



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**  
**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO**

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

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERAS EN ADMINISTRACIÓN  
PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

**AUTORAS:**

NICOLE DANIELA BUSTILLOS SALAZAR  
NATHALY ELIZABETH TAPIA RECALDE

**TUTOR:**

ING. LUIS HERNÁN VILLACÍS TACO

**GUARANDA – ECUADOR**

**ABRIL 2023**

## CERTIFICADO DE EMPASTE



Guaranda, 28 de junio de 2023

El suscrito Ing. **Luis Hernan Villacis Taco**, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal De Bolívar.

### CERTIFICA

Que la Srta. **Nicole Daniela Bustillos Salazar**, portador de la cedula de ciudadanía N°. **0250117157**, y la Srta. **Nathaly Elizabeth Tapia Recalde**, portadora de la de cédula de ciudadanía N°. **1207813484**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera Administración para Desastres y Gestión de Riesgo**, modalidad presencial, una vez revisado el documento **"IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY, PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023."**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Hernan Villacis Taco', is written over a horizontal line.

**Ing. Luis Hernan Villacis Taco**  
**Tutor del Proyecto de Investigación**

---

## DERECHOS DE AUTOR

Nosotros **Bustillos Salazar Nicole Daniela** y **Tapia Recalde Nathaly Elizabeth** portadoras de la Cédula de Identidad No **0250117157** y **1207813484** en calidad de autoras y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: “**IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY, PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 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 nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, 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.

Las autoras declaran 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.

Bustillos Salazar Nicole Daniela



Firmado electrónicamente por:  
NICOLE DANIELA BUSTILLOS SALAZAR

Autor 1

Tapia Recalde Nathaly Elizabeth



Firmado electrónicamente por:  
NATHALY ELIZABETH TAPIA RECALDE

Autor 2

**DEDICATORIA**

*Dedico mi tesis principalmente a Dios por darme la fuerza que necesitaba para poder culminar con esta meta, a mi madre Tatiana Salazar quien ha sido el principal pilar de mi vida y siempre ha estado junto a mí brindándome todo su apoyo sin importar las circunstancias, a mis hermanos: María José, Santiago, Dana y Mia que me motivaban cada día para seguir adelante con mis estudios, a mi abuelito Emilio Salazar que ha sido una pieza fundamental para mi formación personal y académica, a mis sobrinos: Simonne, Thomás, Luana y Paula que me inspiran a seguir preparándome y ser un gran ejemplo para ellos, y especialmente a mi hijo Dasaev quien es mi compañero de vida y ha logrado construir una mejor versión de mí.*

**Nicole Daniela Bustillos Salazar**

*La presente tesis está dedicada a Dios, por su inmensa bendición porque todo este tiempo he estado bajo su protección, agradezco a mi querido hijo Nicolas, ya que este camino ha sido muy largo y en ocasiones el cansancio y la ausencia mía se ha notado, este logro se lo dedico a toda mi familia por siempre estar presente en los momentos difíciles, a mis padres por darme siempre el ejemplo de superación y haber creído en mí.*

**Nathaly Elizabeth Tapia Recalde**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a mi familia que siempre me ha demostrado su apoyo incondicional, a las personas que he conocido a lo largo de mi carrera y hoy son mis grandes amigos y una parte fundamental para mí, a mi tutor por toda la ayuda que nos ha brindado en este proceso.*

**Nicole Daniela Bustillos Salazar**

*Agradezco el apoyo incondicional de mis padres, en especial el de mi madre que todos los días me motiva a seguir y luchar por mis metas y jamás rendirme, gracias a mis compañeros que siempre me brindaron su ayuda con mucha paciencia, gracias a nuestro tutor al Ing. Luis Villacis por sus valiosas enseñanzas. Gracias a Dios por la vida y la salud que me permite lograr este sueño que comenzó hace muchos años atrás.*

**Nathaly Elizabeth Tapia Recalde**

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE EMPASTE .....	i
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
TEMA.....	1
RESUMEN EJECUTIVO .....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO 1 .....	6
EL PROBLEMA .....	6
1.1 Planteamiento del Problema .....	6
1.2 Formulación del Problema .....	7
1.3 Objetivos .....	8
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	8
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	8
1.4 Justificación de la Investigación .....	9
1.5 Limitaciones.....	10
CAPÍTULO 2.....	11
MARCO TEÓRICO .....	11
2.1 Marco Referencial .....	11
2.2 Antecedentes de la Investigación.....	14

2.2.1 Estudio de los Factores de Riesgo que Influyen en el Deslizamiento del Cerro Cuchicahua del Cantón Chillanes, Provincia Bolívar .....	14
2.2.2 Aplicación del Criterio de Falla MOHR – COULOMB Para Determinar Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa en la Via Chimbo – El Torneado, en el Periodo Junio a Diciembre 2022 .....	15
2.2.3 Propuesta de Guía de Intervención Ante Deslizamientos Para Asegurar la Transitabilidad en Carreteras Vecinales.....	15
2.2.4 Susceptibilidad a Deslizamientos de la Vía de Integración Barrial, Tramo Urna de la Virgen – Barrio Panamá, Ciudad de Loja, Cantón Loja, Provincia de Loja .....	16
2.2.5 Análisis de Estabilidad de Talud de la Carretera NIC.7 en el Km 176, Municipio de Santo Tomas, del Departamento de Chontales .....	16
2.3 Bases Teóricas.....	18
2.3.1 Deslizamientos .....	18
2.3.1.2 Clasificación de los Deslizamientos .....	19
2.3.1.3 Elementos que Conforman un Deslizamiento .....	21
2.3.1.4 Metodología Para Determinar Zonas de Deslizamientos .....	23
2.3.2 Infraestructuras Viales .....	27
2.3.2.1 Tipos de Vías.....	28
2.3.2.2 Componentes Funcionales y Operativos de las Vías .....	28
2.3.2.3 Vías y Ocurrencia de Deslizamientos.....	29
2.3.3 Taludes .....	31
2.3.3.1 Análisis de Estabilidad de Taludes.....	32
2.3.3.2 Métodos Para Analizar las Condiciones de Estabilidad de Taludes.....	33
2.3.4 Reducción de Riesgos en Infraestructuras Viales .....	35
2.3.4.1 Medidas Estructurales Para la Reducción de Riesgos Ante Deslizamientos ....	35
2.3.4.2 Medidas no Estructurales Para la Reducción de Riesgos Ante Deslizamientos	38
2.4 Marco Legal.....	40
2.4.1 Constitución de la República del Ecuador.....	40

2.4.2 Ley de Seguridad Pública y del Estado.....	40
2.4.3 Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial .....	41
2.4.4 Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre .....	41
2.4.4 Reglamento a Ley de Seguridad Publica y del Estado .....	41
2.4.5 Reglamento a Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre ....	41
2.4.6 Reglamento a Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. ....	42
2.4.6 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Publicas (COPLAFID).....	42
2.4.7 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).....	43
2.5 Definición de Términos (Glosario).....	44
2.6 Sistema de Variables.....	46
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>52</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>52</b>
3.1 Tipo de Investigación.....	52
3.2 Nivel de la Investigación.....	52
3.3 Diseño de Investigación .....	53
3.4 Población y Muestra .....	53
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información .....	54
3.5.1 Técnicas de Recolección de la Información.....	54
3.5.2 Instrumentos de Recolección de la información.....	55
3.5.3 Técnicas de Recolección de Información por Objetivo .....	55
3.6 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para Cada Objetivos Específicos ..	56
3.6.1 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para el Objetivo Específico 1	57
3.6.2 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para el Objetivo Específico 2	62
3.6.3 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para el Objetivo Específico 3	66
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>67</b>
<b>RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS</b> .....	<b>67</b>

4.1	Resultado Según Objetivo 1: .....	67
4.1.1	<i>Delimitación de Microcuencas</i> .....	67
4.1.2	<i>Curvas De Nivel</i> .....	68
4.1.3	<i>Pendientes</i> .....	69
4.1.4	<i>Zonas de Máxima Acumulación</i> .....	70
4.1.5	<i>Modelo q/T de Zonas Inestables</i> .....	71
4.1.6	<i>Zonas Susceptibles a Deslizamientos</i> .....	76
4.2	Resultado Según Objetivo 2: .....	78
	Establecimiento de la estabilidad de los taludes de las zonas susceptibles a deslizamientos en la carretera San Pablo – Chillanes – Bucay. ....	78
4.3	Resultado Según Objetivo 3: .....	107
	Medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay. ....	107
4.3.1	<i>Tema</i> .....	107
4.3.2	<i>Objetivos</i> .....	107
4.3.2.1	Objetivo General.....	107
4.3.2.2	Objetivos Específicos.....	107
4.3.4	<i>Justificación</i> .....	107
4.3.5	<i>Medidas de Reducción de Riesgos</i> .....	108
4.3.5.1	Directrices Para la Reducción de Riesgos.....	108
	CAPÍTULO 5.....	113
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
5.1	Conclusiones .....	113
5.2	Recomendaciones.....	114
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	115
7.	ANEXOS .....	123
7.1	Anexo No. 1: Guía de Observación de Campo. ....	123
7.2	Anexo No. 2: Guías de Observación de Campo del Área de Estudio.....	124

7.3 Anexo No. 3: Informe de Resultados de Análisis de Suelo. ....	125
7.4 Anexo No. 4: Memoria Fotográfica de Recolección de Datos.....	127
7.5 Anexo No. 5: Cronograma Para la Elaboración del Proyecto.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Deslizamiento traslacional.....	20
<b>Figura 2</b>	Deslizamiento rotacional. ....	21
<b>Figura 3</b>	Elementos que conforman un deslizamiento.....	22
<b>Figura 4</b>	Ecuación de MOHR - COULOMB representada gráficamente.....	24
<b>Figura 5</b>	Deslizamientos ocurridos en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	30
<b>Figura 6</b>	Talud natural.....	31
<b>Figura 7</b>	Talud artificial. ....	32
<b>Figura 8</b>	Fuerzas en el método simplificado de Bishop.....	34
<b>Figura 9</b>	Abatimiento de la pendiente de un talud.....	36

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Dimensiones del talud.....	63
<b>Gráfico 2</b>	Plano de falla circular. ....	65

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b>	Localización de la Vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	13
<b>Ilustración 2</b>	Deslizamientos en la vía San Pablo - Chillanes – Bucay. ....	18
<b>Ilustración 3</b>	Componentes de una infraestructura vial. ....	29
<b>Ilustración 4</b>	Aplicaciones informáticas para el análisis y procesamiento de datos. ....	56
<b>Ilustración 5</b>	Microcuencas por las que cruza la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	68
<b>Ilustración 6</b>	Insumo de curvas de nivel a un intervalo de curvas de 10 m.....	69
<b>Ilustración 7</b>	Insumo pendiente del área de estudio. ....	69
<b>Ilustración 8</b>	Insumo de zonas de máxima acumulación. ....	71
<b>Ilustración 9</b>	Modelo q/T de zonas inestables.....	73
<b>Ilustración 10</b>	Mapa de zonas estables e inestables de la vía E 495 San Pablo – Chillanes - Bucay.....	75
<b>Ilustración 11</b>	Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la vía E 495 San Pablo – Chillanes - Bucay. ....	77

<b>Ilustración 12</b> Zonas frecuentes de deslizamientos en la vía E 495. ....	78
<b>Ilustración 13</b> Mapa de taludes situados en zonas susceptibles a deslizamientos en la vía E 495.....	80
<b>Ilustración 14</b> Mapa de estabilidad de taludes del área de estudio.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Clasificación de las infraestructuras viales.....	28
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variable independiente: Zonas susceptibles a deslizamientos. ....	47
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de variable dependiente: Reducción de riesgos. ....	50
<b>Tabla 4</b> Condiciones para definir la muestra.....	53
<b>Tabla 5</b> Pendiente y porcentaje de inclinación.....	59
<b>Tabla 6</b> Zonas de acumulación y valores en milímetros. ....	59
<b>Tabla 7</b> Textura y densidad real del suelo según cada microcuenca.....	60
<b>Tabla 8</b> Índice q/T de zonas inestables. ....	60
<b>Tabla 9</b> Criterios de clasificación de zonas estables e inestables. ....	61
<b>Tabla 10</b> Índice, clase y simbología de susceptibilidad a deslizamientos. ....	61
<b>Tabla 11</b> Clase textural del suelo de cada microcuenca de estudio. ....	64
<b>Tabla 12</b> Factor de seguridad y categorías de estabilidad de taludes.....	66
<b>Tabla 13</b> Ángulo de fricción interna del suelo del modelo SHALSTAB. ....	72
<b>Tabla 14</b> Ángulo de fricción y densidad real de cada microcuenca.....	72
<b>Tabla 15</b> Zonas de suelo estable e inestable de la vía E 495.....	74
<b>Tabla 16</b> Zonas susceptibles a deslizamientos de la vía E 495.....	76
<b>Tabla 17</b> Taludes situados en zonas susceptibles a deslizamientos. ....	79
<b>Tabla 18</b> Características de estabilidad del talud 1 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	82
<b>Tabla 19</b> Características de estabilidad del talud 2 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	85
<b>Tabla 20</b> Características de estabilidad del talud 3 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	87
<b>Tabla 21</b> Características de estabilidad del talud 4 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	90

<b>Tabla 22</b> Características de estabilidad del talud 5 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	93
<b>Tabla 23</b> Características de estabilidad del talud 6 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	95
<b>Tabla 24</b> Características de estabilidad del talud 7 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	98
<b>Tabla 25</b> Características de estabilidad del talud 8 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.....	100
<b>Tabla 26</b> Estabilidad de los taludes situados en la vía E 495. ....	104
<b>Tabla 27</b> Plan de reducción de riesgos frente a deslizamientos para la vía San Pablo - Chillanes - Bucay. ....	110

## **TEMA**

Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos como medida de reducción de riesgos en la Vía San Pablo – Chillanes – Bucay, periodo noviembre 2022 – febrero 2023.

## RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación se efectúa en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, con el propósito de determinar zonas susceptibles a deslizamientos como medida de reducción de riesgos. Metodológicamente se emplea la investigación mixta, combinando metodologías cualitativas y cuantitativas, un nivel de profundidad investigativo de tipo descriptivo y un diseño transversal. Para identificar zonas susceptibles a deslizamientos se aplica el Criterio de Falla de MOHR – COULOMB, a través de la herramienta informática ArcView GIS 3.2 y Global Mapper 22.0; la estabilidad de los taludes se establece en función del Método de Bishop integrado en el software GEO 5 y las medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos se proponen de acuerdo a los resultados logrados.

Los análisis desarrollados evidencian que, 50.17 km de carretera se emplazan en zonas estables y 29.83 km en zonas de inestabilidad del suelo. También, 62.17% de la vía presenta ausencia de susceptibilidad, 9.31% susceptibilidad media, 12.20% susceptibilidad alta y 15.78% crítica susceptibilidad a deslizamientos. Además, de 8 taludes estudiados tres son los más inestables (4 – 5 – 7) con factores de seguridad de 0.68 y 0.65, y, solo dos taludes (2 – 3) poseen un cierto nivel de seguridad, pues sus factores de seguridad (1.30 – 1.06) son próximos a 1.60. Las medidas de reducción de riesgos, contemplan medidas estructurales como la cimentación de muros de concreto, disminución de la pendiente, construcción de trincheras, etc. y medidas no estructurales, tales como el respeto de códigos y normas de construcción, organización y participación comunitaria, fortalecimiento institucional, educación y capacitación.

**Palabras clave:** Deslizamientos, Estabilidad de taludes, Medidas de reducción de riesgos, Vías, Zonas susceptibles.

## ABSTRACT

The research work is carried out on the San Pablo - Chillanes - Bucay road, with the purpose of determining areas susceptible to landslides as a risk reduction measure. Methodologically, mixed research is used, combining qualitative and quantitative methodologies, a descriptive level of investigative depth and a cross-sectional design. To identify areas susceptible to landslides, the MOHR - COULOMB Failure Criterion is applied, through the ArcView GIS 3.2 computer tool and Global Mapper 22.0; the stability of the slopes is established based on the Bishop Method integrated in the GEO 5 software and the measures to reduce risks in case of landslides are proposed according to the results achieved.

The analyzes carried out show that 50.17 km of roads are located in stable areas and 29.83 km in areas of soil instability. Also, 62.17% of the road presents no susceptibility, 9.31% medium susceptibility, 12.20% high susceptibility and 15.78% critical susceptibility to landslides. In addition, of the 8 slopes studied, three are the most unstable (4 - 5 - 7) with safety factors of 0.68 and 0.65, and only two slopes (2 - 3) have a certain level of safety, since their safety factors (1.30 – 1.06) are close to 1.60. The risk reduction measures contemplate structural measures such as the foundation of concrete walls, reduction of the slope, construction of trenches, etc. and non-structural measures, such as respect for construction codes and standards, community organization and participation, institutional strengthening, education and training.

**Keywords:** Landslides, Slope stability, Risk reduction measures, Roads, Susceptible areas.

## INTRODUCCIÓN

Según Coronel Pérez y Buñay Cantos (2018), Ecuador al ser un país que se encuentra localizado sobre un territorio en el que predomina fuertes pendientes, características climáticas variadas, intensas lluvias y otros elementos, es susceptible a la ocurrencia de diversos desastres naturales, siendo los más comunes los terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra. Como afirma Castillo et al. 2022, “estos han causado enormes pérdidas de vidas humanas y efectos negativos en la economía”.

Los denominados deslizamientos de tierra a nivel nacional, representan el 49% de los eventos peligrosos registrados durante el periodo 2020 – 2022, cuya causa principal de ocurrencia se relaciona con las fuertes e intensas precipitaciones que azotan al país en la temporada lluviosa. (Castillo et al., 2022). Las zonas en las que este evento es más recurrente son las provincias de la Sierra, con afectaciones de magnitud considerable sobre las personas, infraestructuras, sistemas productivos, medios de subsistencia y especialmente en las redes viales.

A nivel de la provincia Bolívar y del Guayas, el sector donde es más visible la materialización del evento peligroso de deslizamientos, es la vía colectora San Pablo – Chillanes – Bucay de la red estatal E 495, debido a que, de acuerdo a estudios realizados por el GAD de la provincia Bolívar (2021), dicha arteria vial se emplaza sobre una zona de susceptibilidad a deslizamientos. Como muestra de esto, cada primer trimestre del periodo comprendido entre el 2017 y 2022, se registraron varios deslizamientos de magnitud e intensidad variable en algunos kilómetros de la carretera, los cuales provocaron consecuencias significativas a nivel socioeconómico.

Por tal razón, se realiza la presente investigación en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, con la finalidad de determinar zonas susceptibles a deslizamientos. Del mismo, se busca calcular la estabilidad de los taludes, para plantear medidas de reducción de riesgos que

favorezcan la disminución de afectaciones en los sectores económicos, salvaguardar la vida de los moradores y usuarios que transitan por esta vía, proteger los medios de subsistencia, infraestructura crítica y las propiedades.

Por otro lado, el trabajo de investigación se ha estructurado en cinco capítulos; en el **Capítulo 1** se plantea y describe el problema de la investigación, los objetivos y la justificación de la misma; el **Capítulo 2** comprende la descripción de las bases teóricas sobre el tópico de estudio; el **Capítulo 3** hace énfasis a las metodologías, técnicas, herramientas e instrumentos utilizados para recolectar, analizar y procesar la información; en el **Capítulo 4** se presenta los resultados logrados según los objetivos planteados y por último en el **Capítulo 5** las autoras establecen conclusiones y recomendaciones referente a la temática investigada.

## CAPÍTULO 1

### EL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del Problema

La vía San Pablo – Chillanes – Bucay con una extensión de 80 Km, forma parte del eje vial E 495 y se localiza al sur occidente de la provincia Bolívar y al sur de la provincia del Guayas. (Brazalos Halo, 2016). Esta red vial está asentada sobre un territorio formado por cerros de altura variable con pendientes fuertes, cuyos ángulos de inclinación superan los 25°, sobre un terreno en el cual el comportamiento no es el más adecuado, debido a que, al interactuar con ciertos agentes tales como los procesos de deforestación, las fuertes precipitaciones, la saturación del suelo y las pendientes pronunciadas, propician las condiciones necesarias para la ocurrencia de deslizamientos. (GAD de la Provincia Bolívar, 2021)

Según estudios realizados por el GAD de la provincia Bolívar (2021), la red vial E 495 (San Pablo – Chillanes – Bucay) se emplaza sobre una zona de susceptibilidad a deslizamientos, razón por la cual, se considera que el problema que más afectaciones genera en esta arteria vial, es la frecuente ocurrencia de deslizamientos de tierra, especialmente en la temporada de lluvias.

Como caso típico, el 28 de marzo de 2017 en el sector Vista Alegre situado en la red vial Chillanes – Bucay, alrededor de 100 m de carretera que enlazan la provincia Bolívar y Guayas se deslizaron como consecuencia de la infiltración de agua en el terreno. (EXPRESO, 2017). En marzo de 2020 en el km 13 de la ruta San Pablo – Chillanes, se suscitó un deslizamiento de un talud que desplazo 76.500 m<sup>3</sup> de masa de material de lodo, tierra y piedras (EL UNIVERSO, 2020). Producto de este evento la vía fue cerrada, lo cual ocasionó malestar en los transeúntes, moradores y en los transportistas de carga pesada, debido a que al no poder transportar los productos agrícolas hacia sus destinos de comercialización el comercio decae, generando considerables pérdidas económicas. (MTO, 2020)

De la misma forma el 2 marzo del año anterior, según Márquez (2021) a causa de las fuertes e intensas precipitaciones en la carretera San Pablo – Chillanes se registró varios deslizamientos que impidieron el tránsito vehicular. Asimismo, en marzo de 2022 cerca a la estación de combustible ubicada en el ingreso a Chillanes, ocurrió un derrumbe de magnitud moderada que transportó 3.500 m<sup>3</sup> de tierra, ocasionando que varias familias fueran evacuadas hacia una zona segura (Quezada, 2022). De igual forma, en la vía Chillanes – Bucay en la mañana del 26 de marzo del presente año, se presentó un derrumbe en el sector denominado como Vista Alegre.

Los deslizamientos ocurridos en los diferentes kilómetros de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, fueron influenciados por varios factores siendo los más comunes, las fuertes e intensas precipitaciones que azotan el territorio sobre todo en la época de lluvias, la acumulación de agua subterránea, la saturación del suelo a causa de la infiltración del agua lluvia, los movimientos sísmicos, el suelo volcánico y la existencia de fuertes pendientes. Adicional a esto, para la construcción de la vía se podría considerar que no se realizaron estudios técnicos que ayuden a garantizar las condiciones de estabilidad de los taludes y de las laderas, puesto que varios de los deslizamientos suscitados se generaron en zonas en las cuales no se implementó ningún tipo de medida de reducción de riesgos.

Por los motivos anteriormente descritos, en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, es primordial desarrollar un trabajo investigativo, con la finalidad de identificar zonas susceptibles a deslizamientos y con base en esto plantear medidas que contribuyan a la reducción de riesgos, de tal manera que se pueda generar un impacto positivo para salvaguardar la vida de los moradores y usuarios que transitan por esta vía, proteger los medios de subsistencia, infraestructura crítica y propiedades.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuáles son las zonas susceptibles a deslizamientos para la reducción de riesgos en la vía San Pablo – Chillanes - Bucay?

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

- Determinar zonas susceptibles a deslizamientos como medida de reducción de riesgos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

#### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

1. Identificar zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
2. Calcular la estabilidad de los taludes de las zonas susceptibles a deslizamientos en la carretera San Pablo – Chillanes – Bucay.
3. Proponer medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

#### **1.4 Justificación de la Investigación**

El eje vial San Pablo – Chillanes – Bucay que forma parte de la red estatal E 495, se localiza sobre un territorio en el cual la ocurrencia de deslizamientos es reincidente, pues los 80 km de carretera se extienden sobre un terreno con fuertes pendientes, laderas y taludes inestables, intensas precipitaciones de la época lluviosa y saturación del suelo por el agua superficial y subterránea. (GAD de la Provincia Bolívar, 2021). Las afectaciones generadas por este evento peligroso anualmente superan los miles de dólares, debido a que, se registra daños a las infraestructuras, sistemas productivos, medios de subsistencia, problemas ambientales e incluso la pérdida de vidas humanas.

A partir de esto en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, es fundamental desarrollar un trabajo investigativo, con el objetivo de determinar zonas susceptibles a deslizamientos, reduciendo las afectaciones provocadas por estos eventos en la infraestructura vial, líneas vitales, sistemas productivos, medios de subsistencia y demás elementos de los territorios por los cuales atraviesa la vía. Ya que con la elaboración de este estudio se podría generar cierto grado de interés en las autoridades, habitantes asentados a los costados de la carretera y transeúntes que a diario circulan por este eje vial, debido a que, se detallará medidas de reducción de riesgos.

A través, de la utilización de diferentes metodologías, también se pretende identificar zonas susceptibles a deslizamientos, que permitan localizar los tramos de la vía que se asientan en áreas críticas. Al mismo tiempo, se pretende calcular la estabilidad de los taludes, para de esta forma conocer áreas potenciales que reúnen las condiciones necesarias para la ocurrencia de deslizamientos. De la misma manera, tomando como referencia los productos de la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos y de la estabilidad de los taludes, se tiene por prioridad plantear medidas de reducción de riesgos que favorezcan la atenuación de los efectos en los sectores económicos.

Finalmente, al realizar la investigación se producirá un aporte técnico – científico, desde la academia hacia la sociedad, organismos de seguridad y autoridades, generando un instrumento que coadyuve en la correcta gestión de riesgos a nivel territorial.

### **1.5 Limitaciones**

Dada la cobertura y alcance del proyecto, se logra evidenciar las siguientes limitaciones:

- Limitada información técnico – científica concerniente a análisis de la amenaza de deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
- Imprecisión de los datos e información (extensión, ubicación y características) de la arteria vial.
- Datos raster (ortofotos) de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay desactualizados.
- Levantamiento de información *in situ* limitado, debido a la ocurrencia de deslizamientos en varios tramos de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco Referencial

El área de estudio se localiza en el sector sur – occidental de la provincia Bolívar y al sur de la provincia del Guayas, forma parte de la red vial estatal E 495 que une San Pablo – Chillanes – Bucay. Comprende 80 km de recorrido, siendo una vía de Clase III de acuerdo a las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Brazalos Halo, 2016). Dicha carretera se compone de dos carriles, cuya calzada tiene un ancho de 7.30 m y 1 m de espaldón y cuneta a cada lado. La vía se asienta sobre un terreno con geomorfología irregular, pendientes muy prolongadas y escasa cobertura vegetal, lo cual en la época lluviosa provoca una gran cantidad de deslizamientos.

La arteria vial San Pablo – Chillanes – Bucay es una de las tantas vías que conectan la región Interandina y Litoral, misma que fue construida aproximadamente hace 100 años atrás, en cuyos inicios fue una carretera de lastre hasta el año 2010 en el que inicio el proyecto de colocación de una carpeta asfáltica en el tramo Chillanes – Bucay por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, mientras que, en el tramo de la vía San Pablo – Chillanes la colocación de la carpeta asfáltica culmino en el 2014. (EL TELÉGRAFO, 2013)

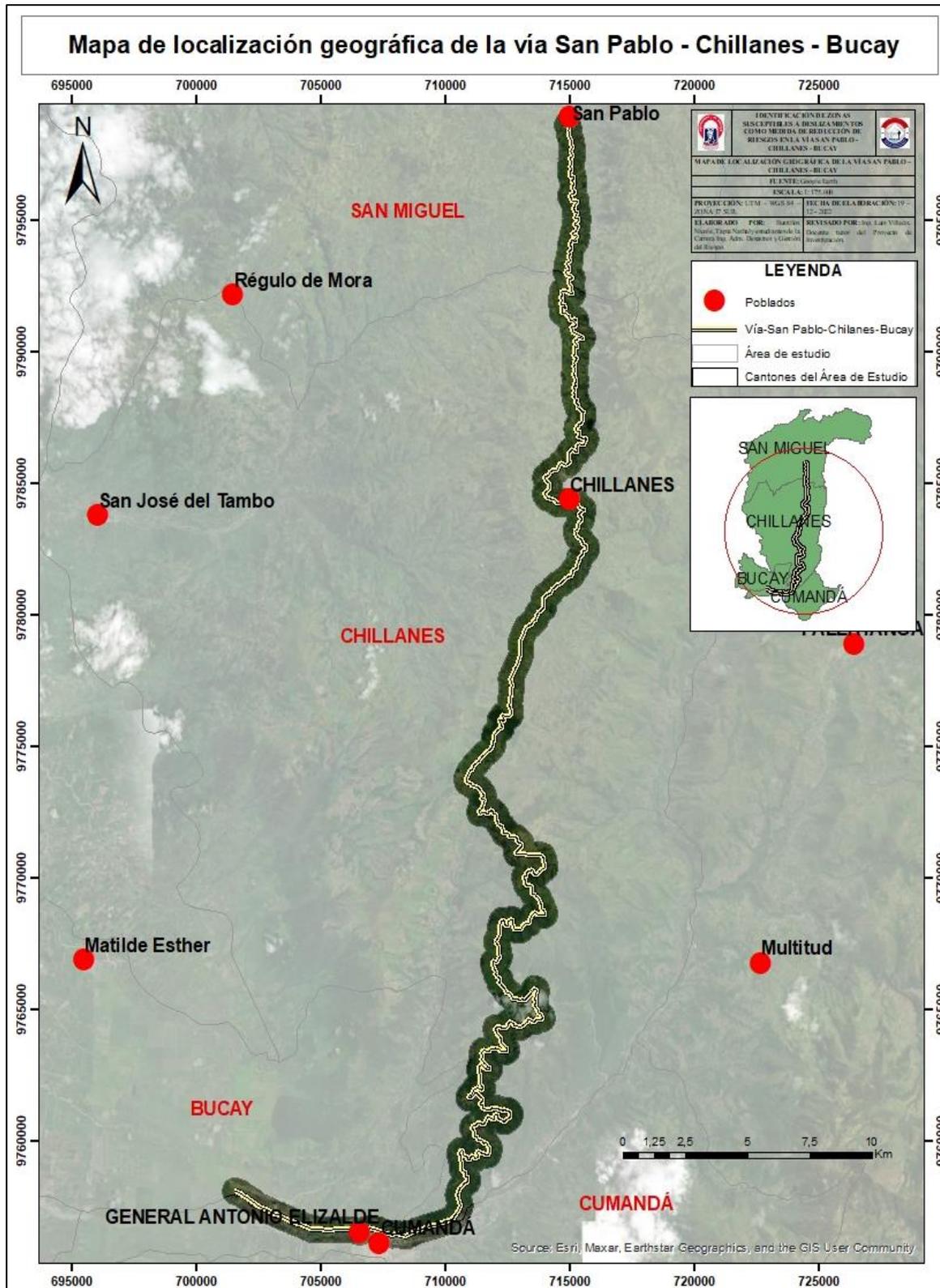
A pesar que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas ha realizado acciones de mantenimiento en la vía, la ocurrencia de deslizamientos y cuarteamientos ha sido notorio, debido a la presencia de grandes taludes artificiales creados para la ampliación de la red vial. Además, la preocupación de los habitantes de las comunidades por las que atraviesa la carretera es constante, ya que al año de colocación de asfalto empezó a presentar daños en un 40% de la infraestructura.

A nivel socioeconómico esta arteria vial juega un rol fundamental, ya que gran parte de la población que se ubica en los alrededores de esta infraestructura, se dedica a las actividades primarias (agricultura y ganadería) y a las actividades secundarias (comercio al por mayor y menor), haciendo uso frecuente de la red vial para transportar sus productos a la región costa en la que mayor acogida tienen. Al estar frecuentemente interrumpida por deslizamientos, la afectación negativa que provoca a la economía de los habitantes es notable, dado que los productos agrícolas y ganaderos no pueden ser comercializados y en ocasiones el transporte de carga pesada excede los precios para transportarlos.

La red vial estatal E 495 une varios sectores como San Pablo, Sicoto, Chillanes, San José de Guayabal, Achín, San Francisco de Azapí, Cumandá y Bucay. En promedio por esta vía circulan de 400 a 800 vehículos de carga pesada y liviana. Además, une varios lugares turísticos que potenciándolos adecuadamente darían un impulso importante a la economía del sector. Uno de los lugares turísticos más visitados son las cascadas de Piedra Blanca ubicadas en la comunidad La Miran Bajo, que se conforman por cuatro cascadas como las gemelas de 10 m, otra de 15 m, la más significativa que mide 30 m donde se puede realizar deportes extremos y el velo de la novia de unos 50 m. (GAD Municipal del Cantón Chillanes, 2019)

**Ilustración 1**

*Localización de la Vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*



*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2022.

## **2.2 Antecedentes de la Investigación**

Para la presente investigación, se considera como apoyo algunos estudios referentes a la temática de identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en las infraestructuras viales o en determinados territorios, mismos que permitirán tener una visión general del tópico de estudio y construir las bases conceptuales de deslizamientos, taludes y medidas de reducción de riesgos.

### ***2.2.1 Estudio de los Factores de Riesgo que Influyen en el Deslizamiento del Cerro Cuchicahua del Cantón Chillanes, Provincia Bolívar***

El trabajo de titulación tuvo como propósito la identificación de aquellos factores de riesgo que inciden en la ocurrencia de deslizamientos en el Cerro Cuchicahua, para lo cual se empleó una metodología basada en el Criterio de Falla Mohr – Coulomb, con un nivel de investigación de tipo cuali – cuantitativo, descriptivo, transversal y un diseño investigativo de carácter no experimental y de campo. Según los resultados de la investigación, el cerro Cuchicahua se localiza sobre una zona de deslizamiento crónica, representando un peligro potencial para los habitantes, infraestructuras, medios de vida, redes de servicios básicos e infraestructura vial del casco urbano del cantón Chillanes. (Meléndez Carrasco & Toalombo Tacuri, 2022)

La investigación desarrollada por Meléndez Carrasco y Toalombo Tacuri (2022), servirá como referente bibliográfico en la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, debido a que, describe el proceso metodológico para la aplicación del Criterio de Falla Mohr – Coulomb y los factores que se deben considerar al momento de realizar análisis de cualquier tipo de procesos gravitacionales (deslizamientos, caídas, flujos, volcamientos, etc.).

### ***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***

La finalidad de la investigación estuvo enmarcada en establecer áreas de susceptibilidad frente al evento peligroso de movimientos en masa en la red vial Chimbo – El Torneado. Para esto, los autores definieron un nivel de investigación con alcance descriptivo y un diseño con perspectiva transversal. Como principales metodologías aplicaron el Criterio de Falla de MOHR – COULOMB para identificar las zonas de susceptibilidad a movimientos en masa y el Método de Bishop para determinar la estabilidad de los taludes. Los resultados del estudio, evidencian que 18 trayectos de la vía se asientan sobre una zona de susceptibilidad “Muy Alta” a movimientos en masa y de un total de 9 taludes analizados todos se caracterizan por ser inestables. (Estrada Tigsilema & Pucha Guaila, 2022)

Del estudio desarrollado por los autores mencionados, en la presente investigación se usará de referencia el marco metodológico basado en el Criterio de Falla de MOHR – COULOMB y el Método de Bishop, para diseñar la metodología, técnicas e instrumentos que permitan determinar zonas susceptibles a deslizamientos, calcular la estabilidad de taludes y proponer las respectivas medidas de reducción de riesgos ante el evento peligroso hacer analizado.

### ***2.2.3 Propuesta de Guía de Intervención Ante Deslizamientos Para Asegurar la Transitabilidad en Carreteras Vecinales***

La investigación se llevó a cabo en Lima – Perú, con el propósito de diseñar una guía de intervención frente a la amenaza de deslizamientos, que tribute al mejoramiento de las condiciones de seguridad de las carreteras. A través de la aplicación del Índice General de Estabilidad de Cortes Carreteros (IGECC) del Instituto Mexicano de Transporte, un nivel de investigación de carácter cualitativo y un diseño transversal descriptivo, los investigadores identificaron los factores de mayor incidencia para la generación de deslizamientos y además

comprobaron que aplicando el IGECC el colapso temporal de las redes viales se puede reducir hasta en un 80%. (Polo Sarmiento & Polo Sarmiento, 2020)

A partir del estudio realizado por los hermanos Polo Sarmiento, en la investigación a desarrollarse en la Vía San Pablo – Chillanes – Bucay se podrá obtener ciertas referencias bibliográficas para sustentar las bases conceptuales de deslizamientos y de medidas de reducción de riesgos en infraestructuras viales.

#### ***2.2.4 Susceptibilidad a Deslizamientos de la Vía de Integración Barrial, Tramo Urna de la Virgen – Barrio Panamá, Ciudad de Loja, Cantón Loja, Provincia de Loja***

En este trabajo de titulación según Guamán Ramos (2016), el objetivo fue identificar las zonas probablemente susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos en la carretera de Integración Barrial de la ciudad de Loja, por medio de la aplicación del método heurístico, determinístico y suma de rangos y a la par de esto se utilizó los denominados sistemas de información geográfica (SIG), Ilwis 3.6, imágenes aéreas y modelos digitales de elevación. Con base en el trabajo realizado, se pudo identificar que apenas el 0.76% de la vía se sitúa en una zona de “Muy Alta Susceptibilidad” a deslizamientos y el 47.03% presenta un nivel de susceptibilidad “Bajo”.

Con base en el trabajo investigativo desarrollado por Guamán Ramos (2016), se puede construir las bases teóricas del evento peligroso de deslizamientos, su clasificación y los elementos (partes) que lo conforman.

#### ***2.2.5 Análisis de Estabilidad de Talud de la Carretera NIC.7 en el Km 176, Municipio de Santo Tomas, del Departamento de Chontales***

La intención del trabajo de investigación fue desarrollar un análisis de estabilidad del talud situado en el Km 176 de la vía Nic.7 de la ciudad Chontales – Managua – Nicaragua, para de este modo establecer medidas de mitigación frente a los diferentes tipos de deslizamientos. Como punto de partida los coautores realizaron trabajo de campo, en el que tomaron datos de

medición del talud y muestras del suelo, consecuentemente hicieron pruebas de laboratorio para establecer las propiedades físicas del suelo del talud. Acto seguido, por medio de trabajo en escritorio evaluaron la estabilidad del talud usando el software SLIDE y con base en los resultados del factor de seguridad definieron medidas de estabilización. (Prado González et al., 2020)

El trabajo investigativo desarrollado en Chontales – Managua – Nicaragua, proporciona variada información sobre el marco conceptual de taludes, sus partes, los tipos y los métodos que se pueden emplear para realizar el análisis de las condiciones de estabilidad de los mismos.

## **2.3 Bases Teóricas**

### **2.3.1 Deslizamientos**

El territorio ecuatoriano al presentar diferentes características topográficas, geomorfológicas, litológicas, geológicas y climáticas es vulnerable a la ocurrencia de eventos peligrosos como terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones y deslizamientos. Estos últimos ocurren con mayor frecuencia en la época lluviosa en zonas con fuertes pendientes, escasa cobertura vegetal, topografía irregular y por taludes inestables. Anualmente, provocan un sin número de afectaciones a nivel social, económico, ambiental y productivo, debido a que, generan cuantiosas pérdidas económicas.

Los deslizamientos es un tipo de movimiento de remoción en masa que ocurren por la influencia de varios factores condicionantes, detonantes e incluso por las múltiples actividades que realiza el ser humano. Por lo general, “son movimientos ladera abajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura” (Peñaloza Molina & Tocasche Castro, 2018, p. 81). Dependiendo del plano de ruptura los deslizamientos se clasifican en, rotacionales cuando el plano tiene un aspecto similar a una cuchara y traslacionales cuando el plano de ruptura tiene forma ondulada.

Según Jiménez Otárola (2002), los deslizamientos producen el desplazamiento de material de la superficie terrestre de manera rápida o de forma lenta, por la generación de fallas que desestabilizan las laderas o taludes artificiales. Cuando ocurre un deslizamiento la masa de material es transportada pendiente abajo, perturbando los bienes materiales, medios de subsistencia, redes vitales y las infraestructuras viales (Ilustración 2), mismas que al producirse una emergencia son de vital importancia para brindar una respuesta oportuna.

#### **Ilustración 2**

*Deslizamientos en la vía San Pablo - Chillanes – Bucay.*



**Fuente:** Adaptado de *Noticias de algunos medios de comunicación digitales*, (EL UNIVERSO, 2020; Quezada, 2022; MTOP, 2022).

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2022.

### 2.3.1.2 Clasificación de los Deslizamientos

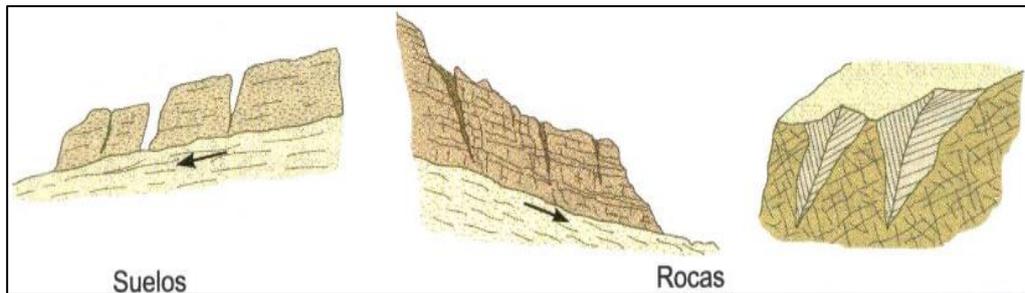
En la actualidad, se puede evidenciar la existencia de un sin número de sistemas de clasificación de los movimientos en masa, en los que es posible observar la sub clasificación de los deslizamientos. El sistema más comúnmente utilizado es el desarrollado por Varnes (1978), a partir del cual varios autores como Coromias y Yague (1997), Highland y Bobrowsky (2008) han modificado y propuesto nuevas clasificaciones.

Con base a la nomenclatura de clasificación de movimientos de remoción en masa, propuesto por Varnes (1978), los deslizamientos pueden ser de dos tipos, traslacionales y rotacionales de material tipo roca o suelo.

**Deslizamientos traslacionales:** en este tipo de deslizamientos el movimiento del material se produce sobre un plano de falla inclinado cuya forma se asemeja a una superficie ondulada. Peñaloza Molina y Tocasuche Castro (2018), manifiestan que los deslizamientos traslacionales están caracterizados por presentar escasa profundidad y varias discontinuidades estructurales, que “generalmente se ocasionan porque los suelos tienen rocas muy fracturadas que se asientan sobre otra roca menos firme como el suelo arcilloso, roca meteorizada que se asienta sobre suelo firme y roca que presenta una fractura paralela a la superficie” (p. 81).

**Figura 1**

*Deslizamiento traslacional.*



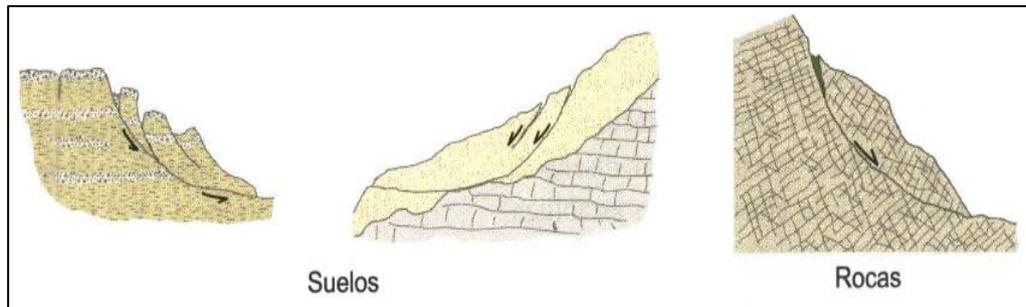
**Fuente:** Tomado de *Ingeniería Geológica*, (p. 624) por (González de Vallejo et al., 2002), Pearson Educación, Madrid.

**Deslizamientos rotacionales:** la principal característica de los deslizamientos rotacionales hace referencia al movimiento de material sobre un plano de rotura con aspecto de cuchara.

Al momento en que ocurre un deslizamiento de este tipo, se desencadena un proceso de rotación que tiende a dividir la masa de material en varios fragmentos que se desplazan entre sí, dando origen a la formación de escalones con un plano en dirección a la ladera y hendiduras de tensión marcadas. (González de Vallejo et al., 2002)

## Figura 2

*Deslizamiento rotacional.*



**Fuente:** Extraído de *Ingeniería Geológica*, (p. 624) por (González de Vallejo et al., 2002), Pearson Educación, Madrid.

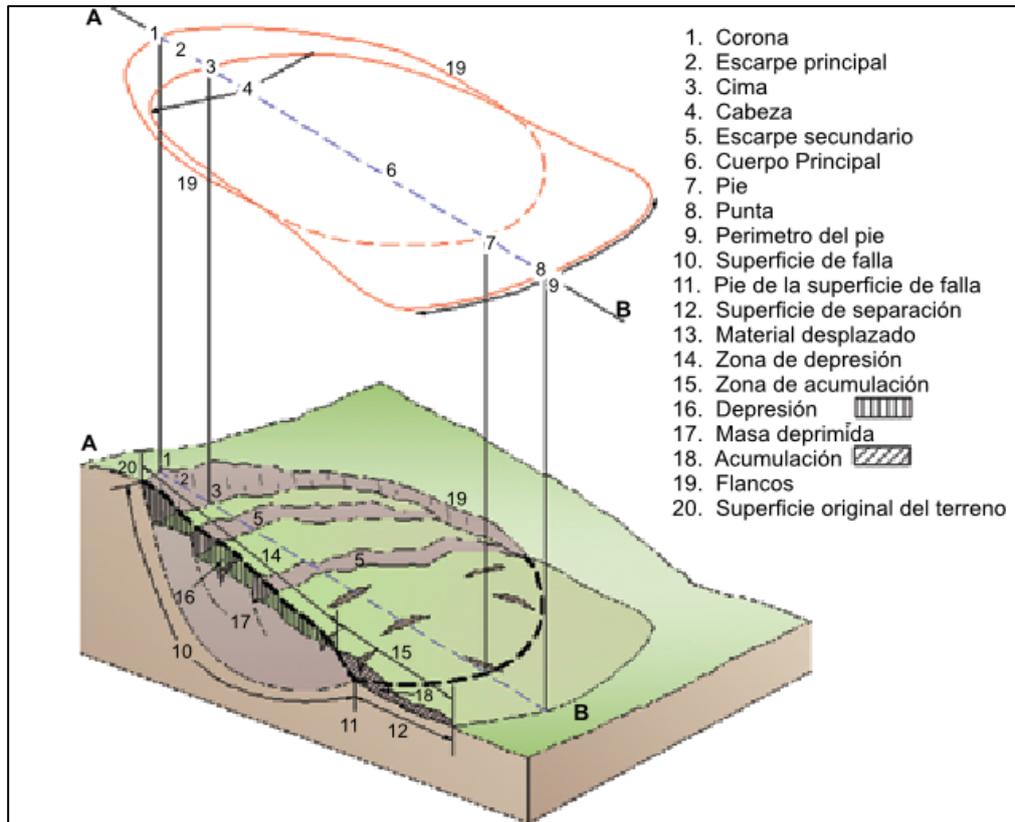
### 2.3.1.3 Elementos que Conforman un Deslizamiento

Luego de la ocurrencia de un deslizamiento que es un proceso gravitacional lento o rápido, que implica el desplazamiento o movimiento de material (roca o suelo) por una superficie de terreno con cierto grado de inclinación, se puede visualizar y reconocer con mayor facilidad los elementos que conforman la estructura del mismo.

Según señala el Servicio Nacional de Geología y Minería (2007), en el Proyecto Multinacional Andino de Geociencias para las Comunidades Andinas, un deslizamiento está conformado por varias partes entre las cuales se encuentra la corona, escarpe principal, cima, cabeza, escarpe secundario, cuerpo principal, pie, punta, superficie de falla, superficie de separación, material desplazado, zona de depresión, zona de acumulación, flancos y la superficie original del terreno.

**Figura 3**

*Elementos que conforman un deslizamiento.*



**Fuente:** Extraído de *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de las amenazas*, (p. 123), por (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2007), Publicación Geológica Multinacional, Canadá.

Domínguez M y Mendoza L (2018), definen cada una de las partes que conforman un deslizamiento de la siguiente manera:

- **Corona:** aquella masa de material que aún no se ha deslizado situada en la zona alta del escarpe principal.
- **Superficie original del terreno:** área con cierto grado de inclinación existente antes del desplazamiento del terreno.
- **Pie:** es el sitio más bajo de la ladera o talud.
- **Escarpe principal:** es aquel escalón que se sitúa en la zona alta de la ladera junto a la corona; producto del desplazamiento de la masa de material pendiente abajo.

- **Superficie de falla:** área en la cual se genera la ruptura de la masa de material que tiende a desplazarse pendiente abajo.
  - **Cuerpo principal:** fragmento de masa de material deslizado sobre la superficie de falla.
  - **Flanco:** puede ser el perfil derecho o izquierdo del deslizamiento.
  - **Base:** sitio en el que se sitúa el material deslizado en la parte inferior de la superficie de falla.
  - **Punta:** parte del desplazamiento de tierra localizado en un área equidistante a la corona.
- (Domínguez M & Mendoza L, 2018)

#### 2.3.1.4 Metodología Para Determinar Zonas de Deslizamientos

Para determinar zonas probables o sitios críticos en los que se pueden dar la ocurrencia de deslizamientos, es necesario realizar un análisis minucioso de aquellos factores que influyen en la génesis de estos, a través de la aplicación de diferentes metodologías o métodos que vayan de acuerdo a la realidad del territorio.

Desde varios años atrás, las metodologías han ido incorporando nuevos criterios de análisis que van a la par de las nuevas tecnologías, permitiendo de esta forma obtener resultados más precisos en cuanto refiere a la evaluación de los niveles de susceptibilidad de los territorios, laderas o taludes a generar procesos gravitacionales de tipo deslizamiento.

Una de las metodologías empleadas para determinar zonas de deslizamientos, ya sea a nivel territorial o en un área específica como una infraestructura vial, es el modelo SHALSTAB diseñado por Montgomery y Dietrich en el año 1994, con la finalidad de poder “evaluar la susceptibilidad relativa de las laderas a producir fenómenos de deslizamientos” (Kaless, 2007, p. 10). Este modelo trabaja en función de las condiciones de estabilidad de las laderas y según las cualidades de los flujos subsuperficiales.

Kaless (2007), afirma que el modelo SHALSTAB tiene una base vinculada a los sistemas de información geográfica, en los que la unidad de análisis son las celdas raster. Además, plantea que, al momento de desarrollar el análisis para la determinación de zonas de deslizamiento, las laderas son consideradas como una capa firme de bajo grosor, cuyo límite de ruptura puede ser evaluado mediante el Criterio de Falla de MOHR – COULOMB.

El Criterio de Falla de MOHR – COULOMB, 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” (Rojas Ronquillo, 2018, p. 33). Según la ley de Coulomb, la falla de ruptura de un suelo, se puede estimar a partir de la siguiente ecuación:

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

Donde:

**$\tau$** : resistencia al corte del suelo.

**c**: cohesión del suelo.

**$\sigma$** : tensión normal.

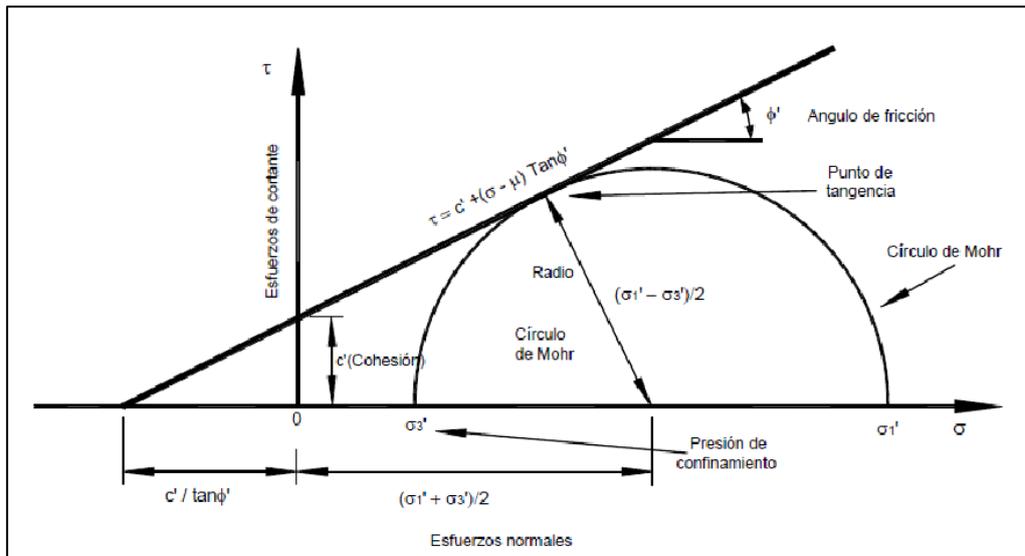
**$\mu$** : presión del agua en poros.

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

En el criterio MOHR – COULOMB la fórmula que establece la resistencia al corte del suelo gráficamente representa una recta en el área ( $\sigma, \tau$ ), a la cual se la llama línea de resistencia interna del suelo (figura 4). Dicha línea dependiendo del plano por el cual pasa un bloque de suelo asigna un valor de tensión efectiva normal (González de Vallejo et al., 2002).

#### **Figura 4**

*Ecuación de MOHR - COULOMB representada gráficamente.*



**Fuente:** Extraído de *Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico*, (p. 75), por (Suárez Díaz, 2009), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Al evaluar el estado límite de ruptura del suelo mediante el criterio MOHR – COULOMB, la cohesión del suelo es considerada como despreciable, motivo por el cual se la debe recompensar incrementando el ángulo de fricción interna. A partir de esto, el modelo SHALSTAB indica el nivel de saturación interna del suelo ( $h/z$ ) para desequilibrar la ladera, pudiendo establecer dos condiciones básicas para definir las condiciones de estabilidad; 1) si el grado de saturación interna ( $h/z$ ) es negativo la ladera es inestable y 2) si el grado de saturación interna ( $h/z$ ) es mayor a 1 la ladera es estable. (Kaless, 2007)

El grado de saturación interna de la ladera viene dado por la siguiente ecuación:

$$\frac{h}{z} = \frac{\rho_s}{\rho} \left( 1 - \frac{\tan\theta}{\tan\phi} \right)$$

Donde:

- **h:** altura del nivel freático sobre la superficie de deslizamiento.
- **z:** profundidad del suelo.
- **$\rho_s$ :** densidad del suelo.
- **$\rho$ :** densidad del agua.

- **tanθ**: grado de inclinación de la pendiente de la ladera.
- **tanφ**: ángulo de fricción interna.

En algunos casos, como manifiesta Kaless (2007), en los que se pretende valorar escenarios intermedios al momento de establecer el grado de saturación interna del suelo, se debe añadir un patrón hidrológico para aquellas precipitaciones de baja fuerza (intensidad). Al aplicar la conocida ley de Darcy, se logra relacionar el grado de saturación interna y la precipitación eficaz que se calcula con base a las subsiguientes expresiones:

$$\frac{h}{z} = \frac{q}{T} * WI$$

$$WI = \frac{a}{b * \text{sen}\theta}$$

En las cuales:

- **h/z**: grado de saturación interna.
- **q**: precipitación eficaz.
- **T**: transmisibilidad del suelo.
- **a**: zona drenada.
- **b**: área de la celda raster.
- **WI**: índice de humedad (wetness index).

De las expresiones anteriores, se puede conocer que el índice  $q/T$  muestra la capacidad que posee el terreno para transportar el agua de las precipitaciones. Mientras que, el índice de humedad indica la influencia que presenta la forma del terreno en el flujo subsuperficial. Finalmente, “combinando ambas expresiones se obtiene una fórmula que permite evaluar la precipitación relativa ( $q/T$ ) mínima para desestabilizar la ladera” (Kaless, 2007, p. 10).

$$\frac{q}{T} = \frac{\rho_s}{\rho} \left( 1 - \frac{\tan\theta}{\tan\phi} \right) * \frac{1}{WI}$$

### ***2.3.2 Infraestructuras Viales***

Las infraestructuras viales comprenden una serie de elementos necesarios para un óptimo desplazamiento de vehículos y personas de manera segura y cómoda de un lugar a otro, entre ciudades, regiones y países (Infraestructura vial y Pavimentos, 2013).

Desde tiempos inmemorables las diferentes infraestructuras viales, han jugado un rol esencial dentro de los procesos de desarrollo económico local de los territorios, debido a que permiten la conexión entre ciudades, el transporte de productos, el mejoramiento de los sistemas productivos, la realización de cambios comerciales, el transporte de personas de un lugar a otro e incluso son fundamentales para brindar una respuesta eficiente, al momento de ocurrir una emergencia por la materialización de algún evento peligroso.

En la última década, las infraestructuras viales a más de ser un mecanismo por el cual se puede generar desarrollo económico, están transformándose en un medio útil para la conservación y cuidado del ambiente, puesto que, en las áreas libres localizadas a los costados de las vías, se está implementando programas de reforestación de especies nativas propias de cada territorio.

López Yumiguano (2017), señala que las “vías tanto a nivel mundial como a nivel nacional se han convertido en el pilar fundamental para mejorar el desarrollo de los poblados en varios aspectos como el turismo, la comunicación, el comercio, la economía, etc.” (p. 37). Al ser una infraestructura tan importante como cualquier otro sistema vital, deben cumplir con el propósito para el cual fueron diseñadas, para esto es necesario que conserven a través del tiempo un estado de servicio eficaz y eficiente que contribuya al adecuado funcionamiento de la sociedad y de los territorios.

### 2.3.2.1 Tipos de Vías

Con base en el Reglamento a Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre expedido en el año 2018, Capítulo II: Clasificación de las vías, se denomina vías aquellas “estructuras de diferentes tipos construidas para la movilidad terrestre de vehículos, ciclistas, peatones y semovientes, y, constituyen un esencial medio de comunicación que une regiones, provincias, cantones y parroquias de la República del Ecuador” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2018, p. 1).

Estas infraestructuras dependiendo del diseño, la funcionalidad, el dominio, el uso, la jurisdicción y competencia se pueden clasificar en:

**Tabla 1**

*Clasificación de las infraestructuras viales.*

N°	Característica	Clasificación
1	Diseño	Autopistas, autovías, vías rápidas, carreteras, caminos vecinales y vías urbanas.
2	Funcionalidad	Vías nacionales, vías locales, vías de servidumbre.
3	Dominio	Caminos públicos y caminos privados.
4	Uso	Carreteras, ferrovía, ciclovías, senderos y vías exclusivas.
5	Jurisdicción y competencia	Red vial nacional, red vial estatal, red vial regional, red vial provincial, red vial cantonal urbana.
6	Trafico promedio diario anual (TPDA)	Carretera RI – RII, carretera clase I, carretera clase II, carretera clase III, carretera clase IV y carretera clase V.

**Fuente:** Reglamento a Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, registro oficial 278 de 06 – julio – 2018.

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2022.

### 2.3.2.2 Componentes Funcionales y Operativos de las Vías

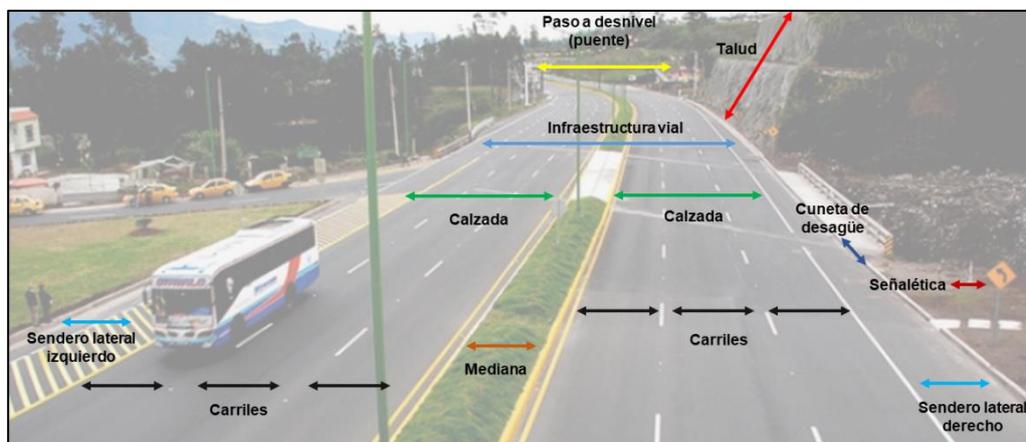
Una vía está compuesta por varios elementos denominados componentes funcionales y operativos que permiten el desplazamiento seguro de personas y vehículos de un lugar a otro.

Los componentes funcionales y operativos, según el Art. 8 del Reglamento a Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre de Ecuador, comprenden aquellas infraestructuras “adheridas a las vías terrestres, destinadas a ordenar, mejorar la fluidez y seguridad vial del transporte terrestre (...) tales como: puentes, intercambiadores, facilitadores de tránsito, estaciones de peaje y pesaje de vehículos, estaciones de inspección, estacionamientos para emergencias, y señalización” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2018, p. 5).

El mismo artículo señala que una estructura vial está conformada por senderos laterales para la movilización de personas y animales, taludes artificiales producto de cortes realizados para la construcción de la vía, cunetas de desagüe del agua lluvia, terraplenes, puentes y otro tipo de infraestructuras.

### Ilustración 3

*Componentes de una infraestructura vial.*



**Fuente:** Reglamento a Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, registro oficial 278 de 06 – julio – 2018.

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N. 2022.

#### 2.3.2.3 Vías y Ocurrencia de Deslizamientos

Las vías al ser infraestructuras construidas sobre terrenos de topografía regular e irregular, al atravesar por sistemas montañosos, emplazarse en territorios con características

geomorfologías, litológicas y climáticas únicas, son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos.

La ocurrencia de deslizamientos en las vías, también se manifiesta por los cortes y excavaciones que se realizan en laderas naturales para la construcción de estas, los cuales modifican las condiciones de estabilidad, que, al interrelacionarse con factores como la lluvia, propician las condiciones necesarias para la materialización de este evento peligroso.

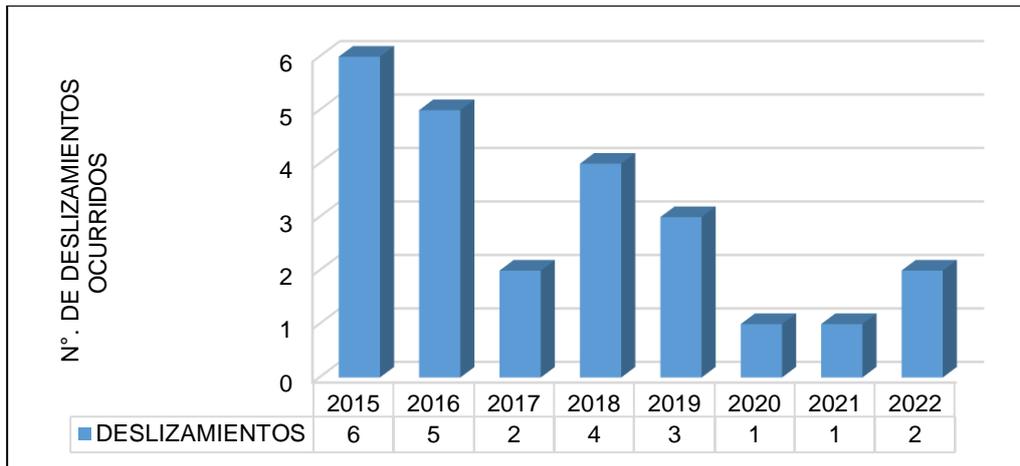
Las vías que se localizan en áreas de frecuentes precipitaciones, presentan un elevado nivel de ocurrencia de deslizamientos, generando anualmente innumerables pérdidas de vidas humanas y económicas. “Las pérdidas que se presentan en una vía debido a un deslizamiento pueden ser clasificadas como directas (costos de remoción de los detritos) o indirectas (perdidas de cargas percederas, lucro cesante de vehículos, etc.)” (Ponce López, 2017, p. 3).

Los deslizamientos al igual que el deficiente mantenimiento que se les da a las vías, generan graves afectaciones que inciden de forma directa en el desarrollo económico local del territorio nacional, provocando que el acceso a los productos de primera necesidad, bienes y servicios esenciales para el funcionamiento óptimo de la sociedad se vean limitados. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

Según datos del portal web **DesInventar** de la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre (UNISDR), en la vía estatal E 495 que comprende San Pablo – Chillanes – Bucay, desde inicios del año 2015 hasta finales de noviembre del 2022, de forma oficial se han registrado 24 deslizamientos de magnitud variables, cifra que aumenta notablemente al considerar datos de fuente no oficiales. (UNDRR, 2022)

### **Figura 5**

*Deslizamientos ocurridos en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*



*Fuente:* (UNDRR, 2022)

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2022.

### 2.3.3 Taludes

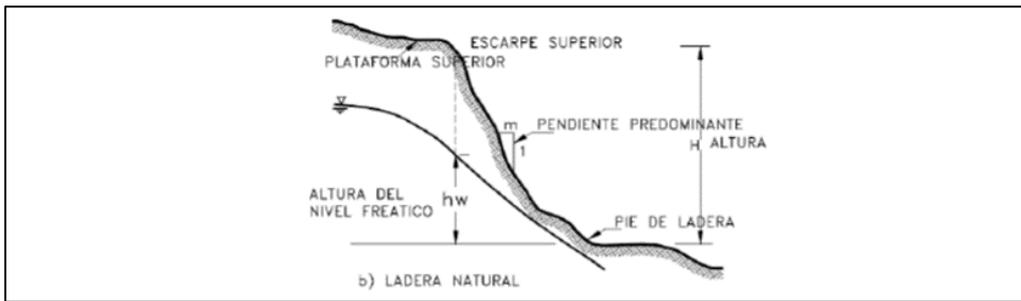
Se conoce con el nombre genérico de taludes a cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que deberá adoptar permanentemente las masas de tierra. Estas se construyen a los dos lados de la vía tanto en excavaciones con un terraplén a una inclinación que garantice la estabilidad de la obra.

Existen dos tipos de taludes, cuando se produce en forma natural sin la intervención humana se lo considera como ladera natural, mientras que cuando los taludes son intervenidos por la mano humana se denomina cortes o taludes artificiales.

**Taludes Naturales:** Son superficies inclinadas o pendientes creadas por procesos naturales y erosivos ocasionando la formación de acantilados a lo largo de la historia geológica, a los taludes también se los llama laderas. Estas pendientes se encuentran en áreas montañosas (GEOTÉCNIA Y MECÁNICA DE SUELOS, 2020).

### Figura 6

*Talud natural.*

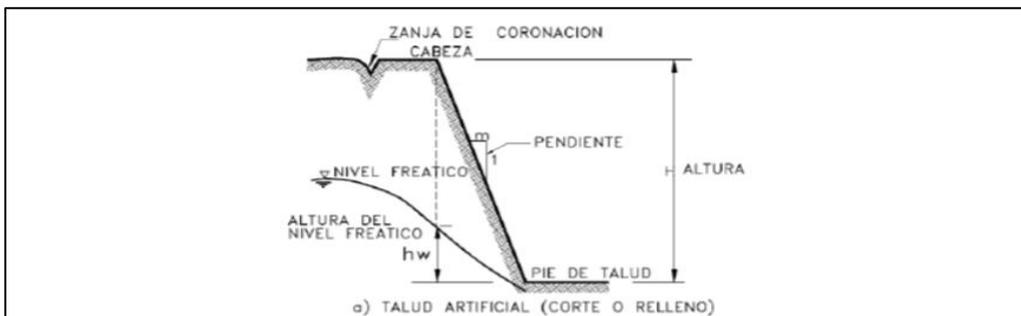


**Fuente:** Recuperado de *DISEÑO DE TALUDES, MUROS Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS*, (p.13), por (Arcila Ocampo et al., 2019), Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín.

**Taludes Artificiales:** son superficies inclinadas de los terraplenes construidos por carreteras, vías férreas, canales, entre otros y las pendientes de las presas de tierra edificadas para almacenar y distribuir el agua son ejemplos de taludes artificiales. Para la construcción de estos taludes es indispensable la acción del hombre, su formación depende de un estudio técnico que garantice la estabilidad de la obra. (GEOTÉCNIA Y MECÁNICA DE SUELOS, 2020)

**Figura 7**

*Talud artificial.*



**Fuente:** Recuperado de *DISEÑO DE TALUDES, MUROS Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS*, (p.13), por (Arcila Ocampo et al., 2019), Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín.

### 2.3.3.1 Análisis de Estabilidad de Taludes

El objetivo del análisis de estabilidad de taludes es identificar el factor de seguridad, cuyo dato es el cociente entre la resistencia al corte disponible del terreno y la requerida para mantener el equilibrio. La superficie de falla es la superficie crítica a lo largo de la cual se asume que va a producirse el deslizamiento del talud. (Muelas Rodríguez, 2016)

Para el análisis de estabilidad de taludes se debe realizar por medio de dos procesos, uno que ayude a estimar la dimensión de las fuerzas que actúan para el movimiento y otro que ayude a evaluar los momentos de resistencia que actúan en los suelos que forman el talud. Para obtener estos resultados se ejecutará un procedimiento complejo en el que se calcula la relación existente entre los momentos resistentes y los momentos actuantes, obteniendo así el factor de seguridad que ayuda a definir si una ladera es estable o inestable. (Reyes Suárez, 2019)

### **2.3.3.2 Métodos Para Analizar las Condiciones de Estabilidad de Taludes**

Existen varios métodos que ayudan en el cálculo para el análisis de la estabilidad de los taludes, estos se los puede clasificar en dos grupos: cálculo con modelos numéricos o métodos de equilibrio límite.

**Cálculos con modelos numéricos:** para este método es necesario una discretización previa del problema mediante una malla, se modela la sección tipo de estudio, se definen los parámetros de las diferentes unidades geotécnicas y se proponen las condiciones iniciales del estado tensional del terreno y la presencia del nivel freático. El modelo numérico hace uso del método “phi-r-reduction” con una reducción de la resistencia de todos los materiales, optando por un factor de seguridad que permita alcanzar un valor en el cual el proceso no es convergente (Valiente Sanz et al., 2015)

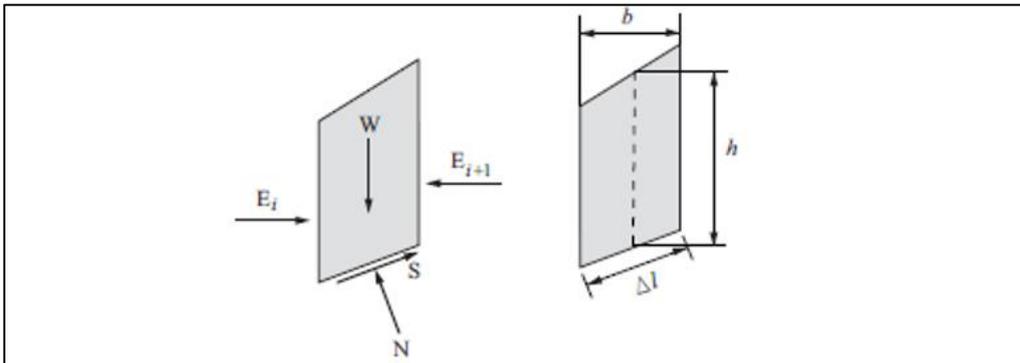
**Cálculos con modelos de equilibrio límite:** este modelo se basa en las leyes de la estática para poder determinar el comportamiento del equilibrio de una masa de un terreno potencialmente inestable; este consiste en separar la masa de terreno inestable en rebanadas verticales, calcular el equilibrio de cada una de ellas y analizar el equilibrio global para obtener un factor de seguridad que se define como la relación entre fuerzas/momentos resistentes y fuerzas/momentos desequilibrantes. (Valiente Sanz et al., 2015)

Los modelos empleados para realizar estos cálculos son Bishop, Spencer, Janbú, etc. que obtienen el resultado del FS (factor de seguridad), al cual debe reducirse la resistencia cortante del suelo para llevar a la masa potencialmente inestable a un equilibrio límite a lo largo de una superficie de deslizamiento. (Valiente Sanz et al., 2015)

**Método Bishop:** Bishop (1955), desarrolló un método utilizando dovelas y tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre estas, Bishop asume que las fuerzas entre dovelas son horizontales, o sea que no es necesario considerar las fuerzas cortantes, reduciendo el número de incógnitas. La solución de Bishop es muy compleja por ese motivo se utiliza una versión simplificada de su método.

### Figura 8

*Fuerzas en el método simplificado de Bishop.*



**Fuente:** Recuperado de *Análisis probabilístico de estabilidad de taludes*, (p. 42), por (Kerguelen Argumedo, 2009), Universidad de los Andes.

El método simplificado de 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. (Castro & Vesga, s.f.)

**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 (GEO 5 PERÚ, 2022):

- Análisis de estabilidad
- Cimentaciones superficiales
- Túneles y pozos
- Diseño de excavaciones
- Cimentaciones profundas
- Estudios geotécnicos
- Muros y gaviones
- Análisis de asentamientos
- Ensayos de campo

#### ***2.3.4 Reducción de Riesgos en Infraestructuras Viales***

Las amenazas naturales o antrópicas tienen un nivel de afectación diferente para cada superficie, esto depende del grado de impacto que las mismas generan sobre un individuo o comunidad, si este es proporcional al grado de vulnerabilidad de los mismos. Es por esta razón, que es necesario elaborar mecanismos que permitan garantizar la protección de las infraestructuras viales ante deslizamientos; todo esto mediante la integración de medidas de reducción de riesgos estructurales y no estructurales en los procesos de gestión de riesgos, como en la elaboración de políticas públicas y la gestión organizada de las entidades estatales con las que se llevan a cabo obras civiles como estrategias sociales, educativas, entre otras.

##### ***2.3.4.1 Medidas Estructurales Para la Reducción de Riesgos Ante Deslizamientos***

Las medidas estructurales son aquellas obras elaboradas con el fin de proteger y controlar, para así poder prevenir y reducir los desastres mediante la intervención directa de la amenaza, para impedir la ocurrencia de un desastre o controlar los efectos del mismo en caso de que este se presente. Para esto es necesario desarrollar estudios técnicos sobre las

características de los fenómenos y análisis de la fuente generadora de eventos peligrosos, los mismos que permitan crear obras de protección y control que puedan prevenir y mitigar los mismos. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

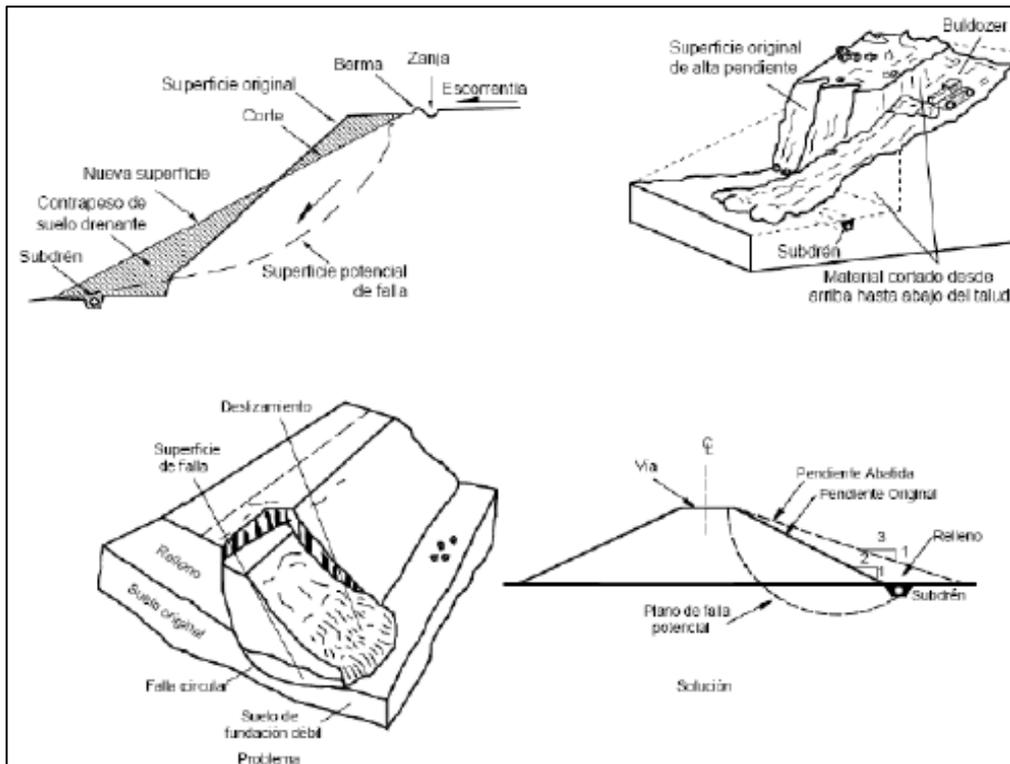
Existen un sin número de medidas estructurales para la estabilización de taludes entre las más importantes se tiene:

**Recubrimiento en suelo cemento:** este proceso consiste en la aplicación de una mezcla conformada por pulverizado, cemento, agua y cal, la cual permite crear una superficie impermeable sobre el talud, reduciendo la infiltración de agua y mejorando de manera considerable la permeabilidad del suelo (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016).

**Abatimiento de la pendiente del talud:** es un proceso que tiene como objetivo reducir el grado de la pendiente del talud, haciendo que el círculo de falla sea más largo y profunda, aumentando el factor de seguridad del mismo y brindándole una mejor estabilidad al talud mediante procesos de corte o relleno. Este tipo de medidas son factibles en taludes de poco y gran altura siendo los primeros los más viables económicamente. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

### **Figura 9**

*Abatimiento de la pendiente de un talud.*



**Fuente:** Recuperado de *Integración de medidas estructurales y no estructurales para la gestión de riesgos de desastres por deslizamientos*, (p. 55), por (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016).

**Remoción de materiales de la cabeza:** esta medida es utilizada en fallas activas, ya que, permiten un equilibrio que mejora la estabilidad del talud, la cantidad de material a remover de la cabeza del talud depende del tamaño del mismo y las características del movimiento y características geotécnicas del terreno el cuál debe ser calculado para un factor de seguridad apropiado para estabilizar el talud. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

**Terrazas o bermas intermedias:** la intervención de esta medida de reducción de riesgo, es de suma importancia en taludes de gran magnitud, ya que este tipo de obra ayuda a disminuir las fuerzas actuantes en la zona crítica para aumentar el factor de seguridad, esto se lo hace mediante la construcción de terrazas en el talud dividiéndole en varios taludes más pequeños estables y con comportamientos independientes, estos deben tener una altura de entre 5 a 7 metros y acompañados en la parte superior de una cuneta revestida para la recolección y control de las aguas superficiales. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

**Canales conectores y disipadores:** la construcción de estos canales ayuda de manera significativa a la reducción de riesgos por deslizamientos en el talud, ya que estos canales conducen la recolección de agua a canales con disipadores de energía que conllevan al agua a un sitio seguro fuera de la zona de posible deslizamiento, estos tipos de canales pueden clasificarse como rápidos o en gradería. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

#### **2.3.4.2 Medidas no Estructurales Para la Reducción de Riesgos Ante Deslizamientos**

Estas medidas comprenden toda aquella acción no física basadas en educar, prevenir, mitigar y atender riesgos actuales o futuros. Estas medidas son muy poco utilizadas y a lo largo del desarrollo en riesgo de desastres cumplen un papel fundamental en los procesos integrales con la comunidad y en ocasiones son más eficaces que las medidas estructurales. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

Estas medidas se clasifican en dos grupos activas y pasivas:

**Medidas activas:** estas son toda medidas que puedan promover la interacción directa con los usuarios de una comunidad o una zona de estudio, por ejemplo (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016):

- La organización para la atención de una emergencia.
- El desarrollo y fortalecimiento institucional.
- La educación formal y capacitación.
- La participación comunitaria.
- La gestión a nivel local.

**Medidas pasivas:** Son todas las medidas que tienen relación directa con la legislación (políticas públicas) y la planificación, por ejemplo (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016):

- Códigos y normas de construcción.
- Reglamentación de usos de suelo y ordenamiento territorial.
- Estímulos fiscales y financieros.
- Promoción de seguros.

## 2.4 Marco Legal

Para la presente investigación se considera varios cuerpos legales, dentro de los que se establecen políticas y lineamientos para garantizar las condiciones de seguridad en todo el territorio nacional, tales como:

### 2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

**Art. 263.-** Competencias Exclusivas de los GAD Provinciales, literal 2: Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas.

**Art. 264.-** Competencias Exclusivas de los GAD Municipales, literal 3: Planificar, construir y mantener la vialidad urbana.

**Art. 314.-** El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008).

**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. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

### 2.4.2 Ley de Seguridad Pública y del Estado

**Art. 3.-** De la garantía de seguridad pública: Es deber del Estado promover y garantizar la seguridad de todos (...), a través del Sistema de Seguridad Pública y del Estado, responsable de la seguridad pública y del Estado con el fin de coadyuvar al bienestar colectivo, el desarrollo integral, al ejercicio pleno de los derechos humanos y de los derechos y garantías constitucionales. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2009)

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

**Art. 7.-** Las vías de circulación terrestre del país son bienes nacionales de uso público, y quedan abiertas al tránsito nacional e internacional de peatones y vehículos motorizados y no motorizados, de confirmada con la Ley (...), (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008).

**Art. 290.-** 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).

#### ***2.4.4 Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre***

**Art. 3 al 8.-** Refieren a la conceptualización del sistema de clasificación de vías y sus características esenciales.

**Art. 38.-** Prevención de derrumbes: El dueño del predio colindante con una infraestructura del transporte terrestre, será responsable por derrumbes provocados por culpa o negligencia comprobada por el tratamiento de las agua sobrantes o residuales propias de su actividad (Asamblean Nacional de la República del Ecuador, 2017).

#### ***2.4.4 Reglamento a Ley de Seguridad Publica y del Estado***

**Art. 3.-** Literal a: Identificar los riesgos de orden natural o antrópico, para reducir la vulnerabilidad que afecten o puedan afectar al territorio ecuatoriano (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2010).

#### ***2.4.5 Reglamento a Ley de Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre***

**Art. 19.-** Estudios de impacto socio – ambiental: Todos los proyectos de infraestructura vial, sean nuevos o que supongan la intervención o modificación de anteriores, deberán incluir los estudios de impacto socio – ambiental y de seguridad vial de acuerdo con la normativa

aplicable para el efecto emitida por autoridad competente. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2018)

**Art 65.-** Prevención de riesgos de derrumbes: De detectarse actividades que pongan en riesgo la infraestructura de la red vial, la entidad a cargo de la competencia de la vía notificará y dispondrá al propietario del terreno responsable que colinde con la infraestructura pública amenazada, realizar los trabajos técnicos necesarios que precautelen la obra pública. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2018)

#### ***2.4.6 Reglamento a Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.***

**Art. 142.-** En los proyectos de vías nuevas, construidas, rehabilitadas o mantenidas, se exigirá estudios técnicos de impacto ambiental, señalización y seguridad vial de acuerdo a las directrices establecidas por el Ministerio de Transporte Y Obras Publicas y la Agencia Nacional de Tránsito (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2012).

**Art. 320.-** Toda vía a ser construida, rehabilitada o mantenida deberá contar en los proyectos con estudio técnico de seguridad y señalización vial temporal adecuada al tipo de intervención, duración de la misma y flujo vehicular, cuya norma de aplicación será expedida por la Agencia Nacional de Tránsito (...). (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2012)

#### ***2.4.6 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Publicas (COPLAFID)***

**Art. 64.-** Incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgos: En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2010)

#### ***2.4.7 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)***

**Art. 140.-** Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos: La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia (...) se gestionaran de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2010)

## 2.5 Definición de Términos (Glosario)

**Ángulo de fricción interna:** “es un parámetro de resistencia de suelos y rocas que mide la relación máxima entre un esfuerzo normal y uno tangencial a lo largo de una superficie de falla” (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2007, p. 124)

**Criterio MOHR – COULOMB:** establece que la ruptura de un talud o ladera ocurre por fallas que se generan en el suelo, debido a la influencia de fuerzas de corte que superan las fuerzas de resistencia, generando superficies sobre las cuales se desliza el suelo. (DESDEELMURETE, 2015)

**Curva de nivel:** como manifiesta Villamandos (2021), una curva de nivel son aquellas líneas que unen varios puntos con similares características, mismas que generalmente son utilizadas para representar condiciones de altitud o profundidad.

**Evento peligroso:** es la materialización de una o varias amenazas en determinado territorio en un espacio de tiempo concreto (ARISE Mx, 2022).

**Deslizamiento:** es el desplazamiento de una masa de material de un talud o ladera pendiente abajo sobre un plano de ruptura en el que se conserva la forma del material desplazado (Escobar P & Escobar, 2020).

**Densidad real del suelo:** Escobar Alarcón et al. (2022), plantea que a la densidad real del suelo también se le suele denominar peso específico, definiéndose como el peso y el volumen de los fragmentos sólidos del suelo, sin tomar en consideración la capacidad de los intersticios. Para calcular la densidad real del suelo, se puede utilizar como instrumento un picnómetro.

**Estabilidad de taludes:** “se refiere a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. La inestabilidad de laderas (taludes naturales) se diferencia en mucho con la inestabilidad de taludes contruidos por los ingenieros” (López Yumiguano, 2017, p. 86).

**Factor de seguridad:** parámetro cuantitativo que muestra la interrelación existente entre el momento de resistencia al corte y el momento desequilibrante de un talud artificial o ladera natural (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2007).

**Infraestructura vial:** conjunto de elementos de diseño y cimentación que permiten la libre circulación de vehículos, transporte de personas y la movilidad de semovientes de un lugar a otro (MOBILITY ADO, 2021).

**Infraestructura crítica (esencial):** LISA Institute (2019), sostiene que una infraestructura crítica, son todos los elementos de carácter físico y digital presentes en un territorio, que sirven para el mantenimiento de los servicios básicos en la sociedad. Estas infraestructuras, al sufrir una modificación en su funcionamiento generan afectaciones irreversibles.

**Método de Bishop:** método que permite analizar la estabilidad de un talud o ladera, mediante la determinación de un factor o coeficiente de seguridad. En este método se toma en consideración que entre las dovelas no existe ninguna fuerza de corte (Gamarra ÁLVAREZ, 2017).

**Pendiente:** según López Santoyo (2015), citado por Segarra Zeas Y Montalván Orellana (2022), la pendiente hace relación al grado de inclinación que posee un terreno, ladera o talud con respecto a una superficie horizontal.

**Reducción de riesgo:** “medidas de prevención, mitigación y preparación que se adoptan (...) con el fin de evitar que se presente un fenómeno peligroso, o para que no generen daños, o para disminuir sus efectos sobre la población, los bienes, servicios y el ambiente” (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2010).

**Red vial estatal:** hace referencia a todas las vías, carreteras y caminos de pertenencia pública, que son administrados bajo los lineamientos establecidos en la norma y cuerpo legal vigente (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2015).

**Susceptibilidad a deslizamientos:** probabilidad espacial e intrínseca de ocurrencia de deslizamientos en un territorio, ladera o talud producto de la generación de fallas y modificaciones de las condiciones de estabilidad (Osorio Marín, 2019).

**Talud:** son aquellas estructuras inclinadas que se han formado a partir de la realización de cortes, excavaciones o rellenos para la construcción de infraestructuras viales, cuya finalidad es mejorar las condiciones de seguridad y la parte estética de una carretera (López Yumiguano, 2017).

**Textura del suelo:** para Gisbert Blanquer et al. (2010), la textura del suelo es la cantidad de pequeños fragmentos de arcilla, arena o limos de aproximadamente 2 mm presentes en la superficie del terreno.

**Vía:** constituye toda estructura de uso común construida sobre el terreno para facilitar el desplazamiento, movimiento y transporte de personas, vehículos, personas y animales (Dirección Provincial de Política y Seguridad Vial, 2023).

## 2.6 Sistema de Variables

- **Variable independiente:**

Zonas susceptibles a deslizamientos

- **Variable dependiente:**

Reducción de riesgos

**Tabla 2**

*Operacionalización de variable independiente: Zonas susceptibles a deslizamientos.*

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Zonas susceptibles a deslizamientos	Susceptibilidad a deslizamientos	Probabilidad de generación de deslizamientos en cierto terreno, ladera o talud producto de la combinación de varios factores o por la ocurrencia de fallas que provocan procesos de inestabilidad de las laderas o taludes.	Textura del suelo	Arcilla	Análisis de características geotécnicas del suelo (textura).
				Arcillo arenoso	
				Arcillo limoso	
				Franco arcillo arenoso	
				Franco arcilloso	
				Franco arcillo limoso	
				Arena	
				Areno franco	
				Franco arenoso	
				Franco	
Zonas susceptibles a deslizamientos	Susceptibilidad a deslizamientos	Probabilidad de generación de deslizamientos en cierto terreno, ladera o talud producto de la combinación de varios factores o por la ocurrencia de fallas que provocan procesos de inestabilidad de las laderas o taludes.	Densidad real en suelo seco	Menor a 1000 Kg/m <sup>3</sup>	Análisis de características geotécnicas del suelo (densidad real en suelo seco)
				1000 a 2000 Kg/m <sup>3</sup>	
				2000 a 3000 Kg/m <sup>3</sup>	
				3000 a 4000 Kg/m <sup>3</sup>	
				Más de 4000 Kg/m <sup>3</sup>	
Zonas susceptibles a deslizamientos	Susceptibilidad a deslizamientos	Probabilidad de generación de deslizamientos en cierto terreno, ladera o talud producto de la combinación de varios factores o por la ocurrencia de fallas que provocan procesos de inestabilidad de las laderas o taludes.	Ángulo de fricción interna del suelo	Por debajo de 30°	Parámetros establecidos en el modelo SHALSTAB.
				30 a 32°	
				32 a 35°	

Variable independiente	Dimensión	Conceptualización	Indicador	Escala	Instrumento de medición
				35 a 38°	
				Superior a los 38°	
			Curvas de nivel	0 a 10 m	Modelo SHALSTAB de ArcView GIS. Mapa de curvas de nivel de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
				11 a 20 m	
				21 a 30 m	
				Más de 30 m	
			Pendientes	0 a 20%	Modelo SHALSTAB de la aplicación ArcView GIS. Mapa de pendientes de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
				21 a 40%	
				41 a 60%	
				61 a 80%	
				81 a 100%	
				Más de 100%	
			Zonas de máxima acumulación (modelo a/b)	Menor a 25 mm	Modelo SHALSTAB de la aplicación ArcView GIS. Mapa de zonas de máxima acumulación de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
				25 a 200 mm	
				200 a 500 mm	
				500 a 1000 mm	
				1000 a 4000 mm	
				Más de 4000 mm	
			Modelo de zonas inestables (Índice q/T)	Inestabilidad crónica	Modelo de zonas inestables determinado a través del índice q/T en el módulo SHALSTAB.
				< -3.1 m	
				-3.1 a -2.8 m	
				-2.8 a -2.5 m	

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento de medición</b>
				-2.5 a -2.2 m	Mapa de zonas inestables de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
				> -2.2	
				Estable	

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2022.

Tabla 3

Operacionalización de variable dependiente: Reducción de riesgos.

Variable dependiente	Dimensión	Conceptualización	Indicador	Escala	Instrumento de medición
Reducción de riesgos	Medidas de reducción de riesgos	Comprenden las medidas de prevención, mitigación y preparación que se diseñan con la finalidad de impedir que ocurra un proceso de deslizamientos, que provoque serias alteraciones en las infraestructuras críticas y en la población en general.	Medidas estructurales	Protección del suelo del talud o ladera. Infraestructuras de contención. Control del agua superficial y subterránea en la ladera o talud. Recubrimiento de la estructura del talud. Modificación de la geometría del talud o ladera. Implementar medidas de control.	Plan de reducción de riesgos por deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
			Medidas no estructurales	<b>Activas:</b> Organización para respuesta ante emergencias. Educación, capacitación y sensibilización en reducción de riesgos. Participación comunitaria en procesos de reducción de riesgos.	

---

**Pasivas:**

Respetar el ordenamiento territorial establecido en los PDOT y PUGS.

Aplicación de códigos y normas de construcción.

---

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2022.

## CAPÍTULO 3

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de Investigación

La “*identificación de zonas susceptibles a deslizamientos como medida de reducción de riesgos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay*”, presenta un enfoque investigativo **mixto**, dado que se emplea metodologías de carácter **cuantitativa** y **cualitativa**, que permiten determinar zonas susceptibles a deslizamientos dentro del área objeto de investigación.

**Cualitativa:** la investigación tiene una perspectiva cualitativa, ya que, se examina datos no numéricos como la textura del suelo para estimar la densidad real del suelo y el ángulo de fricción interna, insumos fundamentales para identificar zonas susceptibles a deslizamientos. También, se analiza las particularidades de los taludes para establecer escenarios de estabilidad e inestabilidad de estos. Adicional a esto, según los datos cuantitativos obtenidos en el índice q/T, índice de susceptibilidad y factor de seguridad se define escalas cualitativas para categorizar zonas de inestabilidad del suelo, zonas susceptibles a deslizamientos y condiciones de estabilidad de taludes.

**Cuantitativa:** se emplea este tipo de enfoque, debido a que, mediante el módulo SHALSTAB de ArcView GIS se analiza los valores numéricos de la densidad real del suelo, ángulo de fricción interna, curvas de nivel, pendientes, zonas de máxima acumulación e índice q/T de zonas inestables para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos. Por otra parte, a través del levantamiento de información se recopila datos cuantitativos de la dimensión de los taludes para trazar la estructura en el software GEO 5, también se precisa un factor de seguridad referencial para comprobar la estabilidad de los taludes, a partir del nuevo factor de seguridad calculado.

#### 3.2 Nivel de la Investigación

La investigación posee un nivel de profundidad de alcance **descriptivo**, pues en primer lugar se describe cada uno de los insumos elementales (propiedades geotécnicas del suelo, curvas de nivel, pendientes, modelo de zonas de máxima acumulación y modelo de zonas inestables) para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos. Seguidamente, se caracteriza los elementos determinantes (dimensión del talud, propiedades del suelo, factor de seguridad y plano de falla) de la estabilidad de los taludes. Por último, se propone medidas de reducción de riesgos que favorezcan la atenuación de afectaciones sobre los diferentes sectores económicos.

### 3.3 Diseño de Investigación

La presente investigación posee un diseño **transversal**, debido a que, se estudia algunos parámetros para identificar zonas susceptibles a deslizamientos y calcular la estabilidad de taludes en un espacio de tiempo definido. Adicional a lo planteado, las investigadoras recolectan los datos en un solo momento y tiempo único, para luego describirlos y analizarlos, sin intervenir en estos ni mucho menos en el entorno de investigación en que se presentan.

### 3.4 Población y Muestra

En la investigación, como población se contempla los 80 Km de la vía colectora de Clase III E 495, que inicia en el poblado de San Pablo, atraviesa por Chillanes y finaliza en Bucay. Esta se caracteriza por tener una calzada asfaltada de dos carriles cuya dimensión de ancho es de 7.30 m, 1 m de cuneta y 1 m de espaldón a ambos costados de la vía.

Para identificar zonas susceptibles a deslizamientos, no es necesario extraer una muestra, pues los análisis correspondientes se realizan en los 80 Km de vía.

#### Tabla 4

*Condiciones para definir la muestra.*

<b>Condiciones de inclusión</b>	<b>Condiciones de exclusión</b>
---------------------------------	---------------------------------

- 
- Situarse en cualquiera de las 3 microcuencas.
  - Localizarse en zonas susceptibles a deslizamientos.
  - Poseer un índice q/T menor a -2.5.
  - Poseer un índice q/T mayor a -2.5.
  - Aplicación de medidas de reducción de riesgos.
- 

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2022.

### 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información

Para el desarrollo de la investigación, se realiza la recolección de datos mediante fuente primaria que brinda datos reales y puntuales sobre la temática de estudio, y, fuente secundaria que otorga información básica ya analizada y procesada que ayuda a tener un punto de vista global sobre el tema de investigación.

#### 3.5.1 Técnicas de Recolección de la Información

**Observación directa:** se pretende identificar algunas características propias del territorio como la textura y densidad real del suelo, topografía irregular del terreno (ángulo de inclinación de las pendientes), zonas de máxima acumulación y zonas inestables del terreno. En base a estos insumos, se puede identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

El desarrollo de una visita de campo, permite levantar información de las características de la vía y taludes situados en zonas susceptibles a deslizamientos, determinar si en dichos taludes se ha implementado medidas de reducción de riesgos y lo más esencial recolectar datos de medición de la planimetría de los taludes para desarrollar el respectivo análisis de estabilidad mediante el software GEO 5.

**Revisión bibliográfica:** para tener una mejor visión sobre el tópico de estudio se lleva a cabo la revisión de bibliografía y documentación relacionada al tema de investigación. Además, a través de la búsqueda de información secundaria se recopila información de

documentos bibliográficos, que ayuda a mejorar las metodologías propuestas para la realización de esta investigación, aclarando dudas y añadiendo otros métodos importantes para el cumplimiento de los objetivos específicos.

### ***3.5.2 Instrumentos de Recolección de la información***

**Guía de observación de campo:** los datos e información que se recolecten del área de estudio, se registra en una guía de observación de campo (**Anexo No. 1**) previamente diseñada que se organiza en 8 puntos; información del área observada, datos de observación, caracterización de la vía, características de taludes, reducción de riesgos en taludes, planimetría de talud, otras consideraciones y cierre de observación de campo.

### ***3.5.3 Técnicas de Recolección de Información por Objetivo***

**Objetivo 1:** de acuerdo al objetivo específico 1, en el que se pretende identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay a partir del Criterio de Falla de MOHR – COULOMB, como punto de partida se realiza una breve caracterización del área de estudio empleando una guía de observación de campo. Consecuentemente se realiza un análisis de suelo de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay para obtener datos como la textura y densidad real en suelo seco.

Posterior a lo mencionado, mediante una plataforma digital se descarga la ortofoto del área de estudio y el Modelo Digital de Elevación (DEM) para poder delimitar las microcuencas. Con estos datos y el uso de la aplicación informática ArcView 3.2 se obtiene el resto de insumos para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos.

**Objetivo 2:** para calcular la estabilidad de los taludes que se localizan en zonas susceptibles a deslizamientos, la información se recolecta por medio de levantamiento de datos y por trabajo de escritorio. Para el levantamiento de datos se desarrolla una observación de campo, en la que se emplea una guía de observación (Anexo No. 1) para registrar datos de

caracterización de la vía y taludes, determinar si en el sector se ha implementado medidas de reducción de riesgos y definir la planimetría de los taludes. En la fase de trabajo de escritorio, se revisa la normativa vigente de construcción (Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC – 2014) para definir un factor – coeficiente de seguridad para procesar los datos en el software GEO 5.

**Objetivo 3:** las medidas de reducción de riesgo frente a deslizamientos para la vía colectora E 495 San Pablo – Chillanes – Bucay, se propone desde una línea de acción estructural y otra no estructural teniendo por área prioritaria los taludes y la carretera. Para esto, se desarrolla una indagación bibliográfica sobre métodos de reducción de riesgo aplicables a taludes y zonas susceptibles a deslizamientos en una infraestructura vial, que permitan establecer un control del evento peligroso y ayuden a garantizar las condiciones de estabilización de los taludes.

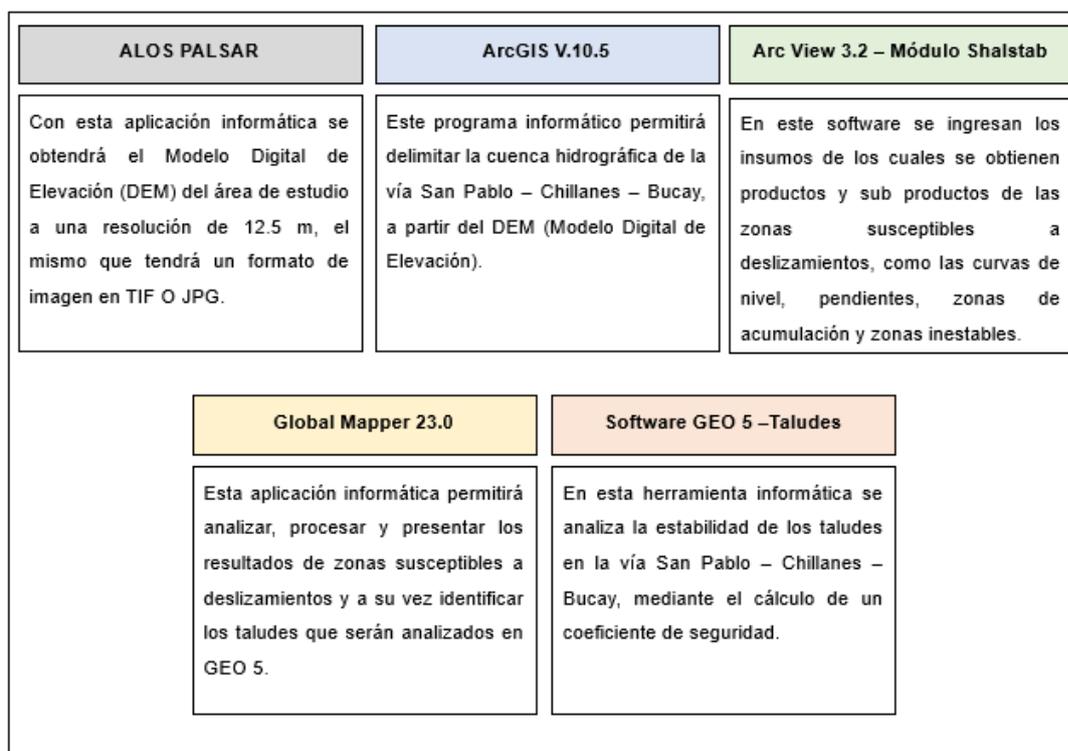
### **3.6 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para Cada Objetivos Específicos**

Para el análisis y procesamiento de datos se usa varias aplicaciones informáticas, fundamentadas en obtener resultados verificables según cada objetivo específico. Estos softwares en conjunto con las metodologías a emplearse permiten identificar zonas susceptibles a deslizamientos en la arteria vial San Pablo – Chillanes – Bucay, de la misma manera ayudan a calcular la estabilidad de los taludes y mediante estos procesos proponer medidas de reducción de riesgo ante deslizamientos.

Los programas informáticos que se usará en este proyecto de investigación, se detallan a continuación:

#### **Ilustración 4**

*Aplicaciones informáticas para el análisis y procesamiento de datos.*



*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

### ***3.6.1 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para el Objetivo Específico 1***

Como punto de partida para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se realiza una visita de campo para obtener datos actuales y reales del territorio. A continuación, se genera las microcuencas que influyen en el área de estudio por medio del programa ArcGIS 10.5, y en base al modelo digital de elevación (DEM)

que se lo descarga a una resolución de 12.5 m en el programa digital ALOS PALSAR. Una vez delimitadas las microcuencas y verificando que estas cubran la zona de estudio se cargan en la aplicación informática ArcView 3.2, y siguiendo los pasos del módulo SHALTAB se debe obtener los insumos necesarios como las curvas de nivel, pendientes, zonas de máxima acumulación y zonas inestables para aplicar el criterio de falla de MOHR – COULOMB.

Al momento de cargar los datos al software ArcView 3.2, estos se complementan con la información real del área de estudio, como la densidad del suelo y el ángulo de fricción, el mismo que permite calcular el grado de saturación interna del terreno, mostrando como resultado previo si el terreno por el cual se extiende la vía es “incondicionalmente estable” o “incondicionalmente inestable”.

Para finalizar el procedimiento, se ingresa los datos a Global Mapper 23.0 para analizarlos y por medio de esto, como resultado final se obtendrá el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

▪ **Método a emplear para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos**

Para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay se emplea la metodología del Criterio de Falla de MOHR COULOMB, para esto se debe obtener varios insumos que se los detalla a continuación:

**Modelo Digital de Elevación (DEM):** se lo descarga desde la página digital ALOS PALSAR, como información SAR y a una resolución de 12.5 m para tener una resolución a detalle del área de estudio.

**Delimitación de microcuencas:** este proceso se lo realiza en el programa ArcGIS 10.5. La vía San Pablo – Chillanes – Bucay, posee una distancia muy extensa por lo que se han delimitado 3 microcuencas, teniendo como resultado la Microcuenca Chagüe, Microcuenca Loro y Microcuenca Dulcepamba, que abarcan toda la zona de estudio.

**Mapa de curvas de nivel:** se genera mediante el módulo SHALSTAB del programa ArcView 3.2, en el que se cargan las microcuencas delimitadas y por medio de la herramienta SHALTAB SPACIAL - Create Contours automáticamente se crea las curvas de nivel a una distancia de 10 metros.

**Mapa de pendientes:** se debe seleccionar los datos obtenidos anteriormente y por medio de la herramienta SHALTAB TOPO - opción Slope, se diseña como resultado previo el mapa de pendientes con su respectivo porcentaje de inclinación como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Pendiente y porcentaje de inclinación.*

Indicador	Porcentaje de Inclinación
Pendientes en el área de estudio	0 – 10%
	10 – 20%
	20 – 41%
	41 – 60%
	60 – 70%
	70 – 80%
	80 – 100%
	Más de 100%

*Fuente:* ArcView GIS 3.2.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Modelo a/b zonas de acumulación:** para crear el mapa de zonas de máxima acumulación según el Módulo SHALSTAB, se escoge la herramienta SHALTAB TOPO y la opción Contribuid área, dando como resultado las zonas de acumulación con sus respectivos valores.

**Tabla 6**

*Zonas de acumulación y valores en milímetros.*

Indicador	Valores de acumulación
-----------	------------------------

Zonas de acumulación en mm	Menos de 25 mm
	25 – 50 mm
	50 – 100 mm
	100 – 200 mm
	200 – 500 mm
	500 – 1000 mm
	1000 – 2000 mm
	2000 – 4000 mm
	Más de 4000 mm

*Fuente:* ArcView GIS 3.2.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Modelo q/T de zonas inestables:** en este proceso es necesario tener los datos sobre el análisis de suelo de cada microcuenca, en el cual se tiene como información la textura del suelo y la densidad real en suelo seco.

**Tabla 7**

*Textura y densidad real del suelo según cada microcuenca.*

Código	Microcuenca	Textura	Densidad real en suelo seco
INV 141	Dulcepamba	Arenoso Franco	2.9047 g/cm <sup>3</sup>
INV 142	Loro	Franco Arcillo Arenoso	3.2081 g/cm <sup>3</sup>
INV 143	Chagüe	Franco Arenoso	2.3401 g/cm <sup>3</sup>

*Fuente:* (Dirección de Investigación y Vinculación UEB, 2023)

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

Haciendo uso de la herramienta SHALTAB – q/T from slope área grids, se consigue el modelo q/T obteniendo el índice ponderado de las zonas incondicionalmente estables e incondicionalmente inestables.

**Tabla 8**

*Índice q/T de zonas inestables.*

Indicador	Índice q/T
Modelo q/T	Crónica inestabilidad

< - 3.1
-3.1 a -2.8
-2.8 a -2.5
-2.5 a -2.2
> -2.2
Estable

**Fuente:** ArcView GIS 3.2.

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

Con el resultado del modelo q/T, como paso siguiente mediante el programa Global Mapper 23.0, se diseña el mapa de estabilidad e inestabilidad de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, el mismo que se clasifica en zonas inestables que se representan con valores negativos que van desde 0 a -10.00 de color celeste y las zonas estables con valores positivos que van desde 0 a 10.00 de color verde.

### Tabla 9

*Criterios de clasificación de zonas estables e inestables.*

N°	Clasificación	Simbología	Índice ponderado del q/T
1	Estable		0.0 a 10.00 m
2	Inestable		< 0.0 a -10.00 m

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

Para finalizar el procedimiento, en base al índice ponderado del modelo q/T de zonas inestables, se crea el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, el mismo que tendrá su respectiva clasificación, simbología e índice de susceptibilidad.

### Tabla 10

*Índice, clase y simbología de susceptibilidad a deslizamientos.*

N°	Clasificación	Simbología	Índice de susceptibilidad
1	Crítica susceptibilidad		$q/T < -3.1$
2	Alta susceptibilidad		$q/T -3.1$ a $-2.8$
3	Media susceptibilidad		$q/T -2.8$ a $-2.5$
4	Moderada susceptibilidad		$q/T -2.5$ a $-2.2$
5	Baja susceptibilidad		$q/T > -2.2$
6	Ausencia de susceptibilidad		$q/T > 0.0$ a $10.0$

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

### 3.6.2 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para el Objetivo Específico 2

Para calcular la estabilidad de taludes que se emplazan en zonas susceptibles a deslizamientos, en la vía E 495: San Pablo – Chillanes – Bucay inicialmente se realiza la caracterización de los taludes, que incluye la ubicación según coordenadas UTM y Kilómetro, clasificación, identificación del material de la estructura, definición de la clase de suelo, determinación de la forma, recolección de datos de la topografía y margen de localización, y, levantamiento de datos de la planimetría de los taludes.

Utilizando el software ArcGIS V.10.5 y Global Mapper 23.0, se toma datos de la planimetría de los taludes en base al diseño de curvas de nivel, información que se compara con los datos levantados en campo para comprobar posibles errores de medición que modifiquen las dimensiones de la estructura. Acto seguido, de acuerdo a la normativa vigente de construcción, en este caso la Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2014, se define el coeficiente de seguridad indirecto mínimo para análisis estáticos que ayuda a comprobar si los taludes sometidos al estudio presentan estabilidad o inestabilidad en condición de deslizamiento.

Al poseer los datos del coeficiente de seguridad, puntos de la planimetría del talud y la clase de suelo, la información se analiza y procesa con el software geotécnico GEO 5 - solución

Estabilidad de Taludes, que incluye varios métodos de análisis, entre ellos el Método de Bishop que se emplea en este estudio.

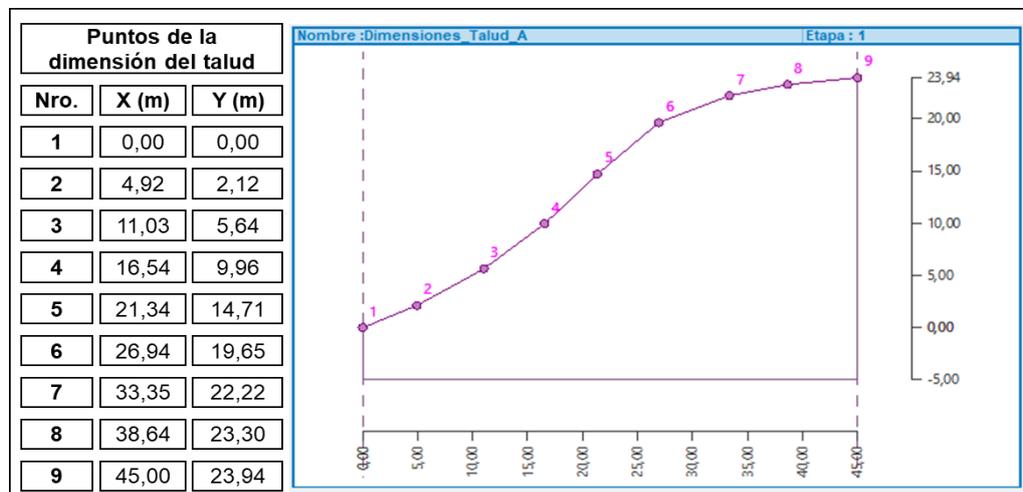
▪ **Método y proceso metodológico que se emplea para calcular la estabilidad de taludes**

El método mediante el que se establece la estabilidad de los taludes, es el Método de Bishop integrado en el software GEO 5, que consiste en fragmentar una parte del talud en partes más pequeñas, para de esta forma estimar el coeficiente de seguridad en condición de deslizamiento. A través del software GEO 5, se aplica un proceso metodológico sistemático en que se analiza los elementos de dimensión del talud, propiedades del suelo, factor de seguridad y plano de falla circular, para calcular un nuevo coeficiente de seguridad que se compara con el predefinido, determinando si presenta características de estabilidad o inestabilidad.

**Dimensiones del talud:** para modelar las dimensiones del talud en el software GEO 5, se utiliza el elemento interfaces, por medio del que se ingresa los datos de los puntos de medición de la longitud y la altura, recolectados en campo de la planimetría de taludes.

**Gráfico 1**

*Dimensiones del talud.*



*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Propiedades del suelo:** se asigna la clase textural del suelo que compone el talud, según los resultados del informe de análisis de suelo realizado, con base en cada una de las microcuencas hidrológicas por las que se extiende los 80 km de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay. Al ingresar la textura del suelo del talud, el software GEO 5 provee otros datos básicos (peso unitario, resistencia al corte, estado de tensión, ángulo de fricción interna, cohesión del suelo, peso unitario del suelo saturado) con los que trabaja el Método de Bishop para calcular las características de estabilidad de un talud.

**Tabla 11**

*Clase textural del suelo de cada microcuenca de estudio.*

<b>Código</b>	<b>Identidad de la muestra</b>	<b>Parámetro de análisis</b>	<b>Clase textural</b>
INV 141	Talud de Bucay – Microcuenca Dulcepamba	Textura (Clase textural)	Arenoso Franco
INV 142	Talud de Chillanes – Microcuenca Loro	Textura (Clase textural)	Franco Arcillo Arenoso
INV 143	Talud de San Pablo – Microcuenca Chagüe	Textura (Clase textural)	Franco Arenoso

*Fuente:* (Dirección de Investigación y Vinculación UEB, 2023)

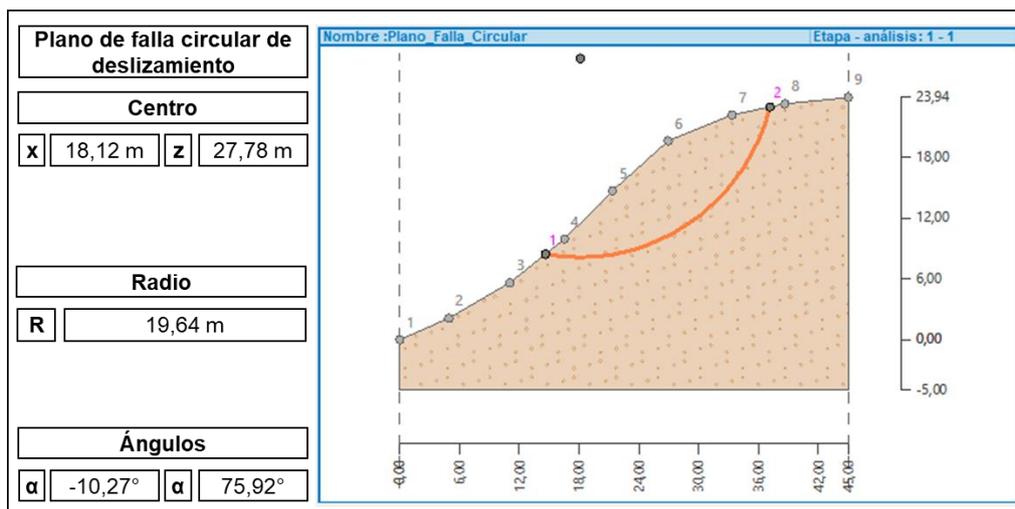
*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Factor de seguridad:** según la normativa vigente de la Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2014 – Modulo Geotecnia y Cimentaciones – Apartado 5: Excavaciones (Código: NEC-SE-GC), se define el coeficiente de seguridad indirecto mínimo para análisis estáticos de estabilidad de taludes, que ayuda a comprobar si los taludes sometidos al estudio presentan condiciones de estabilidad aceptable o no aceptable en condición de deslizamiento. En base a esto, el factor de seguridad corresponde a un valor de 1,60. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014)

**Plano de falla circular:** en el software GEO 5, posterior al modelamiento del talud, asignación de las propiedades del suelo y definición del factor de seguridad, se establece los datos del centro y radio que conforman el plano de falla circular de deslizamiento, en un primer momento de forma gráfica y luego de manera manual para reducir posibles errores de cálculo.

## Gráfico 2

*Plano de falla circular.*



*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Índice de factor de seguridad y categorización de estabilidad de taludes:** con todos los factores de análisis ingresados al software GEO 5, se calcula un nuevo coeficiente de seguridad a través del Método de Bishop; dato que al ser correlacionado con el factor de seguridad predefinido inicialmente permite calcular la estabilidad de los taludes situados en zonas susceptibles a deslizamientos.

Las categorías de estabilidad de los taludes, se establecen de acuerdo al índice del factor de seguridad calculado, según se detalla en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Factor de seguridad y categorías de estabilidad de taludes.*

<b>Índice de factor de seguridad</b>	<b>Categoría de estabilidad</b>	<b>Condición de aceptabilidad</b>	<b>Simbología</b>
IFS < 1,60	Talud Inestable	No aceptable	
IFS = 1,60	Talud en Ruptura	Variable	
IFS > 1,60	Talud Estable	Aceptable	

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

### **3.6.3 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos Para el Objetivo Específico 3**

Para el cumplimiento de este objetivo, inicialmente se lleva a cabo una visita de campo, en la que se recolecta las características de los taludes, para proponer medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos, basadas en revisiones bibliográficas y consultas a expertos en el área civil, de tal manera que estas medidas ayuden a minimizar el riesgo ante deslizamientos y evitar posibles colapsos en la vía, para los usuarios que eligen transportar sus productos agrícolas hacia otras ciudades, pérdidas económicas en la arteria vial y cuidar de la integridad física de los pobladores que se encuentran ubicados en el transcurso de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

#### 4.1 Resultado Según Objetivo 1:

##### **Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.**

##### ***4.1.1 Delimitación de Microcuencas***

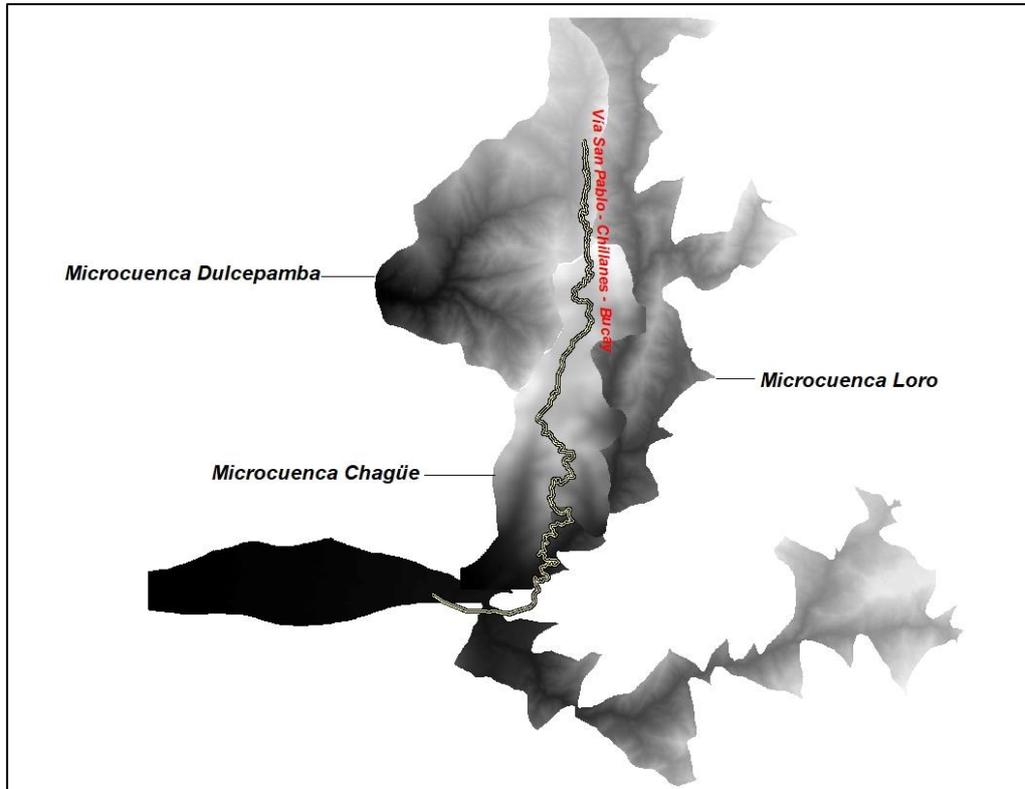
Para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, utilizando la plataforma informática ALOS PALSAR se descarga el Modelo Digital de Elevación o también denominado DEM, a resolución de 12.5 m para determinar las microcuencas por las que cruza la vía de estudio.

La ilustración 5, muestra que los 80 km de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se extiende a lo largo de 3 microcuencas principales, como la microcuenca del Chagüe que abarca un área de 181 km<sup>2</sup>, la microcuenca Dulcepamba cuya extensión territorial es de 395 km<sup>2</sup> y la microcuenca Loro con un área de 1370 km<sup>2</sup> respectivamente.

Con base en la misma ilustración y de acuerdo a los análisis realizados la microcuenca del Chagüe abarca el 46.25% de la vía correspondiendo a 37 km, la microcuenca Dulcepamba comprende el 20% representando 16 km y la microcuenca Loro el 33.75% equivalente a 27 km de carretera.

### Ilustración 5

*Microcuencas por las que cruza la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*



**Fuente:** ArcGIS V.10.5.

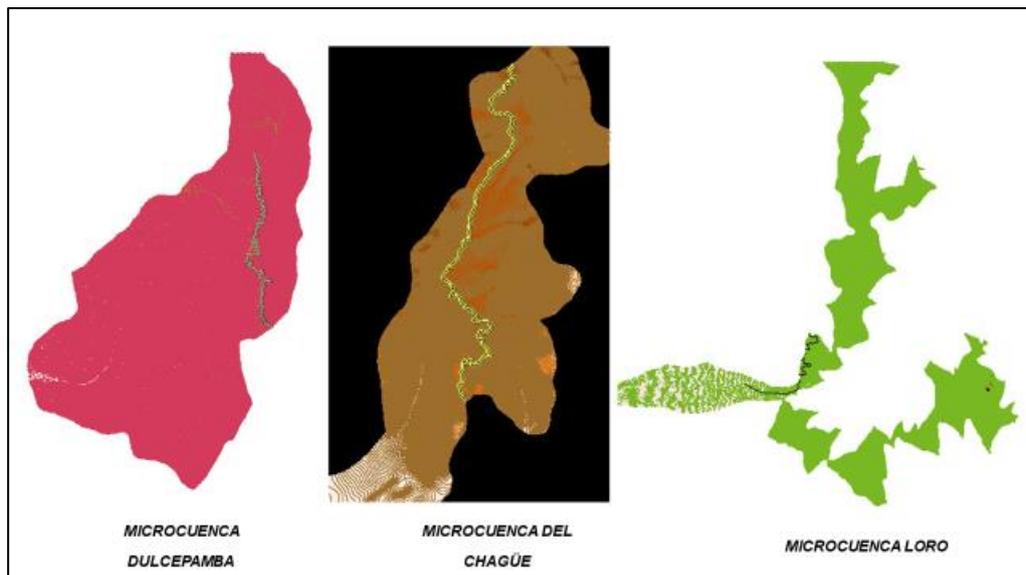
**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

#### 4.1.2 Curvas De Nivel

A través de la aplicación informática ArcView GIS 3.2 – Módulo SHALSTAB, de acuerdo a la microcuenca del Chagüe, Dulcepamba y el Loro, se diseña el insumo de curvas de nivel con un intervalo de distancia entre curvas de 10 m. El insumo del mapa de curvas de nivel de las microcuencas, muestra que la vía E 495 (San Pablo – Chillanes – Bucay) se localiza sobre diferentes unidades geomorfológicas (accidentes geográficos) como montañas, colinas, mesetas y llanos, caracterizadas por presentar diferentes propiedades geotécnicas de suelo, variados rangos de inclinación de pendiente y elevación, que influyen en la susceptibilidad a deslizamientos.

## Ilustración 6

*Insumo de curvas de nivel a un intervalo de curvas de 10 m.*



*Fuente:* ArcView GIS 3.2.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

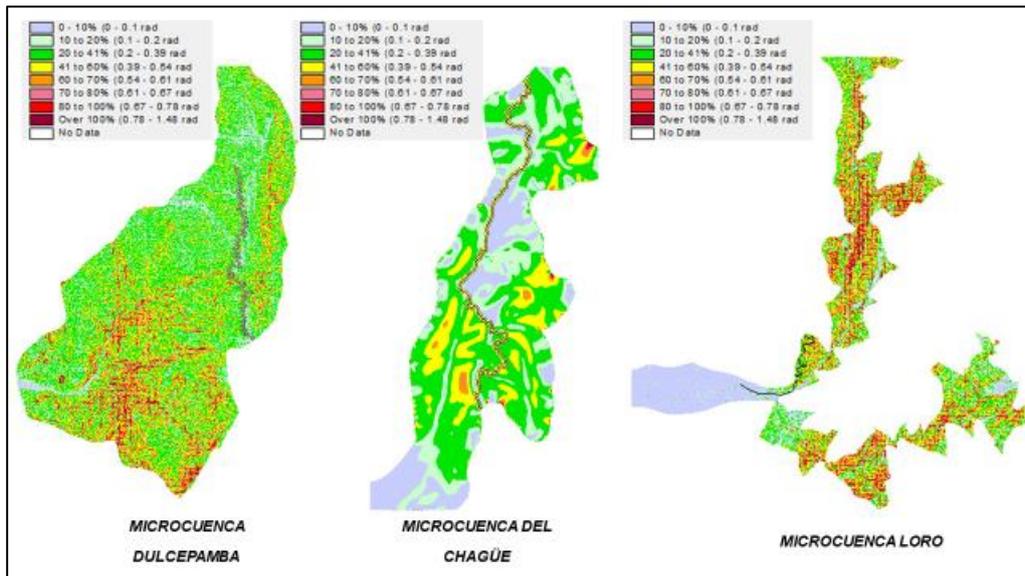
### 4.1.3 Pendientes

Con base en los resultados del insumo de curvas de nivel, por medio del Módulo SHALSTAB, se elabora el insumo de pendientes según las tres microcuencas por las que atraviesa la vía E 495, con la finalidad de identificar las clases de pendientes y el porcentaje de inclinación que estas presentan. Según la ilustración 6, en la microcuenca Dulcepamba, Chagüe y Loro, la pendiente de mayor dominio es de clase Media cuyo porcentaje de inclinación va de 20 a 41%.

Analizando la ilustración 6, también es posible observar que la vía E 495 se localiza sobre un terreno de pendientes de clase Plana, Media, Media a fuerte, Fuerte, Muy fuerte y Escarpada, mismas que poseen porcentajes de inclinación de 0 – 10%, 20 – 41%, 41 – 60%, 60 – 70%, 70 – 80% y de 80 – 100%.

## Ilustración 7

*Insumo pendiente del área de estudio.*



**Fuente:** ArcView GIS 3.2.

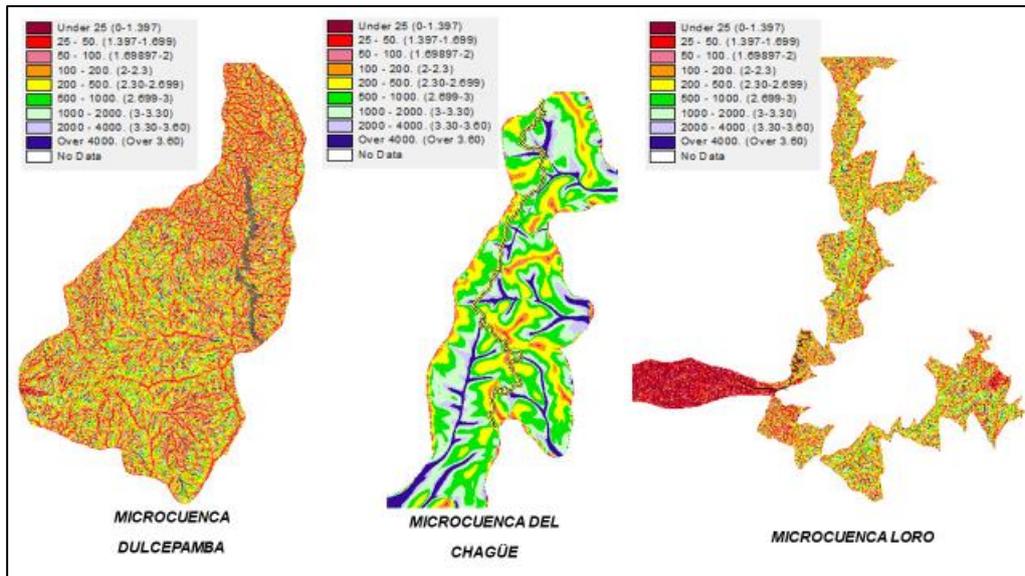
**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

#### 4.1.4 Zonas de Máxima Acumulación

El insumo de las zonas de máxima acumulación indica que en la microcuenca Dulcepamba, Chagüe y Loro, estas se localizan en la parte baja de los accidentes geográficos, con un índice de acumulación del agua superior a los 4000 mm. También, en la parte alta de las montañas, colinas, mesetas y llanos, la acumulación de agua alcanza un promedio de 25 a 50 mm. Además, los sitios por los cuales atraviesa la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, presentan un índice de acumulación de 100 a 2000 mm.

## Ilustración 8

*Insumo de zonas de máxima acumulación.*



*Fuente:* ArcView GIS 3.2.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

### 4.1.5 Modelo q/T de Zonas Inestables

Según los resultados del modelo q/T, es posible determinar áreas condiciones de estabilidad del suelo que presenta el terreno, por el cual cruza los 80 km de la vía E 495 (San Pablo – Chillanes – Bucay); el modelo se genera a partir del análisis de las curvas de nivel, pendientes, zonas de máxima acumulación, ángulo de fricción interna y densidad real del suelo, obteniendo como resultado final un índice q/T que indica las zonas incondicionalmente estables e incondicionalmente inestables.

Para generar el modelo q/T de acuerdo a cada microcuenca, se define el ángulo de fricción interna y la densidad real del suelo; el primer parámetro se determina tomando en consideración la mayor cantidad de arena, limo y arcilla que existe en el suelo y según la tabla de ángulos de fricción del modelo SHALSTAB desarrollado por Montgomery y Dietrich en 1994. Respecto a la densidad del suelo, se realiza la transformación de  $\text{g/cm}^3$  a  $\text{kg/m}^3$  de los

valores obtenidos en el análisis de suelo realizado en los Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar.

**Tabla 13**

*Ángulo de fricción interna del suelo del modelo SHALSTAB.*

Arenas			Limos o arcillas		
Nspt	$\phi$	Densidad relativa	Nspt	Su (kg/cm <sup>2</sup> )	Consistencia
			<2	0 – 0,12	Muy blanda
0 – 4	<30	Muy suelta	2 – 4	0,12 – 0,25	Blanda
4 – 10	30 – 32	Suelta	4 – 8	0,25 – 0,5	Media
10 – 30	32 – 35	Media	8 – 15	0,5 – 1	Firme
30 – 50	35 – 38	Densa	15 – 30	1 – 2	Muy firme
>50	>38	Muy densa	>30	>2	Dura

**Fuente:** Modelo SHALSTAB de Montgomery y Dietrich (1994).

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

Con base en los datos de la tabla 13, en el suelo de las tres microcuencas la arena se presenta con mayor cantidad alcanzando porcentajes de 81% - 78% y 60%, por lo tanto, para la microcuenca Dulcepamba se define un ángulo de fricción de 34° y densidad real del suelo de 2904 kg/m<sup>3</sup>, para la microcuenca Chagüe un ángulo de 34° y densidad de 2340 kg/m<sup>3</sup> y para la microcuenca Loro un ángulo de 34° y densidad real de 3208 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 14**

*Ángulo de fricción y densidad real de cada microcuenca.*

Microcuenca	Cantidad de arena, limo y arcilla		Ángulo de fricción de SHALSTAB	Densidad real del suelo
Dulcepamba	Arena	81%	34°	2.9047 g/cm <sup>3</sup> 2904 kg/m <sup>3</sup>
	Limo	6%		
	Arcilla	13%		
Chagüe	Arena	78%	34°	2.3401 g/cm <sup>3</sup> 2340 kg/m <sup>3</sup>
	Limo	15%		

	Arcilla	7%		
	Arena	60%		
Loro	Limo	17%	34°	3.2081 g/cm <sup>3</sup>
	Arcilla	13%		3208 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** (Dirección de Investigación y Vinculación UEB, 2023)

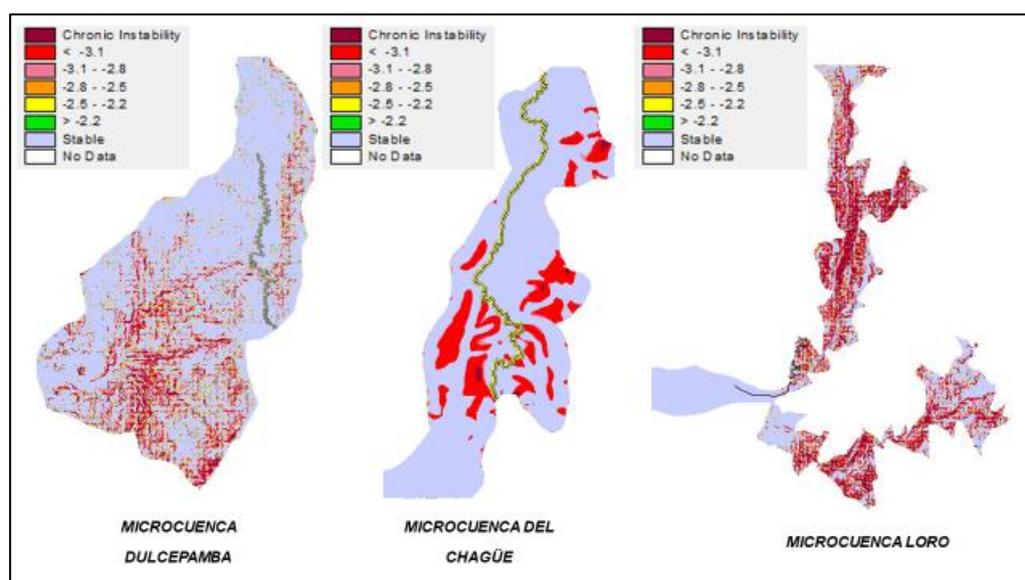
**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

Al generar el modelo q/T se evidencia que de la vía E 495 San Pablo – Chillanes – Bucay, los 16 km de carretera que cruzan por la microcuenca Dulcepamba, se localiza mayoritariamente en zonas incondicionalmente estables y tan solo algunos km se ubican en áreas incondicionalmente inestables.

De los 37 km de vía que se emplazan en la microcuenca Chagüe, la mayor parte se asienta en áreas estables con un índice q/T mayor a 0.0 m y solo unos cuantos kilómetros en sitios de crónica inestabilidad; mientras que en la microcuenca Loro de los 27 km de ruta, un alto porcentaje de esta, se ubica en zonas de crónica inestabilidad cuyo índice q/T alcanza valores por encima de -3.1 m y unos pocos kilómetros en sitios estables.

## Ilustración 9

Modelo q/T de zonas inestables.



**Fuente:** ArcView GIS 3.2.

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

Correlacionado los modelos q/T de las microcuencas, como resultado se obtiene que 50.17 km de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay semejante al 62.71%, se emplaza en zonas incondicionalmente estables con un índice q/T entre 0.0 a 10.0 m, debido a que existe pendientes de clase Plana, zonas de acumulación de agua con valores menores a los 1000 mm y sitios que poseen un índice q/T mayor a 0.0 m.

Además, 29.83 km de la carretera E 495 correspondiente al 37.29%, se sitúa en zonas incondicionalmente inestables, donde predomina pendientes de Fuertes a Muy Escarpadas, zonas de máxima acumulación con valores superiores a los 1000 mm e índice q/T menor a -2.2 m hasta -10.0 m, mostrando claramente el porqué de la frecuente generación de procesos de deslizamientos de tierra en varios tramos de la vía.

**Tabla 15**

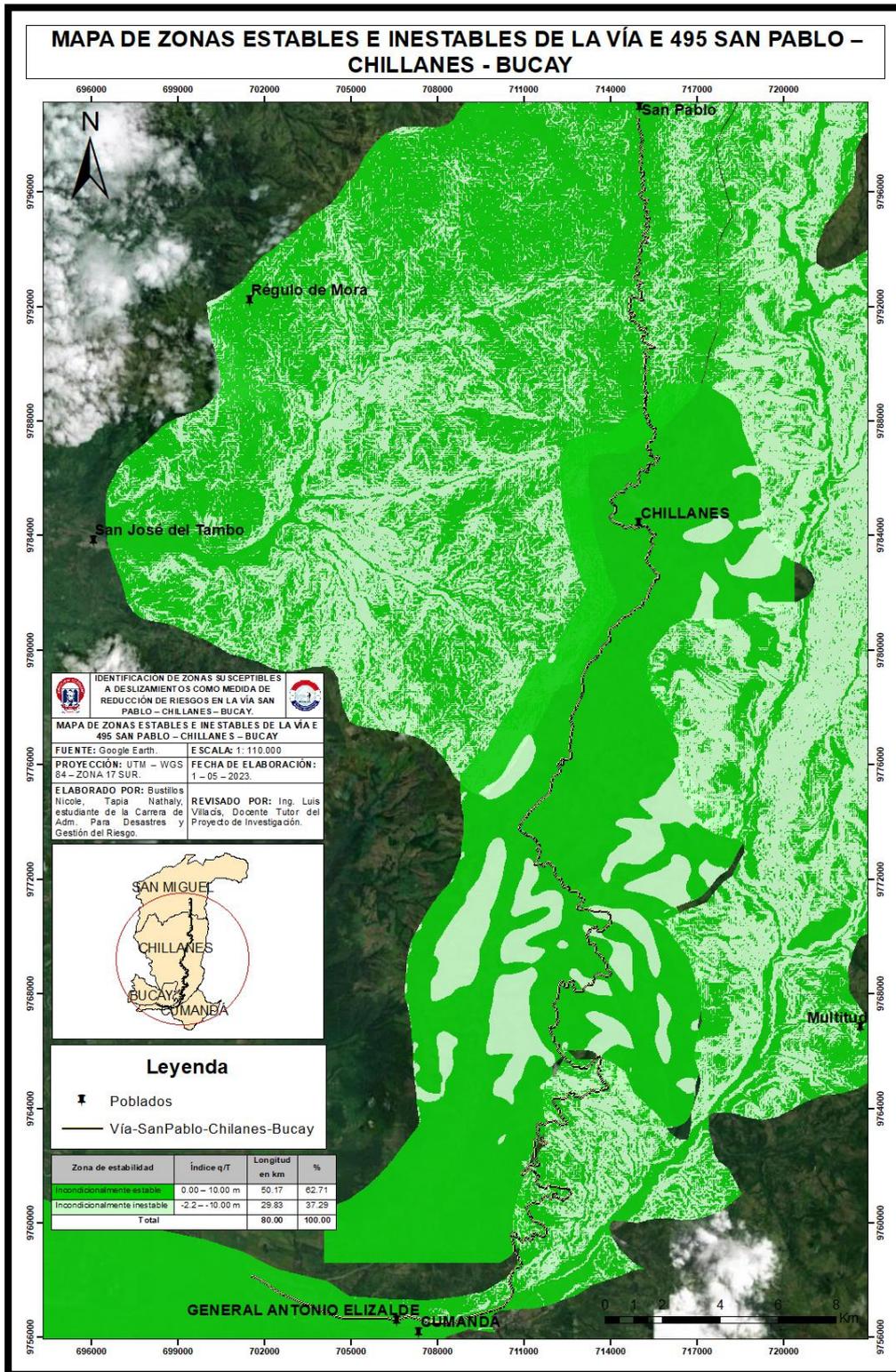
*Zonas de suelo estable e inestable de la vía E 495.*

<b>Zona de estabilidad</b>	<b>Índice q/T</b>	<b>Longitud en km</b>	<b>%</b>
Incondicionalmente estable	0.00 – 10.00 m	50.17	62.71
Incondicionalmente inestable	-2.2 – -10.00 m	29.83	37.29
<b>Total</b>		<b>80.00</b>	<b>100.00</b>

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Ilustración 10**

*Mapa de zonas estables e inestables de la vía E 495 San Pablo – Chillanes - Bucay.*



*Elaborado por: Bustillos N & Tapia N, 2023.*

#### 4.1.6 Zonas Susceptibles a Deslizamientos

Las zonas susceptibles a deslizamientos de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se ha determinado con base en el modelo  $q/T$  de zonas inestables, obteniendo como resultado que el 62.71% (50.17 km) de la carretera se emplaza sobre una zona de “Ausencia de susceptibilidad” con un índice  $q/T$  mayor a 0.0 hasta 10.0 m. También, el 6.81% (5.45 km) de ruta, presenta una categoría de susceptibilidad “Media” cuyo índice  $q/T$  toma un valor entre -2.8 a -2.5 m; 12.20% (9.76 km) de la vía asume un nivel de susceptibilidad “Alto” e índice  $q/T$  de -3.1 a -2.8 m y el 15.78% (12.62 km) de calzada se asienta sobre un área de crítica susceptibilidad a deslizamientos, pues el índice  $q/T$  estimado es menor a -3.1 m.

**Tabla 16**

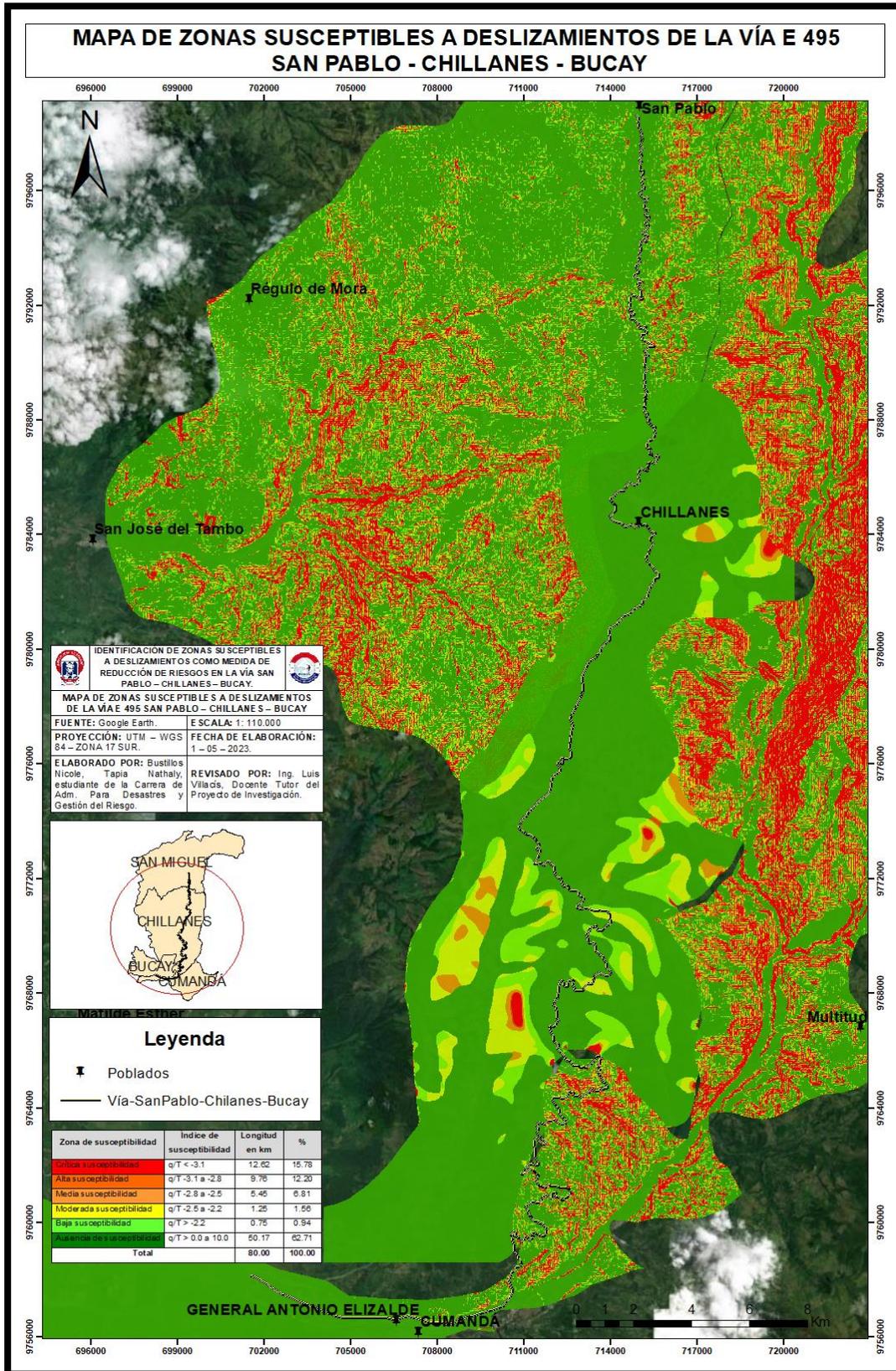
*Zonas susceptibles a deslizamientos de la vía E 495.*

Zona de susceptibilidad	Índice de susceptibilidad	Longitud en km	%
Crítica susceptibilidad	$q/T < -3.1$	12.62	15.78
Alta susceptibilidad	$q/T -3.1$ a $-2.8$	9.76	12.20
Media susceptibilidad	$q/T -2.8$ a $-2.5$	5.45	6.81
Moderada susceptibilidad	$q/T -2.5$ a $-2.2$	1.25	1.56
Baja susceptibilidad	$q/T > -2.2$	0.75	0.94
Ausencia de susceptibilidad	$q/T > 0.0$ a $10.0$	50.17	62.71
<b>Total</b>		<b>80.00</b>	<b>100.00</b>

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Ilustración 11**

*Mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la vía E 495 San Pablo – Chillanes - Bucay.*

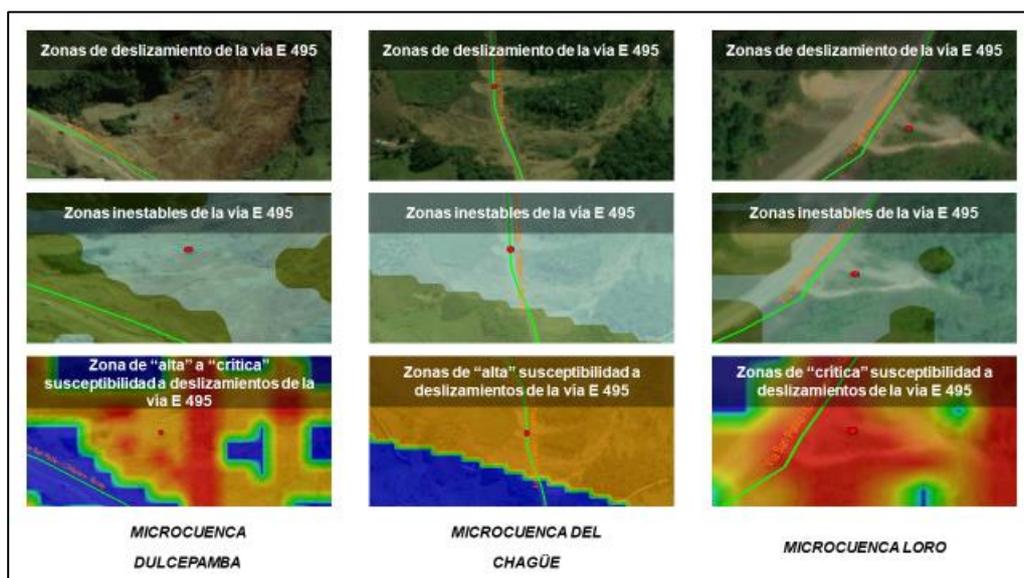


*Elaborado por: Bustillos N & Tapia N, 2023.*

Realizando un cruce de datos entre un shapefile que contiene información de 3 zonas frecuentes de deslizamientos, situadas en la microcuenca Dulcepamba, Chagüe y Loro, el mapa de zonas estables e inestables y el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se visualiza que estas coinciden con sitios incondicionalmente inestables y con áreas de media a crítica susceptibilidad, en las cuales el índice  $q/T$  es menor a  $-2.5$  m, exponiendo con facilidad la frecuente ocurrencia de deslizamientos en esos tramos de la vía.

### Ilustración 12

*Zonas frecuentes de deslizamientos en la vía E 495.*



*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

#### 4.2 Resultado Según Objetivo 2:

**Establecimiento de la estabilidad de los taludes de las zonas susceptibles a deslizamientos en la carretera San Pablo – Chillanes – Bucay.**

A lo largo de los 80 km de la vía E 495 que comprende los poblados de San Pablo – Chillanes – Bucay, existe algunos taludes producto de cortes en las montañas y colinas, que se han realizado para la construcción de la carretera. Estas estructuras presentan un cierto nivel de

riesgo de ocurrencia de deslizamientos de tierra, debido a que, están comenzando a generarse fallas que provocan la alteración de las condiciones de estabilidad.

Como se muestra en la tabla 16, a través de la observación de campo en el área de estudio, se identificaron 8 taludes localizados en zonas susceptibles a deslizamientos, caracterizándose principalmente por tener un índice q/T menor a -2.5 m; estar emplazados al flanco derecho e izquierdo de la vía; presentar en la estructura material de roca, tierra y vegetación; poseer una pendiente superior a 45°; longitud de 8.73 a 46.47 m y altura de 7.00 a 41.76 m; nula aplicación de medidas de control y estabilización de taludes.

**Tabla 17**

*Taludes situados en zonas susceptibles a deslizamientos.*

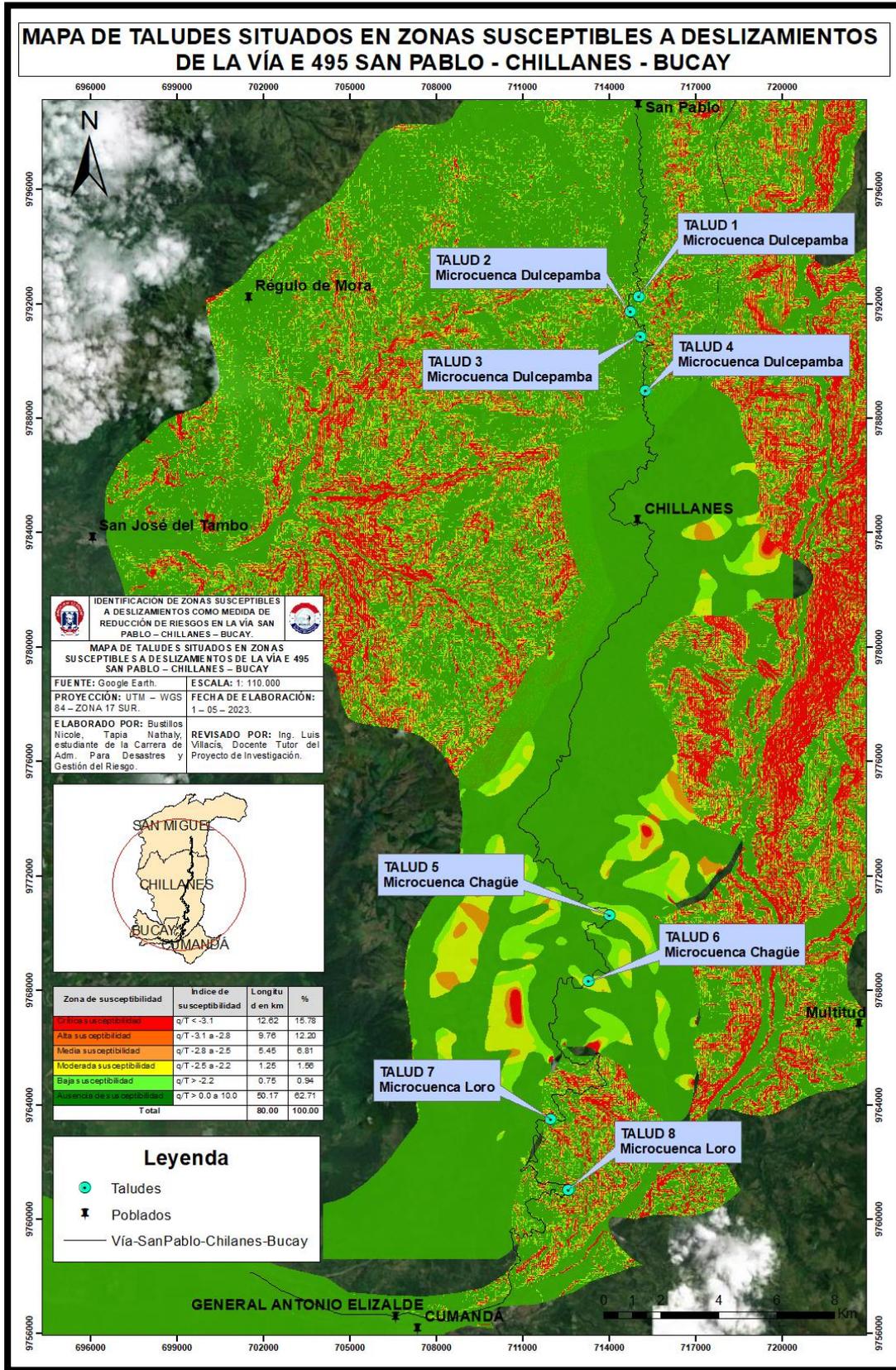
<b>Estructura</b>	<b>Material</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Longitud y Altura</b>	<b>Medidas de reducción</b>
Talud 1	Vegetación	50°	L 15.00 m A 13.00 m	No
Talud 2	Vegetación	70°	L 11.21 m A 7.00 m	No
Talud 3	Vegetación – Tierra	45°	L 46.47 m A 41.76 m	No
Talud 4	Vegetación – Tierra	65°	L 8.73 m A 7.53 m	No
Talud 5	Vegetación – Tierra	75°	L 29.74 m A 27.78 m	No
Talud 6	Vegetación – Tierra	70°	L 22.14 m A 20.16 m	No
Talud 7	Vegetación – Roca	75°	L 37.88 m A 35.48 m	No
Talud 8	Vegetación – Tierra	65°	L 31.49 m A 29.89 m	No

**Fuente:** Guías de observación de campo (Anexo No. 2).

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Ilustración 13**

*Mapa de taludes situados en zonas susceptibles a deslizamientos en la vía E 495.*



*Elaborado por: Bustillos N & Tapia N, 2023.*

Luego de identificar y recopilar ciertos datos de los taludes en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se procede a desarrollar el análisis correspondiente aplicando el Método de Bishop con el software GEO 5, para a través del factor de seguridad que se calcule, establecer las características de estabilidad o inestabilidad de estas formaciones en condición de deslizamiento.

En el software GEO 5, aplicando un proceso metodológico sistemático, se ingresa los datos e información recopilados en campo y en escritorio de la dimensión del talud en m, propiedades del suelo como la clase textural que se ha determinado realizando un análisis de suelo (Anexo No. 3), factor de seguridad definido según la normativa vigente de construcción y plano de falla circular, para calcular un nuevo coeficiente de seguridad que determina las características de estabilidad o inestabilidad.

A continuación, se presenta los resultados según el análisis realizado por cada uno de los taludes.

**Tabla 18**

*Características de estabilidad del talud 1 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

<b>Denominación:</b> TAL-SAP-N1	<b>Localización:</b> Teresan	<b>Resultado de análisis según etapa I</b>
<b>Coordenadas UTM:</b> 714786 m E	9791687 m N	
<b>Descripción general del talud</b>		
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2; padding-left: 10px;"> <p>Talud artificial localizado al costado derecho de la vía E 495, en sentido San Pablo – Chillanes, se compone principalmente de tierra y una amplia capa de pasto de kikuyo.</p> <p>Presenta una parte convexa y otra semirrecta con pendiente equivalente a los 50°, posee una longitud de 15.00 m y altura de 13.00 m respectivamente. En la zona superior de la formación, existe presencia de vegetación arbustiva (matorrales) propia de la zona.</p> </div> </div>		
<b>Datos empleados en el análisis</b>		
<b>Dimensión del talud:</b>	<b>Longitud</b> 15.00 m	<b>Altur</b> 13.00 m
<b>a</b>		

**Textura del suelo:** Arenoso franco – sustituido por Arena arcillosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto  
 Fecha : 18/4/2023  
 Configuración  
 (entrada para tarea actual)  
 Análisis de estabilidad  
 Análisis sísmico : Estándar  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>o</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de Interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	5,20	1,49	9,59	5,19
		12,71	12,16	15,00	13,00		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Arena arcillosa (SC)		27,00	8,00	18,50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Arena arcillosa (SC)		18,50		

**Datos del suelo**

**Arena arcillosa (SC)**

Peso unitario : γ = 18,50 kN/m<sup>3</sup>  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 27,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 8,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,50 kN/m<sup>3</sup>

Para fines no sólo comerciales

[ECS - Estabilidad de Taludes (Ejercicios educativos)] versión 6.2019.78.0; Base de datos de taludes 7895.1 (Universidad Estatal de Bolívar - Copyright © 2021; Fica spol. s r.l. All Rights Reserved) www.ficabot.com.ec]  
 [ICC Colombia S.A.S | (07) 311 476 0333 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

**Resultado de análisis según etapa II**

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Centro en X:** 0.83      **Centro en Z:** 14.92

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		12,71	12,16	9,59	-5,19	Arena arcillosa (SC)
		5,29	1,49	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	15,00	-5,00	
		15,00	13,00			

Agua  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
 Grieta de tracción  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
 Sismo  
 Sismo no incluido.  
 Configuraciones de la etapa de construcción  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
 Análisis 1  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	4,57 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	29,26 [°]
	z =	14,15 [m]		$\alpha_2 =$	83,09 [°]
Radio :	R =	10,27 [m]			

La superficie de deslizamiento después de la optimización.

**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 183,39$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 151,06$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 1883,42$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 1551,44$  kNm/m  
 Factor de seguridad =  $0,82 < 1,60$   
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.01 | base de hardware 7895/11 | Universidad Estatal de Bolívar | Copyright © 2017 Para uso personal. All Rights Reserved | www.finesoftware.com | ICC Colombia S.A.S. | 051 311 475 0338 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

<b>Radio:</b>	13.59		
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	28.54	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b>	80.21

**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	0.82
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	$0.82 < 1.60$
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

Fuente: Análisis Software GEO 5.

Elaborado por: Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Tabla 19**

*Características de estabilidad del talud 2 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

<b>Denominación:</b>	TAL-SAP-N2	<b>Localización:</b>	Teresan	<b>Resultado de análisis según etapa I</b>
<b>Coordenadas UTM:</b>	714680 m E		9791668 m N	
<b>Descripción general del talud</b>				
		<p>Talud localizado en el flanco izquierdo de la vía E 495, en sentido San Pablo – Chillanes, presenta una parte convexa y otra semirrecta con un ángulo de 70°. La composición del suelo es tierra de textura arenoso franco.</p> <p>En el cuerpo de la formación se visualiza una capa de pasto natural y en la cabeza algunos árboles pequeños. Según las medidas de la dimensión del talud, este en longitud tiene 11.21 m y en altura 7.00 m.</p>		
<b>Datos empleados en el análisis</b>				
<b>Dimensión del talud:</b>	<b>Longitud</b>	11.21 m	<b>Altur</b>	7.00 m
<b>a</b>				

**Textura del suelo:** Arenoso franco – sustituido por Arena arcillosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto  
 Fecha : 18/4/2023  
 Configuración  
 (entrada para tarea actual)  
 Análisis de estabilidad  
 Análisis sísmico : Estándar  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>g</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de Interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	2,30	1,63	4,57	3,86
		6,31	6,20	11,21	7,00		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m³]
1	Arena arcillosa (SC)		27,00	8,00	18,50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m³]	γ <sub>s</sub> [kN/m³]	n [-]
1	Arena arcillosa (SC)		18,50		

**Datos del suelo**

**Arena arcillosa (SC)**

Peso unitario : γ = 18,50 kN/m³  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 27,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 8,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,50 kN/m³

Para fines no sólo comerciales

[ECS - Estabilidad de Taludes (Ejercicios educativos)] versión 6.2019.78.0; Base de datos 7895.1 (Universidad Estatal de Bolívar - Copyright © 2021; Finc. spol. s.r.o. All Rights Reserved) www.fincospora.es]  
 [ICC Colombia S.A.S | (07)311 476 0333 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

**Resultado de análisis según etapa II**

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Centro en X:** -2.19      **Centro en Z:** 11.68

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		6,31	6,20	4,57	-3,88	Arena arcillosa (SC)
		2,39	1,63	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	11,21	-5,00	
		11,21	7,00			

**Agua**  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
 Grieta de tracción  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
**Sismo**  
 Sismo no incluido.  
**Configuraciones de la etapa de construcción**  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
**Análisis 1**  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	-0,38 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	3,31 [°]
	z =	9,90 [m]		$\alpha_2 =$	70,38 [°]
Radio :	R =	9,79 [m]			

La superficie de deslizamiento después de la optimización.

**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 166,80$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 216,60$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 1632,93$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 2120,47$  kNm/m  
 Factor de seguridad = 1,30 < 1,60  
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | base de hardware 7895 | 1 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2011 Pina spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fineasoftware.com |  
 ICC Colombia S.A.S. | 051 311 475 0338 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

<b>Radio:</b>	10.97		
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	25.53	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b>	61.11

**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	1.30
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	1.30 < 1.60
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

**Fuente:** Análisis Software GEO 5.

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.  
**Tabla 20**

*Características de estabilidad del talud 3 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

**Denominación:** TAL-SAP-N3 **Localización:** Teresan

**Coordenadas UTM:** 715101 m E 9790852 m N

**Descripción general del talud**



Ladera (talud) emplazada a lado derecho de la carretera en dirección San Pablo – Chillanes. Desde el pie a la zona superior de la formación, se extiende una amplia capa de pasto de kikuyo. En una parte del talud, ha iniciado un proceso de deslizamiento de tierra, debido a las fuertes precipitaciones que se han registrado en los últimos meses.

El talud posee una parte convexa, una semirecta con pendiente de 45° y otra cóncava, tiene una longitud de 46.47 m y altura de 41.76 m.

**Datos empleados en el análisis**

**Dimensión del talud:** Longitud 46.47 m Altur 41.76 m

a

**Textura del suelo:** Arenoso franco – sustituido por Arena arcillosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Resultado de análisis según etapa II**

**Resultado de análisis según etapa I**

**Análisis de estabilidad de taludes**  
**Entrada de datos**  
 Proyecto  
 Fecha : 18/4/2023  
 Configuración  
 (entrada para tarea actual)  
**Análisis de estabilidad**  
 Análisis sísmico : Estándar  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>s</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	12,75	6,82	28,36	19,90
		40,96	37,71	46,47	41,76		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m³]
1	Arena arcillosa (SC)		27,00	8,00	18,50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m³]	γ <sub>s</sub> [kN/m³]	n [-]
1	Arena arcillosa (SC)		18,50		

**Datos del suelo**  
**Arena arcillosa (SC)**  
 Peso unitario : γ = 18,50 kN/m³  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 27,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 8,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,50 kN/m³

Para fines no sólo comerciales

[OCES - Estabilidad de Taludes (servicio educativo) | versión 5.2019.78.01 | Base de Datos 7895.11 | Universidad Estatal de Bolívar | Copyright © 2021 | Finis geol. s.r.l. All Rights Reserved | www.finisgeol.com.ec | [OC Colombia S.A.S. | (57) 311-472-0333 | comercial@oc-colombia.com.co | www.oc-colombia.com.co]

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		40,96	37,71	26,36	19,90	Arena arcillosa (SC)
		12,75	6,82	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	-46,47	-5,00	
		46,47	41,76			

**Agua**  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
**Grieta de tracción**  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
**Sismo**  
 Sismo no incluido.  
**Configuraciones de la etapa de construcción**  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
**Análisis 1**  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 11,75 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 27,47 [^\circ]$
	z = 51,85 [m]		$\alpha_2 = 73,49 [^\circ]$
Radio :	R = 36,01 [m]		

La superficie de deslizamiento después de la optimización.

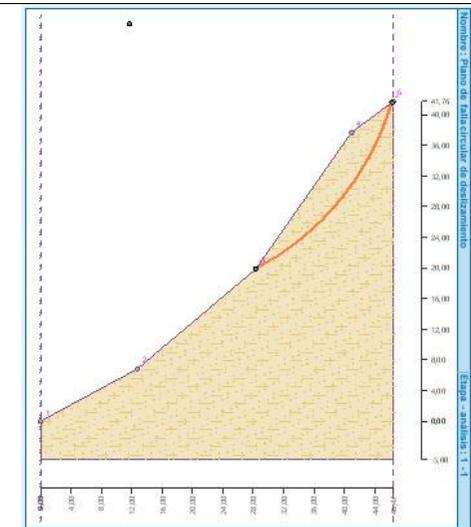
**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 1046,34$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 727,50$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 37678,76$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 26197,29$  kNm/m  
 Factor de seguridad =  $0,70 < 1,60$   
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

1
2

Para fines no sólo comerciales

[SEOS - Estabilidad de Taludes (E.bencia educativa)] versión 5.2019.78.0 | (leve de hardware 7995 | 1 | Universidad Estatal de Bolívar)  
 Copyright © 2021 Para uso a r.a. All Rights Reserved | www.fineosoftware.es  
 [CC Colombia S.A.S. | (57) 311 476 0338 | correo@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

<b>Centro en X:</b>	-11.74	<b>Centro en Z:</b>	62.17
<b>Radio:</b>		59.93	
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	25.98	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b>	68.14



**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	0.70
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	$0.70 < 1.60$
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

*Fuente:* Análisis Software GEO 5.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Tabla 21**

Características de estabilidad del talud 4 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.

<b>Denominación:</b> TAL-SAP-N4	<b>Localización:</b> Payacagua	<b>Resultado de análisis según etapa I</b>	
<b>Coordenadas UTM:</b> 715393 m E	9786973 m N		
<b>Descripción general del talud</b>			
	<p>Superficie inclinada (talud), situada a la altura de una curva en U, al margen derecho de la vía E 495. La composición principal del suelo es de tierra de clase textural arenoso franco, predominando en mayor porcentaje la arena. En el cuerpo se visualiza varias especies de plantas arbustivas y matorrales.</p>		
	<p>El talud posee una parte semirrecta de aproximadamente 65° de inclinación, una longitud de 8.73 m y altura de 7.53 m respectivamente.</p>		
<b>Datos empleados en el análisis</b>			
<b>Dimensión del talud:</b>	<b>Longitud</b>	8.73 m	<b>Altur</b> 7.53 m
<b>a</b>			

**Textura del suelo:** Arenoso franco – sustituido por Arena arcillosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto  
 Fecha : 18/4/2023  
 Configuración  
 (entrada para tarea actual)  
 Análisis de estabilidad  
 Análisis sísmico : Estándar  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>o</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de Interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	1,79	1,93	3,47	4,14
		5,48	7,20	8,73	7,53		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Arena arcillosa (SC)		27,00	8,00	18,50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Arena arcillosa (SC)		18,50		

**Datos del suelo**

**Arena arcillosa (SC)**

Peso unitario : γ = 18,50 kN/m<sup>3</sup>  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 27,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 8,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,50 kN/m<sup>3</sup>

Para fines no sólo comerciales

©ECS - Estabilidad de Taludes (Ejercicios educativos) | versión 6.2019.78.0 | Base de datos 7895 - 1 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2021 Tisa spol. s r.o. All Rights Reserved | www.tissabotava.es |  
 ICC Colombia S.A.S | (07) 311 476 0333 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co

**Resultado de análisis según etapa II**

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Centro en X:** -13.24      **Centro en Z:** 22.13

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		5,48	7,20	3,47	-4,14	Arena arcillosa (SC)
		1,79	1,93	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	8,73	-5,00	
		8,73	7,53			

**Agua**  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
 Grieta de tracción  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
**Sismo**  
 Sismo no incluido.  
**Configuraciones de la etapa de construcción**  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
**Análisis 1**  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	-2,34 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	14,08 [°]
	z =	10,28 [m]		$\alpha_2 =$	74,02 [°]
Radio :	R =	10,39 [m]			

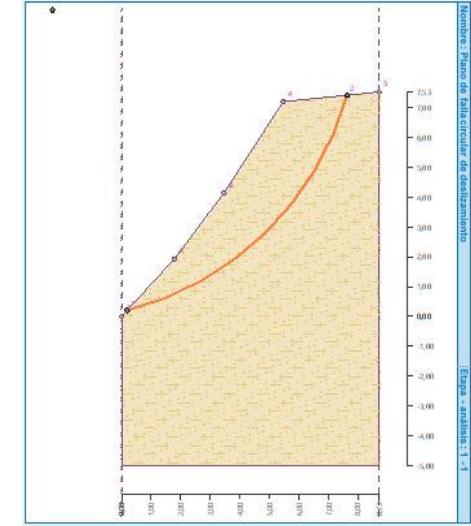
La superficie de deslizamiento después de la optimización.

**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 186,75$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 197,89$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 1940,38$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 2056,07$  kNm/m  
 Factor de seguridad = 1,06 < 1,60  
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.01 | base de hardware 7895/11 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2017 Pina spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fineoftware.eu |  
 ICC Colombia S.A.S. | 007 311 475 0338 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

<b>Radio:</b>	25.04		
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	37.79	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b>	53.83



**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	1.06
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	1.06 < 1.60
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

**Fuente:** Análisis Software GEO 5.  
**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.

Tabla 22

*Características de estabilidad del talud 5 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

<b>Denominación:</b>	TAL-CHI-N5	<b>Localización:</b>	San Francisco	<b>Resultado de análisis según etapa I</b>
<b>Coordenadas UTM:</b>	712628 m E		9776233 m N	
<b>Descripción general del talud</b>				
		<p>Talud de tipo corte en forma de terraza, ubicado a lado izquierdo de la ruta E 495. Presenta una textura de suelo franco arenoso con mayor porcentaje (78%) de arena, una parte semirrecta que posee pendiente de 75°, longitud de 29.74 m y altura de 27.78 m respectivamente.</p> <p>Se observa en el cuerpo del talud especies de plantas de clase arbustiva, matorrales y pastos; mientras que en el pie de la formación existe varios postes de la red vital de servicio eléctrico.</p>		
<b>Datos empleados en el análisis</b>				
<b>Dimensión del talud:</b>	<b>Longitud</b>	29.74 m	<b>Altur</b>	27.78 m
<b>a</b>				

**Textura del suelo:** Franco arenoso – sustituido por Arena limosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto  
 Fecha : 18/4/2023  
 Configuración  
 (entrada para tarea actual)  
 Análisis de estabilidad  
 Análisis sísmico : Estándar  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>e</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de Interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	3,56	12,10	13,70	13,83
		20,44	25,34	29,74	27,78		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Arena limosa (SM)		29,00	5,00	18,00

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Arena limosa (SM)		18,00		

**Datos del suelo**

**Arena limosa (SM)**

Peso unitario : γ = 18,00 kN/m<sup>3</sup>  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 29,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 5,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,00 kN/m<sup>3</sup>

Para fines no sólo comerciales

©ECS - Estabilidad de Taludes (Ejercicios educativos) | versión 6.2019.78.0 | Base de datos de suelos 7895 : 1 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2021. Todos los derechos reservados | www.ingenieros.com  
 ICC Colombia S.A.S | (07) 311 476 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co

**Resultado de análisis según etapa II**

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Centro en X:** -10.38      **Centro en Z:** 42.43

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		20,44	25,34	13,70	13,83	Arena limosa (SM)
		-3,56	12,10	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	29,74	-5,00	
		29,74	27,78			

**Agua**  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
**Grieta de tracción**  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
**Sismo**  
 Sismo no incluido.  
**Configuraciones de la etapa de construcción**  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
**Análisis 1**  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 2,28 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 33,00 [^\circ]$
	z = 31,42 [m]		$\alpha_2 = 74,69 [^\circ]$
Radio :	R = 20,97 [m]		

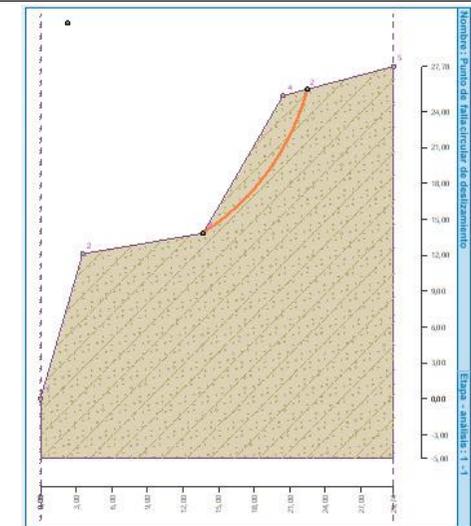
La superficie de deslizamiento después de la optimización.

**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 334,28$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 226,05$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 7009,90$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 4740,17$  kNm/m  
 Factor de seguridad =  $0,68 < 1,60$   
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

1 Para fines no sólo comerciales 2

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | base de hardware 7895 | 1 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2017 Pina spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fineasoftware.eu |  
 ICC Colombia S.A.S. | 071 311 475 0338 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

<b>Radio:</b>	37.48	
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	19.42	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b> 64.18



**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	0.68
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	$0.68 < 1.60$
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

**Fuente:** Análisis Software GEO 5.

**Elaborado por:** Bustillos N & Tapia N, 2023.  
**Tabla 23**

*Características de estabilidad del talud 6 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

**Denominación:** TAL-CHI-N6 **Localización:** San Juan

**Coordenadas UTM:** 712938 m E 9770954 m N

**Resultado de análisis según etapa I**

**Descripción general del talud**



Talud artificial cuya composición del suelo presenta textura de clase franco arenoso, está emplazado junto al margen derecho de la vía Chillanes – Bucay. El cuerpo del talud es

una semirrecta con pendiente de 70°, posee una longitud de 22.14 m y una altura aproximada de 20.16 m.

En la cabeza o zona superior que corresponde a la parte convexa del talud, existe una plantación de cultivos de ciclo corto.

**Datos empleados en el análisis**

**Dimensión del talud:** Longitud 22.14 m Altur 20.16 m

a

**Textura del suelo:** Franco arenoso – sustituido por Arena limosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Resultado de análisis según etapa II**

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto:  
Fecha: 18/4/2023  
Configuración (entrada para tarea actual)  
Análisis de estabilidad:  
Análisis sísmico: Estándar  
Metodología de verificación: Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad:	SF <sub>s</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	4,12	5,71	9,16	12,71
		13,59	18,14	22,14	20,16		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m³]
1	Arena limosa (SM)		29,00	5,00	18,00

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m³]	γ <sub>s</sub> [kN/m³]	n [-]
1	Arena limosa (SM)		18,00		

**Datos del suelo**

**Arena limosa (SM)**

Peso unitario: γ = 18,00 kN/m³  
 Estado de tensión: efectivo  
 Ángulo de fricción interna: φ<sub>ef</sub> = 29,00 °  
 Cohesión de suelo: c<sub>ef</sub> = 5,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado: γ<sub>sat</sub> = 18,00 kN/m³

Para fines no sólo comerciales

[OCES - Estabilidad de Taludes (servicio educativo) | versión 5.2019.78.01 | Base de datos 7895.11 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2021 Finis geo. s.r.l. All Rights Reserved | www.finisgeo.com.ec |  
 [OC Colombia S.A.S. | (57) 311-472-0333 | comercial@oc-colombia.com.co | www.oc-colombia.com.co]

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		13,59	16,14	9,16	12,71	Arena limosa (SM)
		-4,12	5,71	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	22,14	-5,00	
		22,14	20,16			

**Agua**  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
**Grieta de tracción**  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
**Sismo**  
 Sismo no incluido.  
**Configuraciones de la etapa de construcción**  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
**Análisis 1**  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = -18,01 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 30,33 [^\circ]$
	z = 31,37 [m]		$\alpha_2 = 69,32 [^\circ]$
Radio :	R = 36,04 [m]		

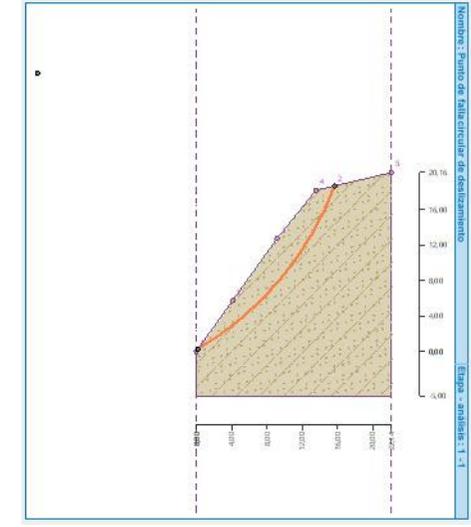
La superficie de deslizamiento después de la optimización.

**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 698,11$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 474,73$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 25159,84$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 17109,10$  kNm/m  
 Factor de seguridad =  $0,68 < 1,60$   
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

1 Para fines no sólo comerciales 1

ISEOS - Estabilidad de Taludes (E.bencia educativa) | versión 5.2019.79.0 | (leve de hardware 7995 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2021 Fina spol s r.o. All Rights Reserved | www.finaoftware.es |  
 ICC Colombia S.A.S. | 057 311 476 0338 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co

<b>Centro en X:</b>	-9.22	<b>Centro en Z:</b>	27.81
<b>Radio:</b>		26.98	
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	25.86	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b>	70.39



**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	0.68
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	$0.68 < 1.60$
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

*Fuente:* Análisis Software GEO 5.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

Tabla 24

*Características de estabilidad del talud 7 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

<b>Denominación:</b>	TAL-BUC-N7	<b>Localización:</b>	Vista Alegre	<b>Resultado de análisis según etapa I</b>
<b>Coordenadas UTM:</b>	711698 m E		9763446 m N	
<b>Descripción general del talud</b>				
		<p>Talud ubicado en el sector Vista Alegre, junto al lado derecho de la carretera E 495 en orientación Chillanes – Bucay. El suelo de la formación, posee una clase textural franco arcillo arenoso, con un 60% de arena, 23% de arcilla y 17% de limo.</p> <p>La forma del talud corresponde a una parte convexa y semirrecta de 75° de inclinación en pendiente, la dimensión en longitud es de 37.88 m y en altura 35.48 m.</p>		
<b>Datos empleados en el análisis</b>				
<b>Dimensión del talud:</b>	<b>Longitud</b>	37.88 m	<b>Altur</b>	35.48 m
<b>a</b>				

**Textura del suelo:** Franco arcillo arenoso – sustituido por Arena arcillosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto  
 Fecha : 18/4/2023  
 Configuración  
 (entrada para tarea actual)  
 Análisis de estabilidad  
 Análisis sísmico : Estándar  
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>o</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de Interfaz [m]					
		x <sub>z</sub>	x <sub>x</sub>	z <sub>x</sub>	x <sub>z</sub>	x <sub>x</sub>	z <sub>x</sub>
1		0,00	0,00	9,46	9,33	21,19	21,74
		29,91	34,05	37,88	35,48		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Arena arcillosa (SC)		27,00	8,00	18,50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Arena arcillosa (SC)		18,50		

**Datos del suelo**

**Arena arcillosa (SC)**

Peso unitario : γ = 18,50 kN/m<sup>3</sup>  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 27,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 8,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,50 kN/m<sup>3</sup>

Para fines no sólo comerciales

[ECS - Estabilidad de Taludes (Ejercicios educativos)] versión 6.2019.78.0; Base de datos 7895.1 (Universidad Estatal de Bolívar - Copyright © 2021; FGA spol. s r.o. All Rights Reserved) www.frossoft.com  
 [ICC Colombia S.A.S | (07)311 476 0333 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

**Resultado de análisis según etapa II**

**Plano de falla circular de deslizamiento**

**Centro en X:** 4.13      **Centro en Z:** 34.56

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		29,91	34,05	21,19	21,74	Arena arcillosa (SC)
		9,46	9,33	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	37,88	-5,00	
		37,88	35,48			

Agua  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
 Grieta de tracción  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
 Sismo  
 Sismo no incluido.  
 Configuraciones de la etapa de construcción  
 Situación de diseño : permanente  
 Resultados (Etapa de construcción 1)  
 Análisis 1  
 Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	-26,61 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	23,08 [°]
	z =	63,06 [m]		$\alpha_2 =$	65,85 [°]
Radio :	R =	68,35 [m]			

La superficie de deslizamiento después de la optimización.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 2590,55$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 1811,84$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 177064,43$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 123839,24$  kNm/m  
 Factor de seguridad = 0,70 < 1,60  
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.01 | base de hardware 7895/11 | Universidad Estatal de Bolívar | Copyright © 2011 Para uso personal. All Rights Reserved | www.insooftware.com | ICC Colombia S.A.S. | 007 311 475 0338 comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

<b>Radio:</b>	28.52	
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	4.16	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b> 89.96

**Características de estabilidad del talud**

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	0.70
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	0.70 < 1.60
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

Fuente: Análisis Software GEO 5.

Elaborado por: Bustillos N & Tapia N, 2023.  
 Tabla 25

Características de estabilidad del talud 8 localizado en la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.

**Denominación:** TAL-BUC- **Localización:** Bucay  
N8

**Coordenadas UTM:** 712595 m E 9761005 m N

**Descripción general del talud**



Talud artificial situado al ingreso a Bucay (General Antonio Elizalde), en el flanco derecho de la vía E 495. La forma de la estructura comprende una zona convexa y una parte semirrecta con pendiente superior a los 65° de inclinación. La composición del suelo muestra que esta es de tipo franco arcillo arenoso. En el cuerpo del talud predomina cobertura de pasto natural, especies de arbustos y algunos matorrales; la dimensión en longitud es de 31.49 m y en altura 29.89 m.

**Datos empleados en el análisis**

**Dimensión del talud:** Longitud 31.49 m Altur 29.89 m  
a

**Textura del suelo:** Franco arcillo arenoso – sustituido por Arena arcillosa.

**Factor de seguridad:** 1.60

**Resultado de análisis según etapa I**

**Análisis de estabilidad de taludes**

**Entrada de datos**

Proyecto  
Fecha : 18/4/2023  
Configuración  
(entrada para tarea actual)  
Análisis de estabilidad  
Análisis sísmico : Estándar  
Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad	
Situación de diseño permanente	
Factor de seguridad :	SF <sub>s</sub> = 1,60 [-]

**Interfaz**

Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	6,21	11,05	16,07	20,92
		22,05	29,20	31,49	29,89		

**Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva**

Nro.	Nombre	Trama	φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Arena arcillosa (SC)		27,00	8,00	18,50

**Parámetros de suelo - subpresión**

Nro.	Nombre	Trama	γ <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Arena arcillosa (SC)		18,50		

**Datos del suelo**

**Arena arcillosa (SC)**

Peso unitario : γ = 18,50 kN/m<sup>3</sup>  
 Estado de tensión : efectivo  
 Ángulo de fricción interna : φ<sub>ef</sub> = 27,00 °  
 Cohesión de suelo : c<sub>ef</sub> = 8,00 kPa  
 Peso unitario de suelo saturado : γ<sub>sat</sub> = 18,50 kN/m<sup>3</sup>

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Estructura educativa)] Versión 5.2019.76.0 | Base de heurística 7.995 | 1 | [Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2021 | Fina-soft s.r.l. All Rights Reserved | www.fina-soft.com |  
 [CC Colombia S.A.S | (57) 311 476 0333 | comanda@ecc-colombia.com.co | www.ecc-colombia.com.co]

Resultado de análisis según etapa II

**Asignación y superficies**

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		22,65	29,20	16,07	20,82	Arena arcillosa (SC)
		6,21	11,05	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	31,49	-5,00	
		31,49	29,89			

**Agua**  
 Tipo de agua : Sin presencia de agua  
**Grieta de tracción**  
 No se ha introducido la grieta de tracción.  
**Sismo**  
 Sismo no incluido.  
**Configuraciones de la etapa de construcción**  
 Situación de diseño : permanente  
**Resultados (Etapa de construcción 1)**  
**Análisis 1**  
**Superficie de deslizamiento circular**

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = -35,21 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 32,06 [^\circ]$
	z = 56,87 [m]		$\alpha_2 = 65,71 [^\circ]$
Radio :	R = 66,70 [m]		

La superficie de deslizamiento después de la optimización.

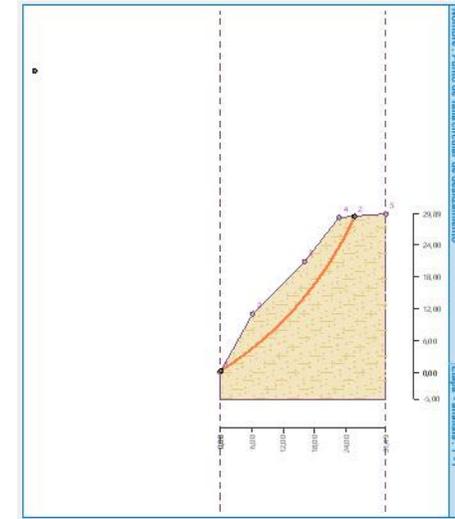
**Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)**  
 Suma de fuerzas activas :  $F_a = 1865,12$  kN/m  
 Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 1217,54$  kN/m  
 Momento de deslizamiento :  $M_d = 124403,57$  kNm/m  
 Momento estabilizador :  $M_s = 81210,25$  kNm/m  
 Factor de seguridad =  $0,65 < 1,60$   
**Estabilidad del talud NO ACEPTABLE**

1 Para fines no sólo comerciales 2

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2018.79.0 | (base de hardware 7985-1) | Universidad Estatal de Bolívar |  
 Copyright © 2021 | Finis spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finisoftware.com |  
 ICC Colombia S.A.S | (57)311-475-0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Plano de falla circular de deslizamiento

Centro en	-17.67	Centro en	56.49
<b>X:</b>		<b>Z:</b>	
<b>Radio:</b>		50.91	
<b>Ángulo <math>\alpha_1</math>:</b>	29.32	<b>Ángulo <math>\alpha_2</math>:</b>	57.88



Características de estabilidad del talud

<b>Factor de seguridad definido en el análisis:</b>	1.60
<b>Factor de seguridad calculado con GEO 5:</b>	0.65
<b>Contraste de factores de seguridad:</b>	$0.65 < 1.60$
<b>Condición de estabilidad del talud:</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Categoría de estabilidad del talud:</b>	<b>Inestable</b>

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

Al examinar la estabilidad de los taludes identificados en el trayecto de la vía E 495 San Pablo – Chillanes – Bucay, se determina que las condiciones de estabilidad que estos presentan es “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.

Con base en la tabla 26, los taludes que tienen el factor de seguridad más bajo y por lo tanto son más inestable, corresponde al talud 4 – 5 y 7 con valores de 0.68 y 0.65 respectivamente. El talud 2 y 3 poseen un cierto nivel de seguridad, debido a que, el coeficiente de seguridad determinado es próximo a 1.60. Analizando la ilustración 12 se evidencia que estas formaciones, a más de presentar condiciones de estabilidad no aceptable, se localizan en zonas de media a crítica susceptibilidad a deslizamientos, cuyo índice alcanza puntuaciones menores a -2.5 m, razón por la cual es esencial definir un plan de acción para implementar medidas de control y estabilización de los taludes.

**Tabla 26**

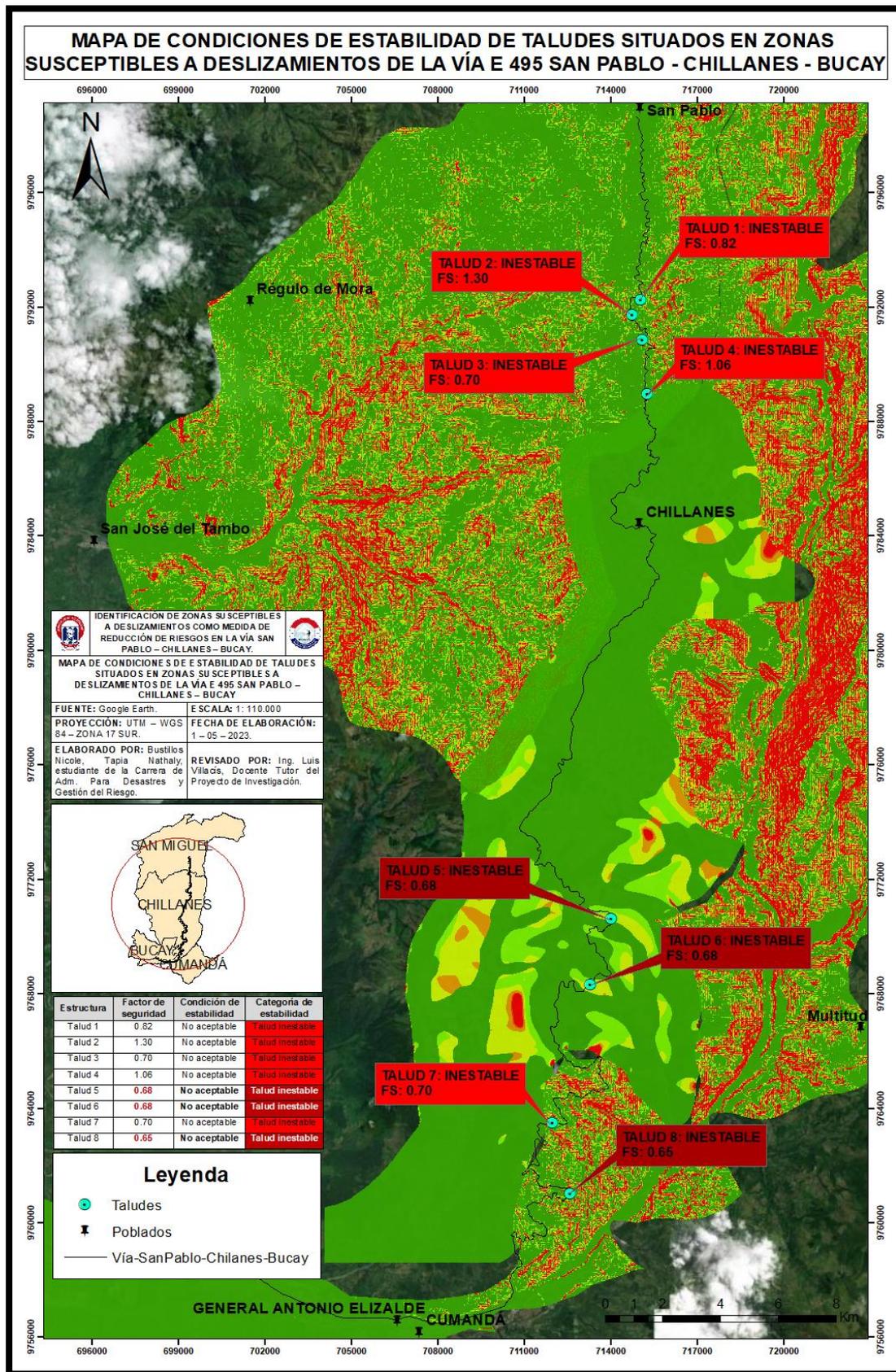
*Estabilidad de los taludes situados en la vía E 495.*

<b>Estructura</b>	<b>Factor de seguridad</b>	<b>Condición de estabilidad</b>	<b>Categoría de estabilidad</b>
Talud 1	0.82	No aceptable	Talud inestable
Talud 2	1.30	No aceptable	Talud inestable
Talud 3	0.70	No aceptable	Talud inestable
Talud 4	1.06	No aceptable	Talud inestable
Talud 5	<b>0.68</b>	<b>No aceptable</b>	<b>Talud inestable</b>
Talud 6	<b>0.68</b>	<b>No aceptable</b>	<b>Talud inestable</b>
Talud 7	0.70	No aceptable	Talud inestable
Talud 8	<b>0.65</b>	<b>No aceptable</b>	<b>Talud inestable</b>

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

**Ilustración 14**

Mapa de estabilidad de taludes del área de estudio.



*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

### **4.3 Resultado Según Objetivo 3:**

**Medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.**

Según los resultados obtenidos en la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos y establecimiento de la estabilidad de los taludes, en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se formula una serie de medidas y acciones orientadas a la reducción de riesgos por deslizamientos.

#### **4.3.1 Tema**

Medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

#### **4.3.2 Objetivos**

##### **4.3.2.1 Objetivo General.**

Proponer medidas de reducción de riesgo ante la amenaza de deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

##### **4.3.2.2 Objetivos Específicos.**

- Establecer directrices para la reducción del riesgo de deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.
- Desarrollar un plan de reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay.

#### **4.3.4 Justificación**

La vía E 495 San Pablo – Chillanes – Bucay, se sitúa al sur occidente de la provincia Bolívar y al sur de la provincia del Guayas, abarcando una extensión de 80 kilómetros que atraviesan por diversos territorios que poseen diferentes características topográficas, climáticas y geomorfológicas, que, al interrelacionarse entre sí, de cierto modo influyen en la ocurrencia

de deslizamientos, que de una u otra forma provocan estragos significativos a nivel social, económico, productivo, ambiental, entre otros.

Según los análisis efectuados, 29.83 km de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay se emplaza sobre áreas de terreno inestables, que al ser influenciados por otros factores dan paso a los deslizamientos. También, 7.45 km de ruta se sitúa en zonas de media susceptibilidad, 9.76 km en sitios de alta susceptibilidad y 12.62 km en un área de crítica susceptibilidad a deslizamientos. Además, en varios tramos de la vía existen taludes cuyas características de estabilidad no son las más aceptables, siendo estructuras altamente inestables, debido a que, los factores de seguridad que presentan están por debajo del límite en el cual se mantiene estables (FS 1.60).

Con base en los problemas identificados en la vía E 495, se formulan medidas orientadas a la reducción de riesgos por deslizamientos, de tal manera que estas ayuden a minimizar los niveles de riesgo y evitar posibles colapsos en la vía, para los usuarios que eligen transportar sus productos agrícolas hacia otras ciudades, pérdidas económicas en la arteria vial y cuidar de la integridad física de los pobladores que se encuentran ubicados en el transcurso de la misma.

#### ***4.3.5 Medidas de Reducción de Riesgos***

##### **4.3.5.1 Directrices Para la Reducción de Riesgos.**

Ante la ocurrencia de un deslizamiento de baja, media o alta intensidad, se evidencian afectaciones estructurales, que conllevan a una gran pérdida económica y afectaciones en el desarrollo comercial de los pobladores de esta área de estudio. Consecuentemente, se ha visto como prioridad la reducción de riesgos ante la amenaza de deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, por medio del desarrollo de medidas y acciones, apoyadas en la Gestión de riesgos de desastres.

Para reducir el riesgo ante la amenaza de deslizamientos, se proponen medidas orientadas en dos directrices, las medidas de reducción de riesgo estructurales, que son toda actividad física que ayudan a reducir los niveles de riesgos y las medidas de reducción de riesgo no estructurales, que comprenden las actividades no físicas para disminuir los efectos colaterales de la amenaza.

Estas directrices ayudarán a identificar los mecanismos apropiados a implementarse para cada uno de los taludes, los mismos que contribuirán a un buen manejo de la amenaza y a su vez poder impedir la ocurrencia de un deslizamiento.

**Tabla 27**

*Plan de reducción de riesgos frente a deslizamientos para la vía San Pablo - Chillanes - Bucay.*

<b>Estructura</b>	<b>Factor de seguridad</b>	<b>Característica de estabilidad</b>	<b>Medida estructural</b>	<b>Medida no estructural</b>	<b>Responsables</b>
Talud 1	0.82	Talud inestable	Construir un muro de concreto reforzado al pie del talud, para que actúe como medio de sostenimiento del material que posiblemente se deslice.	Respetar los códigos y normas de construcción, al momento de planificar, diseñar y construir el muro de concreto, para garantizar la funcionalidad del mismo.	MTOP. GAD Provincial de Bolívar.
Talud 2	1.30	Talud inestable	Diseñar un sistema de bermas en el talud, construyendo múltiples terrazas revegetalizadas, cada una de estas con conducción superficial de aguas (cunetas).	Organización comunitaria para brindar apoyo durante el proceso de construcción del sistema de bermas. Respetar los códigos y normas de construcción.	MTOP. GAD Provincial de Bolívar. Comunidades.
Talud 3	0.70	Talud inestable	Disminuir la pendiente del talud, por medio de cortes, de forma que el plano de falla circular de deslizamientos sea más largo y profundo, para aumentar el factor de seguridad.	Organización comunitaria para brindar apoyo durante el proceso de abatimiento de la pendiente del talud.	MTOP. GAD Provincial de Bolívar. Comunidades

Talud 4	1.06	Talud inestable	Remover el material de la zona superior del talud (cabeza), para lograr estabilidad de la estructura mediante el equilibrio de fuerzas.	Gestión a nivel local para solicitar el apoyo de maquinaria pesada, para estabilizar la estructura.	MTOP. GAD Municipal Chillanes. Comunidades.
Talud 5	0.68	Talud inestable	Implementar zanjas de coronación impermeabilizadas en la zona alta del talud, para la captación y conducción de agua lluvia, evitando que estas atraviesen por la formación.	Acatar las disposiciones de los códigos y normas de construcción, para la implementación de las zanjas de coronación.	MTOP. GAD Municipal Chillanes.
Talud 6	0.68	Talud inestable	Cimentar trincheras al pie del talud tomando en consideración la altura y el grado de pendiente, para retener el material que se desliza, impidiendo que este no genere afectaciones a la vía.	Reglamentar el uso de suelo y ordenamiento territorial, para evitar asentamientos humanos irregulares en áreas cercanas al talud. Educación y capacitación sobre el adecuado uso de suelo.	MTOP. GAD Municipal Chillanes. Comunidades.
Talud 7	0.70	Talud inestable	Realizar terrazas y bermas intermedias en el talud, para reducir las fuerzas actuantes en áreas críticas, de manera que el factor de seguridad aumente y el talud sea más estable.	Desarrollo y fortalecimiento institucional para la implementación de medidas y acciones de reducción de riesgos en la zona.	MTOP. GAD Municipal Chillanes.

				GAD Municipal Bucay.
Talud 8	<b>0.65</b>	<b>Talud inestable</b>	Edificar canales conectores y disipadores desde la cabeza hasta el pie del talud, para llevar el agua a sitios seguros fuera del área de probables deslizamientos.	Fortalecimiento interinstitucional para la implementación de medidas de reducción de riesgos en la zona. Organización comunitaria para el control y limpieza de los canales conectores y disipadores.
				MTOP. GAD Municipal Chillanes. GAD Municipal Bucay.

*Elaborado por:* Bustillos N & Tapia N, 2023.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Los análisis efectuados demuestran que, la vía San Pablo – Chillanes – Bucay en su extensión de 80 kilómetros, se emplaza sobre diferentes zonas de estabilidad e inestabilidad del suelo y susceptibilidad a deslizamientos, al estar influenciada por la presencia de curvas de nivel, pendientes, zonas de máxima acumulación y zonas de inestabilidad del suelo. Alrededor de 50.17 km de carretera se ubican sobre áreas de terreno estables y tan solo 29.83 km en zonas de inestabilidad del suelo. Asimismo, el 62.17% de la vía se emplaza en una zona de ausencia de susceptibilidad, el 9.31% presenta una susceptibilidad media, el 12.20% asume un nivel de susceptibilidad alto y el 15.78% de carretera se sitúa en un área de crítica susceptibilidad a deslizamientos.

- Los taludes identificados en zonas susceptibles a deslizamientos son inestables, pues muestran características de estabilidad no aceptable, dado que los factores de seguridad calculados a través del Método de Bishop, son inferiores al coeficiente de seguridad (1.60) indirecto mínimo para análisis estáticos. De los 8 taludes estudiados, tres son los más inestables (talud 4 – 5 – 7) con factores de seguridad de 0.68 y 0.65, mientras que solo dos taludes (talud 2 – 3) poseen un cierto nivel de seguridad, pues sus factores de seguridad (1.30 – 1.06) son próximos a 1.60.

- Las medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos, se han planteado según la identificación de zonas susceptibles y dependiendo de las características de estabilidad de los taludes, tomando como apoyo el campo de la gestión de riesgos de desastres, bajo dos directrices de acción las medidas de reducción de riesgos estructurales y las medidas no estructurales. Dentro de las primeras, se contempla actividades físicas como la cimentación de muros de concreto, sistemas de bermas, disminución de la pendiente, construcción de

trincheras, etc.; mientras que las segundas abarcan el respeto de códigos y normas de construcción, organización y participación comunitaria, fortalecimiento institucional, educación y capacitación para la reducción de riesgos.

## 5.2 Recomendaciones

- En el análisis de estabilidad de taludes mediante el uso del software geotécnico GEO 5 se obtuvieron resultados importantes, mismas que ayudarán a la implementación de medidas de reducción de riesgo ante la amenaza por deslizamiento, es por esto que es recomendable realizar un análisis de estabilidad de taludes en todo el trayecto de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, de tal manera que este ayude a prevenir deslizamientos que interrumpan la circulación vehicular y ocasionen daños en la infraestructura vial.
- Con la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, se logró obtener los niveles de riesgo ante la ocurrencia de un deslizamiento, con la utilización de este mapa se recomienda hacer un control de regulación del correcto uso de suelo, para poder evitar construcciones en zonas de alta a crítica susceptibilidad a deslizamientos y así poder prevenir daños materiales y salvaguardar la integridad física de los comuneros de este sector.
- Se han propuesto varias medidas de reducción de riesgo estructurales y no estructurales, las mismas que ayudarán a disminuir el índice de susceptibilidad a deslizamientos en el trayecto de la vía San Pablo – Chillanes – Bucay, para esto se recomienda respetar los códigos y normas de construcción para la edificación de obras físicas; de la misma manera, este trayecto vial cruza por cantones pertenecientes a la Provincia Bolívar y la Provincia del Guayas, de igual manera se recomienda un trabajo en conjunto entre las instituciones competentes de estos dos cantones, para obtener grandes resultados y poder trabajar en el desarrollo turístico y comercial de los pobladores de este sector.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Arcila Ocampo, A., Guerra Barrientos, D. A., & Bergaño Jaramillo, C. A. (2019). *DISEÑO DE TALUDES, MUROS Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS URBANIZACION MUNICIPIO DE FREDONIA*. Medellín: Universidad Cooperativa de Colombia.
- ARISE Mx. (5 de Agosto de 2022). *arise*. [https://arise.mx/evento-peligroso/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=evento-peligroso](https://arise.mx/evento-peligroso/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=evento-peligroso)
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL*.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2009). *LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO*.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2010). *CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)*.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2010). *CÓDIGO ORGÁNICO DE PLANIFICACIÓN Y FINANZAS PÚBLICAS*.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2018). *REGLAMENTO LEY SISTEMA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL TRANSPORTE TERRESTRE*.
- Asamblean Nacional de la República del Ecuador. (2017). *LEY SISTEMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA VIAL TRANSPORTE TERRESTRE*.
- Brazalos Halo, D. R. (2016). *Estimación del costo de construccion por kilómetro de vía, considerando las variables propias de cada región*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Castillo, L., Velasco, B., & Ortiz, D. (6 de Febrero de 2022). *EL COMERCIO*.  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/fenomenos-naturales-presion-latente-ecuador.html>
- Castro, A. O., & Vesga, T. A. (s.f.). *Slide Player*. <https://slideplayer.es/slide/16109075/>
- Coronel Pérez, V., & Buñay Cantos, J. (2018). Gestión de los seguros ante desastres naturales en el Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 199-206.
- DESDEELMURETE. (21 de Julio de 2015). *Desde el murete: Blog de geotecnia, cimentaciones especiales y tratamientos del terreno*.  
<https://desdeelmurete.com/modelo-de-mohr-coulomb/>
- Dirección de Investigación y Vinculación UEB. (2023). *Informe de Resultados de Suelo - Textura y Densidad*. Universidad Estatal de Bolívar.
- Dirección Provincial de Política y Seguridad Vial. (2023). *MANUAL DEL CONDUCTOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES*.
- Domínguez M, L., & Mendoza L, M. (2018). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*. México: CENAPRED.
- EL TELÉGRAFO. (08 de Julio de 2013). *EL TELÉGRAFO*.  
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/la-via-chillanes-bucay-preocupa>
- EL UNIVERSO. (21 de Marzo de 2020). *EL UNIVERSO*.  
<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/03/21/nota/7790337/derrumbes-vias-bolivar/>
- Escobar Alarcón, D., García González, M., Tous Vitola, E., Viloría Alviz, R., Trillos Gutiérrez, M., Saavedra Zuleta, O., & Ruiz Galván, C. (2022). *Manual Técnico De Operaciones Para El Cálculo De Laminas De Riesgo Y Niveles De Humedad Para Asegurar Una*

*Cobertura Uniforme Y Compensar La Evapotranspiración De Los Cultivos Del Centro Biotecnológico Del Caribe (Cbc), Regional Cesar. El Copey - Cesar: Rododiseña.*

Escobar P, C. E., & Escobar, G. D. (2020). *Geotecnia para el trópico andino*. Universidad Nacional de Colombia.

Estrada Tigsilema, K., & Pucha Guaila, E. (2022). *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*. Universidad Estatal de Bolívar.

EXPRESO. (28 de Marzo de 2017). *expreso*. <https://www.expreso.ec/actualidad/lluvia-llevo-55101.html>

GAD de la Provincia Bolívar. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021 - 2025*. Guaranda.

GAD Municipal del Cantón Chillanes. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CHILLANES*. Chillanes.

Gamarra ÁLVAREZ, E. J. (2017). *CONSTRUCCIÓN DE DIQUE COMO ESTABILIZACIÓN DE DEPOSITOS DE MATERIAL INERTE Y BOTADERO DE MATERIAL DE PRESTAMO*. Centro Geotécnico Internacional.

García Bonilla, N. A., & Restrepo Albarello, A. C. (2016). *La Integración de las Medidas de Estructurales y no estructurales para la gestión de riesgos de desastres por deslizamientos en Colombia*. Manizales - Caldas.

GEO 5 PERÚ. (19 de Diciembre de 2022). *GEO5 Software Geotécnico*. <https://geo5peru.pe/software-geotecnico/caracteristicas/>

GEOTÉCNIA Y MECÁNICA DE SUELOS. (2020). *ABC GEOTECHNICAL CONSULTING*. <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/estabilidad-taludes/>

- Gisbert Blanquer, J., Ibáñez Asensio, S., & Moreno Ramón, H. (2010). *La Textura de un Suelo*.  
Universidad Politécnica de Valencia.
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (2010). *REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO*.
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (2012). *REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL*.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *INGENIERÍA GEOLÓGICA*. PEARSON EDUCACIÓN.
- Guamán Ramos, D. (2016). *Susceptibilidad a deslizamientos de la vía de integración barrial, tramo Urna de la Virgen - Barrio Panamá, Ciudad Loja, Cantón Loja, Provincia Loja*.  
Universidad Nacional de Loja.
- Infraestructura vial y Pavimentos*. (3 de Enero de 2013). <http://pavimyvias77.blogspot.com/>
- Jiménez Otárola, F. (2002). *Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales*. CATIE.
- Kalless, G. (2007). *Caracterización de procesos dominantes en una cuenca alpina (Cuenca del Torrente Sarca Di Val Genova, Italia)*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Kerguelen Argumedo, A. (2009). *Análisis probabilístico de estabilidad de taludes*. Universidad de los Andes.
- LISA Institute. (28 de Octubre de 2019). *LISA Institute*.  
<https://www.lisainstitute.com/blogs/blog/infraestructuras-criticas>
- López Santoyo, A. (2015). Programa para obtener tablas de valores de pendiente del terreno usando mapas topográficos. *Investigaciones geográficas*(8), 7-24.

[https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46111977000100001](https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111977000100001)

López Yumiguano, A. R. (2017). *INSTRUCTIVO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA TÉCNICA Y TEÓRICA DEL PROYECTO MANTENIMIENTO VIAL POR RESULTADOS DE LA RED VIAL ESTATAL E30, TRAMO PELILEO – LUNA BONSAI*. Universidad Técnica de Ambato.

Márquez, C. (3 de Marzo de 2021). *EL COMERCIO*.  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/vias-bolivar-lluvias-deslizamientos-transito.html>

Meléndez Carrasco, G., & Toalombo Tacuri, M. (2022). *Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del Cerro Cuchicahua del Cantón Chillanes, Provincia Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN: GEOTECNIA Y CIMENTACIONES*. Dirección de Comunicación Social MIDUVI.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI - 12, Volumen N° 6: Conservación Vial*. MTOP.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2015). *Red Vial Estatal*. MTOP.

MOBILITY ADO. (6 de Enero de 2021). *Movimentistas por MOBILITY ADO*.  
<https://movimentistas.com/movilidad-urbana/por-que-es-tan-importante-la-infraestructura-vial/>

- MTOP. (21 de Marzo de 2020). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*.  
<https://www.obraspublicas.gob.ec/talud-de-gran-magnitud-mantiene-cerrada-la-via-san-pablo-chillanes/>
- Muelas Rodríguez, Á. (05 de Septiembre de 2016). *idb*. [https://ingeniero-de-caminos.com/estabilidad-de-taludes/#google\\_vignette](https://ingeniero-de-caminos.com/estabilidad-de-taludes/#google_vignette)
- Osorio Marín, L. F. (2019). *Zonificación de la Susceptibilidad del Terreno a los Deslizamientos. Caso de Estudio: Nariño - Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Peñaloza Molina, L., & Tocasuche Castro, N. (2018). *DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS UTILIZANDO INTERFEROMETRÍA DIFERENCIAL (D-InSAR) ENTRE LOS AÑOS 2015 Y 2017 EN LAS PROVINCIAS NORTE Y VALDERRAMA DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Polo Sarmiento, B. R., & Polo Sarmiento, L. R. (2020). *PROPUESTA DE GUÍA DE INTERVENCIÓN ANTE DESLIZAMIENTOS PARA ASEGURAR LA TRANSITABILIDAD EN CARRETERAS VECINALES*. Universidad Ricardo Palma.
- Ponce López, J. D. (2017). *Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa - Puerto Cayo*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Prado González, A., Aguilar Guevarra, J., & Cruz Talvera, R. (2020). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD DE LA CARRETERA NIC.7, EN EL KM 176, MUNICIPIO DE SANTO TOMAS, DEL DEPARTAMENTO DE CHONTALES*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Quezada, J. (26 de Marzo de 2022). *TELEAMAZONAS*.  
<https://www.teleamazonas.com/derrumbe-en-chillanes-causa-danos-en-viviendas-y-vehiculos/>

- Reyes Suárez, Y. R. (2019). Análisis de estabilidad de taludes aplicando diferentes técnicas de revegetalización. En Y. R. Reyes Suárez, *Análisis de estabilidad de taludes aplicando diferentes técnicas de revegetalización* (pp. 25 - 26). Tunja.
- Rojas Ronquillo, J. R. (2018). *CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS TALUDES A LO LARGO DEL CANAL DE CONDUCCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO PALMIRA Y SU EVALUACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN*. Escuela Politécnica Nacional.
- Segarra Zeas, F. M., & Montalván Orellana, D. A. (2022). *ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS POR MEDIO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO, EN LA PARROQUIA BULÁN, CANTÓN PAUTE*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (15 de Julio de 2010). *Centro de Información Sobre Desastres y Salud: Biblioteca Médica Nacional (CIDBIMENA)*. <http://cidbimena.desastres.hn/staticpages/index.php?page=200503140938172>
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Publicación Geológica Multinacional.
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico*. Universidad Industrial de Santander.
- UNDRR. (29 de Diciembre de 2022). *DesInventar*. [https://www.desinventar.net/DesInventar/results.jsp?bookmark=1&countrycode=ecu&maxhits=100&lang=ES&logic=AND&sortby=0&\\_eventos=Deslizamiento&\\_level0=09&\\_level1=0927&\\_level2=092750&fromyear=2015&frommonth=1&fromday=1&toyear=2022&tomonth=11&today=31&roads=Y](https://www.desinventar.net/DesInventar/results.jsp?bookmark=1&countrycode=ecu&maxhits=100&lang=ES&logic=AND&sortby=0&_eventos=Deslizamiento&_level0=09&_level1=0927&_level2=092750&fromyear=2015&frommonth=1&fromday=1&toyear=2022&tomonth=11&today=31&roads=Y)

- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Diaz Orrego, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *CIVILIZATE N° 7*, 52 - 53 . Estabilidad de Taludes: Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo.
- Varnes, D. J. (1978). *Slope Movement Types and Processes*. En *Special Report 1976: Landslides Analysis and control* (R. L. Schuster and R. J. Krizec, eds). TRB-NRC Washington D. C.
- Villamandos. (16 de Marzo de 2021). *Topografía2*. <https://topografia2.com/curvas-de-nivel/>

## 7. ANEXOS

## 7.1 Anexo No. 1: Guía de Observación de Campo.

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO 		
IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY, PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023.		
OBSERVACIÓN DE CAMPO: VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY		
<b>1. INFORMACIÓN DEL ÁREA OBSERVADA</b>		
Área observada:		
Provincia(s):		
Ubicación:		
Cantón(es):		
Coordenada UTM:	X: Y:	
<b>2. DATOS OBSERVACIÓN IN SITU (INICIO)</b>		
Observadores(as):	1. 2.	
Sitio/Lugar:		
Fecha:		
Hora:		
Denominación:		
<b>3. CARACTERIZACIÓN DE LA VÍA</b>		
Tramos de la vía:		
Clase vial:	Tipo de vía:	
Extensión:	Nomenclatura:	
Dimensión:	Carriles:	
Espaldón:	Cuneta:	
Recubrimiento:		
<b>4. CARACTERIZACIÓN DE TALUDES</b>		
Coordenada UTM	X: Y:	
Km:	Deslizamiento:	
<b>Clase de Talud</b>		
Ladera:	Talud:	
T. Corte:	T. Terraplén:	
<b>Material del Talud</b>		
Roca:	Vegetación:	
Tierra:	Cargas:	
Drenajes:	Otro materiales:	
<b>Forma del Talud</b>		
Convexa:	Pendiente:	
Semirrecta:	Longitud:	
Cóncava:	Altura:	
<b>Ubicación del Talud en la Vía</b>		
Izquierda:	Derecha:	
<b>5. REDUCCIÓN DE RIESGOS EN TALUDES</b>		
MRR	Si:	No:
M. Control:	M. Estabilización:	
<b>Medidas de control</b>		
Bermas:	Trincheras:	
Estr. Contención:	Cubi. Protección:	
<b>Medidas de estabilización</b>		
Bermas:	Taraceó:	
Cob. Vegetal:	Muro contención:	
Control de aguas:	Anclaje - pernos:	
Estr. Contención:	Pantalla anclada:	
<b>6. PLANIMETRÍA DE TALUD</b>		
Punto	Longitud	Altura
Punto 1		
Punto 2		
Punto 3		
Punto 4		
Punto 5		
<b>Plano del Talud</b>		
<b>7. OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
<b>8. CIERRE DE OBSERVACIÓN DE CAMPO</b>		
Lugar:	Hora:	
Observadores(as):	1. 2.	
DEFINICIÓN DE ABREVIATURAS T. Corte: Talud Corte. T. Terraplén: Talud Terraplén. MRR: Medida de reducción de riesgo. M. Control: Medidas de control. M. Estabilización: Medidas de		
estabilización. Estr. Contención: Estructura de contención. Cobl. Protección: Cubierta de protección. Cob. Vegetal: Cobertura vegetal.		

7.2 Anexo No. 2: Guías de Observación de Campo del Área de Estudio.

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO		
IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY, PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023.		
OBSERVACIÓN DE CAMPO: VÍA SAN PABLO – CHILLANES – BUCAY		
<b>1. INFORMACIÓN DEL ÁREA OBSERVADA</b>		
Área observada:	San Pablo - Chillanes - Bucay	
Provincia(s):	Bolívar - Guayas	
Ubicación:	San Pablo - Sur Occidental Guayas	
Cantón(es):	Chillanes - Bucay	
Coordenada UTM:	X: 71885.56 mE Y: 9799383.70 mS	
<b>2. DATOS OBSERVACIÓN IN SITU (INICIO)</b>		
Observadores(as):	1. Nicolás Guzmán 2. Nathaly López	
Sitio/Lugar:	Veredas	
Fecha:	12/04/2023	
Hora:	9:20	
Denominación:	T-SP-N1	
<b>3. CARACTERIZACIÓN DE LA VÍA</b>		
Tramos de la vía:	San Pablo - Chillanes	
Clase vía:	III	
Tipo de vía:	Terraplenada	
Extensión:	9 m	
Nomenclatura:	E-495	
Dimensión:	1.75 m	
Carriles:	2	
Espaldón:	60 cm	
Cuneta:	1 m	
Recubrimiento:	Asfalto	
<b>4. CARACTERIZACIÓN DE TALUDES</b>		
Coordenada UTM	X: 714786 mE Y: 9791697 mN	
Km:	N/A	
Deslizamiento:	No presente	
<b>Clase de Talud</b>		
Ladera:	Talud: <input checked="" type="checkbox"/>	
T. Corte:	T. Terraplén: <input type="checkbox"/>	
<b>Material del Talud</b>		
Roca:	Vegetación: <input checked="" type="checkbox"/>	
Tierra: <input checked="" type="checkbox"/>	Cargas: <input type="checkbox"/>	
Drenajes:	Otro materiales: <input type="checkbox"/>	
<b>Forma del Talud</b>		
Convexa: <input checked="" type="checkbox"/>	Pendiente: 50°	
Semirrecta: <input checked="" type="checkbox"/>	Longitud: 15.00	
Cóncava: <input type="checkbox"/>	Altura: 13.00	
<b>Ubicación del Talud en la Vía</b>		
Izquierda: <input type="checkbox"/>	Derecha: <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>5. REDUCCIÓN DE RIESGOS EN TALUDES</b>		
MRR:	Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	
M. Control:	M. Estabilización: <input type="checkbox"/>	
<b>Medidas de control</b>		
Bermas:	Trinchera: <input type="checkbox"/>	
Estr. Contención:	Cubi. Protección: <input type="checkbox"/>	
<b>Medidas de estabilización</b>		
Bermas:	Taraceo: <input type="checkbox"/>	
Cob. Vegetal:	Muro contención: <input type="checkbox"/>	
Control de aguas:	Anclaje - pernos: <input type="checkbox"/>	
Estr. Contención:	Pantalla anclada: <input type="checkbox"/>	
<b>6. PLANIMETRÍA DE TALUD</b>		
Punto	Longitud	Altura
Punto 1	0,00	0,00
Punto 2	5,29	1,49
Punto 3	9,59	5,19
Punto 4	12,71	12,16
Punto 5	15,00	13,00
<b>Plano del Talud</b>		
<b>7. OTRAS CONSIDERACIONES</b>		
Se desconoce el nombre del sitio		
<b>8. CIERRE DE OBSERVACIÓN DE CAMPO</b>		
Lugar:	Hora: 9:38	
Observadores(as):	1. 2.	
<small>DEFINICIÓN DE ABREVIATURAS</small> T. Corte: Talud Corte.      Estabilización. T. Terraplén: Talud Terraplén.      Estr. Contención: Estructura de contención. MRR: Medida de reducción de riesgo.      Cobl. Protección: Cubierta de protección. M. Control: Medidas de control.      Cob. Vegetal: Cobertura vegetal. M. Estabilización: Medidas de		

## 7.3 Anexo No. 3: Informe de Resultados de Análisis de Suelo.

 <b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	<b>Código</b>	FPG12-01
		<b>Versión</b>	1
		<b>Año</b>	2022
		<b>Página</b>	Página 1 de 2
<b>INFORME DE RESULTADOS</b>			

INFORME N° 040-2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
<b>Solicitante</b>	Nicole Bustillos - Nathaly Tapia				
<b>Muestra</b>	Suelo				
<b>Código asignado UEB</b>	INV 141- INV 142- INV 143				
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido				
<b>Envase de recepción</b>	Funda ziploc				
<b>Análisis requerido(s)</b>	Determinación de textura y densidad real				
<b>Fecha de recepción</b>	22/03/2023				
<b>Fecha de análisis</b>	27-28/03/2023				
<b>Fecha de informe</b>	28/03/2023				
<b>Técnico (s) asignado</b>	MIPV				
RESULTADOS DE DENSIDAD					
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Promedio
INV 141	Talud de Bucay, microcuenca Dulcepamba	Densidad Real en suelo seco	g/cm <sup>3</sup>	Método del picnómetro	2.9047
INV 142	Talud de Chillanes, microcuenca Loro				3.2081
INV 143	Talud de San Pablo de Atenas, microcuenca Chague				2.3401

Las muestras se realizaron con tres réplicas

RESULTADOS DE TEXTURA						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 141	Talud de Bucay, microcuenca Dulcepamba	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	81	Arenoso franco
				Limo	6	
				Arcilla	13	
INV 142	Talud de Chillanes, microcuenca Loro			Arena	60	Franco arcillo arenoso
				Limo	17	
				Arcilla	23	

 <b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km. 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		<b>Código</b>	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		<b>Versión</b>	1
			<b>Año</b>	2022
			<b>Página</b>	Página 2 de 2

INV 143	Talud de San Pablo de Atenas, microcuenca Chague			Arena	78	<b>Franco arenoso</b>
				Limo	15	
				Arcilla	7	



DIRECTOR GENERAL INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN  
**EDGAR MARCELO VILCACUNDO CHAMORRO**

---

Ing. Marcelo Vilcacundo  
**Director DIVUEB**

#### 7.4 Anexo No. 4: Memoria Fotográfica de Recolección de Datos.

**Fotografía No. 1 – 2:** Recolección de muestras de suelo en las microcuencas identificadas para la investigación.



**Fuente:** Bustillos N, 2023.



**Fuente:** Tapia N, 2023.

**Fotografía No. 3 – 4:** Recolección de muestras de suelo y levantamiento de datos del área de estudio.



**Fuente:** Bustillos N, 2023.



**Fuente:** Tapia N, 2023.

**Fotografía No. 5 – 6:** levantamiento de información en los taludes localizados en zonas susceptibles a deslizamientos en la zona de estudio..



**Fuente:** Bustillos N, 2023.



**Fuente:** Tapia N, 2023.

7.5 Anexo No. 5: Cronograma Para la Elaboración del Proyecto.

