**

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### **2. Pie**

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### **3. Cabeza o escarpe**

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### **4. Altura de nivel freático**

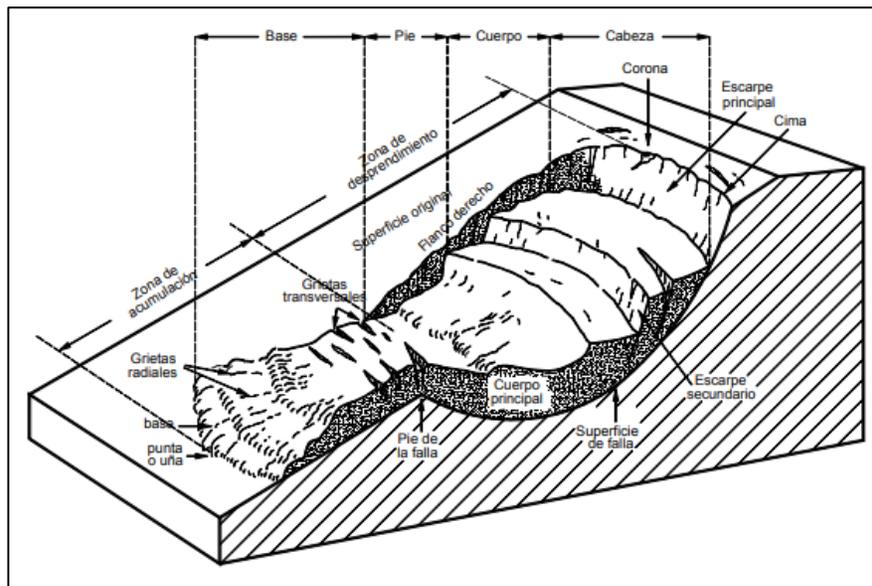
Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza. (Suárez Díaz Jaime, 1998d)

### **5. Pendiente**

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### 2.3.6. NOMENCLATURA DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO

Según lo que menciona (Suárez Díaz Jaime, 1998) los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo.



**Figura 4.** Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento

**Fuente:** (Suárez, 2009)

#### 2.3.6.1. Partes de un Deslizamiento:

##### 2.3.6.1.1. Cabeza.

Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.2. Cima.**

El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.3. Corona.**

El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado y adyacente) a la parte más alta del escarpe principal. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.4. Escarpe principal.**

Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.5. Escarpe secundario.**

Superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.6. Superficie de falla.**

Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.7. Pie de la superficie de falla.**

La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.8. Base.**

El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla. (Suárez Jaime, 2009)

#### **2.3.6.1.9. Punta o ña.**

El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima. (Suárez, 2009)

### **2.3.7. ETAPAS EN EL PROCESO DE FALLA**

(Suárez Díaz Jaime, 1998) menciona que la clasificación de deslizamientos pretende describir e identificar los cuerpos que están en movimiento relativo. Las clasificaciones existentes son esencialmente geomorfológicas y solamente algunas de ellas introducen consideraciones mecánicas o propiamente geológicas. En este orden de ideas se deben considerar cuatro etapas diferentes en la clasificación de los movimientos:

- a. Etapa de deterioro o antes de la falla: donde el suelo es esencialmente intacto.
- b. Etapa de falla: caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- c. La etapa post-falla: que incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.

- d. La etapa de posible reactivación: en la cual pueden ocurrir movimientos que pueden considerarse como una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores.

### **2.3.8. PROCESOS EN LA ETAPA DE DETERIORO**

El deterioro, con el tiempo puede dar lugar a la necesidad de mantenimiento o construcción de obras de estabilización. Al deterioro, sin embargo, se le da muy poca atención en el momento del diseño y el énfasis se dirige a evitar las fallas profundas, más que a evitar los fenómenos anteriores a la falla. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

Cuando un talud se corta, para la construcción de una vía o de una obra de infraestructura, ocurre una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la posición de equilibrio por una de deterioro acelerado. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

El deterioro comprende la alteración física y química de los materiales y su subsecuente desprendimiento o remoción. Este incluye la alteración mineral, los efectos de relajación y la abrasión. La iniciación y propagación de fracturas es de significancia particular en la destrucción de la superficie que puede conducir a caídos de roca o colapso del talud. (Suárez Díaz Jaime, 1998c)

#### **1. Caída de granos**

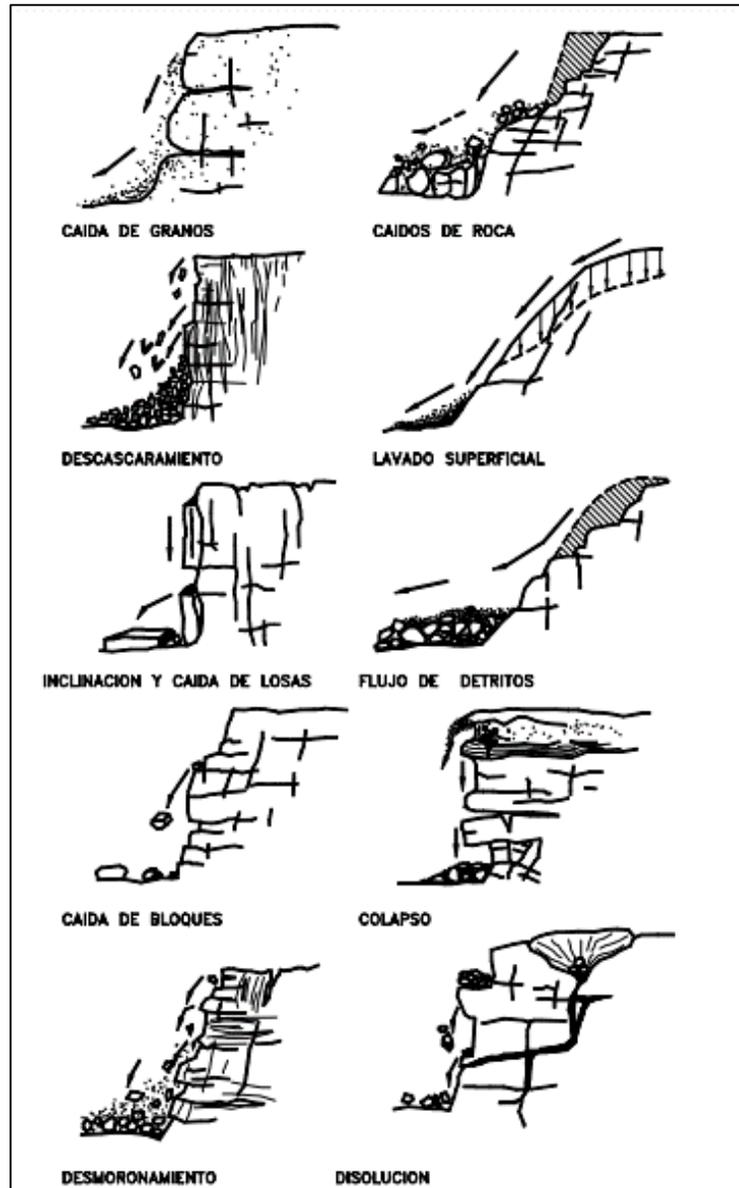
Consiste en la caída de granos individuales de la masa de roca con desintegración física a granos como prerequisite. Depende de la resistencia de las uniones intergranulares y las microgrietas relacionadas con los granos.

Causa un debilitamiento general del material de roca. No representa una amenaza en sí misma, pero puede conducir a la pérdida de soporte y subsecuente colapso en pequeña escala. Los finos pueden sedimentarse y producir depósitos dentro de las estructuras de drenaje. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

Como solución (Suárez Díaz Jaime, 1998) sugiere la limpieza de los residuos en el pie del talud y el cubrimiento con técnicas de bioingeniería concreto lanzado y refuerzo local, donde exista riesgo de colapso.

## **2. Descascaramiento**

Caída de cáscaras de material de la masa de roca. Las cáscaras tienen forma de láminas con una dimensión significativamente menor a las otras dos dimensiones. Puede reflejar la litología, fisilidad, o puede reflejar la penetración de la meteorización. Los fragmentos en forma de láminas no son grandes y no constituyen una amenaza significativa, sin embargo, se produce un depósito de sedimentos en el pie del talud. Como tratamiento se sugiere las técnicas de bioingeniería y concreto lanzado con pequeños anclajes y obras de concreto dental. (Suárez Díaz Jaime, 1998)



**Figura 5.** Procesos de deterioro en macizos rocosos

**Fuente:** (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### 3. Formación, inclinación y caída de losas de roca

Se forman prismas o pequeñas placas con dimensión mínima de 50 mm, pudiendo existir deslizamiento y rotación o pandeo. Generalmente, las fracturas a tensión paralelas a la superficie del talud son prerequisite para su ocurrencia, seguidas por la pérdida de soporte. Pueden caer grandes bloques de material y pueden significar una amenaza importante, causando daño a los canales de drenaje, cercas, pavimentos o puede crear taludes negativos. Las inclinaciones pueden considerarse como un proceso de deterioro o como un movimiento del talud. Como tratamiento se sugiere la construcción de gradas o escaleras, bermas intermedias, refuerzo con pernos o estructuras de contención. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

#### **4. Caídos de bloques**

Pueden caer por gravedad, en forma ocasional bloques individuales de roca de cualquier dimensión, produciendo un deterioro en la estructura del talud. La amenaza es difícil de predecir debido al gran rango de tamaños que pueden caer y especialmente los bloques grandes pueden causar daño estructural. En ocasiones bajan saltando y rodando y pueden caminar grandes distancias. Estos caídos corresponden a los caídos de roca en la clasificación general de movimientos en taludes. Como tratamiento se sugiere la construcción de gradas, la utilización de mallas de acero, concreto lanzado o mampostería. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

#### **5. Desmoronamiento del talud**

El desmoronamiento general del talud produce la caída de bloques de diversas dimensiones en forma semicontinua. Puede causar una amenaza significativa y crear

grandes acumulaciones de detritos en el pie del talud. Como solución se sugiere la construcción de gradas, colocación de mallas, trampas para detritos y cercas protectoras; también se pueden construir estructuras de submuración en mampostería o concreto lanzado. Los bloques grandes pueden requerir aseguramiento con pernos, anclajes o cables. Las áreas con desintegración severa pueden requerir soporte total o disminuir el ángulo de inclinación del talud. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **6. Caídos de roca**

La caída de muchos bloques de roca “en un solo evento” requiere que haya ocurrido un debilitamiento de la masa de roca, debido a la fragmentación y a la ausencia de soporte lateral. El volumen de la falla depende de los diversos planos de discontinuidad y puede cubrir en un solo momento varios planos (falla en escalera). (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **7. Lavado superficial o erosión**

La erosión es el desprendimiento, transporte y depositación de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos y cárcavas. Las gotas de lluvia pueden contribuir al desprendimiento de las partículas o granos. Puede producir sedimentación de materiales en el pie del talud. (Suárez Díaz Jaime, 1998c)

Como solución se propone generalmente, la construcción de obras de drenaje y de bioingeniería, así como concreto dental, concreto lanzado o modificaciones de la topografía del talud. Los procesos de erosión son muy comunes en suelos residuales poco cementados o en suelos aluviales, especialmente, los compuestos por limos y arenas finas

principalmente, cuando la cobertura vegetal ha sido removida. Se conocen varios tipos de erosión:

**a. Erosión Laminar**

El proceso de erosión laminar se inicia por el impacto de las gotas de agua lluvia contra la superficie del suelo, complementada por la fuerza de la escorrentía produciendo un lavado de la superficie del terreno como un todo, sin formar canales definidos. Al caer las gotas de lluvia levantan las partículas de suelo y las reparten sobre la superficie del terreno. La velocidad de las gotas de lluvia puede alcanzar valores hasta de 10 metros por segundo y su efecto es muy grande sobre las superficies de talud expuestos y sin cobertura vegetal. El proceso es particularmente grave cuando la pendiente del talud es grande, como es el caso de los taludes de cortes en obras viales. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

**b. Erosión de surcos**

Los surcos forman una compleja micro red de drenaje donde un surco al profundizarse va capturando los vecinos, formando surcos de mayor tamaño, los cuales a su vez se profundizan o amplían formando cárcavas en forma de V que pueden transformarse a forma de U. Inicialmente la cárcava se profundiza hasta alcanzar una superficie de equilibrio, la cual depende de las características geológicas e hidráulicas, para luego iniciar un proceso de avance lateral mediante deslizamientos de los taludes semi verticales producto de la erosión.

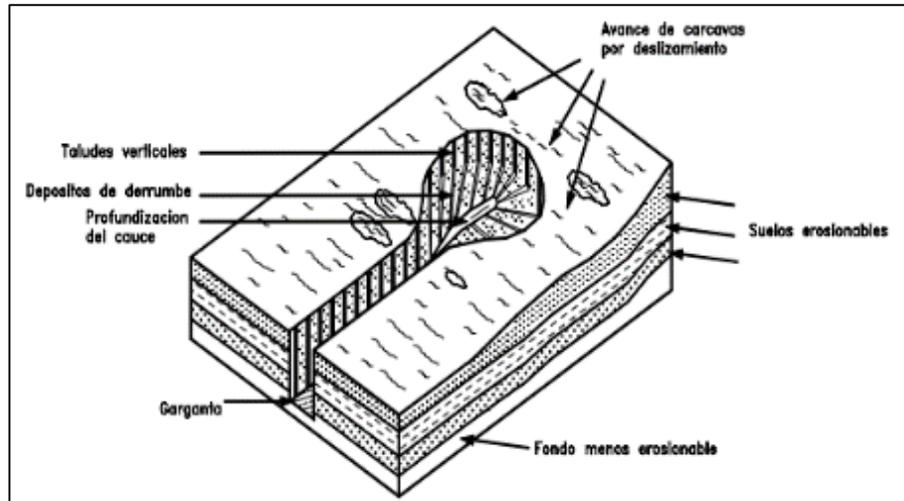
La localización en cuanto a su profundidad y la velocidad de avance del proceso es controlada por los fenómenos de tipo hidráulico y por la resistencia del material a la erosión. Los surcos de erosión pueden estabilizarse generalmente, con prácticas de agricultura. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

**c. Erosión en Cárcavas**

Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava. Las cárcavas inicialmente tienen una sección en V pero al encontrar un material más resistente o interceptar el nivel freático se extienden lateralmente, tomando forma en U. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

**d. Erosión interna (Piping)**

El agua al fluir por ductos concentrados dentro del suelo produce erosión interna, la cual da origen a derrumbamientos o colapsos que pueden generar un hundimiento del terreno o la formación de una cárcava.



**Figura 6.** Esquema general de cárcava de erosión.

**Fuente:** (Suárez Díaz Jaime, 1998)

#### **e. Erosión por afloramiento de agua**

Un caso de erosión puede ocurrir en los sitios de afloramiento de agua, formando pequeñas cavernas y/o taludes negativos, los cuales a su vez pueden producir desprendimientos de masas de suelo. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### **8. Flujo de detritos**

El desprendimiento y transporte de partículas gruesas y finas en una matriz de agua y granos en forma de flujo seco o saturado. Los flujos de detritos son impredecibles, mueven grandes volúmenes de material y pueden crear una amenaza moderada a alta. Se requiere un análisis especial de cada caso para su tratamiento. Generalmente no se les considera como procesos de deterioro sino como deslizamientos. Sin embargo, pueden

generar grandes deslizamientos del macizo al producir cambios topográficos importantes.  
(Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **9. Colapso**

Bloques independientes de gran tamaño colapsan debido a la falta de soporte vertical. El tamaño de los bloques es de más de 500 mm e incluyen los taludes negativos (overhangs). Representa una escala grande de amenaza, de acuerdo a su tamaño y potencial de colapso. Las soluciones incluyen concreto dental, estructuras de refuerzo, submuración y otras estructuras de retención. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **10. Disolución**

La disolución de materiales solubles en agua que puede ser acelerado por las condiciones locales, especialmente la presencia de aguas agresivas. Puede producir cavidades internas que podrían colapsar o formar cárcavas karsticas. Como tratamiento se sugiere la inyección o relleno de las cavidades o la construcción de estructuras de puente. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **11. Expansión y contracción**

En los suelos arcillosos se producen cambios de volumen por cambios de humedad asociados con el potencial de succión del material. Estas expansiones y contracciones producen agrietamientos y cambios en la estructura del suelo generalmente, con pérdida de la resistencia al cortante. Se puede disminuir evitando los cambios de humedad o disminuyendo el potencial de expansión utilizando procedimientos físicos y químicos como es la adición de cal. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **12. Agrietamiento cosísmico**

Los eventos sísmicos pueden producir agrietamientos especialmente en los materiales rígidos y frágiles. Los agrietamientos cosísmicos debilitan la masa de talud y generan superficies preferenciales de falla. El agrietamiento cosísmico es menor cuando existe buen refuerzo subsuperficial con raíces de la cobertura vegetal. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## **13. Deformaciones por concentración de esfuerzos y fatiga**

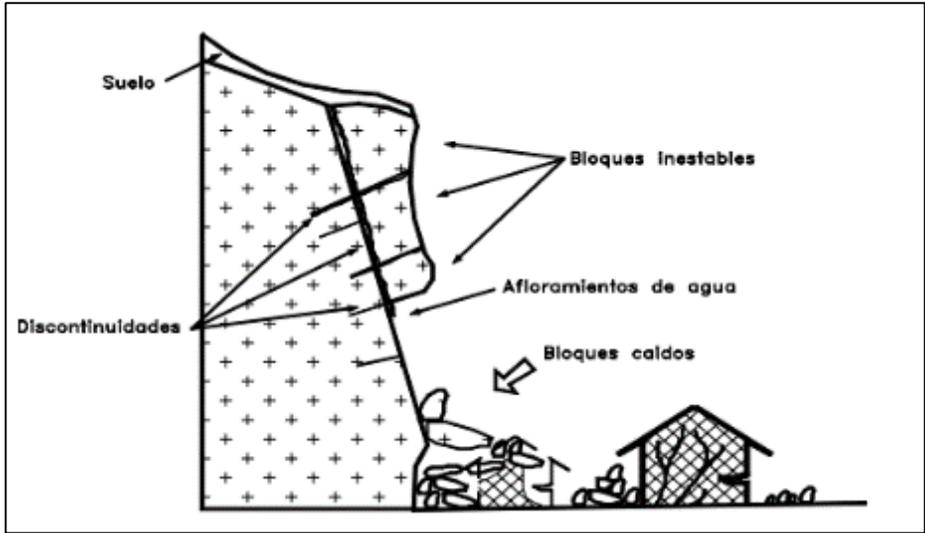
Los materiales al estar sometidos a esfuerzos de compresión o cortante sufren deformaciones, las cuales aumentan con el tiempo en una especie de fatiga de los materiales de suelo o roca. Estas deformaciones se pueden evitar disminuyendo los esfuerzos sobre el suelo, construyendo estructuras de contención o refuerzo. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

### **2.3.9. CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA**

Algunos de estos movimientos están incluidos en la clasificación de los procesos de deterioro previos a un deslizamiento y es difícil identificar cuando son procesos de deterioro y cuando son componentes principales del movimiento del talud.

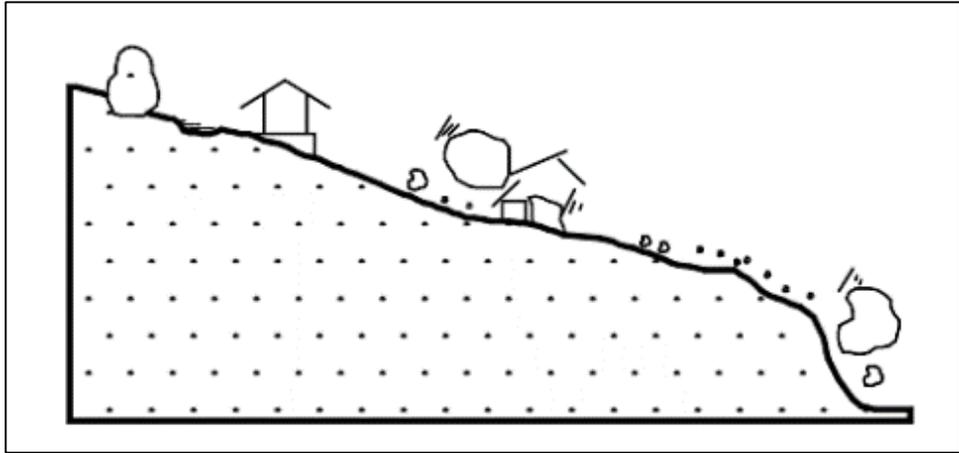
#### **1. Caído**

En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando.



**Figura 7.** Caídos de bloques por gravedad en roca fracturada.

**Fuente:** (Suárez, 2009)

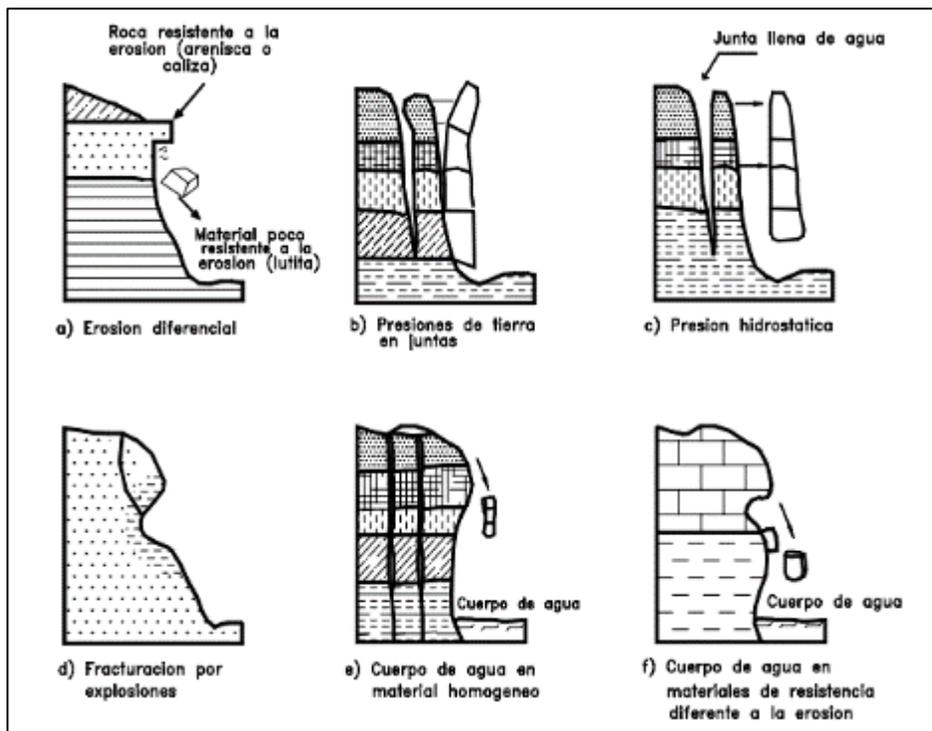


**Figura 8.** Caídos de bloques rodando.

**Fuente:** (Suárez, 2009)

El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido y puede o no, ser precedido de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o inclinación del bloque o masa

de material. La observación muestra que los movimientos tienden a comportarse como caídos de caída libre cuando la pendiente superficial es de más de 75 grados. En taludes de ángulo menor generalmente, los materiales rebotan y en los taludes de menos de 45 grados los materiales tienden a rodar. Los “caídos de roca” corresponden a bloques de roca relativamente sana, los caídos de residuos o detritos están compuestos por fragmentos de materiales pétreos y los caídos de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas (Figura 9)



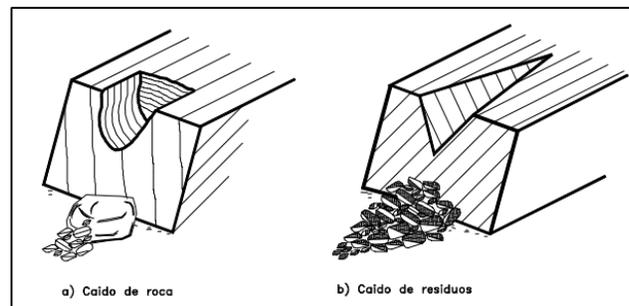
**Figura 9.** Algunos mecanismos de falla de caídos.

**Fuente:** (Suárez, 2009)

## 2. Inclinación o volteo

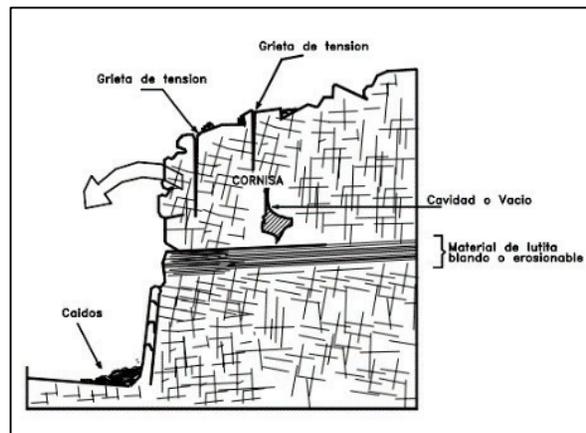
Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas (Figura 11)

Las fuerzas que lo producen son generadas por las unidades adyacentes, el agua en las grietas o juntas, expansiones y los movimientos sísmicos. La inclinación puede abarcar zonas muy pequeñas o incluir volúmenes de varios millones de metros cúbicos.



**Figura 10.** Esquema de caídos de roca y residuos

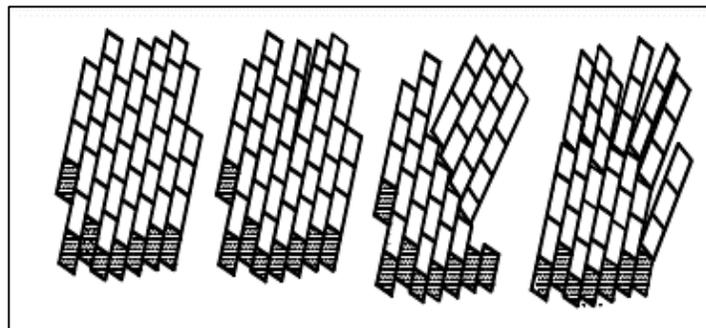
**Fuente:** (Suárez, 2009)



**Figura 11.** Volteo o inclinación en materiales residuales.

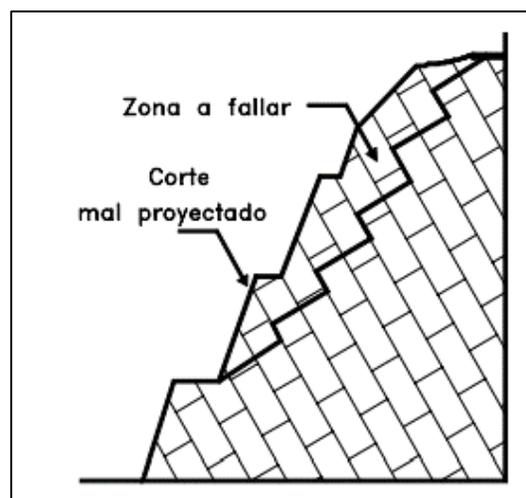
**Fuente:** (Suárez, 2009)

Dependiendo de las características geométricas y de estructura geológica, la inclinación puede o no terminar en caídos o en derrumbes (Figuras 11 y 12). Las inclinaciones pueden variar de extremadamente lentas a extremadamente rápidas. Las características de la estructura de la formación geológica determinan la forma de ocurrencia de la inclinación.



**Figura 12.** Proceso de falla al volteo

**Fuente:** (Suárez, 2009)

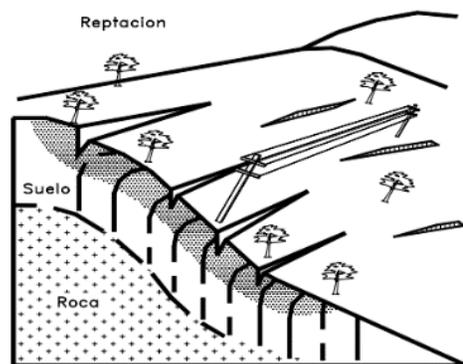


**Figura 13.** El volteo puede generar un desmoronamiento del talud o falla en escalera

**Fuente:** (Suárez, 2009)

### 3. Reptación

La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno (Figura 13). Se les atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos.



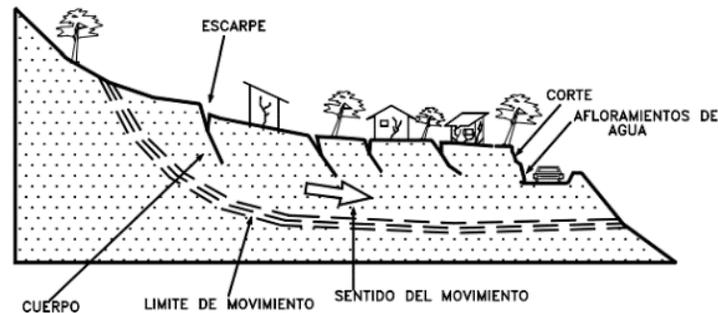
**Figura 14.** Esquema de un proceso de reptación

**Fuente:** (Suárez, 2009)

### 4. Deslizamiento

Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada (Figura 16). El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla. Los deslizamientos pueden ser de

una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.



**Figura 15.** Deslizamiento de suelos blandos

**Fuente:** (Suárez, 2009)

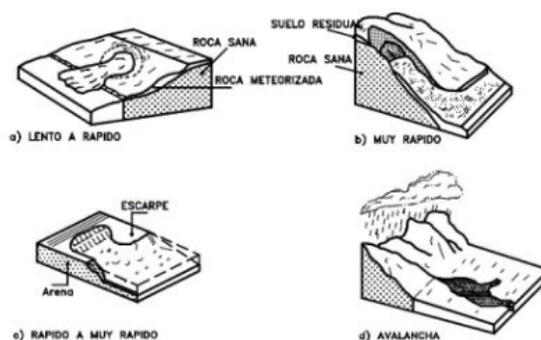
## 5. Flujo

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra.

- a. **Flujo en roca:** los movimientos de flujo en roca comprenden las deformaciones que se distribuyen a lo largo de muchas fracturas grandes y pequeñas.
- b. **Flujo de residuos (detritos):** por lo general, un flujo de rocas termina en uno de residuos. Los materiales se van triturando por el mismo proceso de flujo y se

puede observar una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento.

- c. **Flujos de suelo:** los flujos de suelo también pueden ser secos y más lentos de acuerdo a la humedad y pendiente de la zona de ocurrencia.
- d. **Flujos de lodo:** dentro de los flujos de tierra están los “flujos de lodo”, en los cuales los materiales de suelo son muy finos y las humedades muy altas y ya se puede hablar de viscosidad propiamente dicha, llegándose al punto de suelos suspendidos en agua. Los flujos de lodo poseen fuerzas destructoras grandes que dependen de su caudal y velocidad
- e. **Avalanchas:** en las avalanchas la falla progresiva es muy rápida y el flujo desciende formando una especie de ríos de roca y suelo. Estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales. (Suárez, 2009)



**Figura 16.** Flujos de diferentes velocidades

**Fuente:** (Suárez Díaz Jaime, 1998)

**Tipos de roturas de taludes en roca. (Plana, cuña,)**

## **6. Caracterización del movimiento**

### **2.3.10. CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO**

Adicionalmente al tipo de movimiento es importante definir las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad, y material.

#### **1. Tipo de material**

Los términos siguientes han sido adoptados como descripción de los materiales que componen un determinado movimiento del talud.

##### **a. Roca**

Se denomina “Roca” a la roca dura y firme que estaba intacta en su lugar antes de la iniciación del movimiento.

##### **b. Residuos**

Se denomina con el nombre de Residuos o “Detritos” al suelo que contiene una significativa proporción de material grueso. Se considera que si más del 20% del material en peso es mayor de 2 milímetros de diámetro equivalente, debe llamarse como Residuos.

Por lo general, deben existir partículas mucho mayores de 2 milímetros para que pueda considerarse de este modo.

##### **c. Tierra**

Se denomina tierra, al material de un deslizamiento que contiene más del 80% de las partículas menores de 2 milímetros. Se incluyen los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## 2. Humedad

Se proponen cuatro términos para definir las condiciones de humedad así:

- a. **Seco:** No contiene humedad “visible”.
- b. **Húmedo:** Contiene algo de agua, pero no posee agua (corriente) libre y puede comportarse como un sólido plástico, pero no como un líquido.
- c. **Mojado:** Contiene suficiente agua para comportarse en parte como un líquido y posee cantidades visibles de agua que pueden salir del material.
- d. **Muy mojado:** Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

## 3. Secuencia de repetición

La secuencia se refiere a movimientos que inician en un área local y progresan o se repiten en una determinada dirección. recomienda utilizar la siguiente terminología:

- a. **Progresivo** La superficie de falla se extiende en la misma dirección del movimiento.
- b. **Retrogresivo** La superficie de falla se extiende en dirección opuesta al movimiento

- c. **Ampliándose** La superficie de falla se extiende hacia una u otra de las márgenes laterales
- d. **Alargándose** La superficie de falla se alarga agregando continuamente volumen de material desplazado. La superficie de falla puede alargarse en una o más direcciones. El término alargándose puede utilizarse indistintamente con el término progresivo.
- e. **Confinado** Se refiere a movimientos que tienen un escarpe visible pero no tienen superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada.
- f. **Disminuyendo** El volumen de material siendo desplazado, disminuye con el tiempo. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

#### **2.3.10.1. Parámetros geométricos**

La conformación topográfica del talud: altura, pendiente, curvatura, largo y ancho, actuando en forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud, por cuanto determinan los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos. La topografía puede controlar la rata de meteorización y la rata de infiltración y movimiento de agua a través del material del talud, afectando la cantidad de agua disponible, lo cual determina la ocurrencia y características de los niveles freáticos. (Suárez Díaz Jaime, 1998)

El nivel de esfuerzos es también determinado por el volumen y ubicación de los bloques o masas de materiales, factores que dependen de las características topográficas. Entre los parámetros topográficos a estudiar se pueden extraer los siguientes: parámetros geológicos, parámetros hidrológicos, parámetros geotécnicos. (Suárez Díaz Jaime, 1998c)

## **2.3.11. FACTORES NATURALES O ANTRÓPICOS**

### **2.3.11.1. Naturales**

- **Clima:** En nuestro país, el desarrollo de movimientos en masa tiene una estrecha relación con la ocurrencia de lluvias, pues éstas saturan los suelos promoviendo la alteración de sus propiedades mecánicas y su pérdida de resistencia.
- **Topografía:** Los movimientos en masa ocurren con mayor frecuencia en terrenos caracterizados por presentar altas pendientes.
- **Litología:** Las características particulares de las rocas (composición, granulometría, estructura interna, grado de fracturamiento y descomposición), determinan su calidad o resistencia. En este orden de ideas, todos los materiales tienen comportamientos diferentes y unos tienden a ser más susceptibles que otros al desarrollo de movimientos en masa.
- **Actividad Sísmica:** Los sismos o terremotos generan vibraciones que pueden afectar el equilibrio de las laderas y originar deslizamientos. Este movimiento vibratorio puede desencadenar una serie de efectos que dan lugar a grandes deformaciones y roturas en el terreno.(Alcaldía de Medellín, 2016)

### **2.3.11.2. Factores relacionados con las actividades humanas (antrópicos).**

- **Excavaciones:** Los cortes o excavaciones que se desarrollan para la construcción de infraestructura, tienden a alterar el equilibrio de los taludes, de ahí que sea necesaria la ejecución de obras de protección, bajo la asesoría y supervisión de profesionales en el área de la construcción que garanticen el cumplimiento de la normatividad vigente.

- **Sobrecargas:** La disposición inadecuada de escombros y basuras en zonas de alta pendiente podría generar sobrecargas que conlleven a la pérdida de resistencia del suelo. El sobrepeso asociado a la densificación de la infraestructura habitacional en zonas de ladera, podría propiciar igualmente el desarrollo de procesos de inestabilidad.

- **Deforestación:** La eliminación de la cobertura vegetal en las laderas por la quema, tala y remoción de la vegetación, favorece la infiltración del agua y el desarrollo de procesos erosivos, de ahí que aumente la probabilidad de falla del terreno por saturación y pérdida progresiva de suelo.

- **Manejo de Aguas:** Los flujos de agua no controlados se convierten en uno de los principales agentes detonantes de procesos de erosión y remoción en masa, por tanto, el inadecuado manejo del drenaje por carencia o deficiencia de obras para la captación y conducción de aguas superficiales, la descarga de aguas residuales a media ladera, la existencia de fugas en redes de servicio (tuberías o mangueras) y la ocurrencia de fallas en tanques de almacenamiento de aguas, podrían propiciar la saturación del suelo y su pérdida de resistencia por aumento de presiones internas. (Alcaldía de Medellín, 2016)

## **2.3.12. CRITERIO DE LA FALLA DE MOHR – COULOMB**

### **2.3.12.1. Ecuación de Coulomb para Suelos Saturados**

La modelación o representación matemática del fenómeno de falla al cortante, en un deslizamiento, se realiza utilizando las teorías de la resistencia de materiales. Las rocas y los suelos al fallar al cortante, se comportan de acuerdo con las teorías tradicionales de fricción y cohesión, según la ecuación de Coulomb:

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo de resistencia al corte

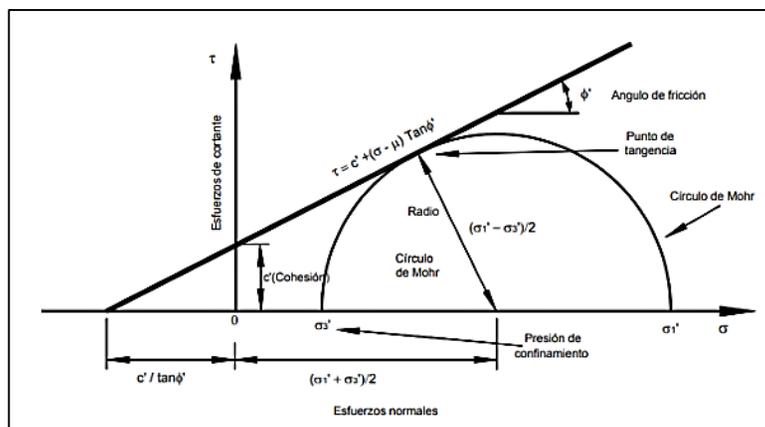
$c'$  = Cohesión o cementación efectiva

$\sigma$  = Esfuerzo normal total

$\mu$  = Presión del agua intersticial o de poros

$\phi$ : ángulo de fricción interno del suelo.

En la Figura 17 se muestra la representación gráfica de la ecuación de Coulomb. El análisis de la ecuación de Coulomb requiere conocer los parámetros, el ángulo de fricción y cohesión, los cuales se consideran como propiedades intrínsecas del suelo. La presencia del agua reduce el valor de la resistencia del suelo que depende de las presiones internas o de poros de acuerdo con la ecuación de Coulomb, en la cual el factor  $\mu$  está restando al valor de la presión normal total.



**Figura 17.** Representación gráfica de la ecuación de MOHR – COULOMB.

**Fuente:** (Suárez Jaime, 2009)

### **2.3.12.2. La Ocurrencia de deslizamientos en las vías**

Las vías que tienen mayor número de deslizamientos se pueden evidenciar claramente que son por las excavaciones y cortes que realizan en las pendientes naturales para la construcción de las mismas, en las cuales cambian su estabilidad y compactación ya que al suscitarse precipitaciones la acumulación del agua hace que se conviertan en un escenario peligroso aumentando cada vez más su magnitud. Hay vías que por su ubicación geográfica tienen precipitaciones muy frecuentes por lo que estas presentan un alto nivel de ocurrencia a deslizamientos produciendo así innumerables pérdidas humanas y económicas.

La falta de mantenimientos en las vías, así como los deslizamientos generan graves afectaciones directas para las personas que circulan a diario por las mismas viéndose muy limitado el desarrollo económico y local del territorio, ya que impiden que los productos de primera necesidad bienes y entre otros sean escasos para la sociedad. (Suárez, 2009)

### **2.3.12.3. Métodos Para Analizar las Condiciones de Estabilidad de Taludes:**

**Método Bishop:** es uno de los más utilizados en la actualidad para desarrollar el cálculo de factores de seguridad de taludes, a pesar que en el método solo interviene el equilibrio de momentos y no el equilibrio de fuerza horizontal, se considera que los resultados son muy precisos a comparación con el método completo.

**Software Geotécnico GEO 5:** es un conjunto de programas que proponen soluciones a los diferentes problemas geotécnicos, mediante el uso de métodos analíticos tradicionales y por el método de elementos finitos (MEF). Este programa da la facilidad de modelar y analizar varios

problemas geotécnicos como: análisis de estabilidad, cimentaciones superficiales, túneles y pozos, diseño de excavaciones, cimentaciones profundas, estudios geotécnicos.

#### **2.3.12.4. Medidas Estructurales Para la Reducción de Riesgos Ante Deslizamientos**

Las medidas estructurales son aquellas obras de protección y control para la prevención y reducción de desastres mediante la intervención directa de la amenaza, en pro de impedir la ocurrencia de un desastre o controlar los efectos del mismo en el caso de que éste se presente. Para esto se requiere la elaboración de estudios detallados acerca de las características de los fenómenos y análisis de la fuente generadora de eventos peligrosos, los cuales permiten la concepción de obras de protección y control que puedan prevenir o mitigar los mismos. (Suárez, 2009)

Las medidas estructurales de prevención y reducción de riesgos son obras destinadas a la reducción del riesgo o la disminución del mismo a niveles “aceptables”. Este tipo de medidas pueden ser clasificadas de acuerdo a su impacto, es decir si las mismas son de prevención, elusión de la amenaza, control o estabilización, y la decisión de emplear alguna de estas medidas depende no solo de factores técnicos sino sociales, económicos y políticos. (Suárez, 2009)

**Métodos para disminuir o eliminar el riesgo:** Prevención, elusión de la amenaza, control, estabilización,

#### **2.3.12.5. Estructuras de contención**

Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes. Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común

colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero. Cada tipo de estructura tiene un sistema diferente de trabajo y se deben diseñar de acuerdo a su comportamiento particular.

Método	Ventajas	Desventajas
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento.	Efectivos en deslizamientos no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno.
Muros de contención convencionales , de tierra armada etc.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilotes	Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes .	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos	Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y son usualmente costosos.
Pantallas ancladas	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas.

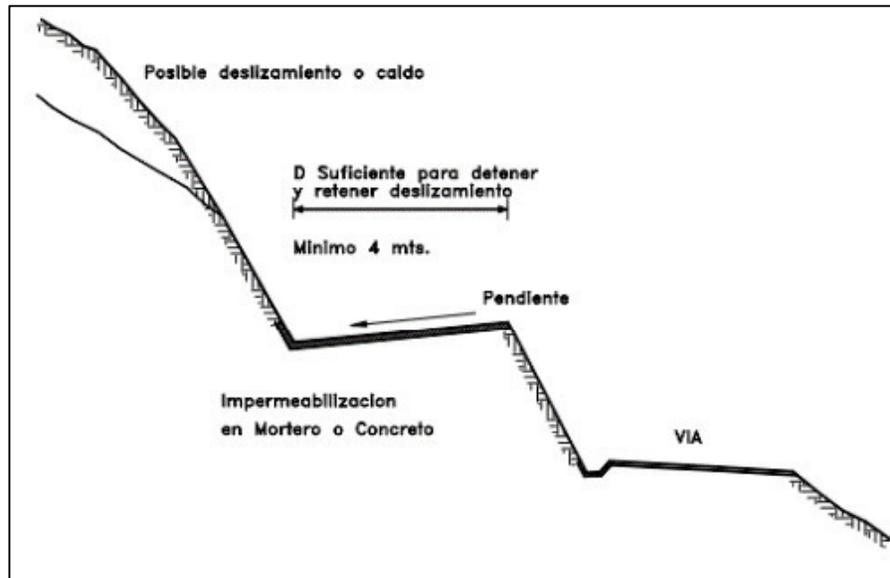
**Tabla 1** Métodos de estructuras de contención

**Fuente:** (Suárez, 2009)

**2.3.12.6. Medidas estructurales de control:** entre las medidas estructurales de control se pueden mencionar las siguientes: bermas, trinchera, barreras y cubiertas de protección De acuerdo a las características de los caídos, se pueden diseñar varios tipos de obra, así:

**a. Bermas en el talud**

La excavación de bermas intermedias puede aumentar la amenaza de caídos. Los caídos tienden a saltar en las bermas; sin embargo, el diseño de bermas anchas puede ser muy útil para ciertos casos de caída, especialmente de residuos de roca.



**Figura 18:** Bermas para detener caídos o derrumbes de roca o suelo.

**Fuente:** (Suárez, 2009)

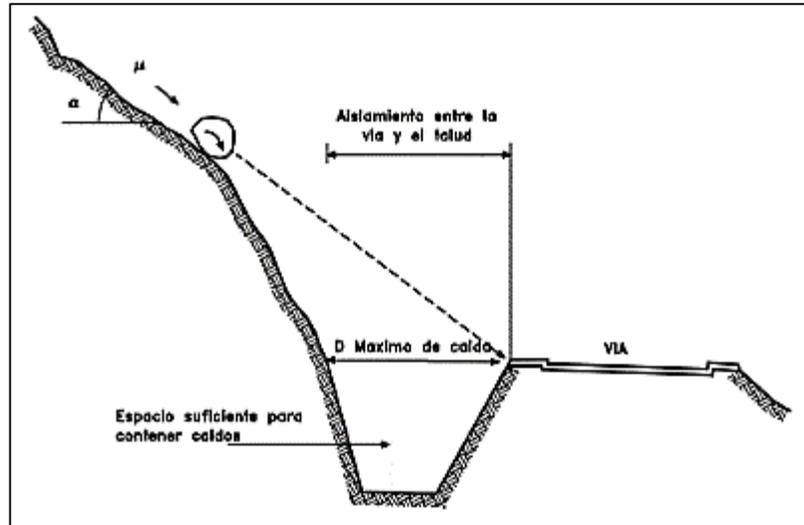
### **b. Trincheras**

Una trinchera o excavación en el pie del talud puede impedir que la roca afecte la calzada de una vía y representa una solución muy efectiva cuando existe espacio adecuado para su construcción.

El ancho y profundidad de las trincheras está relacionado con la altura y la pendiente del talud (Ritchie, 1963). En los taludes de pendiente superior a 75 grados, los bloques de roca tienden a permanecer muy cerca de la superficie del talud y para pendientes de 55 a 75 grados tienden a saltar y rotar, requiriéndose una mayor dimensión de la trinchera. Para pendientes de 40 a 55 grados los bloques tienden a rodar y se requiere de una pared vertical junto a la trinchera para

que los bloques no traten de salirse. Cuando hay discontinuidades en la superficie del talud se debe analizar a detalle la dinámica de los caídos para un correcto diseño de las trincheras.

(Suárez, 2009)



**Figura 19:** Trincheras para el control de flujos caídos o avalanchas

**Fuente:** (Suárez, 2009)

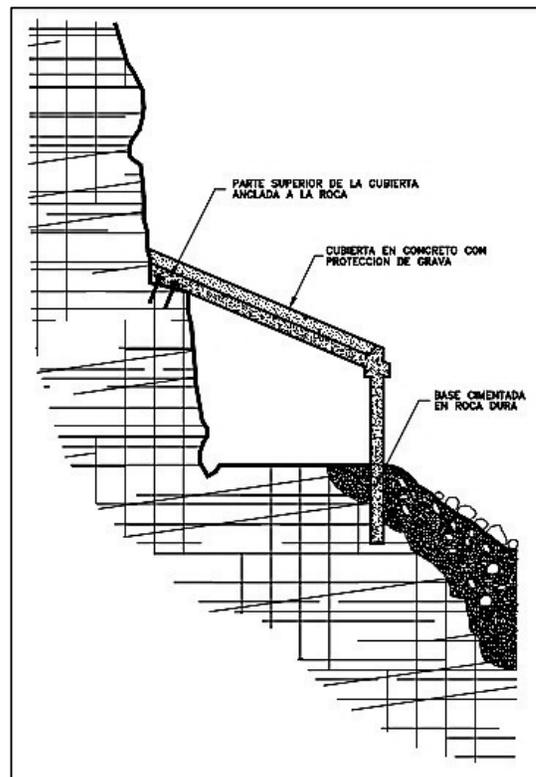
### c. Barreras

Existe una gran variedad de barreras de protección y sus características y dimensiones dependen de la energía de los caídos. Las barreras pueden ser de roca, suelo, tierra armada, muros de concreto, pilotes, gaviones, bloques de concreto o cercas. La barrera generalmente, produce un espacio o trinchera en el pie del talud que impide el paso del caído. Existen programas de Software para determinar el punto de caída de los bloques. Actualmente en el mercado se consiguen geo fábricas y mallas especiales para la

atenuación del impacto de los bloques de roca. La idea general es absorber la energía de los bloques. (Suárez, 2009)

#### d. Cubiertas de protección

Cuando existe la amenaza de caídos de roca en taludes de alta pendiente se puede plantear la construcción de cubiertas de protección, las cuales consisten en estructuras de concreto armado, inclinadas a una determinada pendiente para permitir el paso de los caídos, flujos o avalanchas sobre ellas. Para el diseño de estas estructuras se requiere calcular las cargas de impacto y el peso de los materiales que eventualmente van a pasar o a retenerse sobre la estructura. (Suárez, 2009)



**Figura 20:** Cubierta de protección contra caídos de roca, flujos o avalanchas

**Fuente:**(Suárez, 2009)

## **Gráfico 2**

*Cubierta de protección para mitigar impacto de los bloques*



*Figura 42 Cubierta de protección para mitigar impacto de los bloques, Túneles de Quebrada Blanca (Suárez Díaz, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, 1.998)*

**Fuente:** (Suárez, 2009)

### **2.3.12.7. Medidas estructurales para estabilización de taludes**

- Protección de la superficie del talud.
- Modificación de la topografía.
- Control de aguas superficiales y subterráneas.
- Estructuras de contención o anclaje.
- Mejoramiento del suelo

### **2.3.13. Medidas no estructurales para la prevención, atención y reducción de desastres por deslizamientos**

Las medidas no estructurales como lo menciona (García Bonilla & Restrepo Albarello Andrea Carolina, 2016) comprenden aquellas acciones no físicas orientadas a educar, prevenir, legislar, mitigar, y atender riesgos actuales o futuros. Aunque aún son poco frecuentes, han venido jugando un papel fundamental en los procesos integrales de gestión del riesgo de desastres y son tanto o más eficaces que las medidas estructurales. Estas medidas pueden ser activas o pasivas:

**Medidas activas:** Son aquellas en las cuales se promueve la interacción directa con las personas, como, por ejemplo:

- La organización para atención de emergencias
- El desarrollo y fortalecimiento institucional
- La educación formal y capacitación
- La información pública y campañas de difusión
- La participación comunitaria
- La gestión a nivel local

**Medidas pasivas:** Son aquellas más directamente relacionadas con la legislación (políticas públicas) y la planificación, como las siguientes:

- Códigos y normas de construcción

- Reglamentación de usos del suelo y ordenamiento territorial
- Estímulos fiscales y financieros
- Promoción de seguros

#### **2.4. MARCO LEGAL**

El presente trabajo de investigación se sustenta en varios lineamientos y políticas para precautelar la seguridad del territorio ecuatoriano tales como:

**Art. 389.-** El Estado protegerá a las personas, colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley.

Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.(Asamblea Constitucional, 2008)

**Art. 390.-** “Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad”, (Asamblea Constitucional, 2008)

#### **2.4.1. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial**

**Art. 209.-** Toda vía a ser construida, rehabilitada o mantenida deberá contar con en los proyectos con un estudio técnico de seguridad y señalización vial, previamente al inicio de las obras, (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

## **2.5. Definición de Términos**

**Amenaza:** Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. (Naciones Unidas, 2009)

**Amenaza natural:** Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales, (Naciones Unidas, 2009)

**Capacidad:** Combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden utilizarse para la consecución de los objetivos acordados.(Naciones Unidas, 2009)

**Desastre:** una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que 14 pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos. (Naciones Unidas, 2009)

**Deslizamiento de tierra:** Comúnmente se refiere a toda clase de movimientos a lo largo de una pendiente bajo la influencia gravitacional. En sentido estricto, se refiere al movimiento pendiente

abajo de una masa de roca y/o tierra a lo largo de una o varias pendientes.(Centro de Coordinación Para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, 1992)

**Elementos esenciales:** Infraestructuras o elementos estratégicos que permiten el funcionamiento del territorio, tales como: vías, sistemas de agua potable, alcantarillado, telecomunicaciones, edificios que albergan funciones importantes de gobierno, zonas de concentración comercial entre otras; los mismos que requieren ser protegidos por su importancia y para garantizar el funcionamiento normal de una sociedad o comunidad; y sobre los cuales los actores encargados del territorio puedan actuar tanto para su administración en tiempo normal como también para su gestión en caso de emergencia. (Servicio Nacional de la Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020)

**Evaluación del riesgo:** Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen. (Naciones Unidas, 2009)

**Gestión de riesgos:** El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales.(Naciones Unidas, 2009)

**Mitigación:** La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines, (Naciones Unidas, 2009)

**Pendiente:** Se trata de la pendiente de la ladera definida como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje.(Corporación de Cuencas del Tolima, 2014)

**Preparación:** El conocimiento y las capacidades que desarrollan los gobiernos, los profesionales, las organizaciones de respuesta y recuperación, las comunidades y las personas para prever, responder, y recuperarse de forma efectiva de los impactos de los eventos o las condiciones probables, inminentes o actuales que se relacionan con una amenaza.(Naciones Unidas, 2009)

**Prevención:** La evasión absoluta de los impactos adversos de las amenazas y de los desastres conexos. (Naciones Unidas, 2009)

**Reducción del riesgo de desastres:** El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos. (Naciones Unidas, 2009)

**Resiliencia:** Capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.(Naciones Unidas, 2009)

**Respuesta:** El suministro de servicios de emergencia y de asistencia pública durante o inmediatamente después de la ocurrencia de un desastre, con el propósito de salvar vidas, reducir los impactos a la salud, velar por la seguridad pública y satisfacer las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada. (Naciones Unidas, 2009)

**Riesgo:** La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. (Naciones Unidas, 2009)

**Riesgo de desastre:** Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro. (Naciones Unidas, 2009)

**Susceptibilidad:** Es la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico. (Servicio Nacional de la Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020)

**Vulnerabilidad:** Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. (Naciones Unidas, 2009)

## **2.6 Sistema de Variables**

**Variable Independiente:** Zonas Susceptibles a deslizamientos

**Variable Dependiente:** Vulnerabilidad estructural de los elementos expuestos

## 2.7 Operacionalización de variables

**Tabla 2** Matriz de Operacionalización de variable Independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALAS	INSTRUMENTOS
<b>Susceptibilidad a deslizamientos</b>	Movimientos de tierra en los que una masa de suelo, roca o detritos se desplaza hacia abajo por la pendiente de una ladera.	Pendiente	Ángulo	0 – 10%	Modelo Digital de Elevación (DEM) ArcView GIS 3.2- Modulo Shalstab
				10 – 20%	
				20 – 40%	
				41 – 60%	
				60 – 70%	
				70 – 80%	
				80 – 100%	
		Más de 100%			
		Tipo de suelo	Textura del suelo	Arena Areno Francoso Franco Franco Arcilloso <b>Franco Arenoso</b> Franco limoso	Ley de Mohr Coulomb,
		Ángulo de fricción	Esfuerzo de ruptura de un material	<b>27°</b> Arena Muy suelta <30 Suelta 30-32 Media 32-35 Densa 35-38 Muy densa >38	ArcView GIS 3.2- Modulo Shalstab
Densidad del suelo	Representado en kg/m <sup>3</sup>	<b>1800 kg/m<sup>3</sup></b> Arenosos 1600- 2000 kg/m <sup>3</sup> Arcillosos 1460- 1650 kg/m <sup>3</sup> Orgánico 250 kg/m <sup>3</sup>	Método de picnómetro		

		Zonas estables e inestables	Estabilidad e inestabilidad de pendientes	Crónico Muy Alta Alta Medio Bajo Estable	ArcGIS 10.5 Programa ArcView Shalstab
--	--	-----------------------------	---	---	---

**Tabla 3** Matriz de Operacionalización de variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN		ITEM - INDICADOR	ESCALAS	INSTRUMENTO	
Vulnerabilidad estructural y parámetros	Se refiere a la susceptibilidad de las infraestructuras viales, como carreteras y elementos esenciales que permiten el funcionamiento del territorio, tales como: vías, sistemas de agua potable, sistema eléctrico. La evaluación de la vulnerabilidad estructural vial implica analizar diferentes parámetros con la finalidad de conocer la resistencia y su capacidad de resistir a diferentes condiciones.	Sistema Vial (Vía Guaranda – Gallo Rumi)		Estado de revestimiento	Bueno	Entrevista a técnicos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)	
					Regular		
					Malo		
				Mantenimiento	Planificado		
					Esporádico		
					Ninguna		
		Estándares de construcción	Aplica Normativa				
			No aplica				
		Sistema de Agua Potable (Conducción)		Estado Actual	Bueno		Entrevistas a Técnicos de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAG
					Regular		
Malo							
Antigüedad	0 a 25 años						
	25 a 50 años Mayor a 50 años						
Mantenimiento	Planificado Esporádico Ninguna						
Sistema eléctrico	Postes	Estado	Bueno	Entrevistas a Técnicos de Mantenimiento de CNEL -BOLIVAR			
			Regular				
	Malo						
Transformadores	Estado	Hormigón Armado					
		Metálicos Madera					
Estado	Bueno						
	Regular						
Malo							

				Potencia	25 kVA 75 kVA 100kVA	
			Seccionadores	Estado	Bueno Regular Malo	
				Tipo	A transformador A Red	

### **3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Nivel de Investigación**

El presente proyecto de investigación se lo desarrolla mediante el nivel de investigación descriptivo ya que se definen las características del área de estudio mediante la obtención de información a través de fuentes oficiales, así como el levantamiento de datos en campo sin que haya una manipulación de las variables para completar un estudio preciso. Entre las fuentes oficiales se puede destacar las siguientes: ALASKA FACILITY DEL SENSOR ALOS PASAR para obtener el modelo digital de elevación; MTOP para obtener informes de datos relevantes en los cuales se analizan las características mediante la observación directa

En CNELEP – BOLÍVAR se gestionó la obtención de datos de los postes, transformadores y seccionadores con el fin de evaluar la vulnerabilidad de estos elementos a los que están expuestos en la vía, misma que fue brindada por el personal del departamento de mantenimiento.

La presente investigación cuenta con un enfoque de estudio mixto, es decir cualitativo y cuantitativo, estos dos métodos pueden ser utilizados ya que permiten plantear de mejor manera los objetos de la investigación en este caso determinar las zonas susceptibles a deslizamientos de la vía.

Cualitativo ya que se describirá las características estables e inestables de los taludes de la vía Guaranda – Gallo Rumi y además se demuestra la vulnerabilidad estructural del sector para posteriormente plantear las medidas de reducción del riesgo antes deslizamientos en la vía de estudio.

Cuantitativo para conocer los valores necesarios de: textura de suelo, ángulo de fricción, densidad real del suelo y pendiente, así como también los valores de las zonas de acumulación para posteriormente con los resultados elaborar el mapa de estabilidad de taludes.

Se realizó visitas de campo para conocer las zonas críticas del lugar de estudio obteniendo así las coordenadas, también se realizó varias entrevistas a la institución encargada del mantenimiento y cuidado de la vía como: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)

### **3.2. Diseño de la investigación**

Para realizar la investigación se tomó en cuenta un diseño de investigación de tipo transversal ya que la investigación se ejecutó en un solo momento y tiempo establecido para obtener los datos se realizó la observación, descripción y análisis para determinar áreas susceptibles a deslizamientos de la vía de estudio.

### **3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

**Objetivo 1: Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.**

Para el realizar el primer objetivo planteado se obtuvo la información por medio de las instituciones encargadas ya sean en documentos físicos o tecnológicos para una mejor apreciación, también se realizó una observación de campo en la que se observó las pendientes más pronunciadas y los deslizamientos en los cuales se obtuvo las coordenadas y fotografías. Para el procesamiento de los datos obtenidos se usó el Modelo Digital de Elevación (MDE) el cual se lo descargó de la página ALASKA FACILITY DEL SENSOR ALOS PASAR, el shape de geopedología impartido por el MAGAP, con los datos obtenidos se procesó la información para obtener el mapa de las zonas susceptibles a deslizamientos.

## **Objetivo 2: Evaluar la vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales de expuestos a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.**

Al evaluar los elementos esenciales es relevante conocer los resultados del objetivo específico 1, así como también se recopiló información de las instituciones como: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para la obtención de informes del sector, CNEL -EP BOLÍVAR en la cual se obtuvo los shapes de la ubicación exacta de: postes, transformadores y seccionadores.

Posteriormente se ingresó la información obtenida en las respectivas matrices de evaluación de vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales expuestos (red vial, agua potable, sistema eléctrico) respectivamente con el fin de obtener la incidencia de los deslizamientos sobre elementos expuestos que se representarán en gráficos.

## **Objetivo 3: Proponer medidas de reducción del riesgo ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.**

Por último, se propone estrategias de mitigación para lo cual se procedió a obtener información bibliográfica acerca de los procedimientos enfocados en deslizamientos y áreas susceptibles de acuerdo a cada zona de investigación para describir las medidas estructurales y no estructurales que ayuden a prevenir, mitigar y controlar los riesgos actuales y futuros; en cambio las medidas no estructurales se enfocan en las acciones no físicas que contribuyen a atender los riesgos existentes en el sitio.

### **3.4. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Se ejecutó para el procesamiento y análisis de los datos utilizados en los objetivos específicos mediante la utilización de herramientas informáticas, los cuales fueron de gran ayuda

para cumplir el desarrollo de los objetivos planteados para el proyecto de investigación de **“ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS Y VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS, EN LA VÍA GUARANDA – GALLO RUMI, PERIODO MAYO – SEPTIEMBRE 2023”** para lo cual se utilizaron los siguientes programas:

- ✓ **Microsoft Excel:** se empleó para la realización de tablas y matrices.
- ✓ **Microsoft Word:** se utilizó redactar el proyecto y procesar datos del proyecto de investigación
- ✓ **ArcGIS 10.5:** ayudó para la delimitación de la zona de estudio, iniciando desde el modelo digital de elevación (DEM) de la vía Guaranda – Gallo Rumi.
- ✓ **ArcView GIS 3.2:** Empleada para el análisis q/T del módulo de SHALSTAB, el mismo que permitió ejecutar el mapa de pendientes, las curvas de nivel, mapa de acumulación de flujo y mapa de áreas susceptibles a deslizamientos.
- ✓ **ALOS PALSAR:** herramienta de análisis satelital que permitió descargar el modelo digital de elevación (DEM) de la vía Guaranda – Gallo Rumi a una resolución de 12 metros el cual se lo encontró en el sitio web de EARTH DATA.
- ✓ **GEO5 Software Geotécnico:** ayuda para calcular la estabilidad e inestabilidad del talud del punto crítico de la zona de estudio.

#### **3.4.1. Metodología para el procesamiento de la información del objetivo 1:**

**Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.**

Para el cumplimiento del primer objetivo planteado se determinó las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi mediante el área de estudio delimitada en el modelo digital de elevación (DEM) con 12.5 metros posteriormente se trabajó en ArcGIS para realizar un Mosaico el cual permite unir los ráster descargados, luego se aplicó las herramientas de Fill, Flow direction, basin, Flow accumulation, watershed, para obtener la cuenca hidrográfica “Conventillo”.

Una vez obtenida la cuenca hidrográfica a través del software ArcView GIS se utilizó la herramienta SHALSTAB para realizar el mapa de curvas de nivel, mapa de pendientes, mapa de zonas de acumulación y el análisis q/t, ,mismo que ayuda a observar de mejor manera las áreas susceptibles a deslizamientos, para realizar el análisis q/t en el módulo de Shalstab con el Criterio de la Falla de MOHR COULOMB, para ello se identificó el tipo de suelo para estimar la densidad y el ángulo de fricción del suelo, posteriormente para determinar el área de estudio se realizó mediante el mapa “Mapa Geopedológico del Ecuador Continental, Revisado 2019, Escala 1:25.000, Año 2009-2015”, en el cual se realizó los respectivos cortes que permitieron determinar las características del suelo y las áreas expuestas de la zona de estudio.

**Tabla 4** Densidad y ángulo de fricción del suelo

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<i>Angulo de Fricción</i>	Franco	27°

<i>Densidad</i>	<i>del</i>	Arenoso	1800 kg/m <sup>3</sup>
<i>suelo</i>			

**Nota:** Los valores fueron obtenidos de los informes compartidos por el MTOP.

### **3.4.1.1. Utilización del software GEO 5 para comprobación de la estabilidad del Talud en el punto crónico inestable**

El software Geotécnico GEO 5 permitió el desarrollo para el análisis del talud, el cual consta con algunas herramientas geotécnicas que para el proyecto de investigación se utilizó el módulo de estabilidad de taludes, que para ello fue necesario conocer la densidad del suelo, definir el factor de seguridad y la cohesión de suelo.

#### **Factor de seguridad base:**

Este parámetro indica el valor cuantitativo de amenaza en la ocurrencia de deslizamiento y construcción de 1.50 según lo establecido en la Norma Ecuatoriana de Construcción. (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC, 2014)

### **3.4.2. Metodología para el procesamiento de la información del objetivo 2: Evaluar la vulnerabilidad estructural de elementos esenciales expuestos a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.**

Primeramente, lo que se hizo un análisis espacial para conocer y cuantificar cuantos de los elementos esenciales tuvieron exposición directa a cada una de las zonas inestables determinadas en el objetivo 1.

Mediante el trabajo de campo se utilizó la observación directa y se aplicó la metodología del “Programa de las Naciones Unidas” (PNUD) ya que este permitió evaluar el grado de

vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales expuestos tales como: la red vial Guaranda – Gallo Rumi, sistemas de agua potable y sistema de electricidad, aplicando las ponderaciones establecidas correspondientes a cada indicador del respectivo elemento expuesto a deslizamientos.

Como se lo indica detalladamente en la siguiente matriz de la tabla 5.

**Tabla 5** Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación de la vía Guaranda – Gallo Rumi

<b>Factor de vulnerabilidad: Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado de revestimiento</b>	Bueno	0	2	40
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Mantenimiento</b>	Planificado	0	4	40
	Esporádico	5		
	Ninguna	10		
<b>Estándares de construcción</b>	Aplica Normativa	1	4	20
	No aplica	5		

	<b>Total</b>	<b>100</b>
--	--------------	------------

**Tabla 6** Resultado de niveles de vulnerabilidad de la vía Guaranda – Gallo Rumi

<b>Nivel de Vulnerabilidad</b>	<b>Puntaje</b>
Bajo	0 a 25 puntos
Medio	26 a 75 puntos
Alto	Más de 75 puntos

**Fuente:** (PNUD & SNGR, 2011)

**Tabla 7** Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema de agua potable la vía Guaranda – Gallo Rumi

<b>Factor de vulnerabilidad: Agua Potable (Conducción) de la Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado actual</b>	Bueno	1	2	40
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Antigüedad</b>	0 a 25 años	1	4	40
	25 a 50 años	5		

	Mayor a 50 años	10		
<b>Mantenimiento</b>	Planificado	1	2	20
	Esporádico	5		
	Ninguno	10		
			Total =	100

**Fuente:** (PNUD & SNGR, 2011)

**Tabla 8** Resultado de niveles del sistema de agua potable (captación) de la vía Guaranda – Gallo

Rumi

Nivel de Vulnerabilidad	Puntaje
Alto	Más de 67 puntos
Medio	34 a 66 puntos
Bajo	0 a 33 puntos

**Fuente:** (PNUD & SNGR, 2011)

**Tabla 9** Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema eléctrico de la vía Guaranda – Gallo Rumi.

<p><b>Factor de vulnerabilidad: Sistema Eléctrico (Postes) de la Vía</b></p> <p><b>Guaranda - Gallo Rumi</b></p>
--

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado de poste</b>	Bueno	1	4	40
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Material del poste</b>	Hormigón	1	4	40
	Armado			
	Metálicos	5		
	Madera	10		
			Total =	80

<b>Factor de vulnerabilidad: Sistema Eléctrico (Transformadores)</b>				
<b>de la Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado</b>	Bueno	1	2	40
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Potencia</b>	25 kVA	1	2	40
	75 kVA	5		

	100 kVA	10		
			Total =	80

<b>Factor de vulnerabilidad: Sistema Eléctrico (Seccionadores) de la Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>Intrínseca</b>				
<b>Estado</b>	Bueno	1	4	40
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Tipo</b>	A transformador	1	4	40
	A red	5		
			Total =	80

Nota: Las matrices se las obtuvo de (PNUD & SNGR, 2011) pero se las adaptó a nuestra área de estudio según las condiciones encontradas y la información que se obtuvo por CNEL – EP (BOLÍVAR)

**Tabla 10** Resultado de niveles de vulnerabilidad del sistema eléctrico Guaranda – Gallo Rumi

<b>Nivel de Vulnerabilidad</b>	<b>Puntaje</b>
Alto	Más de 67 puntos
Medio	34 a 66 puntos
Bajo	0 a 33 puntos

**3.4.3. Metodología para el procesamiento de la información del objetivo 3: Proponer medidas de reducción del riesgo ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.**

Una vez obtenida la información del objetivo 1 y 2 por consiguiente se propone medidas de reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi con la ayuda de técnicos y docentes expertos en medidas estructurales y no estructurales.

**4. CAPITULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

**4.1. Resultados según objetivo específico 1: Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda - Gallo Rumi.**

Para la identificación de las áreas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi se realizó la unión de varias actividades para la aplicación de la falla de MOHR – COULOMB para lo cual es primero se realizó la delimitación de las cuencas hidrográficas.

#### **4.1.1. Zonas Susceptibles a Deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi**

Para la delimitación de la cuenca hidrográfica se obtuvo el Modelo Digital de Elevación (DEM), a través de la descarga en ALOS PALSAR, mismo que contiene un píxel de 12.5 metros, el cual es brindado por Alaska Satellite Facility que una vez descargados procesamos en el programa ArcGis 10.5 en el cual elaboramos un mosaico con los DEM descargados, después realizamos un fill para cambiar los valores de elevación en los ráster, después ejecutamos un Flow direction con la finalidad de direccionar el flujo de cada celda, con el mismo se realizó un basin que ayuda a determinar las cuencas de drenaje y posteriormente un Flow Accumulation para calcular el flujo acumulado para luego realizar un watershed que ayuda a definir el área de contribución como lo son las cuencas hidrográficas en la cual se pudo identificar la cuenca hidrográfica del Río Conventillo.

##### ***4.1.1.1. Análisis de suelo***

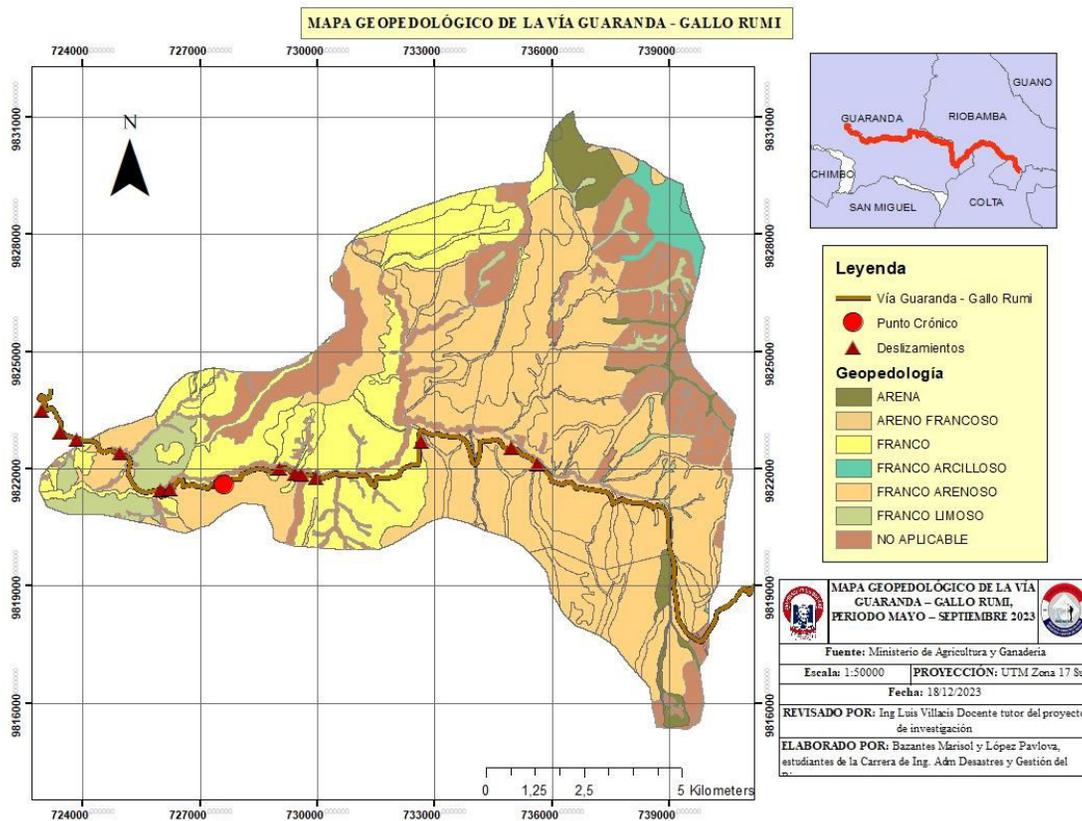
Para cumplir el objetivo de identificar las zonas susceptibles a deslizamientos se lo realiza por medio del análisis  $q/T$  en el módulo de SHALSTAB del software Arc View GIS 3.2. fue necesario poder estimar la densidad y el ángulo de fricción del suelo, para lo cual se extrajo del mapa “*Mapa Geopedológico del Ecuador continental, versión editada en el año 2019, escala 1:25.000, año 2009-2015*”, la zona correspondiente al área de estudio (microcuenca Conventillo) por donde pasa la vía Guaranda – Gallo Rumi. En la geopedología del área de estudio se pudo determinar las principales características del suelo, destacándose la textura de tipo Franco Arenoso que de acuerdo a la bibliografía corresponde a los siguientes parámetros de la tabla 9.

**Tabla 11** Densidad relativa Angulo de Fricción del suelo

Parámetro	Descripción	Valor
Angulo de Fricción		27°
	Franco	
Densidad del suelo	Arenoso	1800 kg/m <sup>3</sup>

### Gráfico 3

Mapa Geopedológico del Área delimitado con la Cuenca hidrográfica Conventillo

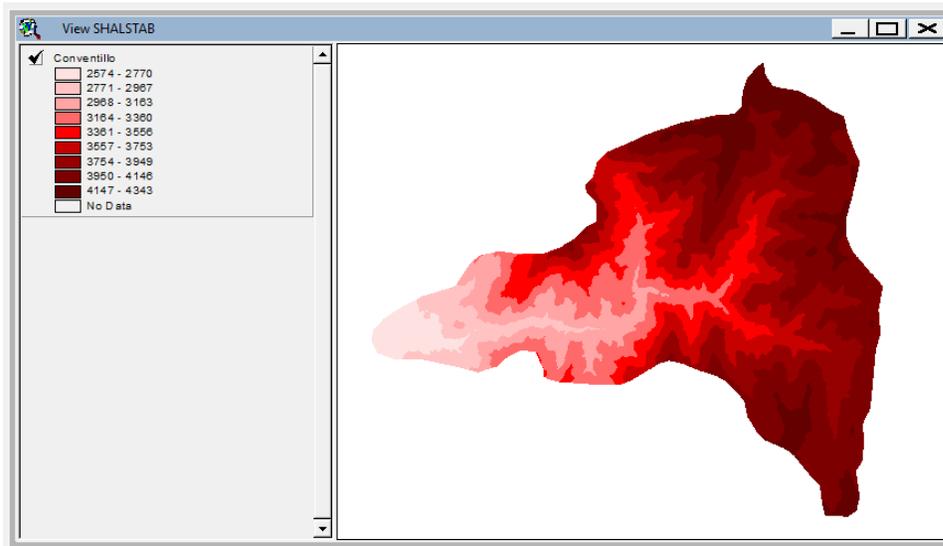


#### ***4.1.1.2. Análisis de recursos en el modelo Shalstab***

Una vez delimitada la zona de estudio de la vía Guaranda – Gallo Rumi en el software ArcGIS, se obtiene previamente la información para procesarla en el modelo de Shalstab, como se lo observa claramente en el gráfico 4, a través del software ArcView GIS 3.2 se puede notar la cuenca hidrográfica de Conventillo.

#### **Gráfico 4**

*DEM de la cuenca hidrográfica exportada al software ArcView GIS 3.2 EL DEMN*

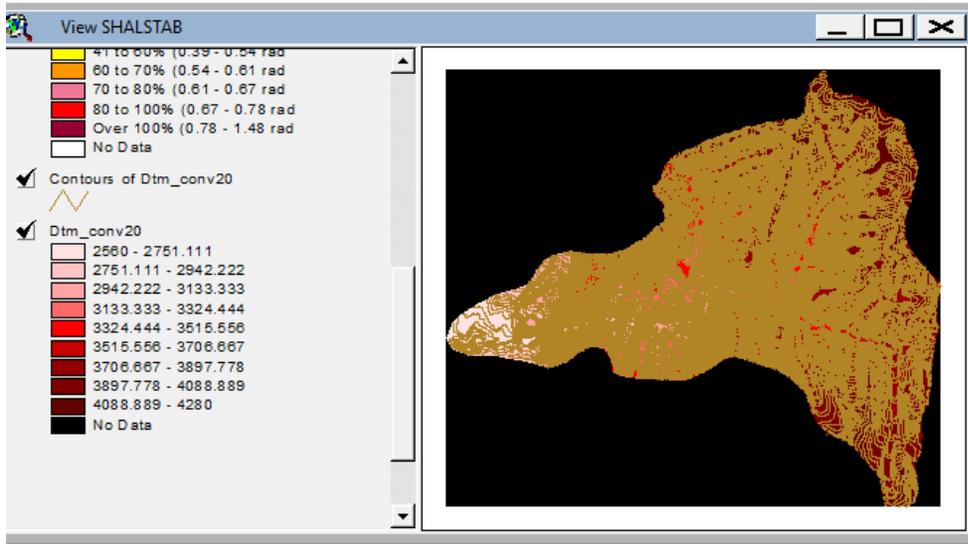


#### ***4.1.1.3. Generación de Mapa de Curvas de nivel***

En el desarrollo del Modelo de deslizamiento en función de la ley de Mohr-Coulomb de Shalstab, se generó el mapa de curvas de nivel de la zona de estudio, la cuenca hidrográfica de Conventillo con un intervalo de 20m para una mejor apreciación del resultado Gráfico 5, el mismo que permitió visualizar las áreas de menor y mayor elevación en la zona de estudio.

#### **Gráfico 5**

### *Curvas de nivel de la cuenca hidrográfica de Conventillo con un intervalo de 20m*

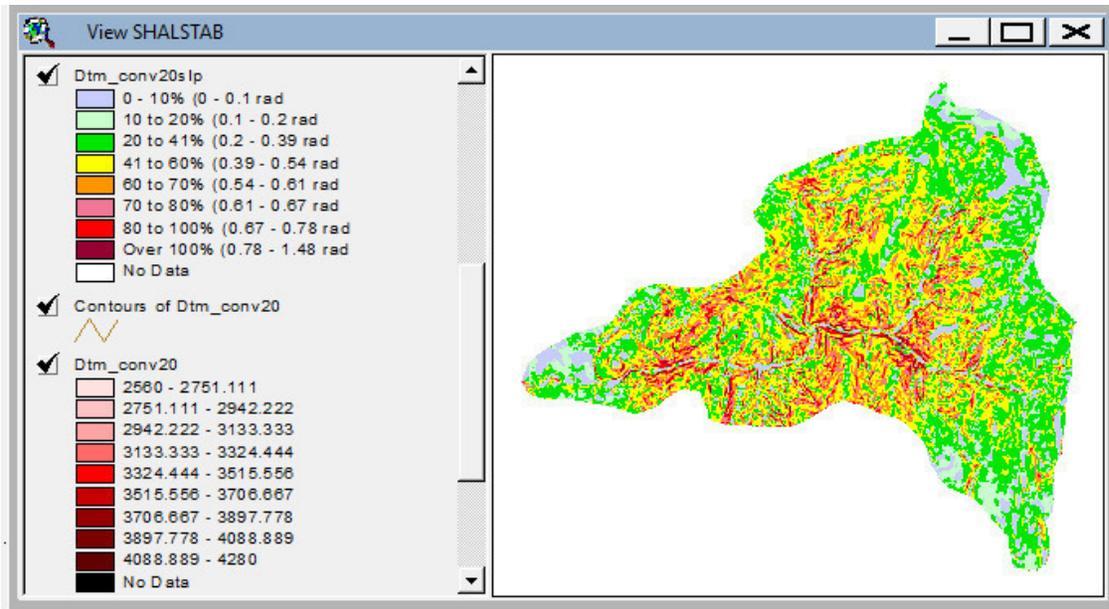


#### **4.1.1.4. Generación de Mapa de pendientes**

Para continuar con el desarrollo de la investigación se realizó el Modelo de deslizamientos en función de la ley de Mohr Coulomb de Shalstab, mediante el cual se elaboró el mapa de pendientes a través de la herramienta Slope como se puede visualizar en el gráfico 6 en el cual se evidencia las pendientes existentes y su identificación de las áreas críticas, en el cual se obtuvo el porcentaje de pendientes que destaca es de 20% a 41%, 41% a 60%, 60% a 70%, 70% a 80%, y 80% a 100%.

#### **Gráfico 6**

*Mapa de pendientes*

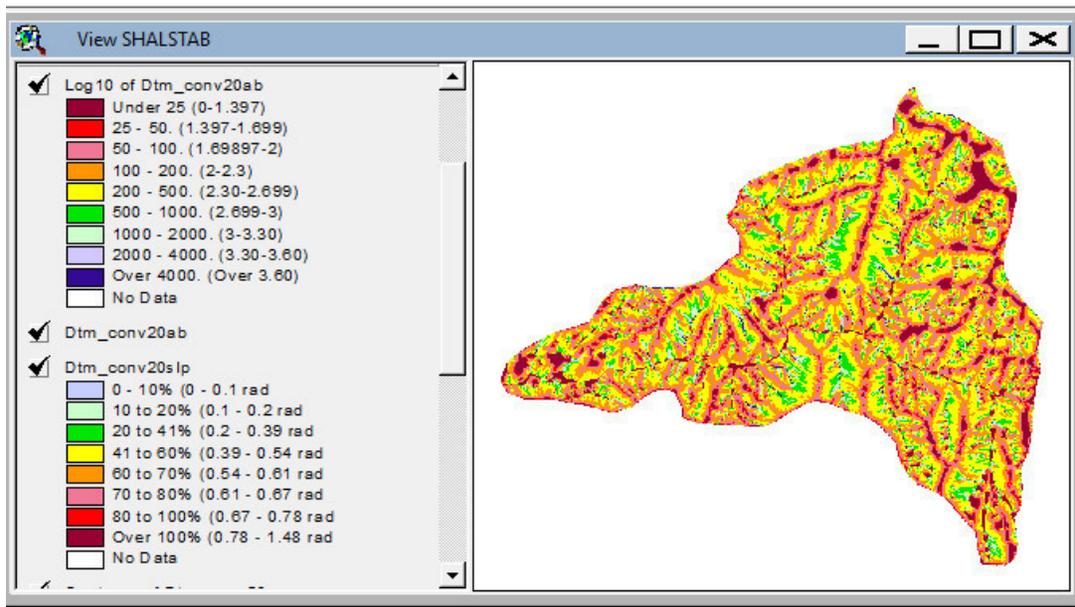


#### ***4.1.1.5. Generación del Mapa de Zonas de Acumulación de flujo***

A continuación se realizó el mapa de zonas de acumulación de flujo existentes en la zona de estudio con el fin de continuar el Modelo de deslizamientos con la aplicación de la ley de Mohr Coulomb de Shalstab, para ello es indispensable tener los resultados anteriores del mapa de pendientes y curvas de nivel para visualizar de manera precisa las zonas de acumulación de flujo mismas que representan una mayor probabilidad de deslizamientos.

#### **Gráfico 7**

*Mapa de zonas de acumulacion de flujo*

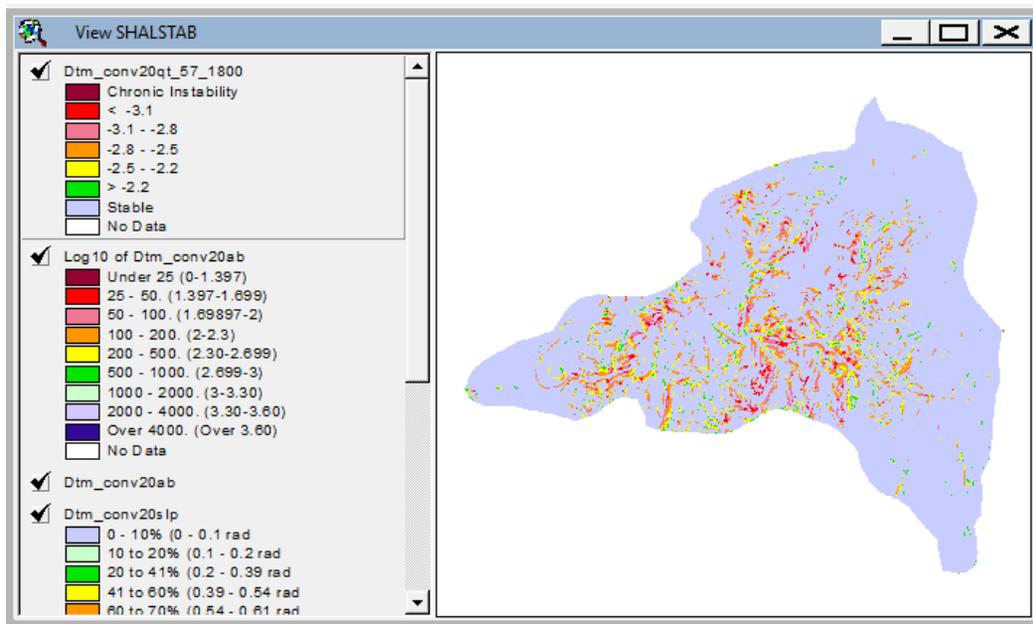


#### ***4.1.1.6. Generación del mapa de q/T de zonas inestables***

Una vez realizado la culminación indispensable de los procesos tales como: el mapa de curvas de nivel, mapa de pendientes y el mapa de acumulación de flujo, es necesario recalcar que para ello se realizó con el valor del ángulo de fricción de  $27^\circ$  y la densidad del suelo Franco Arenoso de  $1800 \text{ kg/m}^3$  con la finalidad de obtener con exactitud las áreas más propensas a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.

Para dar cumplimiento a la aplicación de la ley de Mohr Coulumb de Shalstab de los deslizamientos podemos visualizar las zonas inestables desde crónica, muy alta, alta, media, baja y estable, donde se obtuvo valores más altos positivos son las áreas estables y los valores negativos son áreas crónicas con mayor probabilidad a deslizamientos.

Según los resultados obtenidos en la tabla 20, se evidencia que la mayor parte del territorio de la cuenca hidrográfica de Conventillo por donde pasa la vía Guaranda – Gallo Rumi presenta valores de moderada a crónica inestabilidad ante la presencia de deslizamientos en la vía de estudio, el respectivo índice  $q/T$  va mayormente en crónico inestable  $< -3,1$  con una área de 1,16947 km<sup>2</sup> (38% de la zona de estudio) y estable  $> -2.2$  con un área de 1750,13 km<sup>2</sup> (40% de la zona de estudio), siendo prioritario la implementación de medidas de reducción de riesgos en las áreas de crónico inestable por donde atraviesa la vía.



## Gráfico 9

Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi

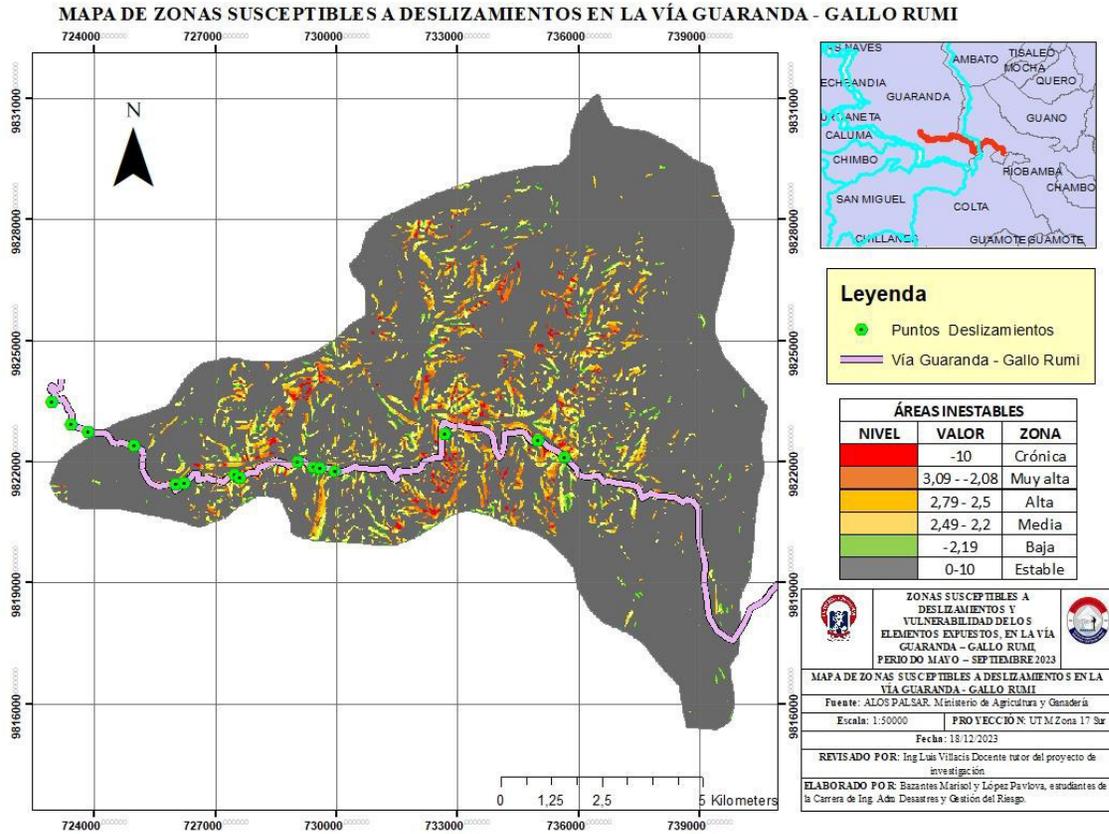


Tabla 12 Zonas de estudio en la vía Guaranda – Gallo Rumi

NIVEL	VALOR	ZONAS	ÁREA Km <sup>2</sup>	PORCENTAJE
Red	< -3.1	Crónica	1,169	2%
Orange	-3,09 – 2.8	Muy alta	2,818	2%

	-2.79 - 2.50	Alta	5,280	4%
	-2,49 -2,19	Media	4,235	3%
	-2.19 - 0	Baja	1,292	1%
	0 - 10	Estable	108,752	88%
<b>Total, Km<sup>2</sup></b>			123,55	100%

En la vía Guaranda – Gallo Rumi existe un total de 123.55 Km<sup>2</sup> en total de las zonas de estudio cuales se obtuvo que 1,17 km de vía se encuentran en zonas crónica con un valor de  $\kappa < -3.1$ , en zona muy alto hay 2,82 km de vía, mientras que en zona alta hay un total de 5,28 km de vía, en la zona media 4,28 km de vía, en zonas baja 1,29 km de vía y en la zona estable 108,75 km de con un valor de 0 -10.

#### ***4.1.1.7. Software GEO5 para comprobación de la estabilidad del Talud en el punto crónico inestable.***

Se procedió a realizar el análisis de la estabilidad de talud en el punto crónico inestable de la vía Guaranda – Gallo Rumi con la aplicación del método de Bishop que se basa en el método de rebanadas mediante el software GEO5, mismo que ayuda a realizar el análisis de estabilidad de taludes de manera concisa. Para la obtención de los resultados se obtuvieron los siguientes datos por media de salidas de campo para identificar el punto crónico inestable en el que la probabilidad de deslizamientos es alta y siempre se ha desarrollado en gran magnitud, se logró recopilar datos fundamentales para ingresar en el software como: tipo de suelo (Franco Arenoso), factor de seguridad base (1,50), cohesión del suelo (4,90 kPa), peso unitario (18,4 kN/m<sup>3</sup>) ángulo de fricción interna (27°).

#### 4.1.2. Resultados obtenidos del talud mediante el programa Geo5.

##### Descripción del Talud

##### Gráfico 10

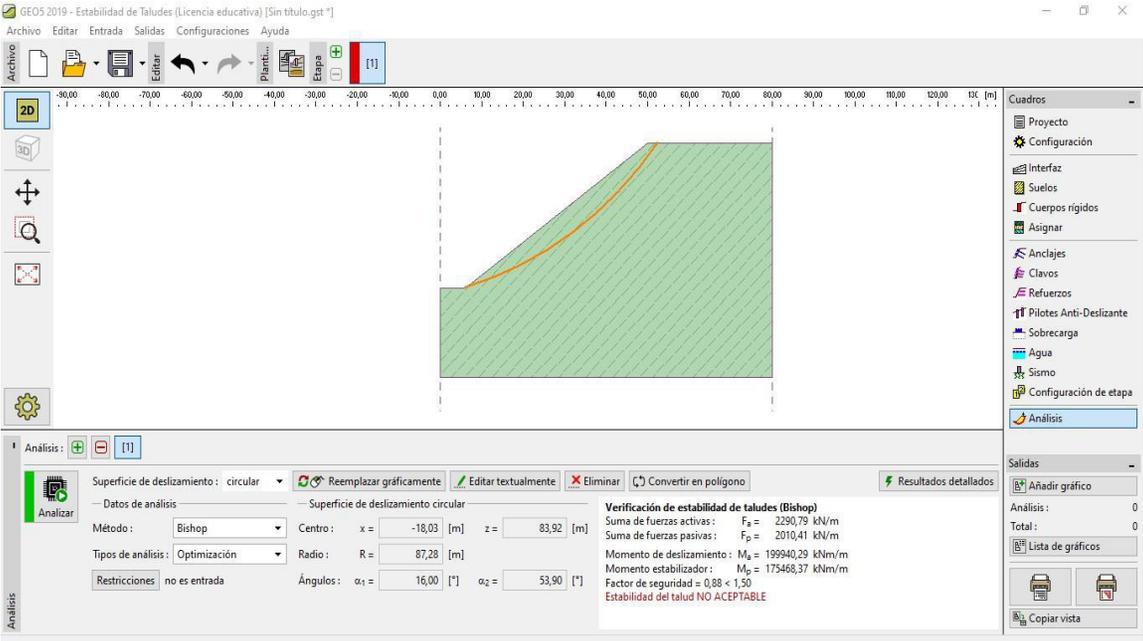
*Muestra de Talud en pendiente*

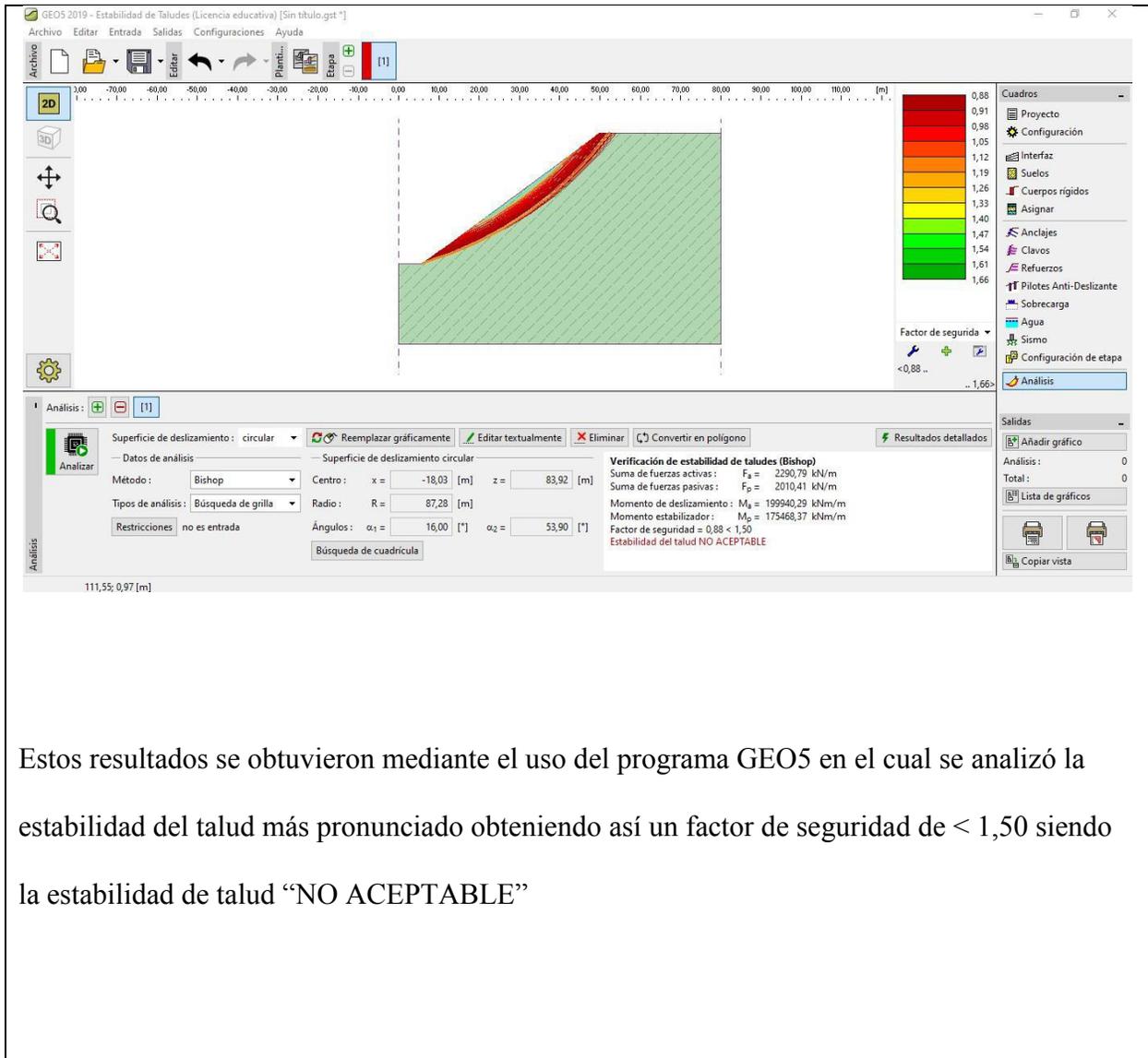


En el presente talud se puede observar que consta de una pendiente muy pronunciada la cual siempre existen deslizamientos que en muchas ocasiones tapan la vía impidiendo la circulación de los vehículos que se transportan a diario por la misma.

Una vez obtenidos todos los datos del talud mediante la observación de campo e informes compartidos por el MTOP se obtuvo los siguientes datos denotados en la tabla 11

**Tabla 13** Resultados obtenidos del análisis de estabilidad de talud del punto crónico de la vía Guaranda – Gallo Rumi

<b>Datos</b>	
<b>Coordenadas:</b>	<b>WGS 1984 UTM Zone 17 N</b>
<b>Este: 0726235</b>	<b>Norte: 9821465</b>
<b>Resultados</b>	
	



Estos resultados se obtuvieron mediante el uso del programa GEO5 en el cual se analizó la estabilidad del talud más pronunciado obteniendo así un factor de seguridad de  $< 1,50$  siendo la estabilidad de talud “NO ACEPTABLE”

## 4.2. Resultados según objetivo 2

### 4.2.1. Objetivo 2: Evaluar la vulnerabilidad estructural de los elementos esenciales expuestos a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos se lo realizó a través de una matriz la cual consta de variables, indicadores y ponderaciones según corresponda como se lo puede visualizar en la **Tabla 12**.

**Tabla 14** Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación de la vía Guaranda – Gallo Rumi

<b>Factor de vulnerabilidad: Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado de revestimiento</b>	Bueno	0	2	10
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Mantenimiento</b>	Planificado	0	4	20
	Esporádico	5		
	Ninguna	10		
<b>Estándares de construcción</b>	Aplica	1	4	4
	Normativa			

	No aplica	10		
		Total =	Medio	34

**Análisis:** el respectivo análisis se realizó según las matrices del (PNUD & SNGR, 2011) en la que se evaluó la vía Guaranda – Gallo Rumi susceptible a deslizamientos y se obtuvo un valor de 34 con un nivel medio de exposición, cabe recalcar que en la vía de estudio hay un punto crónico y varios deslizamientos los cuales han sido identificados respectivamente viéndose afectados especialmente en el invierno.

#### 4.2.2. Sistema de agua potable

**Tabla 15** Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema de agua potable la vía Guaranda – Gallo Rumi

<b>Factor de vulnerabilidad: Agua Potable (Conducción) de la Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado actual</b>	Bueno	1	2	10
	Regular	5		
	Malo	10		

<b>Antigüedad</b>	0 a 25 años	1	4	20
	25 a 50 años	5		
	Mayor a 50 años	10		
<b>Mantenimiento</b>	Planificado	1	2	10
	Esporádico	5		
	Ninguno	10		
		Total =	Medio	40

**Análisis:** El nivel de exposición del agua potable de conducción se lo hizo en base a una entrevista con el personal del MTOP y agua potable, así como también una visita de campo en las que se observó diferente tipo de tuberías cercanas a la vía por lo que en la matriz se obtuvo un valor de 40 que representa un nivel de exposición medio.

#### 4.2.3. Sistema Eléctrico

**Tabla 16** Matriz de indicadores y pesos de ponderación para la evaluación del sistema eléctrico de la vía Guaranda – Gallo Rumi

<p><b>Factor de vulnerabilidad: Sistema Eléctrico (Postes) de la Vía</b></p> <p><b>Guaranda - Gallo Rumi</b></p>
--

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado de poste</b>	Bueno	1	4	4
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Material del poste</b>	Hormigón	1	4	4
	Armado			
	Metálicos	5		
	Madera	10		
		Total =	Bajo	8

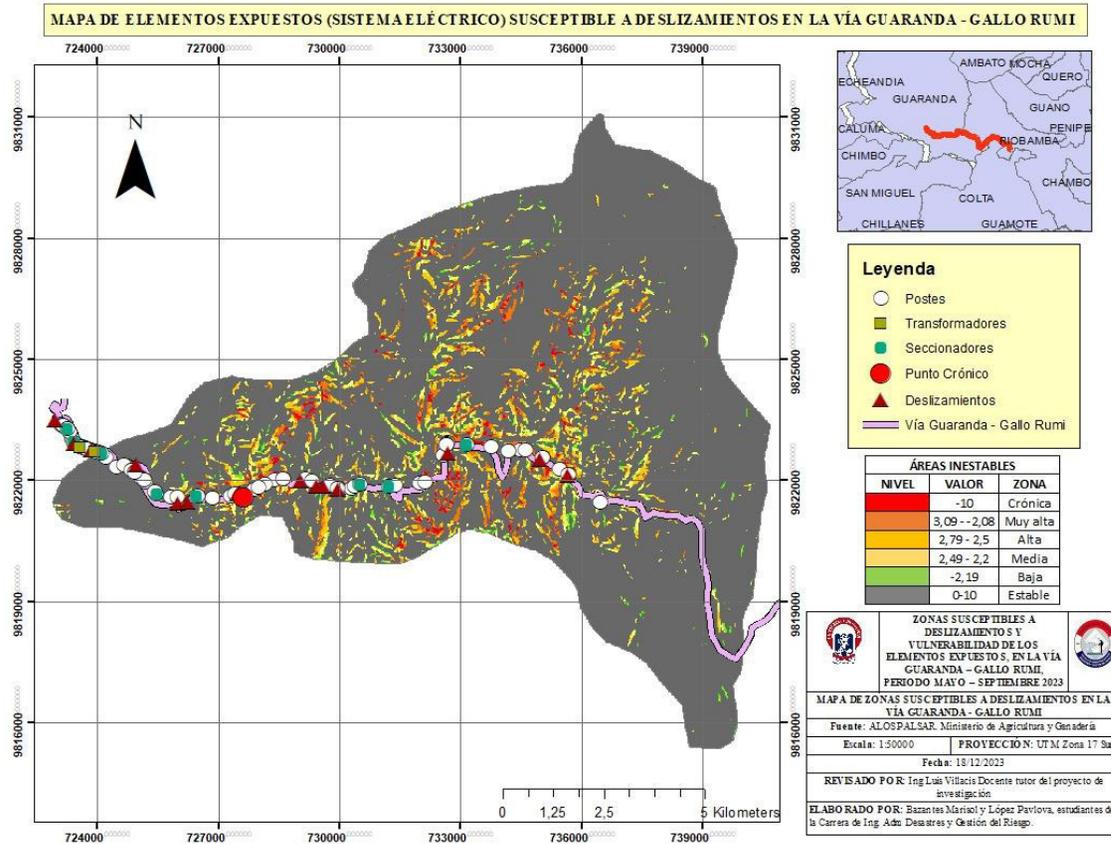
<b>Factor de vulnerabilidad: Sistema Eléctrico (Transformadores)</b>				
<b>de la Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado</b>	Bueno	1	2	2
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Potencia</b>	25 kVA	1	2	2
	75 kVA	5		
	100 kVA	10		

		Total =	Bajo	4
--	--	---------	------	---

<b>Factor de vulnerabilidad: Sistema Eléctrico (Seccionadores) de la Vía Guaranda - Gallo Rumi</b>				
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Deslizamientos</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Valor</b>
<b>Intrínseca</b>				<b>Máximo</b>
<b>Estado</b>	Bueno	1	4	4
	Regular	5		
	Malo	10		
<b>Tipo</b>	A	1	4	4
	transformador			
	A red	5		
		Total =		

**Análisis:** En el sistema eléctrico se evaluó los siguiente: postes, transformadores y seccionadores existentes en la vía Guaranda – Gallo Rumi con ayuda de la información obtenida por parte de CNEL-EP (Bolívar) para realizar la evaluación mediante las respectivas matrices, en cuanto a postes se obtuvo un valor bajo de 8, de los transformadores un valor bajo de 4, y de los seccionadores un valor 8 considerado bajo.

**Gráfico 11:** Mapa de elementos expuestos (Sistema eléctrico) susceptible a deslizamiento en la vía Guaranda – Gallo Rumi.



**Tabla 17** Ubicación de postes, transformadores y seccionadores en zonas susceptibles a deslizamientos.

NIVEL	VALOR	ZONAS	POSTES	TRANSFORMADORES	SECCIONADORES
	< -3.1	Crónica	6	0	0

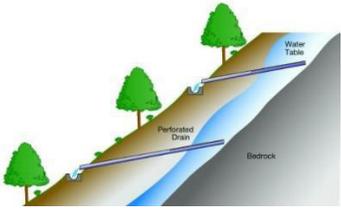
	-3,09 – 2.8	Muy alta	0	0	0
	-2.79 - 2.50	Alta	5	0	0
	-2,49 - 2,19	Media	6	0	0
	-2.19 - 0	Baja	3	0	6
	0 - 10	Estable	38	2	4
	<b>Total</b>		58	2	10

**Análisis:** Con la ayuda del programa ArcGis se logró visualizar los resultados de la tabla 15 en la que se puede observar en qué zonas de susceptibilidad a deslizamientos se encuentran los postes, transformadores y seccionadores, así como el total de cada uno de ellos. Existe un total de 58 postes de los cuales 6 están en una zona crónica, 5 en alta, 6 en media, 3 en baja y 38 en estable. De los transformadores hay en total 2 que se encuentran en una zona estable y un total de 10 seccionadores de los cuales 6 se encuentran en baja y 4 en estable.

### 4.3. Resultados del objetivo 3

#### 4.3.1. Objetivo 3: Proponer medidas de reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda Gallo Rumi.

**Tabla 18** Medidas para la reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos de la vía Guaranda – Gallo Rumi (medidas estructurales)

Medidas de reducción de riesgos			
Medidas Estructurales			
Lugar	Medidas	Responsable	Fotos
Deslizamiento crónico (X: 727628; Y: 9821597)	Se puede evidenciar que durante el transcurso de los años el deslizamiento ha ido cambiando su geometría para lo cual se plantea realizar una disminución de la inclinación a través de Bermas además eliminar el peso en la cabecera	El Estado (Gobierno Nacional)  Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)	  
(X:729062 Y:9822000)  (X:719203; Y: 9822016)	Construir sistemas de drenajes subterráneos sub horizontales con el fin de interceptar aguas subterráneas existentes	El Estado (Gobierno Nacional)	

	<p>en su respectivo deslizamiento.</p>	<p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)</p>	
	<p>Construir sistemas de drenajes superficiales como cunetas para cada deslizamiento con el fin de evitar la acumulación de agua.</p>	<p>El Estado (Gobierno Nacional) Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)</p>	

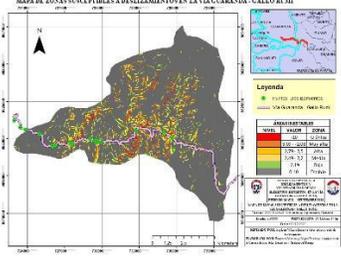
			
<p><b>(X:729988; Y:9821778)</b></p>	<p>Implementar muros de concreto que refuercen la pendiente con la finalidad de sostener el material que se desprende de los deslizamientos.</p>	<p>El Estado (Gobierno Nacional)  Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)</p>	 
	<p>Controlar e impedir la deforestación ya que destruye la calidad del suelo generando inestabilidad del talud.</p>		

	<p>Mayor atención para limpieza y mantenimiento de la vía</p>	<p>El Estado (Gobierno Nacional)</p> <p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)</p>	
<p>(X:729455; Y:9821863)</p>	<p>Construcción de mallas anti erosión.</p>	<p>El Estado (Gobierno Nacional)</p> <p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)</p>	

	Construcción de mallas anti erosión.	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)	
<b>(X:734997; Y:9822531)</b>	Evitar cortes que afectan el relieve natural de las pendientes generando inestabilidad.	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)	

**Tabla 19** Medidas para la reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos de la vía Guaranda – Gallo Rumi (medidas no estructurales)

<b>Medidas de reducción de riesgos (medidas no estructurales)</b>		
<b>Medidas</b>	<b>Responsable</b>	<b>Foto/ ejemplo</b>

<p>Dar a conocer a la población aledaña a la zona de estudio las áreas susceptibles a deslizamientos.</p>	<p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)</p>	
<p>Realizar capacitaciones constantes sobre gestión de riesgos con la ayuda de entidades respuesta temprana.</p>	<p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)</p>	
<p>Implementar sistemas de alerta temprana que permitan conocer la presencia de deslizamientos, así como incluir señalética en la vía.</p>	<p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y presidentes de comunidades aledañas.</p>	

**Tabla 20** Medidas para reducir la exposición de los elementos esenciales frente a la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi.

<b>Indicador</b>	<b>Medida de reducción del riesgo</b>	<b>Responsable</b>
<b>Red vial</b>	Construir muros de contención, mallas anti erosión, mejorar los drenajes superficiales e internos, así como también realizar un mantenimiento continuo de la vía.	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB)
<b>Agua potable</b>	Realizar un mantenimiento periódico de las tuberías del sector.	Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAPA-G)
<b>Sistema eléctrico</b>	Revisar constantemente el estado de: postes, transformadores y seccionadores que se encuentran en la vía.	CNEL-EP (Bolívar)

## 5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- ✓ En la investigación se pudo identificar las zonas inestables mediante la aplicación de la metodología de MOHR – COULOMB, determinando que la vía Guaranda – Gallo Rumi que tiene 33km de extensión, de los cuales del kilómetro 7 al kilómetro 19 son áreas con mayor susceptibilidad a deslizamientos.
- ✓ Cabe recalcar que el estudio de las áreas inestables se lo hizo dentro de la microcuenca Conventillo que tiene una superficie total de 123.55 Km<sup>2</sup> de las cuales 1,17 Km<sup>2</sup> se encuentran en zonas de inestabilidad crónica; en zonas de muy alta inestabilidad hay 2,82 Km<sup>2</sup>, mientras que en zonas de alta inestabilidad hay un total de 5,28 Km<sup>2</sup>, en la zona media 4,28 Km<sup>2</sup>, en zonas de baja inestabilidad hay 1,29 Km<sup>2</sup> y en la zona estable 108,75 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Mediante el trabajo de campo se pudo validar el modelamiento, ya que aquellas zonas que se obtuvieron como aquellas de mayor inestabilidad, al ser evaluadas en la vía mediante comparación de coordenadas, coincidieron en su mayoría con los lugares que presentan problemas de deslizamientos en la carretera Guaranda – Gallo Rumi.
- ✓ Una vez establecidas las áreas más propensas a deslizamientos se procedió a utilizar el software GEO 5 con el cual se pudo realizar el análisis de estabilidad del talud más pronunciado ubicado en el kilómetro 7 de la vía el mismo que siempre causa molestias en épocas de invierno, dando como resultado un factor de seguridad de  $< 1,50$  siendo la estabilidad de talud “NO ACEPTABLE” en el punto crónico inestable.

- ✓ Se determinó la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda- Gallo Rumi mediante la utilización de parámetros cualitativos y cuantitativos que analizaron el grado de susceptibilidad que tienen cada uno de estos elementos a través de la metodología del PNUD. Se obtuvo que no existe un grado alto de vulnerabilidad en la red vial con un valor de 34 con un nivel medio de exposición. Para el sistema de agua potable (conducción) se realizó una visita de campo en las que se observó diferente tipo de tuberías cercanas a la vía por lo que en la matriz se obtuvo un valor de 40 que representa un nivel medio de vulnerabilidad ante deslizamientos.
- ✓ En cuanto a la vulnerabilidad del sistema eléctrico, con ayuda de la información obtenida por parte de CNEL-EP (Bolívar) se logró realizar la evaluación mediante las respectivas matrices, obteniéndose en cuanto a postes un valor de 8, de los transformadores un valor de 4, y de los seccionadores un valor de 8; lo que nos indica mediante la evaluación una vulnerabilidad baja.
- ✓ Con la ayuda del sistema de información geográfica ArcGIS se pudo observar en qué zonas de susceptibilidad a deslizamientos se encuentran los postes, transformadores y seccionadores, obteniendo un total de 58 postes de los cuales 6 están en una zona crónica, 5 en alta, 6 en media, 3 en baja y 38 en estable. De los transformadores hay en total 2 que se encuentran en una zona estable y un total de 10 seccionadores de los cuales 6 se encuentran en baja y 4 en estable.
- ✓ Con la ubicación de cada uno de los deslizamientos identificados se planteó medidas de reducción del riesgo tales como: medidas estructurales y no estructurales mismas que

ayudarán a minimizar la susceptibilidad a deslizamientos en la vía Guaranda – Gallo Rumi tomando en cuenta la ubicación de cada uno de los elementos esenciales mismos que deberán contar con la reubicación y/o mantenimiento continuo de los mismos. También se mencionaron medidas no estructurales con el fin de que las autoridades y la población tomen en cuenta para su respectiva aplicación.

## **5.2.Recomendaciones**

- ✓ Es importante mantener un levantamiento de información con datos actuales y a mayor detalle, estudios a profundidad en temas topográficos y de suelos del sector para identificar de mejor manera todos los deslizamientos del área de estudio.
- ✓ Poner en consideración las áreas susceptibles a deslizamientos y punto crónico para proteger el bienestar de las personas que circulan a diario por la vía, así como también a los habitantes que están cerca, incluyendo una señalética de las pendientes con alta vulnerabilidad a deslizamientos para que los transeúntes estén al tanto y conozcan las zonas de riesgo.
- ✓ El personal del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) deberían contar con normativas vigentes al momento de dar un mantenimiento y realizar obras de recuperación de la vía sin dejar de lado la vulnerabilidad en la que se encuentran los elementos expuestos (red vial, agua potable y sistema eléctrico).
- ✓ Trabajar conjuntamente con personal del Agua potable y CNEL EP (Bolívar) con el fin de que tomen en cuenta la información de la susceptibilidad de los elementos expuestos a deslizamientos para proyectos posteriores.

- ✓ Contar con un registro permanente de la vía para dar control a cada intervención que se ejecuten en la misma.
  
- ✓ Aplicar de manera permanente las medidas de reducción del riesgo como: medidas estructurales y no estructurales con la finalidad de minimizar posibles riesgos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA:

Alcaldía de Medellín. (2016). *Movimientos en masa*. [www.medellin.gov.co](http://www.medellin.gov.co)

Asamblea Constitucional. (2008). *Constitución del Ecuador*.

<https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6716.pdf>

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

Centro de Coordinación Para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central.

(1992). *Glosario Actualizado de Términos en la Perspectiva de la Reducción de Riesgo a Desastres*.

<file:///C:/Users/DELL/Downloads/Glosario%20Actualizado%20de%20Terminos.pdf>

Corporación de Cuencas del Tolima. (2014). *Pendientes*.

[https://cortolima.gov.co/images/POMCA/Rio\\_Luisa/IIIFase\\_de\\_Diagnostico/3.6%20PENDIENTES.pdf](https://cortolima.gov.co/images/POMCA/Rio_Luisa/IIIFase_de_Diagnostico/3.6%20PENDIENTES.pdf)

Daniela Salazar Bustillos, & Nathaly Recalde Tapia. (2023). *Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos como medida de reducción de riesgos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, periodo noviembre 2022 – febrero 2023*. [Universidad Estatal de Bolívar].

[file:///C:/Users/DELL/Downloads/TESIS\\_BUSTILLOS\\_TAPIA.pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/TESIS_BUSTILLOS_TAPIA.pdf)

García Bonilla, N. A., & Restrepo Albarello Andrea Carolina. (2016). *La integración de las medidas estructurales y no estructurales para la gestión del riesgo de desastres por deslizamiento en Colombia*.

Katheryn Estrada, & Elvis Pucha. (2022). *Aplicación del criterio de falla de MOHR – COULOMB para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado*, en el periodo junio a diciembre 2022 [Universidad Estatal de Bolívar].  
file:///C:/Users/DELL/Downloads/TESIS%20PUCHA%20ELVIS,%20KATHERYN%20ESTRADA%20(1).pdf

Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO). (2017). *Informe Definitivo Las Herrerías - San Juan*.

Naciones Unidas. (2009). *Terminología de UNISDR*.  
[https://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC. (2014). *GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/7.-NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones.pdf>

PNUD, & SNGR. (2011). *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal*.  
[www.undp.org.ec](http://www.undp.org.ec)

Servicio Nacional de la Gestión de Riesgos y Emergencias. (2020). *Glosario de Terminos Asociado a la Gestión del Riesgo de Desastres*.  
<https://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec:8443/files/original/fb3a5ca71935d5ed89beed899ece3ef2.pdf>

Suárez Díaz Jaime. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*.  
<https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>

Suárez Jaime. (2009). *Deslizamientos, Tomo I - Análisis Geotécnico*.  
file:///C:/Users/DELL/Downloads/toaz.info-deslizamientos-analisis-geotecnico-jaime-suarez-pr\_c8ee54c1ebe98c67f69d289a652abeed.pdf

*Terminologia-GRD-2017*. (s. f.).

Valdez Valdez, J. E., Hernández, A. O., Espinosa Rodríguez, L. M., & Baro Suárez, J. E. (2022).

Susceptibility to landslides in Malinalco, State of Mexico, Mexico. A contribution to disaster risk reduction at the municipal scale. *Investigaciones Geograficas*, 109.

<https://doi.org/10.14350/rig.60626>

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 1: Documentación fotográfica

**Fotografía 1.** Salida de campo en la vía Guaranda – Gallo Rumi, identificación del área de estudio.



**Fuente:** Bazantes A & López P, 2023

**Fotografía 2.** Salida de campo en la vía Guaranda – Gallo Rumi, recolección de información y coordenadas del sector.



**Fuente:** Bazantes A & López P, 2023

**Fotografía 3.** Salida de campo en la vía Guaranda – Gallo Rumi, recolección de información en el Subcentro de salud de del área de estudio.



**Fuente:** Bazantes A & López P, 2023

**Fotografía 4.** identificación del punto crónico inestable en la vía Guaranda – Gallo

Rumi,



**Fuente:** Bazantes A & López P, 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

TRABAJO DE TITULACIÓN\_MarisolBazan  
tes.docx

AUTOR

Marisol Bazantes

RECuento DE PALABRAS

18317 Words

RECuento DE CARACTERES

98349 Characters

RECuento DE PÁGINAS

128 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.5MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 22, 2024 4:01 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 22, 2024 4:05 PM GMT-5

● **7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de Internet
- Base de datos de trabajos entregados



Firmado electrónicamente por:  
LUIS HERNAN  
VILLACIS TACO