



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER

HUMANO

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN

DEL RIESGO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIEROS EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y**

GESTIÓN DEL RIESGO

TEMA:

**EVALUACIÓN DE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA PASO
LATERAL DE LA CIUDAD DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR**

AUTORES:

JHAJAJIRA BELÉN ALLÁN GUTIÉRREZ

ROSA VERÓNICA YÁNEZ SALAZAR

TUTOR:

DR. JOSÉ ABELARDO PAUCAR CAMACHO Ph.D.

GUARANDA – ECUADOR

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres y a mi familia por ser quienes me enseñaron a ser una persona humilde en cada momento y no dejarme sola en toda mi carrera, todo esto no lo hubiera podido lograr sin ustedes ya que son un pilar fundamental en mi vida, porque con esfuerzo y dedicación se puede todo

Rosa Verónica Yáñez Salazar

Todo este esfuerzo está dedicado a mi hija, a mi madre y a Dios por ser los principales motores pues me dieron la fuerza y las ganas de salir adelante; es por eso que, ahora he logrado cumplir con todo lo que me he propuesto y sobre todo porque me han enseñado a ser una persona responsable, humilde y llena de valores.

Jhajaira Belén Allán Gutiérrez

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a esta prestigiosa institución por haberme formado e instruido para así llegar a cumplir todas mis metas y objetivos propuestos, de la misma forma a todas aquellas personas que fueron parte de este valioso proceso ya que fueron los responsables y que de alguna forma dieron su aporte para que el día de hoy se vea reflejado la culminación de mis estudios universitarios.

Gracias Dios, padres queridos por ser esa guía motivadora que día a día me ayudaron a no rendirme y salir adelante sin ustedes esto no hubiera sido posible. También quiero decirles muchas gracias sin dejarlos atrás a quienes de manera desinteresada fueron un apoyo, una guía y me brindaron su tiempo para avanzar satisfactoriamente con mi proyecto de titulación.

Rosa Verónica Yáñez Salazar

Primeramente, doy gracias a mi universidad por haberme formado en cada una de sus aulas ya que gracias a su prestigio me va a convertir en una profesional exitosa. A cada uno de mis maestros que fueron una parte muy esencial en todo este proceso y fueron los impulsores para que logre concluir mi carrera universitaria de la misma manera quiero agradecer a mis tutores ya que ellos me guiaron y me brindaron todo su apoyo en mi proyecto de titulación.

Gracias Dios por ser quien me dio la vida y no dejarme rendir en todo momento, a ti madre mía por confiar y creer en mis expectativas, sin ti esto jamás hubiera sido posible solo tú sabes cuánto me costó llegar hasta aquí.

Jhajaira Belén Allán Gutiérrez

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO

EMITIDO POR EL TUTOR

Dr. Abelardo Paucar Camacho, PhD

CERTIFICO

Que, el proyecto de investigación denominado: **“EVALUACIÓN DE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA PASO LATERAL DE LA CIUDAD DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR”**, previo a la obtención del título de Ingenieros en Administración para Desastres y Gestión realizado por: la estudiante Allán Gutiérrez Jhajaira Belén con cédula de identidad 0201572138 y la estudiante Yánez Salazar Rosa Verónica con cédula de identidad 0202550992, ha sido realizado mediante tutorías continuas y cumple con los requerimientos establecidos en el reglamento de la Unidad de Titulación de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, por lo que autorizo la presentación en las instancias respectivas para su evaluación y calificación.



Dr. Abelardo Paucar Camacho, PhD

DOCENTE TUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO POR EL TUTOR.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	5
1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2. Formulación del problema	7
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. Justificación de la investigación.....	8
1.5. Limitaciones	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Localización y contexto del área de estudio.....	11
2.2. Antecedentes de la investigación	16
2.3. Bases teóricas	22
2.3.1. Los deslizamientos o movimientos de remoción en masa.....	22
2.3.2. Tipo de deslizamientos	22

2.4. Evaluación de la amenaza de deslizamientos.....	30
2.6. Marco Legal	40
2.7. Definición de Términos.....	44
2.8. Sistema de variables	46
2.8.1 Matriz de operacionalización de variables	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	53
3.1. Nivel de investigación	53
3.2. Diseño de la investigación.....	54
3.3. Población o universo	54
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	54
3.5. Técnicas de procedimientos y análisis de datos, para cada uno de los objetivos específicos	55
CAPÍTULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	68
4.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO No 1: Establecer los factores que inciden ante la amenaza de deslizamiento de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar	68
4.1.1. Factores Condicionantes.....	68
4.1.2. Factores Detonantes.....	82
4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO No. 2: Identificar las zonas con su respectivo nivel de susceptibilidad a deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda	84
4.3. RESULTADOS DEL OBJETIVO N°3: Determinar medidas de reducción de riesgos de deslizamientos	94
4.3.1. Título: Medidas de reducción de riesgos de deslizamiento en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar.....	94

4.3.2. Justificación.....	94
4.3.3 Objetivos	95
4.3.4. Estrategias y acciones	95
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1. Conclusiones	108
5.2. Recomendaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
BIBLIOGRAFÍA	112
ANEXOS	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comunidades que incluye la vía	11
Tabla 2. Tipos de movimientos de masa o ladera	27
Tabla 3. Calificativo de susceptibilidad a deslizamientos	33
Tabla 4. Matriz variable independiente.....	47
Tabla 5. Matriz variable dependiente.....	52
Tabla 6. Matriz de ponderaciones y valores máximos de los factores condicionantes y detonantes.....	62
Tabla 7. Rangos de puntuación y representación para el nivel e índice ponderado de amenaza de deslizamiento.....	66
Tabla 8. Descripción geológica.....	69
Tabla 9. Descripción geomorfológica.....	71
Tabla 10. Descripción geotecnia.....	73
Tabla 11. Descripción de uso de suelo / cobertura vegetal.....	75
Tabla 12. Descripción de pendiente	77
Tabla 13. Estación P-30 San Simón.....	80
Tabla 14. Descripción de la precipitación.....	80
Tabla 15. Descripción de la sismicidad.....	82
Tabla 16. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 1	84
Tabla 17. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 2	86
Tabla 18. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 3	88
Tabla 19. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 4	90

Tabla 20. Matriz de resultados	92
Tabla 21. Medidas de reducción de riesgos	97
Tabla 22. Viabilidad de la propuesta.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa de localización de la vía paso lateral de ciudad de Guaranda, provincia Bolívar.....	13
Gráfico 3. Mapa de geología de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar.....	70
Gráfico 4. Mapa geomorfológico de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar.....	72
Gráfico 5. Mapa de geotecnia de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar.....	74
Gráfico 6. Mapa de uso de suelo-cobertura vegetal de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar	76
Gráfico 7. Mapa de pendiente de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar.....	78
Gráfico 8. Precipitaciones registradas de 1963 a1990 en la estación meteorológica San Simón.	79
Gráfico 9. Mapa de precipitación de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar.....	81
Gráfico 10. Mapa sísmico de la vía paso lateral Guaranda.....	83
Gráfico 11. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 1	85
Gráfico 12. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 2	87
Gráfico 13. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 3	89
Gráfico 14. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 4.....	91
Gráfico 15. Nivel de amenaza de deslizamiento vía paso lateral Guaranda	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Memoria fotográfica.....	119
Anexo 2. Cronograma de actividades	128
Anexo 3. Aspectos administrativos del trabajo de titulación.....	129

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación denominado “Evaluación de la amenaza de deslizamiento en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar”, tiene como objetivo principal evaluar los factores (condicionantes y detonantes) de deslizamiento para establecer estrategias de reducción.

Para determinar el nivel de amenaza de deslizamiento, se basó en la metodología de Mora-Vahrson modificada; además, se utilizó la tabla de valoración de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2013), en los mapas base para los factores condicionantes (geología-litología, geomorfología, geotecnia, pendientes, usos de suelo) se utilizó los shp del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2015) a escala 1:25.000; para los factores detonantes: se trabajó en base de datos de precipitación de la estación meteorológica de San Simón y las zonas de peligro sísmico de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2015).

Entre los principales resultados del trabajo investigativo se establece lo siguiente:

Con respecto a los factores condicionantes lo que predomina es: geología los volcánicos Guaranda, en la geomorfología los relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en la geotecnia el suelo franco, en el uso de suelo y cobertura vegetal los cultivos de maíz, en la pendiente el escarpado con inclinación media a fuerte ($> 25 - 40 \%$). En los factores detonantes: la precipitación promedio anual es 700 – 1000 mm (estación meteorológica San Simón) y sismicidad se localiza en la zona III nivel sísmico alto (NEC, 2015).

Al correlacionar las variables de los factores condicionantes y detonantes en la zona de estudio de la vía paso lateral predomina en nivel medio, seguido del nivel bajo, alto y muy alto de amenaza de deslizamiento, la zona crítica (muy alto) se ubica en el sector 4 que comprende desde Laguacoto hasta empatar con la vía E491 de la vía Chimbo. Finalmente, se elaboró la propuesta de un plan de acción de medidas de reducción (estructurales y no estructurales) ante la amenaza de deslizamiento.

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica del Ecuador dentro del cinturón de fuego del pacífico, un área de actividad tectónica que ha originado una geomorfología heterogénea en toda su extensión, que va con planicies desde la costa pasando por relieves topográficos abruptos en la sierra hasta nuevamente planicies en la amazonia (Hora, 2011). Esta diversidad de geo formas, condicionan los territorios del Ecuador, inclusive los que se encuentran en la sierra centro, donde se localizan ciudades enteras dentro o circundantes a las diferentes cordilleras que posee el Ecuador.

La provincia Bolívar, posee dentro de su jurisdicción diversos pisos climáticos y una geomorfología particular que dan origen a paisajes con características únicas, las condiciones topográficas de las zonas altas hacen que el territorio sea un escenario de riesgo de deslizamiento, debido a las pendientes con elevaciones pronunciadas, montañas erosionadas, viviendas y cultivos en laderas. Actualmente con la alteración de los patrones de la lluvia y precipitación como resultado del cambio climático, en los últimos años el aumento en frecuencia e intensidad de las lluvias a preocupado a las autoridades, porque se relacionan en la ocurrencia de los deslizamientos en la época invernal, afectando principalmente a la vialidad lo que impide la libre circulación de pasajeros, la distribución y comercialización de productos de primera necesidad.

La zona de estudio al ser un proyecto de vía de segundo orden de gran importancia para la ciudad y el cantón Guaranda, se consideró la evaluación de los factores de susceptibilidad que influyen en la amenaza de deslizamiento; lo cual, nos permitirá establecer índices, niveles y zonas, para identificar que sectores del eje vial presentan

mayor amenaza y de esta manera poder establecer medidas de reducción como una herramienta importante para prevenir y mitigar los posibles daños ante futuros eventos.

La presente investigación está conformada por cinco capítulos que se describen de la siguiente manera:

CAPÍTULO I: se desarrolla el problema de la investigación, los objetivos, la justificación y las limitaciones que se han podido identificar en todo el proceso del proyecto.

CAPÍTULO II: contiene la localización y caracterización del área de estudio, los antecedentes investigativos, la fundamentación teórica científica de la amenaza de deslizamientos, la base legal en la que se sustenta el trabajo y las limitaciones presentadas en el mismo.

CAPÍTULO III: incluye la descripción metodológica que consiste en el diseño y tipo de investigación, se define la población o universo en el sitio de estudio, se incluye las técnicas de recolección de información y procesamiento de datos.

CAPÍTULO IV: se describen los resultados y análisis alcanzados por cada objetivo obtenido en la investigación.

CAPÍTULO V: se incluye las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, incluyendo la respectiva bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La provincia de Bolívar es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador, situada en el centro del país, en la zona geográfica conocida como región interandina o sierra, principalmente sobre la hoya de Chimbo sur y en los flancos externos de la cordillera occidental en el oeste. Su capital administrativa es la ciudad de Guaranda, la cual además es su urbe más grande y poblada (Publicas, 2018).

El paso lateral de Guaranda es la apertura de un tramo de 13,2 km de longitud, una vía de dos carriles que toma o inicia antes de Guanujo, se desplaza hacia el este de Guaranda pasando por el sector Vinchoa para luego tomar hacia el oeste y terminar en Santa Fe, empatando con la vía Chimbo-San Miguel y Babahoyo (Publicas, 2018).

Los deslizamientos es uno de los problemas a nivel mundial que afectan principalmente a la vialidad, esto se da porque en las zonas circundantes predominan pendientes pronunciadas, también afecta a los sectores agrícolas e infraestructura física porque se encuentra asentada sobre laderas, estas características predominan en los países de la región andina, por ende, son los que presentan problemas de movimientos en masa con mayor frecuencia en la época invernal (Mergili et al., 2015).

La tecnología y el conocimiento han mejorado sustancialmente, existen vías construidas años atrás, en las que no se consideró las condiciones del terreno ni la variable climática, razón por la cual, a pesar de implementar obras de mitigación para

reducir los riesgos de deslizamientos, siguen ocurriendo, pero en menos intensidad y frecuencia (Jeanneret & Moreiras, 2018).

En la actualidad la ocurrencia de deslizamientos es cada vez más frecuente y con más intensidad en la época invernal, es claro que a esto se suma las condiciones del terreno, cuyo uso es inadecuado o en contra de la aptitud del suelo, la deforestación que desprotege los suelos, el corte de pendientes, el debilitamiento de los taludes, la vibración constante de los vehículos, son factores que suman en la ocurrencia de deslizamientos.

El proyecto de la construcción de la vía paso lateral en el cantón Guaranda, es un proyecto que trae grandes beneficios para la movilidad vehicular, ayuda a descongestionar las vías urbanas, además la reducción del tránsito de vehículos pesados brindará mayor seguridad y tranquilidad a la población, dado que el ruido que emiten molesta e incómoda a las personas de la tercera edad. Sin embargo, la construcción del paso lateral debe considerar dentro de su ejecución, la identificación de las zonas que son susceptibles a deslizamientos con la finalidad de tomar acciones preventivas, que incluyen obras de mitigación, capacitación a los pobladores.

Razón por la cual, y a través del uso de varias metodologías siendo una de ellas la metodología de Mora Vahrson que radica la importancia del desarrollo de la investigación, el hecho de proporcionar información a los tomadores de decisiones sobre las zonas con alta susceptibilidad a deslizamientos para que, dentro de los procesos de la construcción de la vía, se encuentre la prevención y mitigación de deslizamientos.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los factores y las zonas susceptibles a la amenaza de deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la amenaza de deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Establecer los factores que inciden ante la amenaza de deslizamiento de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar.
2. Identificar las zonas y niveles de amenaza a deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda.
3. Determinar medidas de reducción de riesgos de deslizamientos.

1.4. Justificación de la investigación

La Gestión de Riesgos de Desastres dentro de la normativa legal vigente en la Constitución del 2008, empieza a tener importancia principalmente porque la Norma Suprema impone en sus artículos 389 y 390 competencias para los Gobiernos Autónomos Descentralizados especialmente enfocadas en la investigación científica y el desarrollo de proyectos; para lo cual, las instituciones dentro de su ámbito geográfico serán responsables directos por la gestión del riesgo dentro de su área geográfica. Por tal motivo, es que hoy existen investigaciones centradas en determinar la amenaza de deslizamientos (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008).

Si bien es cierto la vialidad es un indicador de progreso de las ciudades, además de ser el medio por el cual se transita, se distribuye y comercializa tanto los productos que se desarrollan internamente como los externos, cuyos productos son destinados a satisfacer las necesidades básicas de la ciudadanía.

Cabe mencionar que los deslizamientos se ven detonados por la intensidad en tiempo y volumen de la lluvia, como es de conocimiento general, la alteración del sistema climático ha modificado los patrones de temperatura y precipitación, haciendo que en la actualidad, las lluvias se presenten en temporadas donde antes no lo hacían, también la gran intensidad con que se presenta en cortos periodos de tiempo, la fuerza con la que cae la lluvia, adicionando a esto las condiciones de la superficie, suelos desnudos,

sin vegetación, suelos con pendientes pronunciadas, hacen que la infiltración del agua, debilite las estructuras, por consiguiente la ocurrencia de deslizamientos.

Si la construcción de la vía paso lateral se realizará en el cantón Guaranda, es de vital importancia contar con la integración de la Gestión de Riesgos no solo para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos, sino en toda la vida del proyecto, dado que la transversalidad de la misma le faculta para integrarse con las demás áreas del conocimiento.

El desarrollo de la presente investigación de cierta manera aporta a la parte económica, ambiental y el conocimiento, debido que el abordaje de la misma amplía el enfoque visionario del investigador y el lector, a fin de promover una cultura de reducción de riesgos de desastres desde el diseño, la ejecución y entrega de los diferentes proyectos a nivel provincial, cantonal y local de la zona de estudio.

1.5. Limitaciones

- La ausencia de información y cartografía de algunas variables de estudio y el manejo de las diferentes escalas de la información secundaria de mapas bases para el desarrollo del trabajo; para ello, se utilizó cartografía oficial disponible: la ortofoto SIG TIERRAS (2012) y del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el GAD cantón Guaranda para establecer una escala que permita alcanzar los resultados.

- Dificultades para el acceso a información, se realizó gestiones ante las autoridades de las instituciones locales para contar con la autorización y se facilite la información y cartografía oficial disponible en el área de estudio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Localización y contexto del área de estudio

La vía paso lateral se encuentra ubicada en la provincia Bolívar - cantón Guaranda, limitada por las parroquias Ángel Polibio Chávez, Gabriel Ignacio Veintimilla y Guanujo, por donde atraviesan los ríos Salinas y Guaranda, que confluyen al Sur de la ciudad y forman el río Chimbo.

La zona de estudio comprende 13,2 km del eje vial, el cual constará de dos carriles cada uno de 3.65m, ancho de la vía 13,30 m incluye (bordillo central, carriles, espacio vía cuneta, cuneta, acera); está diseñada para una velocidad de 60 km/h además de señalización horizontal y vertical e iluminación.

La extensión de la vía incluye las siguientes comunidades:

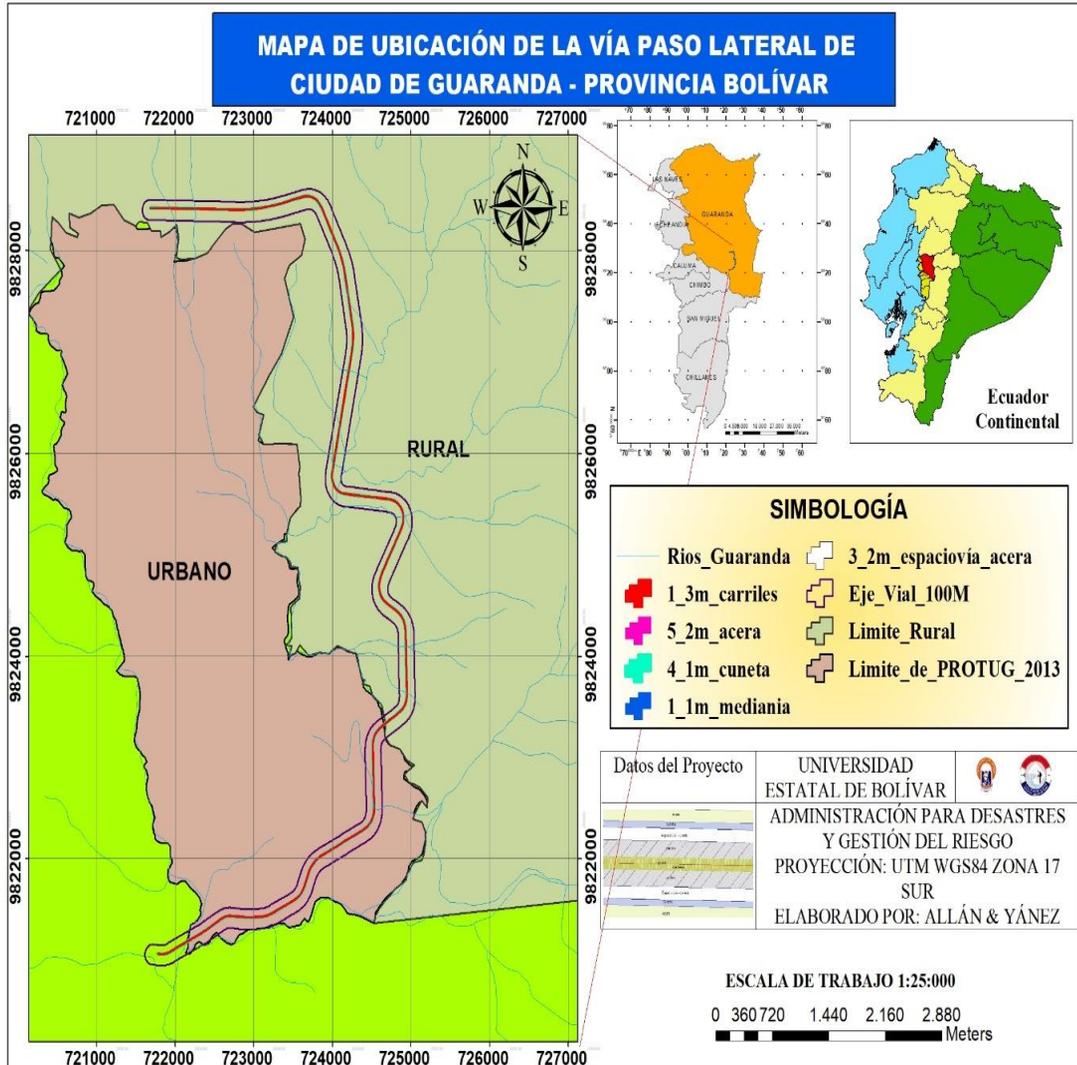
Tabla 1. Comunidades que incluye la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda

Comunidades	Este	Norte
Chalungoto	721701.019	9827647.571
El Chorro	721963.651	9827878.733
Suruguayco	723772.414	9828783.544
Chuquisaca	725103.769	9828561.548
Llushcapamba	725492.178	9828139.775

Ibisgagua	725546.888	9827366.743
Totoras	725117.114	9826721.324
Paltabamba	724868.443	9824734.001
Castillo	724320.865	9824324.163
Pongo Urco	724273.759	9823663.264
Casipamba	723855.389	9822660.716
Vinchoa	723381.996	9822094.356
Laguacoto	722756.515	9821880.467
Las Palmas	722491.625	9822888.826

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 1. Mapa de localización de la vía paso lateral de ciudad de Guaranda, provincia Bolívar



Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Aspectos físicos de la vía paso lateral

A continuación, se hace una descripción de los aspectos físicos que se encuentran en el área de estudio.

Geología. - La conformación geológica del sitio, está caracterizada por la presencia de diversos materiales asociados a las unidades volcánicas Guaranda, las cuales están relacionadas a una antigua actividad del volcán Chimborazo como son: cenizas, pómez, flujos piroclásticos, productos de avalanchas de escombros y lahares.

La topografía es montañosa la cual presenta zonas de depósitos coluviales que son el resultado de desprendimientos in situ de los macizos rocosos en laderas conformados por: masas inestables de gravas (guijarros, cantos, bloques) transportadas por la gravedad y agua; también se evidencia depósitos aluviales que comprenden: arcillas, guijarros, arenas, gránulos, bloques y cantos, que son producto del transporte por acción del agua.

Además de acumulación de depósitos de ladera formados por: limos, cantos, bloques de roca y gravas, que son el resultado de la acción predominante de la gravedad como producto final del movimiento de masa (C.LTDA, 2015).

Geomorfología. – Es la forma del terreno de la zona de estudio, el cual está caracterizado por la presencia de barrancos, abrupto de superficie inclinada, coluvio - aluvial antiguo, coluvión antiguo, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado medio, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales

volcánicos, superficie inclinada disectada, superficie volcánica ondulada, valle fluvial / llanura de inundación; unidades que influyen en la susceptibilidad de deslizamientos.

Geotecnia. – La zona de estudio presenta mecánica de suelos y mecánica de rocas, la cual está conformada por las siguientes características: arcilloso, franco, franco arcilloso, franco arenoso, franco limoso, limos inorgánicos, lo que nos permitirá conocer la calidad y tipo de suelo que servirá para la determinación de taludes con riesgo de inestabilidad en los terrenos y; a su vez una adecuada toma de decisiones al momento de seleccionar los sitios óptimos para la construcción de la vía.

Uso de suelo y cobertura vegetal. – La mayor parte de la superficie del territorio está ocupado por: bosques nativos, área poblada, cuerpo agua, cultivos, erial (área erosionada), infraestructura antrópica, pastizales, plantación forestal, vegetación arbustiva, vegetación herbácea, las áreas que presenten cobertura vegetal generarán mayor estabilidad mientras que, la mala conservación de suelos con cultivos o intervenidos con técnicas inadecuadas serán considerados generadores de mayor susceptibilidad en la amenaza de deslizamientos.

Aspectos sociales de la vía paso lateral

Principales actividades económico productivas

Las principales actividades económicas de los sectores aledaños a la vía son el comercio, la administración pública, enseñanza, agricultura y ganadería; siendo las más importantes categorías de ocupación: (pequeños comerciantes, negocios); por lo que, la especialización económica tiende hacia los servicios o sector terciario.

Infraestructura y servicios

En el cantón Guaranda la vía paso lateral se encuentra situada entre sectores urbanos y rurales por lo que, la mayor parte de su infraestructura (viviendas) están construidas de material mixto (madera, hormigón armado, etc). En cuanto a los servicios básicos la mayoría cuenta con sistema de energía, sistema de alcantarillado y aguas servidas, abastecimiento de agua potable, alumbrado público, servicio de recolección de residuos, servicio de asistencia médica, servicio de telefonía-internet; pero también existe un porcentaje de habitantes que no cuentan con algunos de estos servicios evidenciándose más este déficit en el sector rural.

2.2. Antecedentes de la investigación

En el análisis de riesgo es imprescindible establecer un estudio de vulnerabilidad de origen natural, como es la intensidad en tiempo y volumen de la lluvia, la alteración del sistema climático, las condiciones del suelo, del lugar donde se realizará la construcción de la vía paso lateral en el cantón Guaranda (Criollo, 2016). Para lo cual incluiremos estudios realizados sobre deslizamientos que permitan dilucidar las ideas del investigador.

Para la elaboración del estudio de caso se ha revisado proyectos vinculados con el tema planteado como artículos, revistas, repositorio de la Universidad Estatal de Bolívar lo cual servirá para el análisis y la obtención de una adecuada metodología.

La reducción del riesgo y amenaza de deslizamiento en vías principales de Colombia.

Uno de los principales estudios analizados es el de Colombia, la reducción de riesgo y amenaza de deslizamientos en las vías principales, realizado por la Universidad Pontificia Javeriana, ha sido una acción impulsada desde el gobierno central, ya que debido a las características montañosas y las condiciones de vulnerabilidad que presentan las carreteras han dejado pérdidas humanas, económicas y ambientales.

Los tipos de deslizamientos que se han presentado en Colombia han sido caídas, desprendimientos y desplomes, flujos, deslizamientos, volcamientos y reptación, las técnicas aplicadas para el análisis de estos riesgos se basaron en la documentación existente en la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgos de Desastres quien menciona que al año casi 5000 vías resultan afectadas por estos eventos y que el gobierno invierte 50 mil millones de dólares, de los cuales el 91% se destina para la reconstrucción y rehabilitación y el 9% para prevención de riesgos, esto demuestra el equilibrio que se debe tener entre acciones preventivas y operativas que permitirán reducir los gastos.

En el documento recomienda que los factores biofísicos y las actividades humanas son claves para poder identificar las zonas susceptibles a deslizamientos, además que las zonas que presentan mayores riesgos son las áreas montañosas, dado que la acción antrópica ha ido modificando los territorios, dejando pendientes desprotegidas, lo que con las intensas lluvias en la época invernal debilitan los taludes y se producen los deslizamientos (Muñoz, 2019). Las acciones que han implementado para la reducción

de riesgos de deslizamientos que son medidas de estabilización, medidas de control y medidas de prevención, estas últimas están implementadas dentro de los planes de desarrollo, capacitación a la ciudadanía, evaluaciones continuas y exigir a las instituciones estudios de las vulnerabilidades de los sectores.

En las medidas de control se recomienda colocar estructuras de protección que sirvan de trinchera para el material que se desplaza o al final de los taludes colocar mallas como barreras que impidan que el material obstaculice la vía hasta que el personal encargado de la limpieza y mantenimiento los retire.

Las medidas de estabilización están; la modificación de las dimensiones de los taludes, mejorar el sistema de drenaje superficial y subterráneo, concretos lanzados, muros, anclajes y micropilotes.

Susceptibilidad a deslizamientos en la vía Alóag – Santo Domingo, mediante lógica difusa.

El trabajo interinstitucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el GAD municipal de Morona en el año 2020 realizó el estudio sobre deslizamientos en una zona que en el periodo invernal frecuente la ocurrencia de estos eventos. La fórmula utilizada para el estudio fue en función de la probabilidad y su consecuencia, esa es una fórmula aplicada en varios estudios a nivel internacional; por lo tanto, tiene una validez técnico científica en su aplicación, por otro lado, el uso de los sistemas de información geográfica en la que se integra lógica difusa, que son técnicas multicriterio

basadas en procesos de jerarquías y combinaciones ponderadas para definir las zonas susceptibles a deslizamientos.

La vía en estudio es de 121.80 km en intervenciones por deslizamientos el mantenimiento diario tiene un valor 22'839.702,62 y en total se ha invertido 5'392.541,51 dólares en reconstrucciones de 28 km afectados.

La información geográfica utilizada está en el DEM de ALOS PALSAR a una resolución de 12.5 m; además de isoyetas, cobertura y uso de suelo, ríos, vías, litología y fallas geológicas, información proporcionada por instituciones nacionales como el INAMHI, IGM, MAE, MTOP y MAG, de las cuales se estableció 7 variables que corresponden a; precipitación, cobertura, vegetal, ríos, vías, pendiente, tipo de rocas y fallas geológicas.

Para la aplicación de la lógica difusa se trabaja con valores de 1 y 0 que corresponde a si y no, donde se trabaja con cada valor de pixel, al que se le asigna una probabilidad de ocurrencia, característico de un modelo matemático lineal, la comprensión del funcionamiento se basa en la asignación de tres escenarios posibles, el primero en función de los radianes, el segundo en función del coseno con el rango de los radianes y el tercero con la función de seno con el rango 2 de radianes. Al final, se aplica una sumatoria a todas las capas y se divide al total de capas.

Como resultado se obtiene que un ajuste del modelo de 87.7% y permitió un ajuste continuo para todo el tramo de la vía, según el modelo el 70% de la vía se encuentra en una zona crítica con respecto a los deslizamientos al igual que los asentamientos

humanos colindantes (Orejuela, 2020). De allí, la importancia de desarrollar este tipo de modelos ya que permite localizar las zonas e implementar sobre estas acciones focalizadas de reducción de riesgos de desastres.

La vulnerabilidad ante amenazas de deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río blanco, provincia de Imbabura-Ecuador

El presente estudio fue realizado en la cuenca del río Blanco ubicado en la provincia de Imbabura, esta cuenca se encuentra dividida entre los cantones de Cotacachi y Otavalo, su extensión es de 88 km la mayor parte de esta cuenca se encuentra en el cantón Otavalo.

En este trabajo de investigación se aplicó la siguiente metodología en la fase de amenaza de deslizamientos en donde se realizó la depuración de toda la información recopilada. Se generó un modelo cartográfico para determinar las áreas con amenazas de deslizamientos a través del análisis de los factores condicionantes y detonantes.

La identificación, análisis de los factores condicionantes y detonantes a deslizamientos, se realizó un análisis de información documental especializada y el reconocimiento del área de estudio (Muenala, 2018). Para identificar las amenazas de deslizamientos se consideró 4 factores condicionantes (pendientes, geología-litología, cobertura vegetal y textura de suelos) y un factor detonante que son las precipitaciones. Cada uno de estos factores tienen un parámetro valorado de 1 a 4, la metodología utilizada es un método indirecto.

Para la generación del modelo cartográfico y la determinación de las zonas con amenazas de deslizamientos, se integró a cada factor y se le asignó un peso de acuerdo a la importancia sobre la amenaza pendiente 30%, factor litológico 25%, cobertura vegetal 20%, textura suelo 15% y precipitación 20%.

Para valorar los factores y verificar el modelo cartográfico se realizó un inventario de deslizamientos mediante observación directa, registro de una serie de datos en una ficha de observación y registros fotográficos. En el área de estudio del río Blanco un total de 53 deslizamientos, los cuales fueron determinados en la zona de amenaza.

Los resultados de este estudio en cuanto a las amenazas de deslizamientos se indica la validez y la aceptación del modelo cartográfico y su aplicación en otros territorios con características físico- ambientales y geográficas similares.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Los deslizamientos o movimientos de remoción en masa

Los movimientos en masa son generados por fenómenos de la geodinámica externa permitiéndose desplazar por las superficies inestables, produciendo así un impacto en las condiciones geomorfológicas, hidrológicas y geológicas, debido a los procesos y actividades antrópicas lo cual les permite modificar la forma del terreno o superficie (Mergili et al., 2015).

Existen factores condicionantes como la geología, geomorfología, geotecnia, pendiente y uso de suelo los cuales guardan relación con las consecuencias de los movimientos en masa al igual que los factores desencadenantes como lo son: acumulación de agua, pendientes, actividad antrópica, actividad sísmica, por explosiones, ya que estos fenómenos determinarán la magnitud de los movimiento en masa, produciendo así; peligros como el deslizamiento del suelo, reptación y deformaciones gravitacionales (Gonzalez , 2012).

2.3.2. Tipo de deslizamientos

Debido al amplio número de investigaciones técnicas científicas, existen varias clasificaciones de las cuales se destaca los siguientes:

Por desplazamiento en Masa

Se clasifican en reptación, deslizamiento, propagación lateral, desprendimiento, escurrimiento y vuelcos. En este tipo de deslizamientos el comportamiento de las masas

responde esencialmente a las leyes mecánicas de los materiales sólidos (Florez García & Pérez Castillo, 2019).

Reptación: La reptación consiste en el movimiento de tipo viscoso extremadamente lento y continuo, que junto a la deformación consecutiva de terrenos no consolidados, su estructura se encuentra semi disuelta pero sin que exista rotura o falla de su superficie, los hace ser casi imperceptibles; afecta principalmente a suelos residuales y abarca extensas áreas de terreno que son deforestadas o fueron intervenidas inadecuadamente (Escobar Potes, y otros, 2017).

Deslizamientos Rotacionales: Por lo general se originan en áreas uniformes con discontinuidad y superficies planas de estratificación, como en la superficie curvilínea, cóncava que puede ser comparada con la superficie de una cuchara, esta curva se sitúa el centro de giro, es decir la superficie curvilínea, es donde se producirá el deslizamiento ya sea por origen natural o artificial produciendo el deslizamiento de rocas, detritos y derrubios (Hutchinson , y otros, 2012).

Deslizamientos Traslacionales: Se origina sobre las superficies donde la ruptura es plana o ligeramente ondulada caracterizada por el hecho que la masa desprendida es producto de un movimiento sobre la superficie de una falla, tal superficie es caracterizada por discontinuidades frecuentes en materiales rocosos, detritos y derrubios, pero la velocidad de este tipo de deslizamiento varía desde rápido hasta extremadamente rápido (Cruden, y otros, 2013).

Propagación lateral: Constituye al desplazamiento horizontal de masa cuya consistencia es dura mediante el flujo plástico o licuación del material más blando existente sobre la superficie en la que se genera (Escobar Potes, y otros, 2017).

La propagación es característica de suelos arcillosos y dependiendo del factor que la produjo pueden hasta moldearse como un líquido denso que arrastra bloques del material superpuesto. Especialmente ocurre cuando las capas de arcilla se encuentran húmedas y resbaladizas provocando la separación del material en grandes bloques (Pasive, 2018).

Caídas y desprendimientos: Suelen manifestarse como una caída repentina de una masa o bloque de suelo de un talud escarpado el cual es de difícil acceso, por el hecho de hallarse empinado, por lo general se manifiesta en zonas montañosas cuyas paredes son rocosas, las cuales se precipitan en caída libre, rodadura o posterior rebote de manera rápida o excesivamente rápida con velocidades que superan a $5 \times 101 \text{ m/s}$; pueden ser originados por lluvias intensas, la erosión del suelo, el descalce de los bloques del suelo o sus grietas, y por la erosión fluvial y movimientos sísmicos (Bustillos Arequipa et al., 2016).

Escurrimiento: Se define como escurrimiento al movimiento de masas a manera de colapso o derrumbe ya sea que las masas estén secas o húmedas, las cuales al hallarse expuestas por las excavaciones viales o similares, se desplazan de manera viscosa (Escobar Potes, y otros, 2017).

El escurrimiento puede subdividirse en tres tipos acorde a su densidad y el estado de la superficie donde se origina, es así que existe el escurrimiento superficial difuso se caracteriza por causar un arrastre uniforme de capas delgadas del suelo a muy cortas distancias generalmente en suelos limosos y limo-arenosos y taludes viales. El escurrimiento superficial concentrado genera pequeños canales semi-paralelos cuya erosión es incisiva debido a la energía que adquiere el agua depositada en dichos canales. El escurrimiento sub superficial ocasiona el debilitamiento interno del terreno o superficie originando manantiales, cárcavas y hundimientos (Escobar Potes, y otros, 2017).

Volcamiento: Se caracteriza por la rotación de uno o más bloques de material rocoso ya sea completo o fracturado, cuya rotación se ejerce por debajo de su centro de gravedad hacia adelante y alrededores de una ladera sin importar si está constituida por únicamente suelo o rocas, a causa de la forma empinada del terreno del cual se desprenden conjuntamente con la gravedad conforman su principal fuente desencadenadora (Escobar Potes, y otros, 2017).

Por transporte en masa

Se sub clasifican en flujo y avalancha. Debido a que el comportamiento de las masas obedece principalmente a las leyes de la hidráulica y la mecánica de fluidos (Pineda Herrera & Sabogal Ríos, 2019).

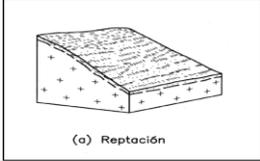
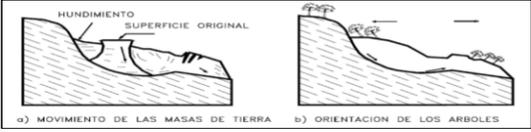
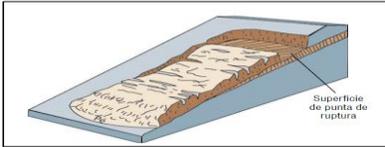
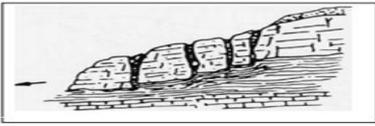
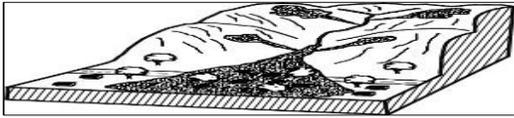
Flujos: Característico por el movimiento más o menos rápido de partículas o pequeños bloques yacentes en una parte de la ladera natural como lodo, tierra, detritos o rocas,

cuya distribución de velocidades y desplazamiento es semejante al comportamiento de un líquido viscoso, durante un corto tiempo de duración (Escobar Potes, y otros, 2017).

Cuando los flujos se dan de una manera lenta o extremadamente lenta, es posible identificar fácilmente el área donde se originan debido a la separación entre el suelo que se mueve y el suelo profundo. En este tipo de deslizamientos es común que las deformaciones internas sean de gran escala arrastrando un gran volumen de suelo (Onel et al., 2017).

Avalancha: Consiste en la fluidificación de masas como rocas y detritos las cuales se desplazan con rapidez a lo largo de la superficie, cuya velocidad oscila entre los 250 km y a causa de su velocidad y el peso de las masas al desplazarse por los causes naturales de la superficie, entre sus fragmentos quedan atrapadas bolsas de aire lo cual provoca la dispersión de partículas más finas entre los bloques mayores originando un mecanismo de fluctuación y suministrando un colchón de aire hacia la base de la zona en movimiento (Escobar Potes, y otros, 2017).

Tabla 2. Tipos de movimientos de masa o ladera

MOVIMIENTOS DE MASA O LADERA		
Mecanismo	división	Gráfico
Reptación	movimientos viscosos	 (a) Reptación
Deslizamientos	Rotacionales	
	Traslacionales	
Propagacion Lateral	Lentos por Licuefacción	
Caídas y Desprendimientos	Rocas (suelos, detritos)	
Escurrimiento	Colapso o derrumbe	
Volcamiento	Bloques rocosos completos o fracturados	
Flujos	Bloques yacentes	
Avalancha	Fluidificacion de masas	

Fuente: (Escobar Potes, y otros, 2017)

Causas de los movimientos de masa

De cierta forma los movimientos en masa se pueden presentar de diferentes maneras, en muchas ocasiones de forma violenta y estos sobrepasan la resistencia del terreno las cuales en un determinado tiempo llegan a cobrar bienes materiales, económicos, humanos, entre otros y que son desplegados por corrientes adversas, esto aumenta o disminuye por las condiciones climáticas en el lugar.

La mayor parte del tiempo también se puede considerar que los deslizamientos ocurran por los siguientes factores:

Factores inherentes. - Pueden ser naturales tales como la humedad del suelo, la lluvia, movimientos telúricos, o fallas geológicas que son la causa principal de la inestabilidad.

Factores externos de tipo natural. - Los agentes naturales que influyen son la humedad del suelo y la actividad volcánica.

Factores externos de tipo antrópico. – Debido a la intervención de la mano del hombre como, por ejemplo; el mal uso del suelo, la deforestación, el mal uso de drenajes y vertientes que son detonantes de la inestabilidad.

Tipos de deslizamiento

Los deslizamientos de tierra pueden clasificarse en diferentes tipos según el tipo de material del cual este formado.

El material en una masa de deslizamiento de tierra es roca o tierra en el cual se describen como está compuesto principalmente las partículas de arena o partículas más finas y escombros.

Los deslizamientos también pueden formar una falla compleja que abarca más de un tipo de movimiento.

Deslizamientos rotacionales

Son frecuentes en suelos homogéneos, se caracterizan por que la superficie de falla tiene forma curva o forma de cuchara, en este deslizamiento la masa deslizada se acumula al pie de la ladera como un lóbulo.

Deslizamientos traslacionales

Con respecto a los deslizamientos traslacionales pueden generarse en suelos y rocas, la rotura se da a través de una o varias superficies de falla que son planas y se orientan a favor del talud.

Actividad antrópica

Acción o intervención realizada por el ser humano sobre la tierra, por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, la mayoría de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera de origen fabril, vehicular, etc.

Partes de un deslizamiento

Cabeza: Es la parte superior del material que se mueve a lo largo del material de contacto con el escarpe principal.

Corona: Sector de la ladera que no ha fallado y localizada arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas llamadas grietas de corona.

Tope: El punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal

Cuerpo principal: La parte del material desplazado que sobre yace de la superficie de la rotura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de la rotura.

Flanco: Lado del deslizamiento o perfil lateral.

Pie: Es la línea de intercepción del material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de rotura.

Dedo: El margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

Escarpe principal: Muy fuerte localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera.

Escarpe secundario o menor: Superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

Punta de superficie de la rotura: La interacción (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie orinal del terreno (Hurtado, 2018).

2.4. Evaluación de la amenaza de deslizamientos

Evaluar las amenazas de deslizamiento es una manera útil de detectar un posible riesgo de deslizamiento además es necesario para tomar decisiones durante las primeras etapas de planificación de un proyecto.

El mapeo directo e indirecto también es una evaluación de tipo ejercicio, la cual está encaminada a determinar por zonas la amenaza de deslizamiento; se basa en analizar la información de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado cuya constancia se halle en inventarios conjuntamente con los factores que contribuyeron a su ocurrencia.

Aunque es indispensable en algunos casos no provee información suficiente para diseñar soluciones.

El método de Evaluación a aplicar al presente proyecto es el de Mora Vahrson, elaborado en Costa Rica en 1993 por Sergio Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson el cual consiste en realizar un análisis a priori de las áreas extensas que se hallen bajo amenaza de deslizamiento mediante la utilización de indicadores morfo-dinámicos definidos por índices de influencia para cada área y que pueden ser trabajados en un sistema de información geográfico para obtener un mapa de índices, niveles y zonas de deslizamientos (Mora & Vahrson, 1991).

Esta metodología permite realizar un análisis de los factores condicionantes y detonantes para obtener una aproximación del grado de amenaza de deslizamiento en la zona donde se construirá la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda.

Las zonas críticas podrán ser determinadas y posteriormente analizadas a través de la aplicación del método de Mora Vahrson. La mayor ventaja de esta metodología es el aporte que brinda respecto a la toma de decisiones en los procesos de planificación de uso del terreno y para evaluaciones de amenazas por deslizamientos, aunque es necesario mencionar que el método no sustituye a los estudios geotécnicos de campo y laboratorio que no es capaz de determinar el tipo de deslizamiento que puede presentarse (Mora & Vahrson, 1992).

El método incluye el análisis de cinco factores relacionados con la geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo / cobertura vegetal llamados factores

pasivos, y adicionalmente se estudiará dos factores activos que son la sismicidad y precipitación para que, en conjunto se pueda encontrar el grado de amenaza de deslizamiento en las zonas de estudio (Mora & Vahrson, 1993).

Al combinar los factores pasivos se debe considerar que los fenómenos de remoción en masa se desencadenan cuando, la ladera tiene un grado de susceptibilidad ocasionada por la relación entre el factor morfométrico, la geología y cobertura vegetal; por ello, cuando los factores activos o detonantes actúan, ocurren los deslizamientos; a consecuencia es necesario considerar que el nivel de amenaza es producto de la susceptibilidad y la acción de los factores detonantes.

Mediante el uso de las herramientas necesarias y la información disponible sobre el área de análisis, es posible elaborar las zonas de distribución acorde a su susceptibilidad, partiendo de la información adquirida sobre las características del terreno, donde se valorará la información a fin de definir pesos de ponderación por cada indicador morfo dinámico y su distribución espacio temporal (Escobar Potes, y otros, 2017).

Tabla 3. Calificativo de susceptibilidad a deslizamientos

Clasificación	Potencial de deslizamiento	Características
I	Muy baja	<p>Sectores estables, no se requieren medidas correctivas, se debe considerar a los sectores aledaños más vulnerables con un alto índice de susceptibilidad.</p> <p>Sectores aptos para usos de alta densidad para una mejor ubicación de infraestructuras como centros educativos, policía, hospitales, bomberos.</p>
II	Baja	<p>Sectores estables que requieren medidas correctivas, en caso de obras de infraestructura. Se debe considerar a los sectores aledaños más vulnerables con un alto índice de susceptibilidad.</p>

		<p>Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables, los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.</p>
III	Moderada	<p>No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geocéntricos y se mejora la condición del sitio, las mejoras pueden incluir; movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos.</p> <p>Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado, recomendable para usos urbanos de baja densidad.</p>

IV	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta (<50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta, para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector.
V	Muy Alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta (>50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta, se prohíbe el uso para fines urbanos y se recomienda usuarios como área de protección.

Fuente: (Mora.2004)

2.4.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes están relacionados con las características intrínsecas del terreno como la Morfología, geología, mecánica de suelos y condiciones hidrogeológicas y también se relacionan con actividades específicamente humanas, por

lo que la siguiente clasificación se conforma tanto por factores condicionantes de origen natural y por factores condicionantes de origen antrópico (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2013).

Como factores condicionantes de origen natural se destaca los siguientes:

Geología: Es el apoyo en grandes superficies, pertenece a la forma interna y externa de mirar el suelo, se considera como un factor influyente debido a los cambios y alteraciones que ha experimentado desde sus orígenes.

Los procesos que afectan al suelo están intervenidos por el medio geológico lo cual tiene una reacción diferente, siendo estos naturales unidos por fuerzas de contacto que se originan a partir de sus formaciones.

Geomorfología: Consiste en las formas superficiales de la tierra, donde se interpreta sus relieves, paisajes y la interrelación entre hombre, suelo y la vegetación. Existen factores geomorfológicos como las pendientes de las laderas, la topografía, la extensión y altura de la ladera, responsables de que se originen los fenómenos de remoción en masa, haciendo que la estabilidad o inestabilidad de suelo dependa de estos factores al igual que la velocidad, el volumen y la energía con que se origina los desplazamientos (GAIA Geología, 2014).

Geotecnia: Es la rama de la geología que trata de la aplicación de los principios geológicos en la investigación de los materiales naturales como las rocas que constituyen la corteza terrestre implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería civil, como autopistas, vías férreas, entre otros. El

conocimiento preciso de las propiedades mecánicas del suelo donde se pretende edificar y de las condiciones físicas del ambiente, constituyen el mejor medio de prevención ante desastres naturales que pueden causar graves daños a las obras civiles y a los seres humanos que los habitan (Zambrano, 2019).

La geotecnia vial es la especialidad de la ingeniería geotécnica que se encarga de atender las necesidades y problemas de la infraestructura vial relacionados con el suelo y las rocas como medio de soporte de obras, vías estatales, taludes de corte y terraplenes y debe ser tomada en cuenta desde las etapas iniciales de cualquier proyecto vial para identificar las restricciones geológico geotécnicas del entorno y sus implicaciones en las etapas de diseño, construcción y mantenimiento de las mismas vías (Zambrano, 2019).

Uso de suelo: El uso de suelo se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de estos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad (D.F, 2015).

Pendientes: Las pendientes generan una visión del grado de equilibrio de la ladera, por su altura y amplitud. Este factor se relaciona con la gravedad y el tipo de suelo por el cual se compone la ladera, las fallas, pliegues o fracturas que pueden facilitar los procesos de inestabilidad que generan los movimientos en masa.

2.4.2 Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes, también conocidos como activadores de movimiento están relacionados con las condiciones particulares del momento en que se desarrolla el movimiento, se encuentran asociados con las condiciones del terreno derivados de lluvias torrenciales, sismos e inclusive por la actividad humana relacionada con obras civiles (Pineda Herrera & Sabogal Ríos, 2019).

Son considerados como factores desencadenantes a las acciones externas al terreno las cuales son responsables de las inestabilidades del suelo, estos pueden ser: precipitaciones, terremotos, sismicidad y agrietamientos (Santos, 2014).

Precipitación: Los procesos de precipitación se producen de manera intensa en los suelos y en fracturas de la superficie por lo cual incrementan el índice de saturación y la presión con que se manifiestan los fluidos sobre la escorrentía superficial. La intensidad y magnitud de las precipitaciones se relacionan con la duración del período pues si hay baja intensidad o magnitud de la precipitación durante un período largo provocará un deslizamiento desencadenando con mayor vulnerabilidad de la superficie ya que producen eventos profundos, mientras que las precipitaciones desarrolladas en período cortos ocasionan solo eventos superficiales.

Sismicidad: Es un agente provocado por movimientos generados por la fricción de fallas geológicas o movimientos trepidatorios asociados a causas volcánicas que influye considerablemente a la generación de fenómenos de remoción en masa, pues su impacto provocado por la energía mecánica liberada, genera vibraciones en el

terreno y logra un cambio temporal en la fuerza ejercida sobre las laderas y la inestabilidad de las mismas. Esto se puede desencadenar en distintos ambientes topográficos y geológicos. Los deslizamientos es uno de los principales fenómenos de remoción en masa generados por los sismos.

2.5 Medidas de reducción de deslizamiento

2.5.1 Medidas Estructurales y no Estructurales

Para reducir el riesgo de deslizamientos, este tipo de medidas se implementan mediante la acción del hombre o a través de mecanismos de subducción que son útiles para evitar o reducir posibles impactos negativos en áreas susceptibles a sufrir daños en cualquier ámbito o situación, por ello las estrategias de reducción de riesgo son aptas y eficientes dentro de zonas de estudio determinadas, tanto para el aprovechamiento del suelo como para construcciones que pueden estar presentes en proyectos futuros que serán de ayuda para el sector productivo, económico y urbanístico del lugar.

Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC (2015)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC (2015) tiene como antecedente el Código Ecuatoriano de la construcción- CEC del año 2002 elaborado por el Ministerio de Vivienda con el propósito de establecer normativas y orientaciones para el diseño de construcciones sismo resistente.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC se procedió a elaborar en el año 2011 mediante un Comité Ejecutivo de la NEC liderado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI y contó con la participación de académicos y técnicos

de instituciones de educación superior, Ministerios y la Cámara de la Construcción, entre otras. Fue oficializada el contenido de la norma NEC a través del MIDUVI mediante Acuerdo Ministerial No. 0028 de 19 de agosto de 2014 publicado en el Registro Oficial No. 319 de 26 de agosto de 2014. Se realizó la actualización de la norma NEC mediante Acuerdo Ministerial número 0047 del 10 de enero de 2015 publicado en el Registro Oficial No 413, la misma que actualmente está en vigencia (NEC, 2015). La NEC tiene por objeto “mejorar la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible” (NEC, 2015).

2.6. Marco legal

2.6.1 Constitución de la República del Ecuador

El Estado es el encargado de proteger tanto a las personas como a la naturaleza, de los efectos negativos provocados por los desastres naturales o los desastres de origen antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, ambientales para minimizar la condición de vulnerabilidad (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008).

Las unidades de Gestión de Riesgo, instituciones públicas y privadas, conforman el sistema nacional descentralizado de Gestión de Riesgo y tendrán como funciones principales:

- Identificar los riesgos existentes y potenciales que afecten el territorio ecuatoriano.
- Gestionar adecuadamente el riesgo mediante la generación, democratización del acceso a la información.
- Asegurar que las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente en su planificación la gestión de riesgo.
- Fortalecer capacidades de identificación de riesgo en la ciudadanía y las instituciones públicas y privadas.
- Articular las instituciones para que coordine acciones encaminadas a prevenir y mitigar riesgos.
- Realizar y coordinar acciones para reducir la vulnerabilidad, prevenir, mitigar y atender efector de los desastres y emergencias en el territorio nacional.

Bajo el principio de descentralización subsidiaria, los riesgos serán gestionados, lo cual implica la responsabilidad de las instituciones. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización

Artículo 7.- Los concejos regionales y provinciales, concejos metropolitanos y municipales, tienen la capacidad para dictar normas de carácter general a través de ordenanzas, acuerdos y resoluciones aplicables dentro de su circunscripción territorial (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos, 2011).

Dentro de las Funciones del gobierno autónomo descentralizado, una de ellas es Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos. 2011, Art. 54, literal o).

Dentro de las atribuciones del concejo municipal una de ellas es expedir la ordenanza de construcciones que comprenda las especificaciones y normas técnicas y legales por las cuales deban regirse en el cantón la construcción, reparación, transformación y demolición de edificios y de sus instalaciones. Regular y controlar, el uso del suelo en el territorio del cantón, mediante la normativa cantonal, y establecer el régimen urbanístico de la tierra (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos, 2011; Art. 57, literal w, x).

Se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada la gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural, por ello, Los Gobiernos Autónomos Descentralizados adoptarán normas técnicas para la prevención y gestión del riesgo, además les corresponde la gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos. 2011, Art. 140).

Los estudios y evaluación de riesgo de desastres y estudios parciales para la conservación y ordenamiento de ciudades deberán estar contemplados en el plan de ordenamiento territorial (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos, 2011; Art. 466).

Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP)

Para la el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se incorporará acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales (Ministerio de Finanzas Públicas, 2010).

La misma ley determina que para efectuar proyectos de inversión pública necesariamente se tiene que establecer acciones y estrategias que favorezcan al medio ambiente sin causar ningún tipo de daño, es decir que cada proceso debe tener un enfoque técnico de reducción y prevención para no tener daños futuros en la población y el ecosistema incluyendo a la Gestión de Riesgos como eje fundamental.

Plan Nacional de Desarrollo para el buen Vivir 2017 – 2021

Objetivo 1: Para cumplir con el objetivo de garantizar una vida digna con igualdad de oportunidades, en necesario promover un enfoque integral de la gestión de riesgos, que pone énfasis en la identificación y análisis del riesgo, la concepción y aplicación de medidas de prevención y mitigación; la protección financiera mediante la transferencia o retención del riesgo y los preparativos y acciones para las fases posteriores de atención, rehabilitación y reconstrucción (Concejo Nacional de Planificación , 2017) (pág. 56).

Objetivo 3: Para la protección y cuidado de reservas naturales y ecosistemas frágiles y amenazados, además de las consecuencias ambientales producto de la intervención humana se propone la vigilancia por parte de los Gobiernos Autónomos

Descentralizados, las obras de infraestructura a fin de que cumplan con normas de gestión ambiental, y cuenten con infraestructuras resilientes (Concejo Nacional de Planificación , 2017) (pág. 64).

Como lineamientos territoriales, se debe implementar sistemas constructivos seguros y eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico; controlar y planificar la expansión urbana, para evitar la afectación a tierras y la ocupación de espacios con alto riesgo de amenazas de origen natural y antrópico. Identificar las infraestructuras y los equipamientos expuestos a amenazas de origen natural y antrópico, estableciendo los elementos esenciales para desarrollar medidas integrales de gestión de riesgos (Concejo Nacional de Planificación , 2017) (págs. 123 a 125).

2.7. Definición de Términos

Amenaza: Es un factor físico de origen natural o antrópico que puede manifestarse en un tiempo y espacio determinado que pone en peligro al ser humano, sus bienes, infraestructura y su ambiente (Bailes, y otros, 2015).

Amenaza Natural: Amenaza Asociada principalmente a procesos y fenómenos naturales (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Amenaza de origen antrópico: Amenaza inducida por actividades y decisiones humanas excepto de la existencia o riesgo de conflictos armados y otras situaciones de inestabilidad o tensión social (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Desastre: Interrupción grave en el funcionamiento de la comunidad en alguna escala debido a la interacción de eventos peligrosos con las condiciones de exposición y vulnerabilidad que producen pérdidas e impactos de tipo humano, material, económico o ambiental (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Deslizamiento: Movimiento producido al superarse la resistencia al corte del material que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies o a través de una franja relativamente estrecha del material (Galbán Rodríguez et al., 2016).

Evaluación de Amenaza: Proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno físico se manifieste con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Resiliencia: Capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Susceptibilidad: Es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento peligroso (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Sismo: Liberación súbita de gran cantidad de energía interna de la corteza terrestre y que se propaga en forma de vibraciones y que pueden acarrear convulsiones de la superficie terrestre conocidas como terremotos (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

Vulnerabilidad: Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas (Secretaría General de Gestión de Riesgos, 2017).

2.8. Sistema de variables

Variable Independiente:

Factores de amenaza de deslizamiento

Variable Dependiente:

Estrategias de reducción

2.8.1 Matriz de operacionalización de variables

Variable Independiente: Factores de amenaza de deslizamiento

Tabla 4. Matriz variable independiente

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
Factor de deslizamiento	Los deslizamientos se encuentran determinados por componentes que independiente de su condición y característica, contribuyen a la inestabilidad de los	Factor condicionante	Geología	Arenas Limos Arcillas Conglomerados Mezclas heterogéneas de material Lavas	GPS Fotografías
			Geotecnia	Arcilloso Franco	

	taludes, estos componentes se encuentran relacionados con el aspecto biofísico y humano.			Franco arcilloso	
				Franco arenoso	
				Franco limoso	
				Franco inorgánico	
			Uso de suelo	Arboricultura	
				Bosque sin intervención	
				Bosque con intervención	
				Cultivo ciclo corto	
				Páramo	
				Páramo intervenido	
				Pastos plantados	

				Vegetación arbustiva – Arboricultura Vegetación arbustiva – ciclo corto Vegetación arbustiva – Pastos plantados	
			Geomorfología	Barranco Coluvio antiguo Relieve colinado Relieve montañoso Relieve volcánico Cono de deyección Volcánica ondulada Terraza media	

				Valle fluvial	
				Vertiente abrupta	
				Vertiente heterogénea	
				Vertiente rectilínea	
			Pendiente	0 – 15%	
				15 – 25%	
				25 – 50%	
				50 – 70%	
				>70%	
		Factor detonante	Precipitación	1000 – 1500	
				1500 – 1800	
				1800 – 2000	
				2000 – 2400	
				2400 – 2700	

				2700 – 3000	
			Sismicidad	0.15g Zona I 0.25g Zona II 0.30g Zona III 0.35g Zona IV 0.40g Zona V >0.50g Zona VI	
			Acción antrópica	Deforestación Viviendas en laderas Áreas erosionadas Prácticas agropecuarias deficientes	

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Variable Dependiente: Estrategias de medidas de reducción de deslizamiento

Tabla 5. Matriz variable dependiente

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala Cualitativa	Instrumento de medición
Estrategias de reducción de deslizamientos	Es un proceso que disminuye el riesgo y previene otro en un futuro, donde se toma mucho en cuenta las medidas de mitigación y prevención, para de esa manera reducir la amenaza y la vulnerabilidad de habitantes, bienes y servicios, infraestructuras, etc. que pueden ocasionar daños o pérdidas.	Medidas de reducción	Medidas Estructurales	Estructuras de retención/contención	Visitas de campo
				Estructuras de protección	
				Sistema de drenaje	
				Sistema de canalización	
			Medidas no Estructurales	Planificación y Gestión del Riesgo	
				Ordenamiento del territorio	
				Sistemas de información y alerta temprana. Redes de información y monitoreo.	
				Análisis y predicción/previsión del riesgo. Metodología para la evaluación y análisis de riesgo	
				Zonificación de riesgo. Mapas de riesgo naturales en la ordenación territorial y urbanística	
				Educación y comunicación a la población	

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Nivel de investigación

El siguiente trabajo investigativo en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda posee un nivel descriptivo y correlacional.

Es descriptivo, debido a que describe cada uno de los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo) y factores detonantes (sismicidad y precipitación) los cuales permiten establecer zonas de susceptibilidad a movimientos en masa en el área de estudio.

Es correlacional, porque los factores condicionantes y detonantes ponderados se correlacionan para determinar los índices (establecidos del 1 al 100), niveles y zonas (bajo, medio, alto, muy alto) de la amenaza de deslizamientos.

Para llegar a alcanzar los objetivos específicos del trabajo de investigación se utilizó la siguiente metodología:

Para el objetivo 1, se describió las características de cada uno de los factores (condicionantes y detonantes), basados en la metodología de Mora-Vahrson y la metodología adaptada de INIGEMM -INAMHI-CLIRSEN-MAGAP-SENPLADES, 2012.

Para el objetivo 2, se utilizó el método estadístico para determinar los valores cualitativos y cuantitativos a través de las variables de los factores condicionantes y detonantes, además se utilizó el Software Arc Gis para generar mapas con niveles y zonas de amenaza.

Para el objetivo 3, se utilizó el método descriptivo para determinar medidas de reducción de riesgos de deslizamientos.

3.2. Diseño de la investigación

En el trabajo de investigación se aplicó el diseño no experimental, pues no se manipulará las variables y se trabajará mediante la observación y descripción en su entorno natural o situación actual los factores (condicionantes y detonantes) que intervienen o actúan en la amenaza de deslizamiento, para luego correlacionar y determinar los índices, niveles y zonas.

3.3. Población o universo

En el presente estudio el universo representa la zona de influencia de la vía paso lateral que tiene una longitud de 13,2 km y se ha considerado un diámetro de 50m a cada lado del eje principal que representa un área de (257,76 ha), considerado para la evaluación de la amenaza deslizamiento.

En el presente estudio no se aplica el ítem de muestra.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación, se recolectó información de fuentes secundarias brindadas de las siguientes instituciones: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (paso lateral, área de influencia, predios, orto foto SIG Tierras 2013), GAD Cantonal (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo, precipitación, sismicidad); además, los polígonos del eje vial, bordillo central, carriles, espacio vía-cuneta, cunetas, aceras.

Toda esta base de datos fue obtenida en diferentes formatos: CAD, Word, PDF, Shapelfile (shp), entre otros.

En las fuentes primarias se aplicó la siguiente técnica e instrumento para la recolección de datos:

Observación Directa: con esta técnica se llegó a verificar las condiciones actuales que presenta la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda y las posibles futuras consecuencias que pueden causar una amenaza de deslizamiento en esta zona.

3.5. Técnicas de procedimientos y análisis de datos, para cada uno de los objetivos específicos

Para cumplir con los objetivos se utilizó el sistema de información geográfica SIG, con los shp obtenidos del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), GAD Cantonal, para la elaboración de mapas de los factores condicionantes y detonantes, además de la susceptibilidad de amenaza a deslizamiento.

El programa Microsoft Word para la redacción del documento, Microsoft Excel para realizar la ponderación de cada uno de los factores (asignando valores cualitativos), para poder evaluar y obtener resultados, identificando de esta manera cual es el área de mayor influencia a deslizamientos.

El software Arc Gis que sirve para organizar y analizar la información cartográfica, a través de los geo-procesos con la finalidad de elaborar mapas temáticos que presentan el modelo del área de estudio y contribuyen a la planificación, uso de suelos y a la toma de decisiones.

Se realizó la transformación de información cartográfica de formato vector a ráster para poder realizar un algebra de mapas, de la misma manera se utiliza el sistema de información geográfica para realizar la interpolación de los datos de evaluación, basados en la metodología de Mora-Vahrson.

Metodología para procesamiento de la información del objetivo 1:

Para el desarrollo y cumplimiento de este objetivo se revisó algunas metodologías referentes a trabajos de movimientos en masa, para realizar una adaptación de valores en la ponderación y modelamiento de la amenaza de deslizamientos.

La metodología de Mora – Varhson, describe el estudio de los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente y uso de suelo) y detonantes (precipitación y sismicidad), los cuales permiten determinar una zonificación de susceptibilidad en el área de estudio.

Metodología del Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25 000 “Análisis de amenaza por tipo de movimiento en masa” elaborada por: INIGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP, 2012. Describe un modelamiento en base a un proceso de análisis de amenazas por tipo de movimientos en masa el cual, busca definir zonas de probables afectaciones que; a su vez, permitan realizar un análisis de riesgo y una adecuada planificación para su mitigación.

La metodología de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR – 2013), establece valores a los indicadores y el peso de ponderación de cada uno de los factores

condicionantes y detonantes para determinar el índice, el nivel y las zonas de la amenaza.

De las diferentes metodologías, mismas que a su vez están relacionadas al análisis de movimiento de masa, fueron modificadas para adaptarlas de acuerdo al trabajo de investigación. De la metodología de Mora Varhson se tomó como referencia los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo); de la metodología de INIGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP, 2012 la valoración en magnitud del factor detonante de la sismicidad; y de la metodología SNGR (Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, 2013) la tabla de valoración de la precipitación, a través de las variables y valores tomados de las metodologías se elaboró así, el cuadro de ponderación con su respectivo valor de indicador y peso.

A continuación, se describe brevemente los factores condicionantes y detonantes que se aplicaron para la evaluación de la amenaza de deslizamiento para el área de estudio.

Factores condicionantes que intervienen en la susceptibilidad para la amenaza de deslizamiento.

Factor Geológico: formas y composición del relieve en cuanto a su sustrato rocoso/ tipo de roca y a los depósitos superficiales, considerado un factor determinante para el origen de un deslizamiento.

Factor Geomorfológico: las formas del terreno que influyen en la susceptibilidad, para el área de estudio se caracterizó las unidades geomorfológicas como son: relieves, coluvios, barrancos, entre otros.

Factor Geotécnico: la calidad y tipo de suelo en el estrato superior influye en la generación de estabilidad o inestabilidad del terreno.

Factor Uso de suelo / cobertura vegetal: las áreas con buena cobertura vegetal y conservación de los suelos presentarán mayor estabilidad. Mientras que suelos con baja cobertura vegetal como: cultivos o intervención sin técnicas adecuadas y con problemas de erosión generarán mayor susceptibilidad del terreno.

Factor pendiente: las clases de pendiente permitirá identificar sectores críticos especialmente en zonas de fuertes o altas pendientes presentarán mayor inestabilidad, la información de pendientes se presenta en porcentajes de inclinación del terreno lo cual permitirá complementar la caracterización de la morfología y relieve del área de estudio.

El modelamiento de cada uno de los factores condicionantes, serán representados en cartografía a escala 1:25000. Los valores de los indicadores, pesos de ponderación y valores máximos se presenta en la tabla No 6.

Factores detonantes que intervienen en la susceptibilidad para la amenaza de deslizamiento

Factor sismicidad: para el presente trabajo se ha considerado la Intensidad Sísmica como factor desencadenante o detonante. La información se basará en la historia sísmica local que registra el peor evento sísmico de afectación.

Factor precipitación: se utilizarán los valores de precipitación media (promedio) anual de 20 años registradas en la estación meteorológica San Simón (M030), localizada cerca de la zona de influencia.

El modelamiento de cada uno de los factores detonantes, serán representados en cartografía a escala 1:25000. Los valores de los indicadores, pesos de ponderación y valores máximos se presenta en la tabla No 6.

Metodología para procesamiento de la información del objetivo 2:

Las características de los factores condicionantes y detonantes descritos en el objetivo 1, influyen directamente en la amenaza de deslizamiento, para correlacionar se utilizó las fórmulas de la metodología de Mora-Varhson lo cual nos permite determinar el índice, el nivel y las zonas con mayor susceptibilidad.

Fórmulas de la Metodología de Mora - Varhson

$$H= EP*D$$

Donde:

H: Grado de Susceptibilidad

EP: Producto de la Suma de los elementos condicionantes

D: Valor de la suma de los factores desencadenantes

$$EP = SI + Sg + Sp + Sgt + Sv$$

Donde:

SI: Valor del parámetro de geología/litología

Sg: Valor del parámetro de la geomorfología

Sp: Valor del parámetro de pendiente

Sgt: Valor del parámetro de la geotecnia

Sv: Valor de la cobertura vegetal / uso de suelo

$$D = Ds + Dp$$

Donde:

Ds= Valor del parámetro de sismicidad

DI= Valor del parámetro de la precipitación

Ecuación final aplicada en el presente trabajo de investigación:

$$A_{des} = (SI + Sg + Sp + Sv + Su) * (Ds + Dp)$$

Donde:

A_{des} = Índice de amenaza de deslizamiento

Para asignar los valores de los pesos de ponderación a cada uno de los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo) y detonantes (precipitación y sismicidad) se empleó el método criterio de expertos, el cual consiste en preguntar a expertos en base a sus conocimientos, investigaciones y experiencias; en este caso para la ponderación y modelamiento se revisó trabajos de amenaza de deslizamientos como: (La Reducción del riesgo y Amenaza de deslizamiento en vías principales de Colombia, 2019), (Susceptibilidad a deslizamientos en la vía Alóag – Santo Domingo, mediante lógica difusa, 2020) y (La vulnerabilidad ante amenazas de deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río blanco, provincia de Imbabura-Ecuador, 2018), así como el criterio de nuestro Docente-Tutor: Dr. Abelardo Paucar experto en el área de “Evaluación de Riesgo”.

En la tabla 8 se observa el proceso de ponderación para la evaluación de la amenaza de deslizamiento aplicada en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda-provincia Bolívar, la cual consta del factor condicionante (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo) y el factor detonante (precipitación y sismicidad), valores de los indicadores, peso de ponderación y los valores máximos.

Tabla 6. Matriz de Ponderaciones y Valores Máximos de los Factores

Factor	VARIABLES	Indicador	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo
Condicionante	Geología / Litología	Depósitos aluviales	10	2	20
		Depósitos coluvio aluviales	10		
		Depósito de ladera (coluvial)	10		
		Volcánicos Guaranda	5		
	Geomorfología	Abrupto de superficie inclinada	10		
		Barranco	10		
		Coluvio -aluvial antiguo	10		
		Coluvión antiguo	10		

	Relieve volcánico colinado alto	7	1	10
	Relieve volcánico colinado medio	5		
	Relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos	3		
	Superficie inclinada disectada	3		
	Superficie volcánica ondulada	3		
	Valle fluvial, llanura de inundación	5		
	Arcilloso	5		
	Franco	3		

	Geotecnia	Franco arcilloso	3	1,5	15
		Franco arenoso	3		
		Franco limoso	3		
		Limos inorgánicos	1		
	Uso de Suelo / Cobertura Vegetal	Área poblada	1	2,5	25
		Bosque nativo	10		
		Cuerpo agua	10		
		Cultivo	10		
		Erial (área erosionada)	1		
		Infraestructura antrópica	1		
		Pastizal	5		
		Plantación forestal	1		
	Vegetación arbustiva	5			

		Vegetación herbácea	5	2	20
	Pendiente	Muy suave (>2-5%)	1		
		Suave (>5-12%)	2		
		Media (>12-25%)	3		
		Media fuerte (>25-40%)	5		
		Fuerte (>40-70%)	7		
		Muy Fuerte >70	10		
Detonante	Precipitación	700-1000 mm	1	0,5	5
		1000-1300 mm	3		
		1300-1600 mm	5		
		1600-1900 mm	7		
		1900-2200 mm	10		
	Sismicidad	Zona I: Baja (0,15g)	1		
		Zona II: Media (0,20 g)	5		

		Zona III: Alta (0,25g)	7	0,5	5
		Zona IV: Muy Alta (0,30g)	10		
TOTAL				10	100

Fuente: Adaptaciones de Mora-Varshon, 1993; MTOP, 2016; SNGR, 2013; INIGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP, 2012. **Elaborado por:** Allán & Yánez, 2021

Tabla 7. Rangos de puntuación y representación para el nivel e índice ponderado de amenaza de deslizamiento

Nivel de amenaza de deslizamiento	Puntaje (Rango)
Bajo	De 1 – 25 puntos
Medio	De 26 – 50 puntos
Alto	De 51 – 75 puntos
Muy Alto	De 76 – 100 puntos

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Metodología para procesamiento de la información del objetivo 3:

Una vez obtenido los resultados del objetivo 2, e identificado las zonas con niveles de amenaza de deslizamientos que presenta la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda, a través del método descriptivo y mediante revisiones bibliográficas se pudo determinar medidas de reducción de riesgos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO No 1: Establecer los factores que inciden ante la amenaza de deslizamiento de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar

Para establecer los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, uso de suelo / cobertura vegetal, pendiente) y detonantes (precipitación, sismicidad) se utilizó el programa Arc Gis 10.3.1 en el cual se editó a cada shp para realizar la asignación de valores cuantitativos a las variables del cuadro de ponderación, utilizando la metodología de Mora Varhson, la metodología INIGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP, 2012 y las tablas de valoración de la SNGR (Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, 2013).

4.1.1. Factores Condicionantes

Geología-Litología

Con la información obtenida mediante el sistema de información geográfica a través de la observación directa, visitas de campo y con el aporte de información brindada por las instituciones (Ministerio de transporte y Obras Publicas / GAD cantonal), se elaboró un mapa base para identificar las características geológicas en donde se pudo determinar que, en la vía paso lateral el 85.49% del eje vial está formado por Volcánicos Guaranda el cual está constituido por materiales como ceniza, productos de avalanchas de escombros y laderas, flujos piroclásticos, pómez.

Esta característica predomina en esta zona debido a que, hace 35.000 años la erupción del volcán Chimborazo produjo el desprendimiento de estos materiales, cuyo depósito está distribuido en las planicies de la provincia Bolívar y Chimborazo, estas composiciones y estructuras presentan un nivel medio de amenaza de deslizamientos, es decir que influyen en la inestabilidad de laderas. Como se puede observar en la tabla No 8.

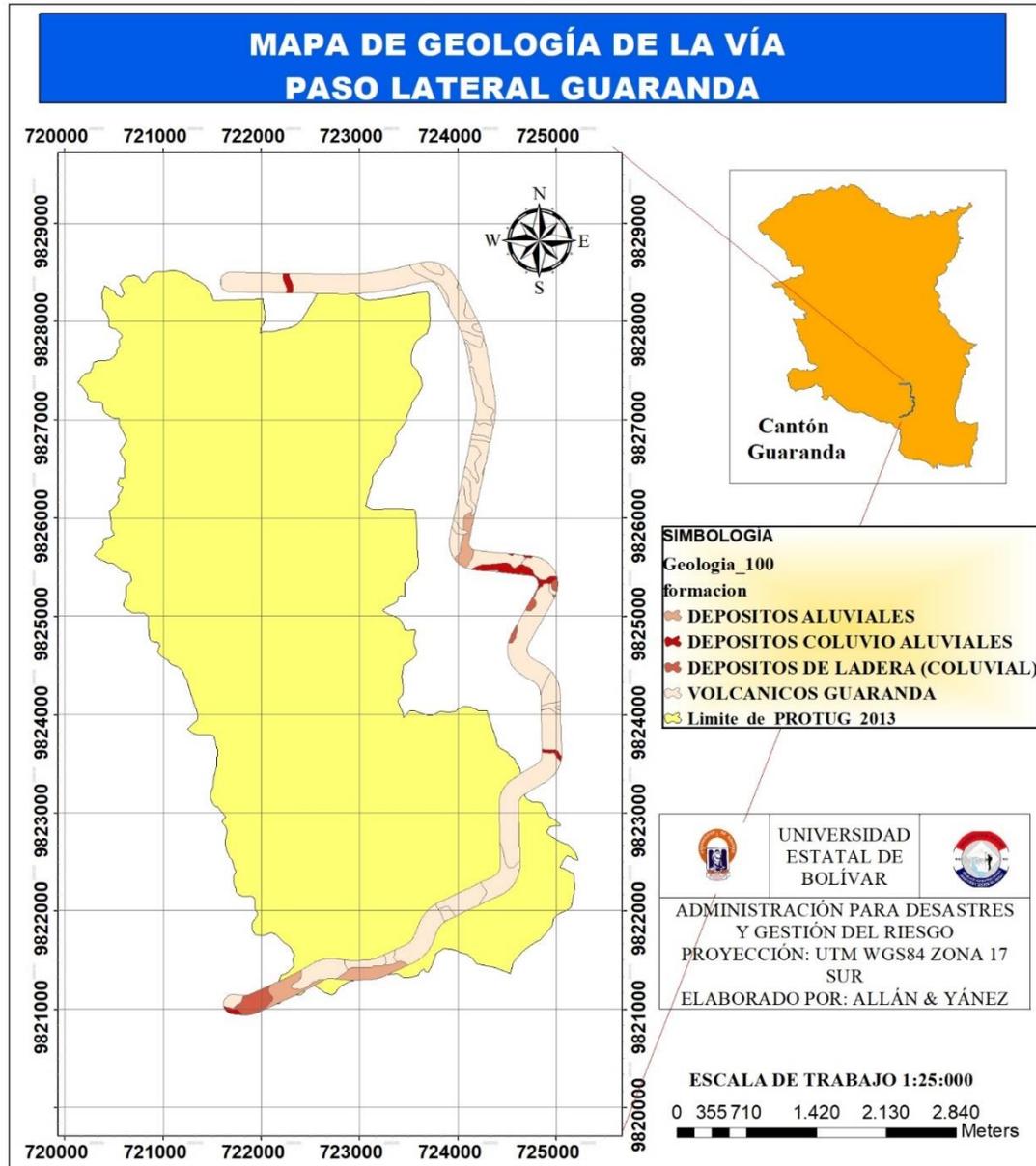
Tabla 8. Descripción geológica

Descripción (Indicador)	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área_ha	Porcentaje
Depósitos aluviales	10	2	20	19,22	7,44
Depósitos coluvio aluviales	10	2	20	9,19	3,57
Depósitos de ladera (coluvial)	10	2	20	9,02	3,5
Volcánicos Guaranda	5	2	20	220,98	85,49
TOTAL				258,43	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 2. Mapa de geología de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda /
provincia Bolívar



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Geomorfología

Al obtener el mapa geomorfológico se pudo determinar que el 30.07% del eje vial está formado por relieves escalonados (desniveles e irregularidades) sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos (ceniza, productos de avalanchas de escombros y laderas, flujos piroclásticos, pómez). Esta característica se presenta en un nivel bajo de amenaza de deslizamientos; es decir, que no afecta en el proceso de modificación del terreno en la explotación y uso del espacio natural, por lo que no influye en la susceptibilidad de la amenaza de deslizamientos.

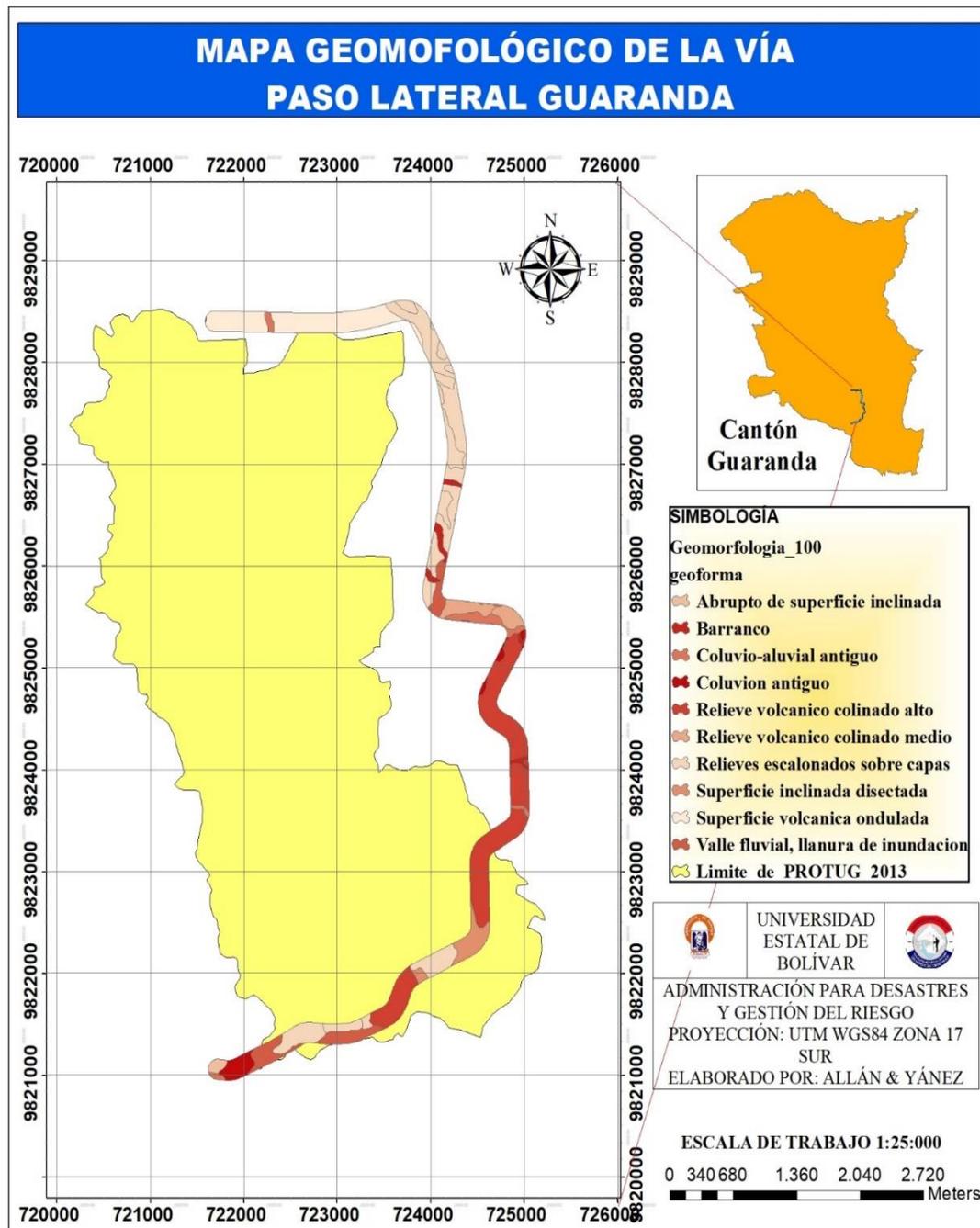
Tabla 9. Descripción geomorfológica

Descripción (Indicador)	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área_ha	Porcentaje
Abrupto de superficie inclinada	10	1	10	2,04	0,79
Barranco	10	1	10	8,14	3,15
Coluvio-aluvial antiguo	10	1	10	9,19	3,57
Coluvión antiguo	10	1	10	9,02	3,5
Relieve volcánico colinado alto	7	1	10	73,36	28,09
Relieve volcánico colinado medio	5	1	10	11,48	4,22
Relieves escalonados sobre materiales volcánicos	3	1	10	77,83	30,07
Superficie inclinada disectada	3	1	10	10,59	4,1
Superficie volcánica ondulada	3	1	10	39,56	15,31
Valle fluvial, llanura de inundación	5	1	10	19,22	7,2
TOTAL				260,47	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Gráfico 3. Mapa geomorfológico de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Geotecnia

En este factor se logró identificar que, el 56.54% del eje vial está formado por suelo Franco, el cual está constituido por arena, limo, arcilla.

Esta característica se presenta en un nivel bajo de amenaza de deslizamiento; debido a que, este tipo de suelo no se desintegra por la textura de los elementos de su composición, son relativamente sueltos, fértiles y con una adecuada retención de humedad, considerándose un componente esencial para la estabilidad de taludes.

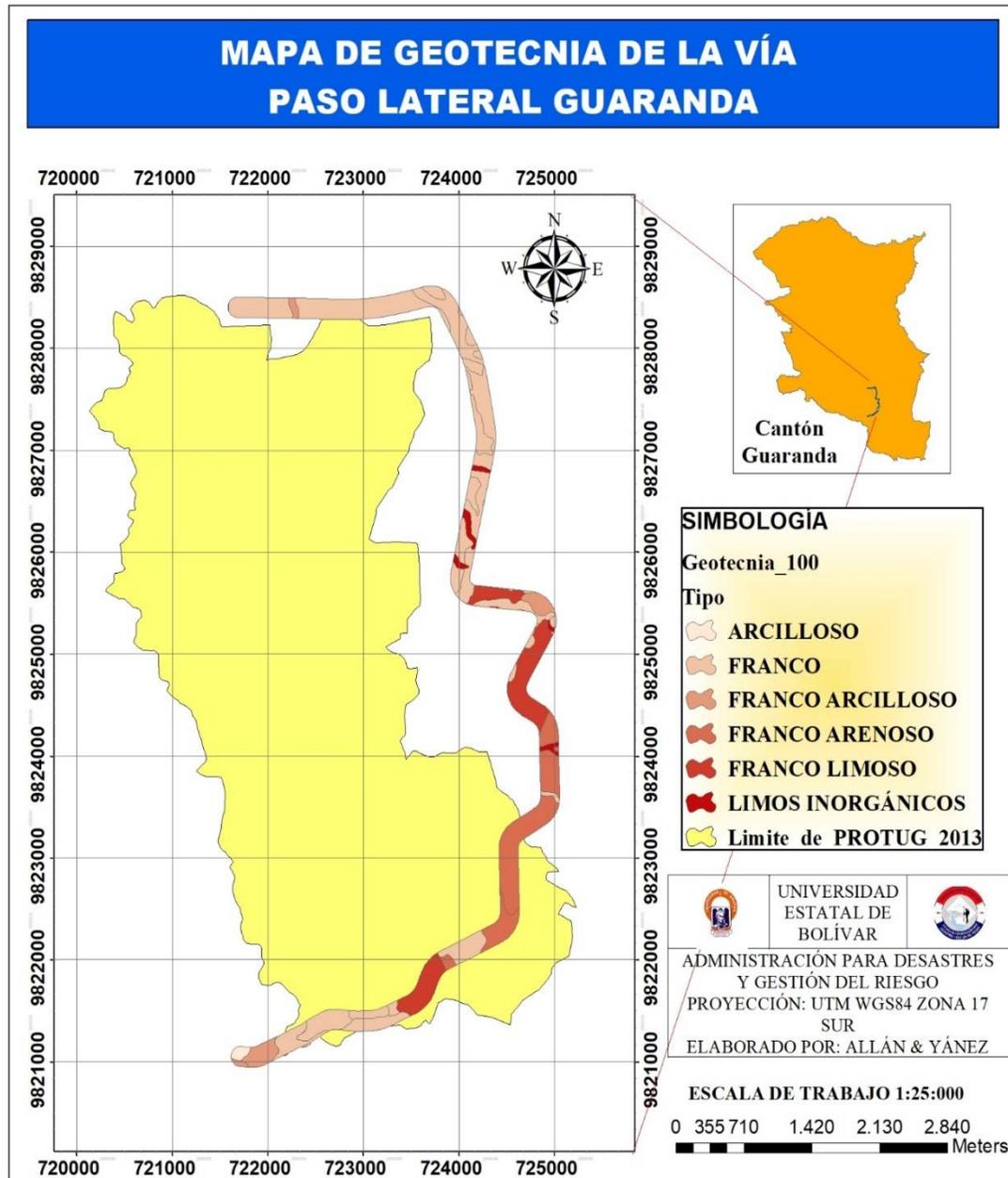
Tabla 10. Descripción geotecnia

Descripción (Indicador)	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área_ha	Porcentaje
Arcilloso	5	1,5	15	2,04	0,79
Franco	3	1,5	15	146,08	56,54
Franco Arcilloso	3	1,5	15	13,52	5,24
Franco Arenoso	3	1,5	15	49,29	19,08
Franco Limoso	3	1,5	15	41,38	16,01
Limos Inorgánicos	1	1,5	15	6,09	2,34
TOTAL				258,43	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 4. Mapa de geotecnia de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda /
provincia Bolívar



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Uso de suelo y cobertura vegetal

En el área de estudio se pudo identificar que, el 48.81% de la superficie del terreno presenta cultivos, pues parte del eje vial se encuentra localizado en la zona rural del cantón Guaranda.

Como se puede observar en la tabla 11 esta característica presenta un nivel muy alto de amenaza de deslizamiento, debido a la mala conservación de suelos o la utilización de técnicas inadecuadas al momento de realizar esta actividad. Disminuyendo la estabilidad de laderas.

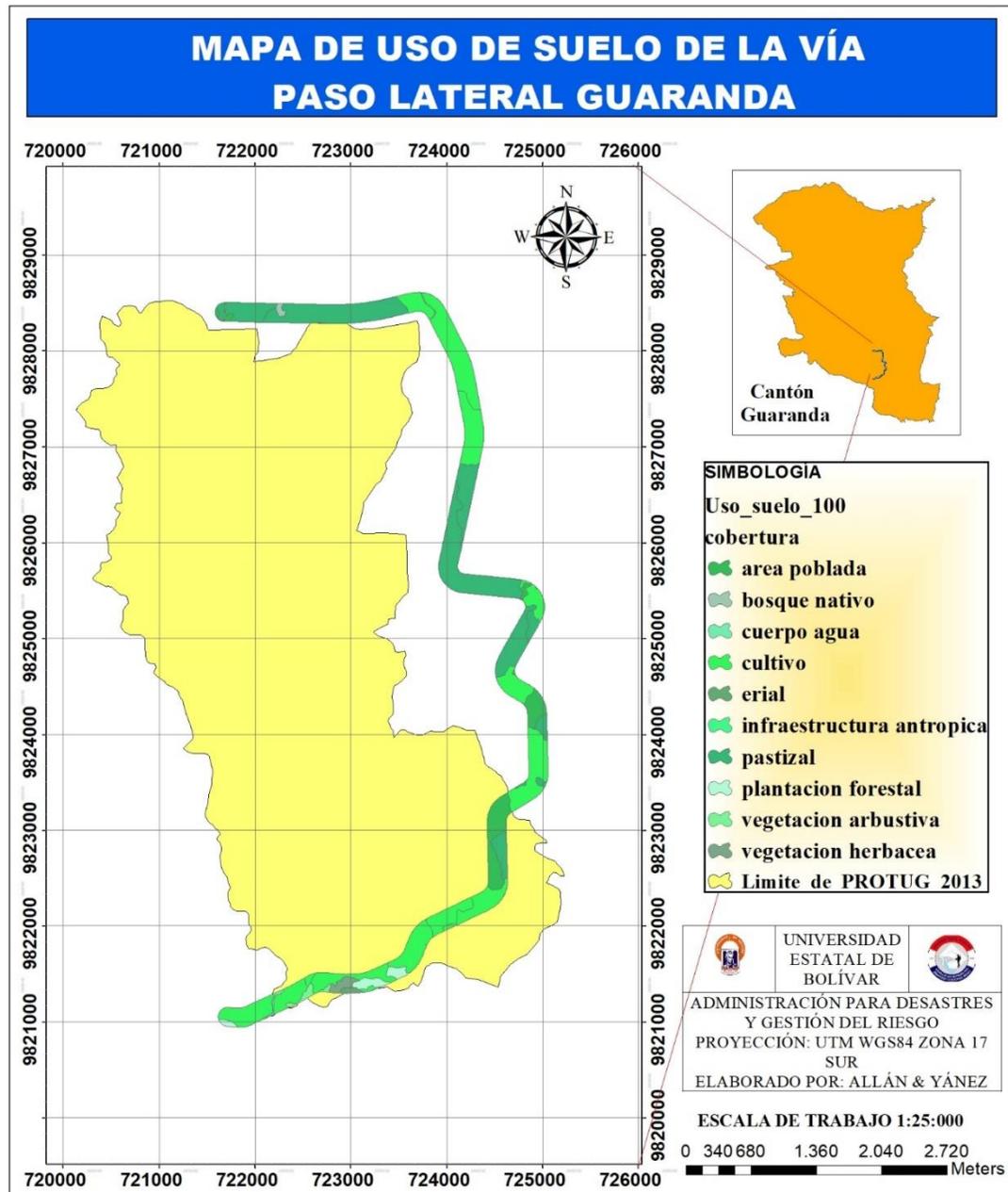
Tabla 11. Descripción de uso de suelo / cobertura vegetal

Descripción (Indicador)	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área_ha	Porcentaje
Área poblada	1	2,5	25	21,70	8,4
Bosque nativo	10	2,5	25	0,89	0,35
Cuerpo agua	10	2,5	25	0,74	0,29
Cultivo	10	2,5	25	126,32	48,81
Erial	1	2,5	25	1,07	0,42
Infraestructura antrópica	1	2,5	25	1,62	0,63
Pastizal	5	2,5	25	98,06	36,95
Plantación forestal	1	2,5	25	5,99	2,32
Vegetación arbustiva	5	2,5	25	2,04	0,79
Vegetación herbácea	5	2,5	25	2,67	1,04
TOTAL				261,15	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 5. Mapa de uso de suelo-cobertura vegetal de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Pendiente

La vía paso lateral se caracteriza por tener pendientes que va desde muy suave a fuerte, en el presente trabajo la superficie del terreno presenta formaciones de tipo escarpado con una inclinación de media a fuerte ocupando el 31.86% en toda el área de estudio y a su vez se encuentra desnivelado.

Entonces se puede decir o analizar que en estas zonas es casi imposible realizar obras o propuestas de asentamientos humanos por la debilidad del suelo y la probabilidad de que ocurra un evento peligroso es alta.

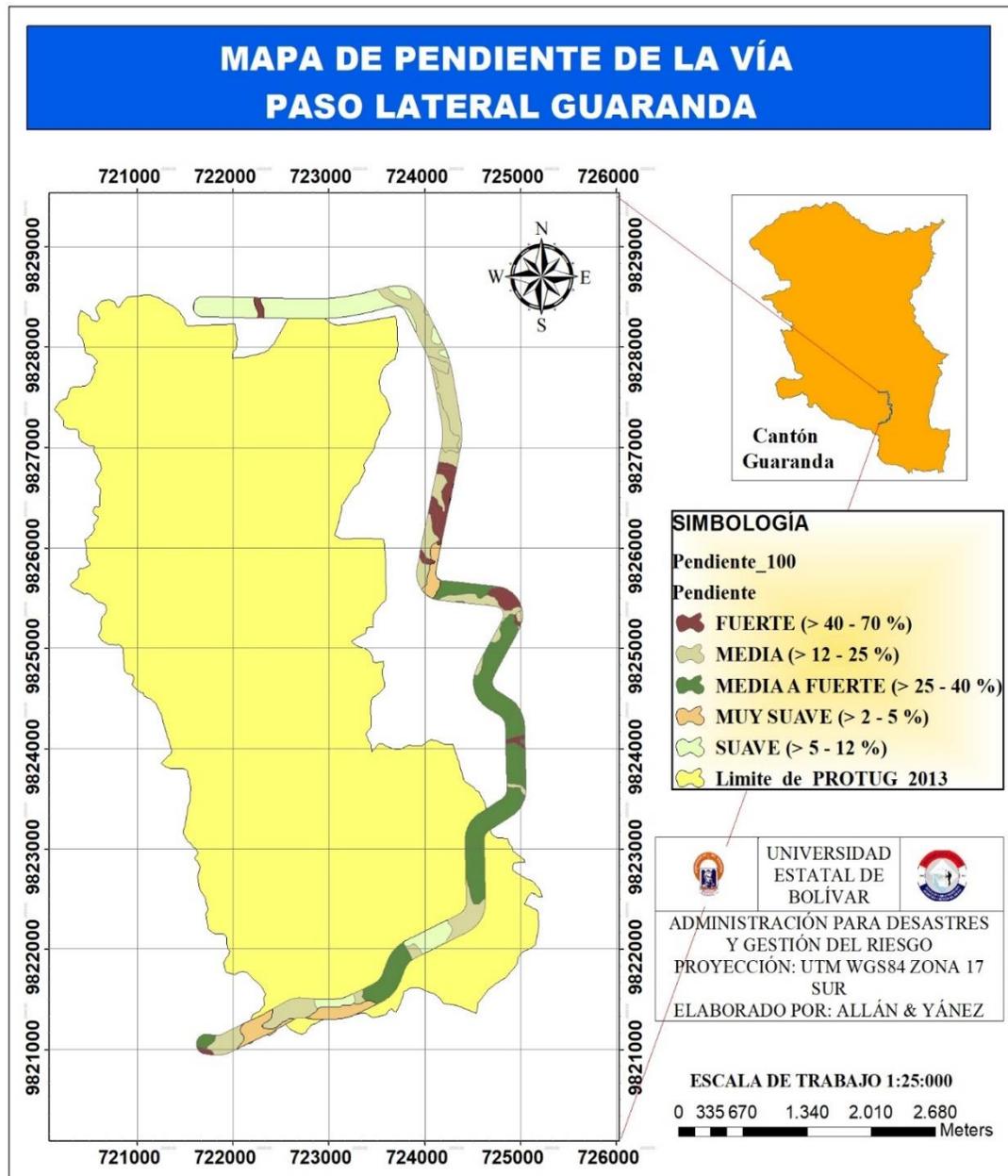
Tabla 12. Descripción de la pendiente

Descripción (Indicador)	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área ha	Porcentaje
Débil, plano o casi plano Muy Suave (> 2 - 5 %)	1	2	20	19,22	7,44
Irregular, ondulación moderada Suave (> 5 - 12 %)	2	2	20	54,95	21,27
Colinado Media (> 12 - 25 %)	3	2	20	81,78	31,66
Escarpado Media a Fuerte (> 25 - 40 %)	5	2	20	82,39	31,86
Abrupto, montañoso FUERTE (> 40 - 70 %)	7	2	20	20,07	7,77
TOTAL				258,43	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 6. Mapa de pendiente de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda /
provincia Bolívar



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

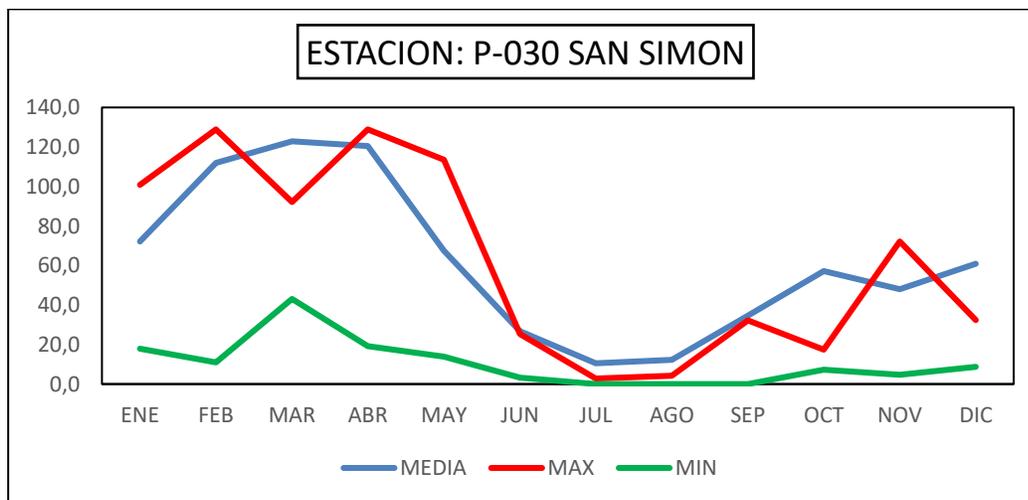
Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

4.1.2 Factores Detonantes

Precipitación

La información que se extrajo a través de datos importantes de las precipitaciones anuales y mensuales registradas por el INAMHI (2013) en la estación meteorológica San Simón (M030) se pudo establecer que en el área de estudio la precipitación media anual representa 750-1000 mm que equivale a un nivel alto es decir el 100% del eje vial. Esto significa que la mayor parte de la precipitación se pueden presentar entre los periodos de noviembre a mayo pudiendo causar deslizamientos a nivel provincial.

Gráfico 7. Precipitaciones registradas de 1963 a 1990 en la estación meteorológica San Simón.



Fuente: Modelo para la articulación de la gestión de riesgos en el proceso ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda /Ecuador, 2016

Tabla 13. Estación P-30 San Simón

ESTACION: P-030 SAN SIMON													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	72,2	111,9	122,9	120,5	67,4	26,7	10,5	12,2	34,7	57,1	48,1	61,0	745,2
MAX	100,8	128,9	92,1	128,9	113,5	25,3	2,8	4,2	32,2	17,4	72,2	32,4	750,7
MIN	17,9	11,0	43,1	19,2	13,8	3,2	0,0	0,0	0,0	7,2	4,7	8,7	128,8

Fuente: Modelo para la articulación de la gestión de riesgos en el proceso ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda /Ecuador, 2016

La zona de estudio está considerada con una menor precipitación teniendo una ponderación que pertenece al valor de 1, el mismo que se describe en la tabla No 14.

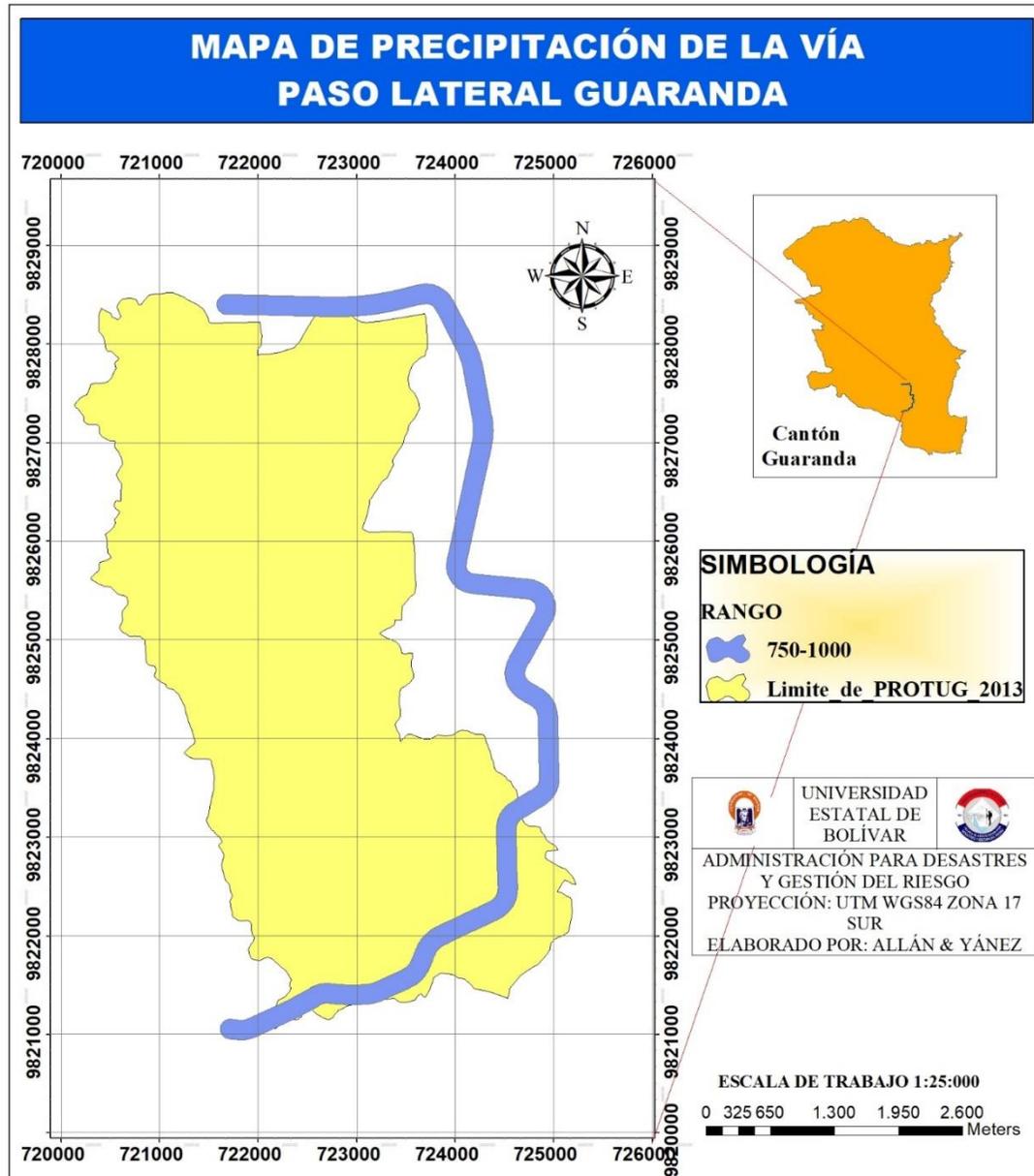
Tabla 14. Descripción de la precipitación

Descripción (Indicador)	Descripción	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área ha	Porcentaje
Precipitación	750-1000 mm	1	0,5	0,5	258	100

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 8. Mapa de precipitación de la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Sismicidad

En el presente estudio se pudo determinar que la zona vial se encuentra ubicada en la zona III que corresponde a 0,25 gals, según las normas NEC, 2015 con un nivel de peligrosidad sísmico alto.

La ciudad de Guaranda con base a los antecedentes históricos de los eventos sísmicos sentidos, se considera que la ciudad podría verse afectada por sismos de intensidad \geq a VIII, siendo catalogados tales como el ocurrido en el cantón Chimbo en el cual ocurrió grandes deslizamientos de laderas de la misma forma otro evento considerado como el más grande fue el 4 de febrero de 1797 en donde se produjeron grandes deslizamientos, siendo el cantón Guamote y Latacunga los más afectados, otro de los sismos que generó varios daños fue el 23 de septiembre relacionado con la falla de Pallatanga causando serios estragos en Cajabamba, Guaranda y Guano dejando afectaciones del 90% de sus edificaciones, y el último sismo considerado como histórico se dio el 13 de mayo de 1942, frente a las costas de Esmeraldas y Manabí afectando de igual manera a la provincia de Bolívar presentándose en Guaranda, Guanujo, San Simón, La Asunción Sana Fe, Chimbo y San Miguel con daños mayores (Paucar, 2016).

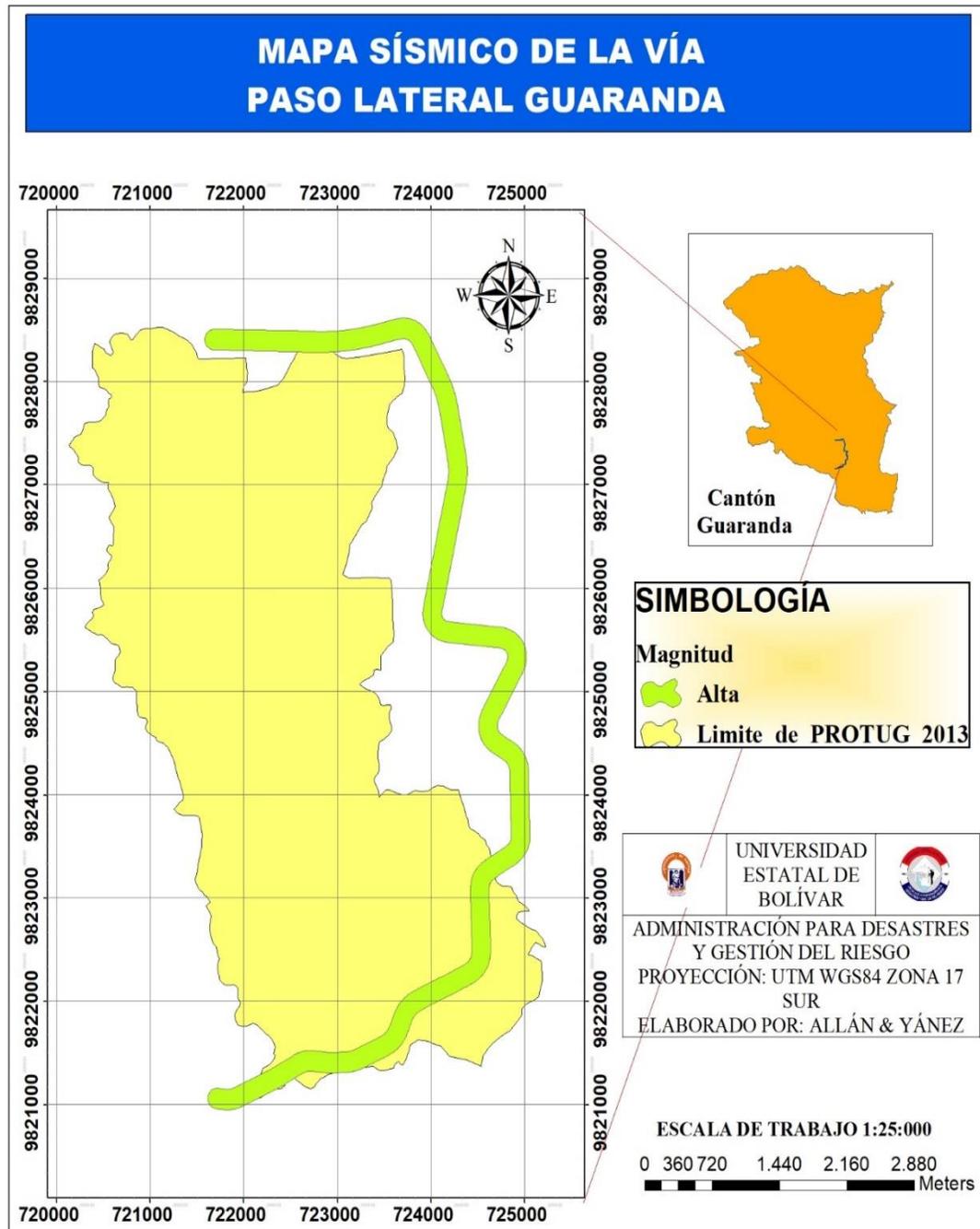
Tabla 15. Descripción de la sismicidad

Factor	Zona	Magnitud	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo	Área ha	Porcentaje
Sismicidad	III	Alta	7	0,5	5	258,43	100

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Gráfico 9. Mapa sísmico de la vía paso lateral Guaranda



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO No. 2: Identificar las zonas con su respectivo nivel de susceptibilidad a deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda

Para este objetivo se dividió el eje vial en cuatro sectores, en base a las condiciones geométricas y a las características; con la finalidad de poder visualizar de una mejor manera las zonas, índices y niveles de amenaza de deslizamientos que presenta la vía paso lateral, que a continuación se detalla.

Sector 1

Este sector tiene 3.31 km el cual comprende desde la entrada de la parroquia Guanujo hasta el complejo turístico “Las Cochas” en donde se pudo identificar que la vía se encuentra en un nivel bajo de amenaza de deslizamiento, debido a que esta zona presenta un comportamiento más estable del suelo y una topografía con baja pendiente.

Tabla 16. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 1

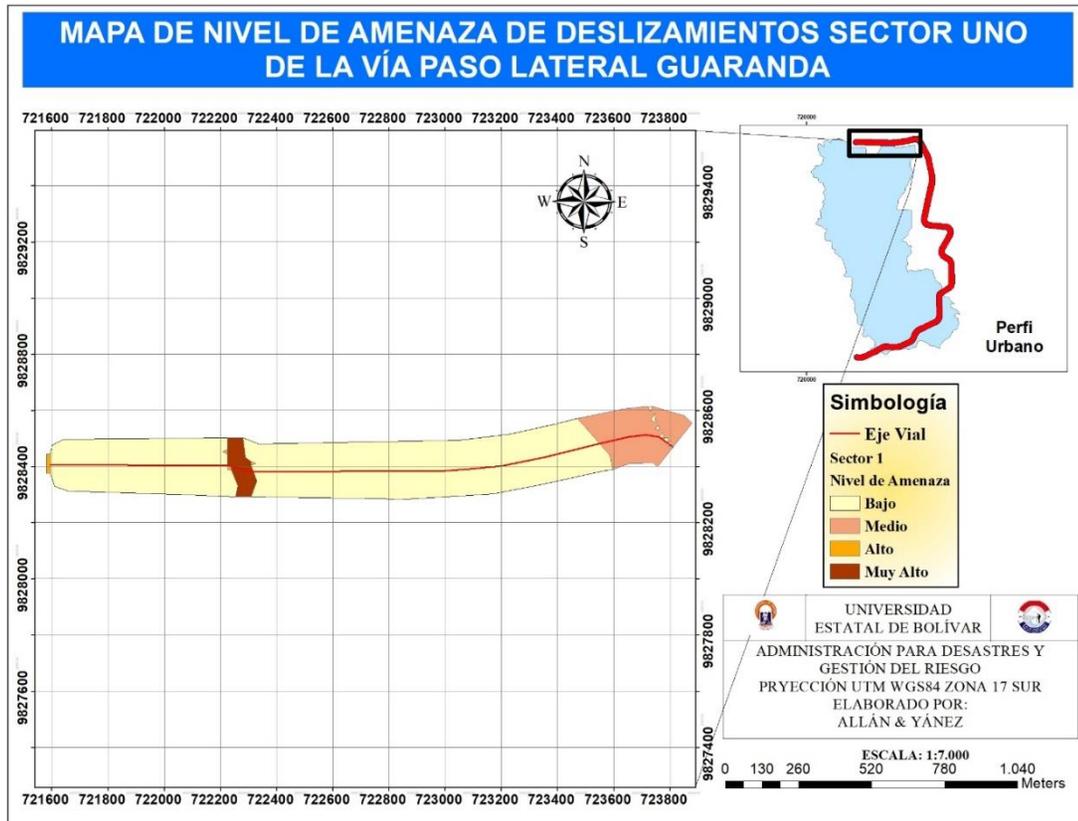
Nivel de Amenaza	Área ha	Porcentaje
Bajo	37,44	84,04
Medio	5,62	12,62
Alto	0,09	0,20

Muy Alto	1,40	3,14
TOTAL	44,56	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Gráfico 10. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del Sector 1



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Sector 2

Este sector tiene 7.21km el cual comprende desde el complejo turístico “Las Cochas” hasta Vinchoa en donde se pudo identificar que la vía se encuentra en un nivel medio de amenaza de deslizamiento, debido a que esta zona presenta cortes en los taludes y se observa que la mayor parte de este tramo está ocupado por cultivos de maíz ya que, este sector al estar ubicado completamente en la parte rural los habitantes se dedican a la agricultura que puede incidir en la estabilidad de los taludes.

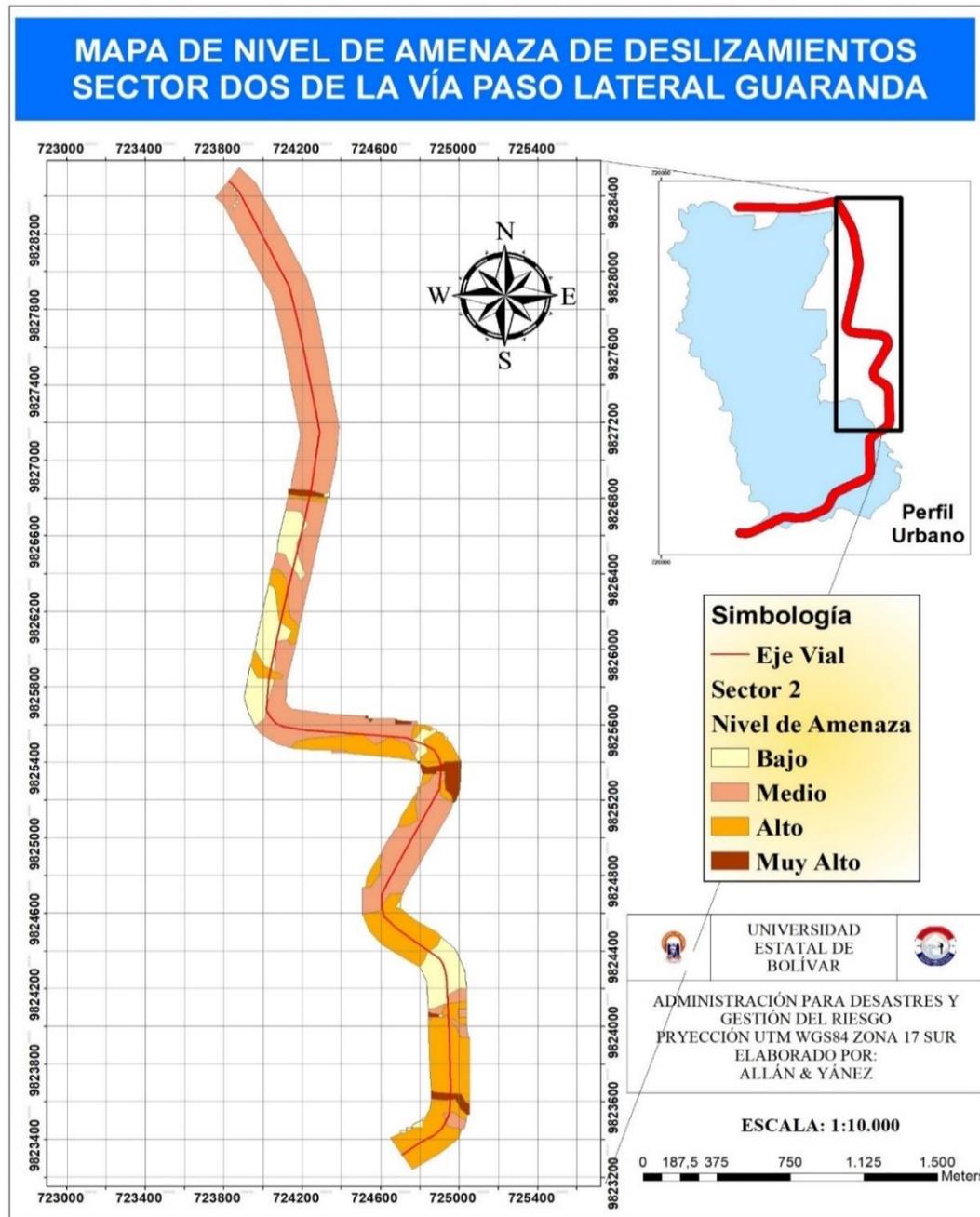
Tabla 17. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 2

Nivel de Amenaza	Área ha	Porcentaje
Bajo	16,77	13,31
Medio	69,45	55,09
Alto	36,21	28,73
Muy Alto	3,62	2,87
TOTAL	126,07	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Gráfico 11. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 2



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Sector 3

Este sector tiene 2.53 km el cual comprende desde el sector urbano de Vinchoa hasta Lagucoto, donde se pudo identificar que la mayor parte de la vía se encuentra en un nivel medio, seguido del bajo, en esta zona se observa modificaciones en los terrenos, alterando de esta manera la topografía y generando susceptibilidad en la parte urbana por donde atraviesa este tramo de la vía.

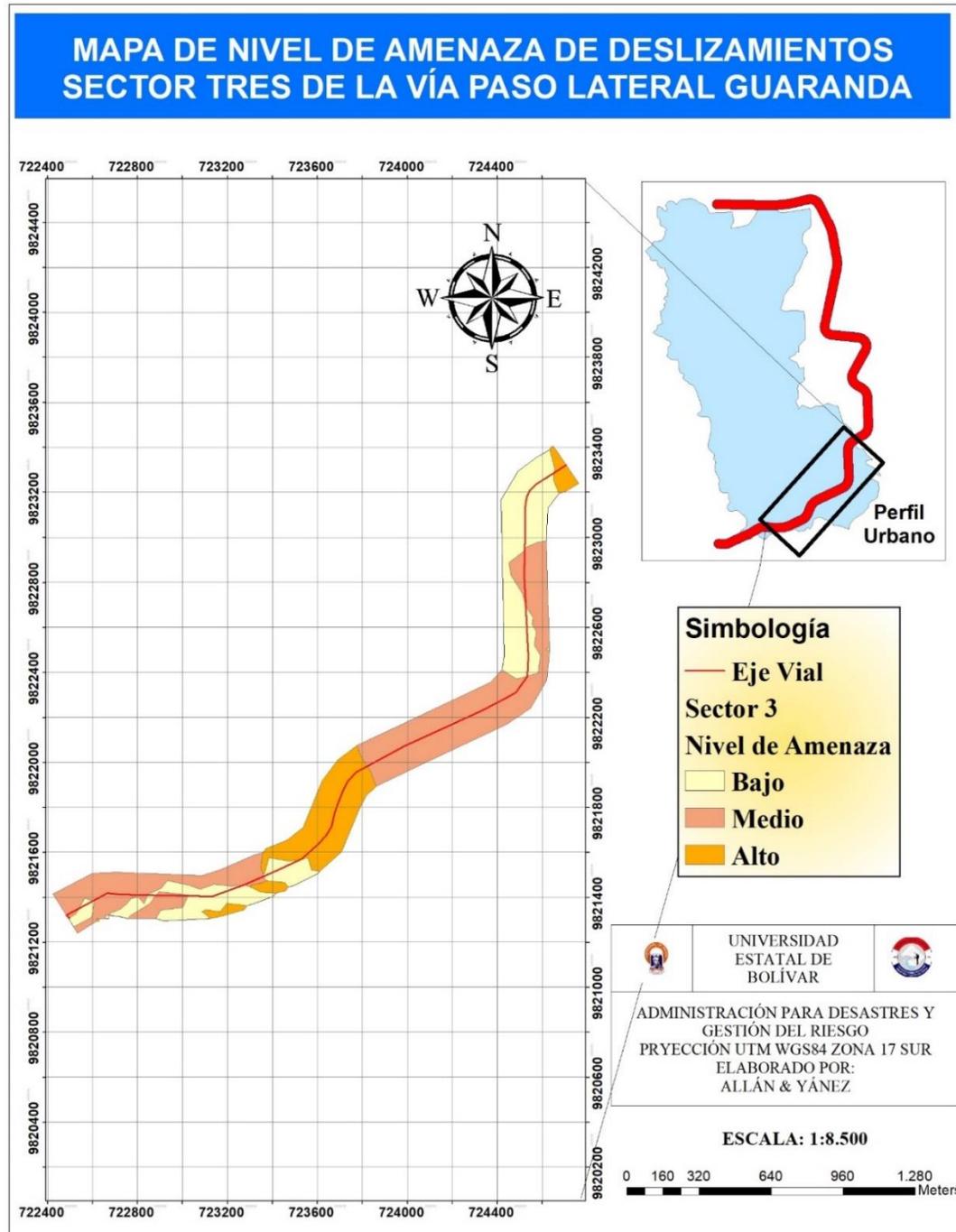
Tabla 18. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 3

Nivel de Amenaza	Área ha	Porcentaje
Bajo	22,17	32,08
Medio	33,19	48,03
Alto	13,74	19,89
Muy Alto	0	0
TOTAL	69,11	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 12. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 3



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Sector 4

Este sector tiene 1.76 km el cual comprende desde el sector Laguacoto hasta empatar con la vía E491 de la vía Chimbo, se pudo identificar esta parte de la vía estaría expuesta en un nivel muy alto y alto de amenaza de deslizamiento debido a que, en esta zona se observa desniveles e irregularidades en la superficie de los terrenos; así como alteración en los espacios naturaleza través de cortes e intensa erosión, que generaría la inestabilidad de los suelos.

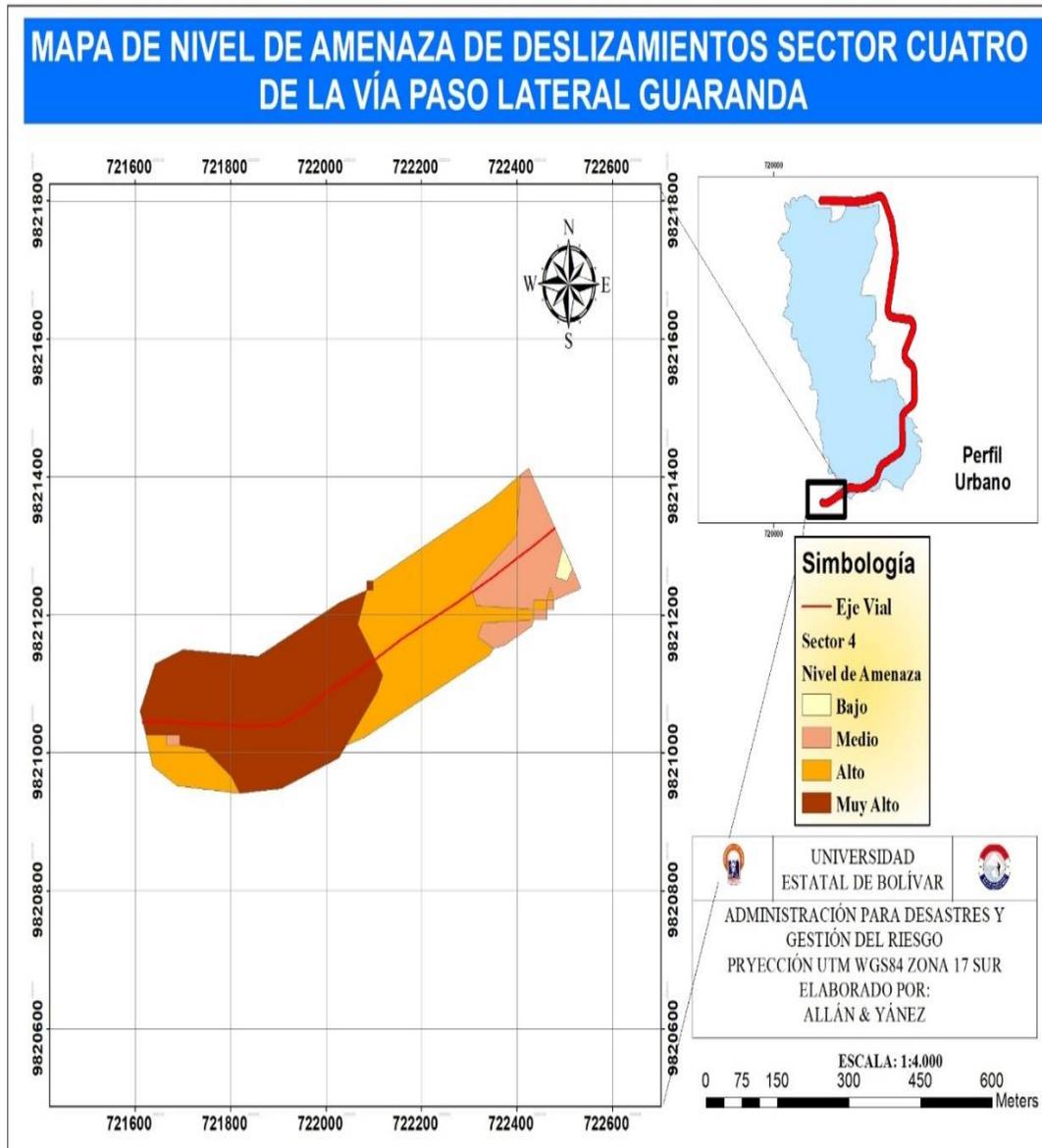
Tabla 19. Clasificación de la amenaza con sus respectivas zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 4

Nivel de Amenaza	Área ha	Porcentaje
Bajo	0,09	0,52
Medio	2,48	13,75
Alto	7,06	39,07
Muy Alto	8,43	46,66
TOTAL	18,07	100%

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 13. Mapa de identificación de zonas, índices y niveles de la amenaza de deslizamiento del sector 4



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

Matriz de Resultados

Para determinar los niveles de amenaza de deslizamientos se aplicó las fórmulas de Morha Varson descritos en el capítulo III. Mediante el software Arc Gis 10.3.1 se realizó la intersección de las variables condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo) y detonantes (precipitación, sismicidad) con su respectivo valor de indicador, peso de ponderación y valor máximo. Obteniendo como resultado el mapa de los índices de niveles de amenaza de deslizamientos de la vía paso lateral.

Los resultados que se presentan en la tabla No 20 y mapa 15 muestran que la mayor parte del área de estudio registra un nivel medio de amenaza, seguido del nivel bajo y alto. Se evidencia en el eje vial: pendientes pronunciadas principalmente en laderas, relieves con desniveles, cultivos y pastizales, modificación del terreno a través de cortes, inestabilidad de taludes, además porque se encuentra en una Zona III de sismicidad alta según las normas (NEC 2015), generando la probabilidad de que ocurra deslizamientos.

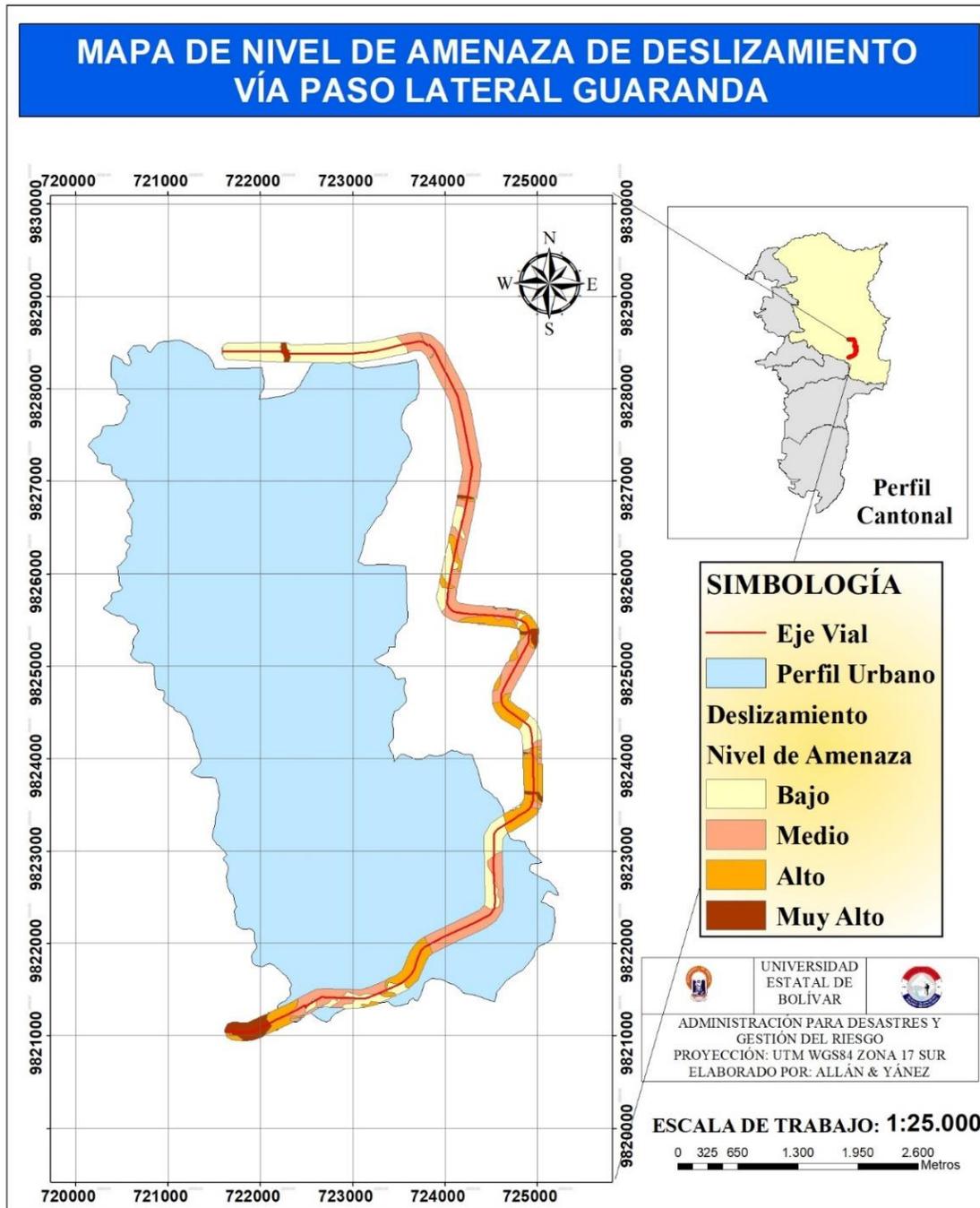
Tabla 20. Matriz de resultados

Niveles de Amenaza	Sector 1		Sector 2		Sector 3		Sector 4		Total	
	Área (Ha)	%								
Bajo	37,44	84,04	16,77	13,31	22,17	32,08	0,09	0,52	76,47	29,67
Medio	5,62	12,62	69,45	55,09	33,19	48,03	2,48	13,75	110,74	42,96
Alto	0,09	0,20	36,21	28,73	13,74	19,89	7,06	39,07	57,1	22,15
Muy Alto	1,4	3,14	3,62	2,87	0	0	8,43	46,66	13,45	5,22
Total	44,55	100	126,05	100	69,10	100	18,06	100	257,76	100

Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Gráfico 14. Nivel de amenaza de deslizamiento vía paso lateral Guaranda



Fuente: MTOP-SIG TIERRAS,2013 & SNGR,2013

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021

4.3. RESULTADOS DEL OBJETIVO No3: Determinar medidas de reducción de riesgos de deslizamientos

En este objetivo se ha incorporado medidas estructurales enfocadas a la reducción de la amenaza de deslizamiento; mientras que las medidas no estructurales están orientadas a prevenir y mitigar, para una adecuada planificación.

4.3.1. Título: Medidas de reducción de riesgos de deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda / provincia Bolívar

4.3.2. Justificación

La propuesta que se genera en el presente trabajo investigativo es determinar medidas de reducción de riesgos de deslizamientos, luego de haber analizado la influencia de cada uno de los factores condicionantes y detonantes.

El eje vial al encontrarse en topografías montañosas, áreas de cultivos, pastizales, quebradas, superficies con desnivel e irregularidades; son consideradas características de los factores que, generan un nivel muy alto de amenaza de deslizamientos.

Existen varias técnicas o acciones para poder reducir los niveles de amenaza de deslizamientos, de los cuales se logra obtener beneficios significativos por lo que, se propone aplicar estrategias de reducción ante posibles deslizamientos implementando diferentes medidas estructurales y no estructurales con recursos alcanzables y de bajo costo.

Luego del análisis de los cuatro tramos que comprende la vía, la zona que presenta un nivel muy alto de amenaza de deslizamientos es la del sector 4 que va desde la parroquia de Laguacoto hasta empatar con la vía E491 de la vía Chimbo.

4.3.3 Objetivos

Objetivo General

Determinar medidas de reducción de riesgos de deslizamientos en la zona de influencia de la vía paso lateral

Objetivos Específicos

1. Establecer acciones para la reducción de riesgos de deslizamientos en el área de estudio
2. Elaborar un plan de acción para asignar responsabilidades a las instituciones vinculadas con la construcción y operación de la vía

4.3.4. Estrategias y acciones

Fortalecer las capacidades de respuesta de las instituciones encargadas en la construcción y mantenimiento de la vía ante la amenaza de deslizamiento.

Las capacidades de respuesta que presenta cada institución son acciones que se aplican para reducir el riesgo de la amenaza de deslizamiento en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda.

Es importante que las autoridades y trabajadores de cada institución, tengan conocimiento de la amenaza de deslizamiento que puede presentarse en el trayecto de

la vía, de tal manera que ellos en un posible escenario de desastre sepan cómo deben actuar para evitar pérdidas humanas, ambientales, económicas y de infraestructura.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia Bolívar

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda

Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Ministerio del Ambiente

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos

Estas instituciones son las encargadas directa e indirectamente con la vía, razón por la cual deben coordinar para determinar con que capacidades de respuesta cuentan, así como también la disponibilidad de recursos (económico, equipo, maquinaria) para una respuesta inmediata.

Plan de Acción de estrategias de reducción de riesgo de deslizamientos enfocándose en las medidas estructurales y no estructurales

Las estrategias de reducción ante un evento, están encaminadas a relacionar las diferentes actividades de prevención, mitigación y preparación, de esta manera reducir los impactos que podrían generar los posibles deslizamientos.

Al priorizar estas actividades se logran mejorar el resguardo de vidas humanas, recursos económicos, bienes materiales, estructuras; con la finalidad de generar una cultura preventiva y así fortalecer las fases de la Gestión de Riesgos, como se puede observar en la tabla que a continuación se detalla:

Tabla 21. Medidas de reducción de riesgos

Zona	Problemas Identificados	Medidas Estructurales	Medidas no Estructurales	Responsables / colaboradores
Sector 1	Se evidencia que el 84,01% de la vía se encuentra en un nivel bajo de amenaza de deslizamiento; debido a que, esta zona presenta un comportamiento más estable del suelo y una topografía con baja pendiente.	<p>Señalética de seguridad de tránsito en la vía.</p> <p>Reglamentación de prioridad (RPI)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ceda el paso • Pare • Pare niños <p>Reglamentación de prohibición (RPO)</p> <ul style="list-style-type: none"> • No Entrar • No virar en U • No adelantar <p>Reglamentación de restricción (RR)</p>	Control y monitoreo para verificar el cumplimiento de normas de construcción para vías. Cumplimiento del reglamento ley sistema infraestructura vial del transporte terrestre	<p>Responsable:</p> <p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas</p> <p>Colaboradores:</p> <p>GAD's Provincial y Cantonal</p> <p>CNEL-Empresa Eléctrica</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de máxima 70 km/h <p>Reglamentación de Obligación (RO)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenga su derecha • Tránsito de peatones <p>Proyecto de reforzamiento del sistema eléctrico (iluminación)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar el uso de fuentes de luz LED • La luz blanca es favorable pues, los colores y las formas son más distinguibles y la visión resulta mejor. • Es recomendable que la lámpara no sea 		
--	--	--	--	--

		<p>menor a los 7m ni mayor a los 12m en vías.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de lámparas, de la cubierta y un repintado de los postes. • Garantizar una adecuada instalación del sistema lumínico, a través de cálculos y estudios técnicos realizados previamente para certificar su veracidad antes que las luminarias sean adquiridas. 		
--	--	--	--	--

<p>Sector</p> <p>2</p>	<p>Presenta cortes en los taludes y se observa que la mayor parte de este tramo está ocupado por cultivos.</p>	<p>Obras de estabilización de taludes</p> <p>1. Muros de hormigón o de gravedad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son de construcción rápida y simple. • Pueden construirse en curva y con diferentes formas. • Admiten fácilmente el chapado de sus paramentos, lo que favorece su integración ambiental. <p>2. Muros de hormigón armado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suponen un consumo mínimo de hormigón. • Pueden emplearse en alturas grandes (superiores a cuatro metros). <p>3. Muros de escollera</p>	<p>Normativa para exigir estudios a detalle de riesgo y medidas de reducción en zonas que presenten nivel medio de amenaza de deslizamientos. Estas medidas deben considerar la prohibición de nuevos asentamientos en la zona de afectación.</p>	<p>Responsable:</p> <p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas</p> <p>Colaboradores:</p> <p>GAD's Provincial y Cantonal</p> <p>Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos</p> <p>Ministerio del Ambiente</p>
--------------------------------------	--	--	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Costes bajos. • Capacidad drenante importante a través de los orificios creados por los bloques de roca. Es necesario dejar material granular filtrante, de tamaño menor de 15 cm, en el trasdós para facilitar el drenaje. • Amortigua los posibles movimientos del talud sin perder sus propiedades resistentes. • Se integra perfectamente en el medio ambiente debido al carácter natural de sus componentes, siendo fácilmente revegetados. <p>4. Muros de gaviones</p>	<p>Restringir práctica de cultivos y pastoreo en laderas.</p>	
--	--	---	---	--

		<ul style="list-style-type: none">• No precisan cimentación.• Adaptación al terreno.• Fácil diseño y rápida construcción.• Mano de obra no especializada.• Trabajan fundamentalmente por gravedad.• Son flexibles y son capaces de soportar ciertos asentamientos sin fracturarse.• Presentan condiciones de drenaje y durabilidad excelentes.• Utilización de materiales de la zona.• Bajo coste.		
--	--	--	--	--

<p>Sector</p> <p>3</p>	<p>En esta zona se observa modificaciones en los terrenos, alterando de esta manera la topografía y generando susceptibilidad.</p>	<p>Obras de mitigación como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudios e información básica sobre zonas potencialmente inestables. • Protección del suelo y subsuelo en áreas propensas a deslizamiento. • Reforestación con especies adecuadas. • Educación comunitaria. • Elaboración y actualización de censos en zonas de riesgo. 	<p>Realizar actividades de conservación y control ambiental a través de la forestación y reforestación.</p> <p>Declaración legal de zona especial de protección con una franja mínima de 50m a cada lado de la vía.</p>	<p>Responsable:</p> <p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas</p> <p>Colaboradores:</p> <p>GAD's Provincial y Cantonal</p> <p>Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos</p> <p>Ministerio del Ambiente</p>
--------------------------------------	--	--	---	---

<p>Sector</p> <p>4</p>	<p>Presenta desniveles e irregularidades en la superficie de los terrenos, alteración en los espacios naturaleza través de cortes e intensa erosión.</p>	<p>Plan de reducción de riesgos como:</p> <p>1. Rectificación geométrica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conformación de terrazas • Zanjas de drenaje • Remoción de cresta • Drenes horizontales <p>2. Elementos de drenaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantallas de drenaje • Galerías filtrantes <p>3. Elementos estructurales de refuerzo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barreras de pilotes • Anclas 	<p>Control y monitoreo de cumplimiento de las normas de construcción de calidad y sismo resistentes (NEC,2015)</p>	<p>Responsable:</p> <p>Ministerio de Transporte y Obras Públicas</p> <p>Colaboradores:</p> <p>GAD's Provincial y Cantonal</p> <p>Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos</p> <p>Ministerio del Ambiente</p>
--------------------------------------	--	--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Contrafuertes estribos <p>4. Muros de contención</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gaviones • Mallas metálicas • Concreto lanzado <p>5. Protección superficial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geosintéticos • Vegetación 	o		
--	--	--	---	--	--

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Viabilidad

Es la factibilidad de recursos con los que cuenta nuestro trabajo de investigación.

Tabla 22. Viabilidad de la propuesta

Política	Existe en las autoridades de las instituciones encargadas del estudio y construcción de la vía; la predisposición para establecer y trabajar en las acciones y estrategias de reducción de riesgo de la amenaza de deslizamientos.
Técnica	El GAD Provincial y Cantonal, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas cuentan con la capacidad técnica para contribuir con las estrategias a desarrollarse en la presente propuesta.
Social	Una vez identificadas las amenazas que existen en el área de estudio, se implementaron medidas de reducción para minimizar el nivel de amenaza de cada sector.

Económica	Las autoridades de cada institución pueden gestionar la ayuda pertinente al gobierno nacional para así poder ejecutar la propuesta.
Ambiental	Contribuye a la conservación de espacios y recursos naturales del ambiente, a través de la adaptación de estrategias de reducción y mitigación.

Elaborado por: Allán & Yánez, 2021

Sistema de monitoreo, seguimiento y evaluación

La implementación de la propuesta “Medidas de reducción de riesgos de deslizamientos en la vía paso lateral de la ciudad de Guaranda” será responsabilidad de la empresa ecuatoriana CONSULSISMICA INGENIEROS CONSULTORES C. LTDA en coordinación con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas como ente con competencia técnica y operativa para trabajar en la ejecución, construcción y funcionamiento de la vía, además de encargarse del monitoreo.

Con respecto al seguimiento y evaluación, estará a cargo de la Dirección Nacional y Provincial del MTOP, con apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda como ente rector en procesos de evaluación y competencia en el uso de suelo urbano y rural; además, se deberá gestionar acciones con la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos para trabajar en las medidas de reducción de riesgos y política pública.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Con respecto a los factores de susceptibilidad se determinó que las características que predominan en el área de estudio dentro de los factores condicionantes son: geología los volcánicos Guaranda, en la geomorfología los relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en la geotecnia el suelo franco, en el uso de suelo y cobertura vegetal los cultivos de maíz, en la pendiente el escarpado con inclinación media a fuerte ($> 25 - 40 \%$). En los factores detonantes: la precipitación promedio anual es 700 – 1000 mm (estación meteorológica San Simón) y sismicidad se localiza en la zona III nivel sísmico alto (NEC, 2015) que comprende la Vía Paso Lateral; factores que influyen en la amenaza de deslizamientos.
2. En relación a los índices, niveles y zonas de amenaza de deslizamiento, al correlacionar los factores condicionantes y detonantes, con su respectiva ponderación de variables se obtuvo que en la vía paso lateral predomina en nivel medio, seguido del nivel bajo, alto y muy alto de amenaza de deslizamiento, la zona crítica (muy alto) se ubica en el sector 4 que comprende en el tramo del sector de Laguacoto hasta la unión con la vía Estatal E491 vía a Chimbo.
3. En referencia a la propuesta de medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos, se ha incorporado medidas estructurales y no estructurales de acuerdo a cada sector del eje vial; para el sector 1 señalética de seguridad de

tránsito así como también el proyecto de reforzamiento del sistema eléctrico (iluminación); para el sector 2 obras de estabilización de taludes; para el sector 3 obras de mitigación y; un plan de reducción de riesgos para el sector 4 que presenta un nivel de amenaza alto y muy alto, que son prioritarias e imprescindibles para prevenir riesgos futuros que afecten la seguridad de las personas y la infraestructura de la vía que se deberá incluir en la fase de construcción y operación.

4. En relación con el análisis de viabilidad esta propuesta se considera que es viable porque se fundamenta y adapta a los requerimientos dentro del aspecto político, técnico, social, económico y ambiental; existiendo también el interés de la empresa en conjunto con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, así como, las instituciones responsables de la ejecución y construcción de la obra, el GAD provincial y cantonal; con respecto a la evaluación y seguimiento, será responsable el MTOP con apoyo del GAD cantón Guaranda, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el Ministerio del Ambiente.

5.2. Recomendaciones

1. Socializar los resultados del presente trabajo investigativo con la finalidad que las instituciones responsables y colaboradoras identifiquen en el mapa de índice y nivel de amenaza los sectores de la vía con mayor grado de susceptibilidad de deslizamientos.
2. En las zonas que presentan un nivel muy alto de amenaza, se debe realizar estudios técnicos a detalle, implementar prácticas de conservación de suelo,

medidas ambientales de forestación y reforestación, incorporar zonas de protección de quebradas, obras de empedrado para la estabilización de taludes, control y regulación de actividades agrícolas en laderas, muros de contención para mitigar la amenaza de deslizamiento.

3. En las instituciones y comunidades involucradas se debe implementar una capacitación e información preventiva de manera permanente, para el fortalecimiento de capacidades locales para una factible reducción de riesgos, preparación, respuesta y recuperación ante la posible ocurrencia de deslizamientos.
4. Sería recomendable validar la propuesta de estrategias de reducción de elaboradas en este trabajo de investigación, para gestionar recursos para la implementación y ejecución de medidas estructurales y no estructurales por parte de las instituciones nacionales y locales.
5. Continuar trabajando con información más actualizada a fin que contribuyan a mejorar la gestión y el uso de los resultados.
6. Para un mejor modelamiento y análisis se podría utilizar el software Galena, es un sistema de estabilidad de taludes potente, completo y fácil de usar que permite el estudio de la estabilidad del terreno utilizando modelos y simulando condiciones reales.
7. Como estudiantes es necesario contar con el conocimiento de diferentes alternativas de programas de información geográfica como CAD para un

adecuado procesamiento de información debido a que, es el más utilizado por las instituciones públicas.

BIBLIOGRAFÍA

Aleotti O Fenómenos de remoción en masa. Factores desencadenantes-
Precipitaciones [Libro]. - Lima , 2011.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador Constitución de la
República del Ecuador. - Quito : Registro Oficial, 2008.

Ayala Irasema Alcantara ¿Deslizamientos o Movimientos de Terreno?
Definición, clasificaciones y terminología // Investigaciones Geográficas : Instituto de
Geografía UNAM, 2000.

Bailes S [y otros] Gestion del Riesgo Ecuador [Libro]. - Quito : Imprenta
ESPE, 2015.

C.LTDA CONSULSISMICA INGENIEROS CONSULTORES Diseño
definitivo del Paso Lateral De Guaranda [Informe]. - Guayaquil, 2015.

Paucar José Abelardo Doctorado en Desarrollo Local y Territorio // Modelo
para la Articulación de la Gestión del Riesgo en el Procesamiento de Ordenamiento
Territorial de la Ciudad de Guaranda . - abril de 2016.

Cardinali M [y otros] A geomorphological approach to the estimation of
landslide hazards and risks // Natural Hazards and Earth System Sciences: Central
Italy, 2002.

Concejo Nacional de Planificación Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021

Toda una Vida. - Quito : Registro Oficial, 2017.

Corominas Jordi Terminología de los Movimientos de Laderas [Libro]. -
Granada - España : Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, 1997.

Corominas Jordi Tipo de Roturas en Laderas y Taludes [Libro]. - Barcelona
- España : Universidad Tecnica de Cataluña, 2004.

Criollo Pillajo & Análisis de vulnerabilidad en la planificación de territorios.
[Libro]. - Cartagena : Segunda Edición, 2016.

Cruden David y Varnes David Movimientos en Masa [Libro]. - Mexico,
2013.

D.F Procuraduria Ambiental del Ordenamiento Territorial del Uso de
suelo [Informe]. - Mexico, 2015.

Díaz Jaime Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.
[Libro]. - Bucaramanga-Colombia, 2000.

Escobar Carlos y Duque Gonzalo Factores Externos e Internos de
Movimientos en Masa [Libro]. - Medellin - Colombia, 2014.

Escobar Potes Carlos Enrique y Duque Escobar Gonzalo Geotecnica para
el Trópico Andino [Libro]. - Manizales - Colombia : N/A, 2017.

GAIA Geología GAIA Geología [En línea] // Geomorfología. - 2014. -
<http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/amontijores/clasare.htm>.

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda Plan de
Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2015. - Guaranda, 2014.

Gonzalez M Análisis de Riesgo de la comunidad El Aserrío. [Libro]. - Pasaje
- Ecuador, 2012.

González J. "El determinismo ambiente en dos autores clásicos: Hipócrates y
Herodoto" [Sección de libro]. - Baetica, 2005.

Hora La Alta tasa de deforestación en el Ecuador [Informe]. - Quito : la Hora
, 2011.

Hurtado Wilson Factores de deslizamiento y estrategias de reducción en la
microcuenca del río Chazo Juan provincia Bolívar // Factores de deslizamiento y
estrategias de reducción en la microcuenca del río Chazo Juan provincia Bolívar . -
Guaranda, 2018.

Hutchinson John y Skempton Alec Análisis de Vulnerabilidad.
Movimientos de Rotación [Libro]. - San Martín : Editorial Primero, 2012.

Instituto Espacial Ecuatoriano Generación de Geo Información para la
Gestión del Territorio a Nivel Nacional [Libro]. - Quito : MAGAP, 2013.

Instituto Geológico y Minero Manual de Taludes [Libro]. - España : IGME,
1986.

Keefer David Agentes Desencadenados. Incremento de la Sismicidad
[Libro]. - Veracruz, 2008.

Leroi E Risk maps at different scales: Objectives, tools and developments //

Proceedings of the Seventh International Symposium on landslides: Landslide Hazard, 1996.

Mernabeu Martha y Díez Juan Metodologías de análisis de riesgos en inestabilidad de laderas [Libro]. - Madrid - España : Revista digital del Cedex, 2014.

Mesa K Análisis de Movimientos en Masa. Condiciones Geológicas e Hidrometeorológicas [Libro]. - Quito - Ecuador : Colectivo, 2012.

Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización. - Quito : Registro Oficial, 2011.

Ministerio de Finanzas Públicas Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. - Quito : Registro Oficial, 2010.

Montero José Deslizamientos de Tierras, Identificación, Análisis y Prevención de sus Consecuencias [Publicación periódica] // Riesgos de Origen Geológico y Geomorfológico, 2003.

Montero Juan Procesos, Factores y Causas de la Inestabilidad e Taludes y Laderas [Libro]. - Bogotá - Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 1991.

Montero Orlate Juan María Procesos, factores y Causas de la Inestabilidad de los Taludes y Laderas [Libro]. - Bogotá - Colombia, 1991.

Mora Rolando Evaluacion de la Suceptibilidad al Deslizamiento del cantón San José, Costa Rica [Libro]. - Costa Rica, 2004.

Mora Rolando Evaluacion de la Suceptibilidad al Deslizamiento del cantón San José [Libro]. - Costa Rica : Servicio Especializado de Suelos y Rocas, 2007.

Mora Sergio y Vahrson Wilhelm Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos sobre grandes áreas, utilizando indicadores morfo-dinámicos. En: Memoria sobre el Primer Simposio [Libro]. - Bogotá, Colombia, 1991.

Mora Sergio y Vahrson Wilhelm Macrozonation methodolgy for landslide hazard determination [Libro]. - Costa Rica : Eng Geology, 1993.

Mora Sergio y Vahrson Wilhelm Mapa de Amenazas de Deslizamiento [Libro]: CEPREDENAR, 1992.

Muenala Martha del Rocío Vulnerabilidad ante Amenazas de Deslizamientos e Inundaciones de la Cuenca del Río Blanco // Maestria en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas . - Ibarra, 7 de Marzo de 2018.

Muñoz Juan Sebastian Paz Reducción Del Riesgo y Amenaza de Deslizamientos en vías Principales de Colombia [Conferencia] // 2° Congreso Latinoamericano de Ingenieria . - Cartagena de Indias-Colombia, 2019. - págs. 1-10.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC, 2015. Quito.

Orejuela Iván Fernando Palacios Suceptibilidad a deslizamientos en la vía Aloat-Santo Domingo [Publicación periódica] // GEOESPACIAL . - 2020. - págs. 01-12.

Pathak U Hidrología e hidrometeorología. Análisis de la dinámica hidrológica [Libro]. - Madrid - España, 2007.

Públicas Ministerio de Transporte y Obras Construcción y Fiscalización del Paso Lateral de Ambato y Guaranda [Informe]. - Guaranda, 2018.

Ruiz P y Molina L Aplicación de SIG en la evaluación de la amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa en el municipio de El Líbano. - Tolima, 2001.

Sampieri Roberto., Fernández, Carlos., & Lucio, Pilar. Sexta Edición de Metodología de la Investigación [Libro]. - México D.F. : McGraw Hill, 2014.

Santos A Factores desencadenantes. Sismicidad y precipitaciones. [Libro]. - Bogotá - Colombia, 2014.

Secretaria General de Gestión de Riesgos // Glosario de Términos de Riesgos de Desastres Guia de Consulta. - Quito : Registro Oficial, 2017.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos Análisis de Vulnerabilidad del Cantón Guaranda Perfil Territorial 2013 [Libro]. - Quito - Ecuador : Digital Center, 2013.

Suarez J Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas Tropicales [Libro]: Instituto de Investigaciones sobre Erosiones y Deslizamientos, 1998.

Union Interncional para la Conservación de la Naturaleza Union Interncional para la Conservación de la Naturaleza [En línea] // ¿Qué son las Soluciones Basadas en la Naturaleza?. - 14 de julio de 2017. - 2020. - <https://www.iucn.org/node/28778>.

Vargas German Boletín de Geología // Criterios para la Clasificación y Descripción de Movimientos en Masa. - Bogotá : Universidad Industrial de Santander, 03 de Julio de 2000.

Watanabe Max Gestión del riesgo de desastres en ciudades de América latina // Apunte de Investigación N°4: Soluciones Prácticas, 04 de Febrero de 2015.

Zambrano Michelle Importancia de la geotecnia en la infraestructura vial [Informe]. - Portoviejo-Ecuador, 2019.

ANEXOS

Anexo 1. Memoria fotográfica

Sector 1: Este sector tiene 3.31 km el cual comprende desde la entrada de la parroquia Guanujo hasta el complejo turístico “Las Cochas”.



Fotografía N°1: Tramo de la vía que presenta un nivel bajo de amenaza de deslizamiento, se evidencia que la superficie del terreno es plana.



Fotografía N°2: No existe laderas, desniveles ni irregularidades

Sector 2: Este sector tiene 7.21Km el cual comprende desde el complejo turístico “Las Cochas” hasta Vinchoa.



Fotografía 3: Tramo de la vía que presenta un nivel medio de amenaza de deslizamiento.



Fotografía N°4: Se observa que la vía se encuentra en laderas.



Fotografía 5: Existe desprendimiento de material, debido a la composición y textura de suelos.



Fotografía 6: Pendiente con formaciones de tipo Escarpado con una inclinación de Media a Fuerte.

Sector 3: Este sector tiene 2.53 Km el cual comprende desde el sector urbano de Vinchoa hasta Laguacoto.



Fotografía 6: Presencia de cultivos en laderas provocando erosión de suelos.



Fotografía 7: Cultivos de maíz cerca del eje vial



Fotografía 8: Pendientes con pastizales

Sector 4: Este sector tiene 1.76 Km el cual comprende desde el sector Lagucoto hasta empatar con la vía E491 de la vía Chimbo.



Fotografía 9: Existe desprendimiento de material en las laderas



Fotografía 10: Ladera con pendientes muy fuertes



Fotografía 11: El corte de la vía se encuentra en la mitad de una quebrada (precipicio)



Fotografía 9: Existe infraestructuras cerca de la vía y del área de afectación.



Fotografía 10: Cortes en espacios naturales y modificaciones en los terrenos , en donde se puede evidenciar que, por la presencia de infraestructura la vía aún no cuenta con el diámetro para su construcción.

Anexo 3. Aspectos administrativos del trabajo de titulación

Bienes	Cantidad	Valor Unitario	Total
Computadoras	1	\$400	\$400
GPS	1	\$60	\$60
Memoria USB	1	\$15	\$15
Resma de papel	1	\$5	\$5
Libreta de apuntes	2	\$1	\$2
Impresiones	3	\$20	\$20
Servicios			
Internet		\$30	\$30
Transporte	2	\$10	\$10
Total			\$542

Elaborado por: Allán & Yáñez, 2021