

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

ESTUDIO DE CASO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

TEMA:

ESTUDIO DE CASO SOBRE LOS FACTORES CONDICIONANTES Y
DESENCADENANTES QUE INCIDIERON EN EL DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR EL
TEJAR VÍA GUARANDA- CHIMBO, PERIODO 2025.

AUTORES:

JOSSELIN DANIELA PATÍN PUMA

DANIEL ESTEBAN JIMÉNEZ GONZÁLEZ

TUTOR/A:

ING. LUÍS VILLACIS MSC.

GUARANDA- ECUADOR

2025

Certificación del Director

El suscrito Ingeniero Luis Villacis, Director del estudio de caso de pregrado de la carrera de Administración Para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente-Tutor.

CERTIFICA

Que, el estudio de caso titulado “ESTUDIO DE CASO SOBRE LOS FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES QUE INCIDIERON EN EL DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR EL TEJAR VÍA GUARANDA-CHIMBO, PERIODO 2025” realizado por Josselin Daniela Patín Puma y Daniel Esteban Jiménez González, ha sido debidamente revisado las observaciones durante las asesorías, en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.



Ing. Luis Villacis MSc.

DIRECTOR DE ESTUDIO DE CASO DE PREGRADO

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Daniel Esteban Jimenez Gonzalez, portador de la Cédula de Identidad No 0202002689 y Josselin Daniela Patín Puma , portadora de la Cédula de Identidad No 0202466165 en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: ESTUDIO DE CASO SOBRE LOS FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES QUE INCIDIERON EN EL DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR EL TEJAR VÍA GUARANDA-CHIMBO, PERIODO 2025., modalidad Estudio de caso de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.


DANIEL ESTEBAN JIMENEZ GONZALEZ
FIRMA


JOSSELIN DANIELA PATÍN PUMA
FIRMA

Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo mi cariño y amor a mis padres, por haber estado a mi lado en cada paso de mi carrera. Gracias por guiarme, acompañarme en los momentos difíciles y por impulsar a seguir adelante. Este logro es el reflejo de su amor y dedicación.

A mis queridas hermanas, Jessica, Mariuxi, Fernanda quienes han sido mi apoyo incondicional, mi inspiración y mi motivación en cada paso de este camino. Gracias por su amor, paciencia y por estar siempre allí.

Este logro también va dedico con mucho amor y cariño a mi hermano Dilan Ricardo que desde el cielo me cuida y me guía en cada paso que doy, aunque ya no estes aquí tus locuras y alegría siguen vivos en mi corazón gracias por ser mi fuente de inspiración y apoyo, esta tesis es un homenaje a tu memoria y espero que te sientas muy orgulloso de mi.

A mi pequeña familia mi hija y esposo, por ser mi inspiración y motivo de alegría en cada paso de este camino, gracias por llenar mi vida de felicidad, amor y esperanza. Este logro es también tuyo mi pequeña niña, porque tú eres mi mayor inspiración a seguir adelante sin rendirme.

Josselin Daniela Patin Puma

Dedico este trabajo con todo mi corazón a quienes han sido mi fuerza, mi inspiración y mi refugio en este camino de formación académica y personal.

A Dios, que ha sido mi fuente de fortaleza y guía en este recorrido académico y a lo largo de toda mi vida, por darme fuerzas y sabiduría para superar victorioso cada desafío.

A mi esposa, por ser mi compañera incansable, por su amor incondicional y por permanecer a mi lado en cada momento, incluso en aquellos en que las fuerzas flaqueaban. Tu apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A mi hija, cuya sonrisa ha sido mi motivación diaria. Que este esfuerzo represente para ti un ejemplo de perseverancia y amor por el conocimiento.

A mis padres, por ser el pilar sobre el cual he construido mis principios y aspiraciones. Su guía, sacrificio y ejemplo han marcado mi vida y han sido esenciales en mi formación como ser humano y como profesional.

Dedico también este trabajo a todas las personas y comunidades que viven en condiciones de vulnerabilidad frente a los riesgos y desastres. Que este esfuerzo académico contribuya, desde el conocimiento y la acción, a proteger la vida y fortalecer la resiliencia.

Daniel Esteban Jiménez González

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi querido padre lo cual es un pilar fundamental en mi vida, a mi madre, hermanas y especialmente a mi hermano por su permanente inspiración, por su apoyo incondicional y su constante motivación a seguir adelante y nunca rendirme a mi esposo e hija, por su compañía y ánimo en los momentos difíciles, a mis profesores y asesores, por su guía, paciencia y conocimientos que enriquecieron este trabajo.

Quiero también expresar mi más sincero agradecimiento a La Universidad Estatal de Bolívar por brindarme el apoyo, los recursos y las oportunidades que fueron fundamentales para culminar mis estudios. Gracias por ser un espacio de crecimiento y aprendizaje.

Josselin Daniela Patin Puma

Al llegar al final de esta etapa tan significativa, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos quienes, de una u otra forma, hicieron posible la culminación de este proceso.

A mi esposa, gracias por tu paciencia, tu fe en mí y tu constante apoyo emocional. Tu amor ha sido luz en los momentos de mayor incertidumbre.

A mi hija, por ser la razón más profunda de mi esfuerzo. Tu existencia le da sentido a cada paso que doy.

A mis padres, por su amor incondicional, sus valores transmitidos y el ejemplo de dedicación que han sido para mí. Gracias por enseñarme que el conocimiento se honra cuando se pone al servicio de los demás.

A la Universidad Estatal de Bolívar, por abrirme las puertas al conocimiento y brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme en una carrera tan humana y comprometida como lo es la Administración de Riesgos y Desastres. A sus docentes, por compartir su experiencia con generosidad y vocación; y al personal administrativo y de apoyo, por su esfuerzo silencioso pero fundamental en nuestro día a día como estudiantes.

A mis compañeros de camino, a quienes compartieron conmigo jornadas de estudio, experiencias en campo y reflexiones profundas sobre el valor de proteger la vida y prevenir el sufrimiento humano: gracias.

Este trabajo es más que un requisito académico. Es el reflejo de un compromiso con la sociedad, con la vida y con la convicción de que, desde nuestra profesión, podemos marcar una diferencia real.

Daniel Esteban Jiménez González

Cesión de derechos de autor a la Universidad Estatal de Bolívar

Índice General

Declaración de autoría de la investigación	ii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	vi
Cesión de derechos de autor a la Universidad Estatal de Bolívar	viii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del problema	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.1.1 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación de la investigación	7
1.5 Limitaciones.....	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Descripción del área de estudio.....	10
2.2 Antecedentes investigativos	11

2.2 Bases teóricas	14
2.2.1 Deslizamientos	14
2.2.2 Tipos de deslizamientos	15
2.2.3 Partes de un deslizamiento	19
2.2.4 Factores que causan un deslizamiento	20
2.2.4.1 Factores condicionantes de los deslizamientos	21
2.2.4.2 Factores desencadenantes	23
2.2.5 Vulnerabilidad ante deslizamientos	24
2.2.6 Mapas de riesgos	25
2.2.7 Evaluación de un deslizamiento	25
2.2.8 Efectos de un deslizamiento	25
2.2.9 Formas de analizar un deslizamiento	26
2.2.9 Formas de prevención o reducción del riesgo de deslizamiento	29
2.3 Base legal	30
2.4 Definición de términos	32
2.5 Sistemas de variables	30
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Nivel de investigación	33
3.2 Diseño	33

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.4 Procesamiento y análisis de datos	36
CAPÍTULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	41
4.1 Resultados según objetivo 1.....	41
4.2 Resultados según objetivo 2.....	62
4.3 Resultado según objetivo 3	73
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
5.1 Conclusiones	80
5.2 Recomendaciones	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS.....	94

Índice de tablas

Tabla 1 Variable independiente.....	30
Tabla 2 Variable dependiente.....	32
Tabla 4 Ponderación de afectación.....	63
Tabla 5 Entrevista realizada a funcionarios de la SNGR.....	67
Tabla 6 Entrevista realizada a funcionarios del GAD del cantón Chimbo	69
Tabla 7 Medidas de mitigación para reducir el riesgo de desastre	74

Índice de Figuras

Figura 1 Descripción del área de estudio.....	11
Figura 2 Deslizamiento rotacional.....	15
Figura 3 Deslizamiento traslacional.....	16
Figura 4 Flujo de lodo.....	17
Figura 5 Cída de rocas.....	17
Figura 6 Reptación de suelo.....	18
Figura 7 Desprendimiento de escombros.....	19
Figura 8 Partes de un deslizamiento.....	20
Figura 9 Cobertura y uso de suelo.....	44

Resumen

El presente estudio tuvo como propósito analizar los factores condicionantes y desencadenantes que incidieron en el deslizamiento ocurrido en el sector El Tejar, **cantón Guaranda**, debido a que sus características topográficas representan un peligro inminente por la presencia de pendientes pronunciadas, suelos arcillosos y prácticas agrícolas inadecuadas. Para ello, se aplicó un método descriptivo con enfoque cuali-cuantitativo, empleando técnicas como el análisis cartográfico, la matriz de relación causa-efecto, entrevistas y revisión documental. Los resultados evidenciaron que el sector presenta alta susceptibilidad a deslizamientos, siendo los principales factores condicionantes la pendiente del terreno, la composición geológica y el uso inadecuado del suelo; mientras que el factor desencadenante predominante fue la precipitación intensa. Además, se identificaron zonas críticas con mayor nivel de vulnerabilidad, afectando el entorno físico, social y ambiental de la población. En función de estos hallazgos, se propuso estrategias de prevención y mitigación, como la estabilización de taludes, el control del uso de suelo y la implementación de sistemas de drenaje, orientadas a reducir el riesgo de futuros deslizamientos y fortalecer la resiliencia del sector.

Palabras Claves: deslizamientos, factores condicionantes, factores desencadenantes, impacto físico, impacto ambiental.

Abstract

The purpose of this study was to analyze the conditioning and triggering factors that contributed to the landslide in the El Tejar sector, whose topographic characteristics represent an imminent hazard due to the presence of steep slopes, clayey soils, and inadequate agricultural practices. A descriptive method with a mixed (qualitative–quantitative) approach was applied, using techniques such as cartographic analysis, a cause-and-effect matrix, interviews, and document review. The results revealed that the area presents a high susceptibility to landslides, where the main conditioning factors are slope, geological composition, and inappropriate land use, while intense rainfall was identified as the predominant triggering factor. In addition, critical zones with higher levels of vulnerability were identified, affecting the physical, social, and environmental conditions of the population. Based on these findings, prevention and mitigation strategies are proposed, including slope stabilization, land-use control, and the implementation of drainage systems, aimed at reducing the risk of future landslides and strengthening community resilience.

Keywords: landslides, contributing factors, triggering factors, physical, social, and environmental impact

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra son los eventos adversos que se presentan de manera frecuente en Ecuador, lo cual pueden afectar infraestructuras, medios de vida y la seguridad de las comunidades, por ello, el presente estudio se centra en el deslizamiento ocurrido el 27 de abril del 2025 en el sector el Tejar, situado en la vía Guaranda- Chimbo, que se caracteriza por su compleja geografía y condiciones climáticas variables. Dicho fenómeno, ha puesto en evidencia una serie de condiciones estructurales, sociales y ambientales que facilitaron su ocurrencia (García, 2021).

A través del estudio de caso se podrá identificar y diferenciar entre los factores condicionantes, como, la pendiente, uso de suelo y geología del terreno, y los factores desencadenantes, como, las intensas precipitaciones, sismos e intervención antrópica. Por tanto, la interacción entre estos elementos permite comprender de forma clara las dinámicas que influyeron en la inestabilidad de la ladera deslizada, de tal forma que permita establecer medidas de prevención para adaptarse y recuperarse eficientemente ante los efectos negativos de la ocurrencia de un deslizamiento (González, F., Olgún, J., Guevara, R., Palomera, C. y Ramírez, J, 2023).

Así mismo, el estudio pretende evidenciar la importancia de una gestión integral del riesgo que articule el conocimiento técnico con la participación comunitaria, ya que la falta de planificación urbana, asentamientos en zonas susceptibles y la deforestación son algunas de las actividades antrópicas que incrementaron la vulnerabilidad del sector frente al deslizamiento ocurrido. Por ello, resulta fundamental identificar los factores condicionantes y desencadenantes, que sirva como base para establecer medidas preventivas y se puedan tomar decisiones adecuadas enfocadas en la resiliencia comunitaria (Cargua, C., Espin, R., Valencia, B., Simbaña, M., Araujo, S. y Ocampo, A, 2024).

En ese sentido, el desarrollo del documento se estructura en cinco capítulos:

En el primer capítulo se encuentra el problema de la investigación y la formulación del mismo. Además, se plantea el objetivo general y objetivos específicos, la justificación y las limitaciones que hayan surgido durante su desarrollo.

En el segundo capítulo se detalla el marco teórico, lo cual consta de antecedentes, bases teóricas, definición de términos, sistemas variables con su respectiva operacionalización.

En el tercer capítulo se describe el marco metodológico, el cual consta del nivel de la investigación, el diseño, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de datos por cada uno de los objetivos específicos.

En el capítulo cuatro se detallan los resultados alcanzados según los objetivos propuestos en tema de investigación.

Finalmente, en el capítulo cinco se describen las conclusiones y recomendaciones que hayan surgido del desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

A nivel mundial los deslizamientos de tierra se han intensificado con mayor frecuencia y severidad, debido a factores condicionantes y desencadenantes. Según el Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2022) durante el año 2022 se produjeron 387 eventos peligrosos en todo el mundo, ocasionando la pérdida de 30.000 víctimas aproximadamente y afectando a 185 millones de personas, con pérdidas económicas estimadas en 223,8 mil millones de dólares, siendo los deslizamientos los eventos con mayor prevalencia.

En la región Latinoamericana, la situación es igualmente preocupante, así lo demuestra un estudio realizado por Rosi et al. (2024) indicando que durante el 2004 y 2013 se registraron 611 deslizamientos en la región, ocasionando la muerte de 11.000 personas aproximadamente, siendo el principal factor desencadenante las intensas precipitaciones. Así mismo, durante el año 2022 se produjeron deslizamientos importantes como es el caso de Colombia dejando al menos 33 personas fallecidas y el ocurrido en el Carmen de Atrato en enero del 2024 que registró un total de 37 personas pericidas, lo cual denota la persistente amenaza en la región que representan los deslizamientos de tierra.

En Ecuador, los deslizamientos se han convertido en un fenómeno predominante, de acuerdo a la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (2024) se han registrado un total de 351 eventos, que en términos porcentuales representa el 34% de todos los eventos que se han producido en el país, de los cuales 5.818 personas resultaron afectadas, por ello, es imprescindible que las autoridades competentes junto con la comunidad se mantengan preparados ante la ocurrencia de un deslizamiento.

El sector el Tejar de la vía Guaranda- Chimbo forma parte de esta problemática, ya que las características topográficas del terreno representan un peligro inminente debido a la combinación de pendientes pronunciadas, suelos arcillosos y prácticas agrícolas inadecuadas en la parte del deslizamiento. De acuerdo a un reporte realizado por el Diario Primicias (2025) el 27 de abril se produjo un macro deslizamiento en el sector el Tejar afectando a cuatro familias (14 personas), y cinco viviendas, además de la afectación de bienes públicos y cierre total de la vía principal, siendo declarada la provincia Bolívar en emergencia debido a la etapa invernal.

Así mismo, un informe emitido por parte de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2025) señala que, en abril del 2025 se registró un deslizamiento de gran magnitud en el sector el Tejar, ubicado en el km 10 de la vía Guaranda- Chimbo, de la provincia Bolívar, cuyo evento ocasionó el desprendimiento de aproximadamente 8.000 metros cúbicos de tierra, lo que bloqueó cerca de 200 metros de corredor vial y dejó un saldo de 14 personas entre afectadas y damnificadas, además de varios vehículos atrapados, lo cual conllevó a declarar emergencia regional mediante resolución No. 160-2025, posteriormente se iniciaron trabajos de estabilización del talud con la conformación de terrazas con el apoyo de los gobiernos locales.

Al respecto, Hernández et al. (2023) argumenta que, las causas de los deslizamientos son multifactoriales, en donde las intensas precipitaciones, la composición geológica, actividad sísmica e intervención antrópica como la construcción de viviendas en zonas inestables y la deforestación han contribuido de forma significativa en la ocurrencia de los deslizamientos.

En este sentido, es necesario identificar las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas presentes en el sector el Tejar, para posteriormente determinar los efectos del deslizamiento y proporcionar medidas de prevención para minimizar el riesgo de futuras reactivaciones del deslizamiento en el área en estudio. Por lo tanto, se plantea la siguiente formulación del problema:

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son los factores condicionantes y desencadenantes que incidieron en la ocurrencia del deslizamiento en el sector El Tejar ubicado en la vía Guaranda- Chimbo durante el periodo 2025?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Analizar los factores condicionantes y desencadenantes que incidieron en el deslizamiento en el sector del Tejar vía Guaranda- Chimbo, periodo 2025.

1.3.1.1 Objetivos específicos

- Identificar las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas presentes en el sector el Tejar de la vía Guaranda- Chimbo que contribuyeron al deslizamiento.
- Determinar la incidencia del deslizamiento en el sector El Tejar vía Guaranda- Chimbo, y sus efectos sobre el entorno físico, social y ambiental.
- Proponer medidas de prevención para minimizar el riesgo de deslizamientos en el sector el Tejar de vía Guaranda- Chimbo.

1.4 Justificación de la investigación

Es **necesario** realizar el presente estudio de caso para comprender de forma integral los deslizamientos que se han producido en el sector el Tejar de la vía Guaranda- Chimbo, debido a que estos eventos representan un peligro constante para la vida humana, infraestructura vial y desarrollo territorial. Además, no se han efectuado estudios de los factores causantes de los deslizamientos, por tanto, limita la toma de decisiones de forma adecuada para prevenir futuros desastres.

El estudio es **importante**, ya que permitirá identificar los factores condicionantes y desencadenantes del deslizamiento ocurrido en dicho sector, además de proporcionar medidas prevención mediante un enfoque integral del estudio de caso, lo cual ayudará a generar información valiosa para el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo. Además, se busca fomentar hábitos en prevención de riesgo, para que la comunidad responder de forma resiliente ante la ocurrencia de un evento adverso.

El desarrollo del estudio es **factible** desde el punto de vista académico, técnico y logístico, puesto que se dispone con el acceso al área de estudio, herramientas geoespaciales, que resultan apropiadas para el análisis de campo, lo cual facilita el acceso a información complementaria y la recolección de datos primarios.

El estudio **contribuye** de forma significativa al conocimiento local y regional sobre los deslizamientos en zonas andinas, por lo tanto, los resultados permitirán comprender de mejor manera los mecanismos humanos y naturales que ocasionan estos eventos, permitiendo a su vez el fortalecimiento de políticas públicas enfocadas en la prevención y mitigación del riesgo. Además, la información servirá como base para técnicos, tomadores de decisiones y actores que estén involucrados en la planificación territorial.

El **aporte teórico** que tendrá la investigación se basa en la extensión del marco conceptual sobre los factores geológicos, climáticos y antrópicos en la ocurrencia de los deslizamientos, lo cual permite aportar a la gestión de riesgo. Por otra parte, el **aporte práctico** ofrecerá recomendaciones específicas que podrán ser replicadas por gobiernos locales y técnicos enfocados en el análisis del riesgo, reducción del riesgo, manejo de eventos adversos, recuperación y transferencia del riesgo.

Los **beneficiarios directos** del presente estudio corresponden a 4 familias conformadas por 14 personas, lo cual se encuentran expuestas de manera constante ante la ocurrencia de los deslizamientos, además de beneficiarse los usuarios, transportistas y comerciantes que transitan por la arteria vial Guaranda- Chimbo. Entre los **beneficiarios indirectos** se encuentran los organismos de socorro y gobiernos locales, lo cual podrán utilizar los resultados de la investigación como insumo para estudios de infraestructura o planes de emergencia, así mismo, serán beneficiarios indirectos la comunidad académica, en donde podrán tomar como referencia dicho estudio para realizar estudios futuros relacionados a los deslizamientos.

1.5 Limitaciones

Las limitaciones surgidas durante el desarrollo del presente estudio fueron las siguientes:

- Condiciones geográficas y climáticas adversas, lo cual dificultó las visitas de campo y la recolección de datos.
- El acceso limitado a información actualizada, como la escasa disponibilidad de datos geotécnicos, hidrometeorológicos o cartográficos a detalle, específicamente en el sector el Tejar de la vía Guaranda-Chimbo.
- Limitada participación de la población en estudio para conocer su capacidad de respuesta frente a la ocurrencia de un deslizamiento.
- Retrasos e imprevistos de carácter administrativos y académicos durante el desarrollo del estudio de caso.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

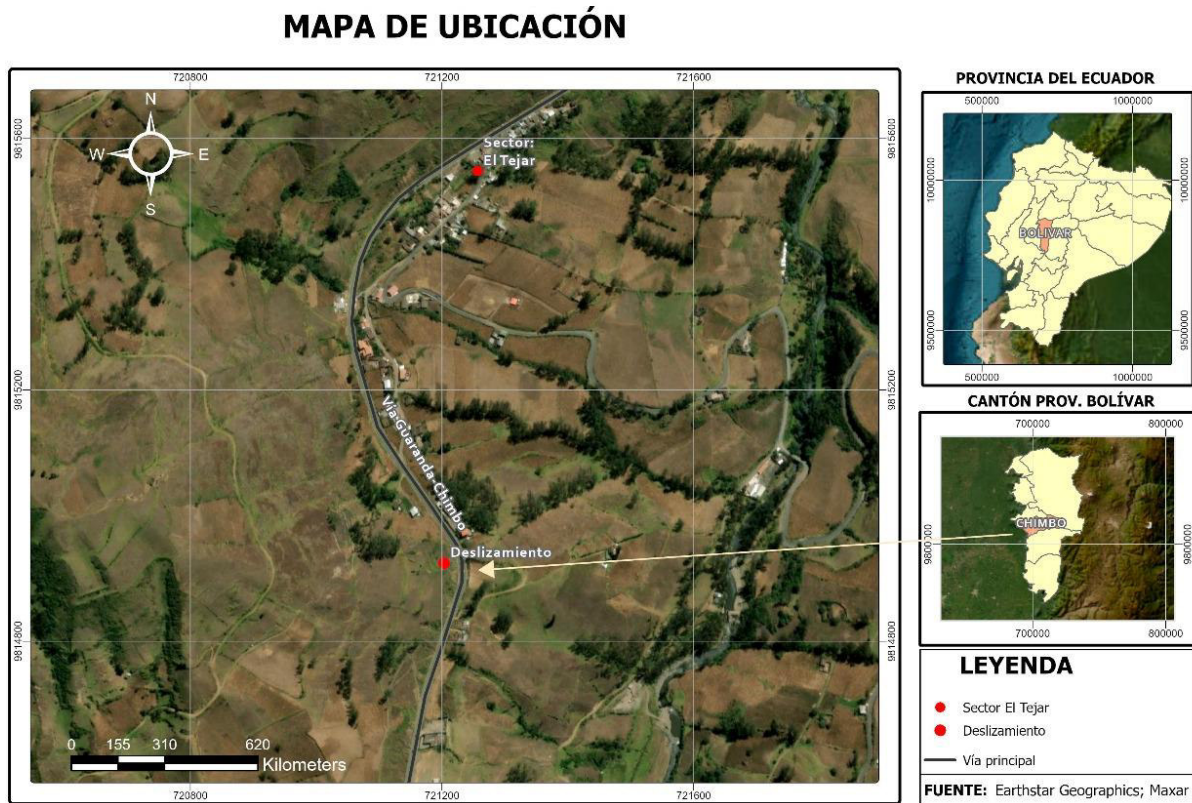
2.1 Descripción del área de estudio

El Tejar se encuentra ubicada en la vía Guaranda- Chimbo (E492), km 10 aproximadamente, al suroeste de la ciudad de Guaranda, en la Cordillera Occidental, ubicado en la hoya del río Chimbo, entre los ríos Salinas y Culebrillas. La vía E492 Guaranda- Chimbo es una carretera importante que conecta Guaranda con las provincias de Bolívar y Chimborazo, atravesando la Cordillera por pasos de más de 4 000 m, cuya sección es una vía rural con tránsito moderado de vehículos agrícolas y transporte regional (Gobierno Municipal de Guaranda, 2025).

El sector El Tejar se encuentra a una altitud de 2.668 m.s.n.m aproximadamente. Por otra parte, su temperatura es de aproximadamente de 10.8-13 °C, con una precipitación anual elevada 4 355 mm, con meses más lluviosos (marzo: 606 mm) y más secos (julio: 131 mm). Además, en el Tejar, es un área rural del cantón Chimbo, donde predominan viviendas agrícolas, cultivos de subsistencia y ganadería ligera (Plan de Ordenamiento Territorial Guaranda, 2022).

Figura 1

Descripción del área de estudio



Fuente: (Earthstar Geographics, 2023).

2.2 Antecedentes investigativos

A nivel internacional, Olguín et al. (2023) realizaron un estudio en México denominado “Identificación espacial del riesgo por deslizamiento de tierra en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México” con el propósito identificar los fenómenos de deslizamientos, utilizando un método geoespacial. Los resultados demostraron que existe cinco clases de riesgos, en donde tres localidades se sitúan en riesgos altos y muy altos debido a la incidencia de los suelos regosol y exceso de precipitación, concluyendo que la falta de planificación de uso de suelo, induce a la necesidad de efectuar actividades de remediación en zonas críticas a deslizamientos.

Por otra parte, Delfin et al. (2021) desarrollaron un estudio en Bolivia titulado “Integrando métodos de evaluación de riesgos de deslizamientos e inundaciones en cuencas del Tunari y zona de Alto Cochabamba”, cuya finalidad fue evaluar el riesgo en dos cuencas piloto de la cordillera del Tunri, para lo cual aplicaron métodos integrales con evaluación participativa con un enfoque mixto cuali-cuantitativo y mapeos de vulnerabilidad de deslizamientos mediante SIG. Los resultados evidenciaron un alto grado de riesgo de deslizamientos, lo cual reflejó falta de mantenimiento de obras estructurales de reducción de riesgos y baja implementación de nuevas obras.

El autor Ramírez (2020) realizó un estudio “Evaluación del riesgo asociado por deslizamiento de ladera localizada en el sector la vereda” con el objetivo de evaluar el riesgo relacionado con el deslizamiento de una ladera, para ello, aplicaron un método enfocado en el levantamiento topográfico de la ladera en mención. Los resultados evidenciaron que existe un alto nivel de riesgo, debido a los factores condicionantes como la topografía del terreno, la pendiente y el relieve, y los factores desencadenantes como las intensas precipitaciones y la presencia de sismos, concluyendo que es necesario establecer medidas de prevención.

A nivel nacional, Aucay y Albarracín (2024) elaboraron un estudio denominado “Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos mediante técnicas geomáticas en el cantón Santa Isabel” en la Parroquia Bulán con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad ante deslizamientos, para ello, aplicaron un método de evaluación multicriterio, permitiendo clasificar el riesgo existente. Los hallazgos evidenciaron que existe un alto riesgo de deslizamiento con un porcentaje del 36%, afectando 1253 hectáreas, concluyendo con la necesidad de implementar medidas de reducción de riesgos enfocadas en fortalecer la resiliencia de la población.

Por otro lado, Montalván y Segarra (2022) desarrollaron un estudio en Paute, Azuay titulada “Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medio de los sistemas de información geográfica” con el propósito de establecer por medio de sistemas de información geográfica la vulnerabilidad de dicho cantón ante la ocurrencia de deslizamientos de tierras, para lo cual aplicaron el método de evaluación multicriterio y la metodología de Mora Vahrson. Los hallazgos evidenciaron que en la zona predominan relieves con pendientes escarpadas, existe una susceptibilidad alta debido a las condiciones geológicas, de acuerdo a la metodología de Vahrson existe un riesgo alto de deslizamientos con un porcentaje del 35,43%, con respecto al método multicriterio muestra que la zonificación crítica es de nivel moderado equivalente al 32,55%.

A nivel local, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo et al. (2023) en su estudio “Análisis forense del movimiento en masa ocurrido en Alausí el 26 de marzo de 2023” pretendieron identificar y analizar las causas subyacentes del macro deslizamiento ocurrido en el año 2023, cuya metodología utilizada fue a través del método FORIN (Investigación Forense de Desastres), para lo cual utilizaron un análisis retrospectivo longitudinal para conocer las dinámicas de ocupación del territorio. De acuerdo a los resultados se produjo un total de 65 personas fallecidas, más de 1700 afectadas y 163 edificaciones afectadas, entre las causas del evento se encontraron intensas precipitaciones, degradación ambiental, mal manejo de aguas, deficientes prácticas agrícolas y deficiencias institucionales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Deslizamientos

Este fenómeno se produce cuando el suelo se vuelve inestable, normalmente como consecuencia de lluvias intensas, terremotos o actividades humanas como la excavación o la deforestación, en donde las viviendas, carreteras y vidas humanas pueden verse afectadas por los corrimientos de tierra, que pueden producirse de forma rápida y destructiva. Por tanto, son frecuentes en regiones con pendientes pronunciadas o montañas, además la acumulación de agua también debilita la cohesión del suelo y facilita el derrumbe (Flores, I., Nápoles, N., Rodríguez, J. y Gonzáles, J, 2023).

De acuerdo con el enunciado de deslizamiento, se puede evidenciar que, en el sector El Tejar existen precipitaciones constantes, cuya actividad antrópica ha generado que aumente el nivel de susceptibilidad, debido a taludes inestables y suelos erosionados que dan lugar a micro y macro deslizamientos de tierras en el área de estudio.

De acuerdo a Allstadt et al. (2025) “los deslizamientos refieren a los desplazamientos ladera debajo de materiales terrestres bajo la fuerza de la gravedad, lo cual se pueden producir sin un claro desencadenante, puesto que pueden ser influenciados por factores como los sismos o precipitaciones” (p. 2). Al respecto, el sector el Tejar se caracteriza por ser una zona sísmica con presencia de lluvias intensas, especialmente en épocas de invierno.

Por otra parte, Dahal et al. (2024) mencionan que, “los deslizamientos de tierra combinan intensidad de movimiento, vulnerabilidad espacial, periodo o frecuencia de retorno, cuya modelación se lo efectúa a través de métodos estadísticos” (p. 30). Esta definición amplia el

concepto de deslizamiento, que contempla el desplazamiento por gravedad, además de cuantificar de manera probabilística y espacio-temporal.

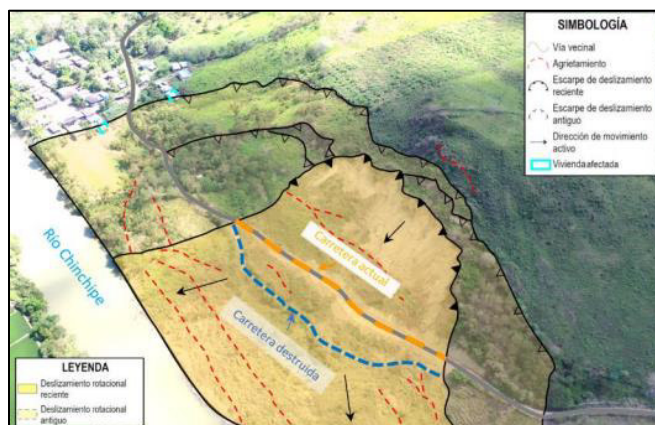
2.2.2 Tipos de deslizamientos

Existen diversos tipos de deslizamientos de tierra, a continuación, se mencionan los tipos más comunes de deslizamientos:

Deslizamiento rotacional. – Es un tipo de deslizamiento en donde una masa de suelo o roca se traslada hacia abajo a lo largo de una superficie cóncava o curva, cuyo material rota hacia atrás una vez que ha sido desplazado, dando una forma de hundimiento en la parte de arriba del terreno y acumulación en la parte inferior. Generalmente, estos tipos de deslizamientos suelen suscitarse en suelos blandos o arcillosos (Moragues, S., Lenzano, M., Rivera, A., Oberreuter, J. y Vich, A, 2021).

Figura 2

Deslizamiento Rotacional



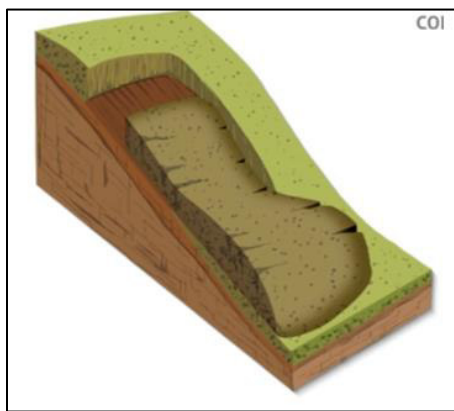
Fuente: (Ministerio de Energías y Minas de Perú, 2023).

Deslizamiento traslacional. – Es un tipo de deslizamiento de tierra en donde la masa de suelo o roca se desliza de manera recta y plana encima de una inclinada superficie, cuyo bloque se

mueve como si se deslizara sobre una tabla, lo cual se produce de forma común en capas de suelo con pendientes poco cohesionadas, lo cual puede producirse de forma destructiva y rápida, siendo típico en excavaciones, taludes con cortes y suelos erosionados escombros (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2023).

Figura 3

Deslizamiento traslacional



Fuente: (Gobernación de Boyacá, 2025).

Flujo de lodo. - Es un tipo de deslizamiento de tierra que se produce cuando se combina el agua, sedimentos, tierra que se satura y fluye cuesta abajo como un líquido espeso. Dicho fenómeno ocurre al suscitarse intensas precipitaciones o deshielos en terrenos sin cobertura vegetal e inclinados, lo cual se convierte en un deslizamiento muy peligroso debido a su rápido desplazamiento (Hernández, I., Aceves, J. y Legorreta, G, 2023).

Figura 4

Flujo de lodo



Fuente: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2022).

Caída de rocas. - Son un tipo de movimientos en masa que se produce cuando la roca se desprender y se fragmenta de una pendiente pronunciada, cayendo libremente debido a la gravedad, cuyo fenómeno se puede producir por los sismos, erosión, intensas precipitaciones e intervención antrópica. Estas rocas pueden caer directamente, rodar o rebotar ladera abajo, lo cual causan daños graves si llegan a impactar edificaciones cercanas, medios de vida o personas (Hernández, I., Aceves, J. y Legorreta, G, 2023).

Figura 5

Caída de rocas



Fuente: (Heraldo, 2023).

Reptación del suelo. – Movimiento de masa gradual y lento con desplazamiento milímetro a milímetro cuesta abajo a través del tiempo, lo cual no se visualiza a simple vista debido a su lento desplazamiento, en donde sus efectos se logran evidenciar en años, ocasionando arboles inclinados, postes o muros agrietados, que se producen por la acción del agua, la gravedad y los cambios en la temperatura.

Figura 6

Reptación del suelo



Fuente: (Ehlert, A, 2025).

Desprendimiento de escombros. - Es un tipo de deslizamiento que se produce de forma rápida, mediante una combinación de tierra, rocas, vegetación, arena y otros materiales que se deslizan por una pendiente pronunciada. A menudo, ocurre por las intensas precipitaciones, la erosión o los sismos, generando de manera repentina el colapso, lo cual puede ser muy destructivo, puesto que arrasa todo lo que encuentra a su paso.

Figura 7

Desprendimiento de escombros



Fuente: (Plan Ahead for Disasters, 2025).

2.2.3 Partes de un deslizamiento

De acuerdo Moreno (2022) un deslizamiento de tierra posee varias partes que permite comprender su estructura y cómo se desarrolla, a continuación, se menciona cada una de ellas:

Cabecera o corona. - Es la parte superior del deslizamiento

Escarpe Principal. - Es la ruptura o fractura visible en la parte superior del deslizamiento, en donde la masa de tierra se ha desprendido del terreno estable.

Escarpe Secundario. - Es la grieta adicional que se forma dentro de la masa desplazada, comúnmente por detrás o dentro del cuerpo del deslizamiento.

Flanco. - Es cada uno de los bordes laterales del deslizamiento, que puntualizan entre el terreno que permanece estable y la masa que se desplazó, estos son flanco izquierdo y derecho.

Grietas. - Son las fracturas o aberturas en el suelo que se forman cuando la masa comienza a desplazarse o a deformarse, provocadas por la saturación del agua o inestabilidad de la pendiente

Pie. - Es la parte inferior del deslizamiento en donde tiende a acumularse el material que se haya desprendido por la pendiente, generalmente se la conoce lengua o zona de acumulación.

Figura 8

Partes de un deslizamiento



Fuente: (Moreno, L, 2022).

2.2.4 Factores que causan un deslizamiento

Una mezcla de acciones antrópicas y naturales que debilitan la estabilidad del suelo puede provocar deslizamientos de tierra, así mismo, las lluvias intensas o prolongadas son una de las causas naturales más frecuentes, lo cual penetran el suelo, haciéndolo más pesado y menos cohesivo. Otro factor son los sismos, que pueden provocar vibraciones capaces de romper la estructura interna del suelo, sumado a esto las pendientes pronunciadas, la erosión del suelo y la existencia de materiales inestables como, arcillas en expansión o suelos poco consolidados son otros problemas naturales.

Sin embargo, cuando se construye sin hacer estudios geotécnicos, además de la deforestación de laderas y la actividad humana puede acelerar o desencadenar desprendimientos, debilitando el paisaje que se produce por una gestión inadecuada del agua, lo cual se filtra de manera excesiva las aguas residuales. Por ende, la vulnerabilidad aumenta, debido a la urbanización no planificada y la falta de regulación del uso del suelo, por ello, todos estos

elementos tienen el potencial de provocar movimientos en masa con efectos perjudiciales tanto para las personas como para el medio ambiente, al combinarse con condiciones meteorológicas adversas o cambios medioambientales bruscos.

2.2.4.1 Factores condicionantes de los deslizamientos

Según González et al. (2023) en el contexto de los deslizamientos, los factores geológicos, climáticos, topográficos o humanos que favorecen o predisponen a que se produzca un deslizamiento, aunque no lo causen directamente se denominan factores condicionantes. En otras palabras, son las características del terreno y del entorno que hacen que un lugar sea más vulnerable a los desplazamientos de tierras, además, si se materializa una causa desencadenante, actúan como terreno fértil sobre el que finalmente se formaría un corrimiento de tierras, por ello, sin estas condiciones, el deslizamiento no podría producirse.

Por otro lado, Bravo et al. (2023) identificó en su estudio las condiciones que inciden en la estabilidad de pendientes, entre ellas, la geomorfología, pendiente, cobertura vegetal, drenaje, roca y subsuelo, para lo cual utilizó técnicas de feature selection en modelos como Random Forest y XGBoots.

A continuación, se describen cada uno de estos factores:

Pendiente: _ Es el ángulo o grado de inclinación de una superficie terrestre en relación a un plano horizontal, lo cual se expresa en grados o porcentajes (Haro, 2023)

Cobertura vegetal y uso de suelo: Se refiere a la vegetación existente sobre un talud o pendiente, lo cual se utiliza para fines agrícolas o de ganadería, sin embargo, en muchos casos, existen asentamientos humanos sin una previa planificación ni control, lo cual aumenta el nivel de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un deslizamiento de tierra (Jiménez, 2024).

Tipo de roca o suelo. - Hace referencia a las propiedades y composición de los materiales que conforman el subsuelo, los cuales pueden ser compactos o sueltos. Estas condiciones, como su firmeza, permeabilidad o resistencia, determinan en gran medida la estabilidad de una ladera y su vulnerabilidad frente a movimientos en masa (Haro, 2021).

Escorrentía superficial. - Es el desplazamiento del agua sobre la superficie del terreno cuando las lluvias superan la capacidad de absorción del suelo. Este proceso puede provocar desgaste, arrastre de partículas y acumulación en zonas bajas, lo que debilita la estabilidad de los taludes (García, 2021).

Filtraciones subterráneas. - Corresponden al movimiento del agua que penetra en el terreno a través de poros o grietas, generando saturación en distintas capas. Esta acumulación reduce la resistencia de los materiales y favorece la pérdida de cohesión en el suelo o la roca (Hernández y López, 2022).

Deforestación. - Es la eliminación de la cobertura vegetal, ya sea por acción humana o fenómenos naturales. Por tanto, al desaparecer los árboles y plantas, disminuye la capacidad del terreno para absorber y regular el agua, además de perderse la función de las raíces que ayudan a fijar el suelo (Cárdenas, 2021).

Infraestructura inadecuada. - Se relaciona con construcciones o intervenciones realizadas sin estudios técnicos suficientes ni medidas de seguridad. Por ejemplo, obras como carreteras, viviendas o sistemas de drenaje mal planificados modifican la pendiente natural, añaden peso al terreno o alteran el curso del agua, aumentando el riesgo de deslizamientos (Jiménez, 2021).

2.2.4.2 Factores desencadenantes

Cuando se aplican a un terreno que ya posee factores condicionantes, como, pendiente, suelo inestable, deforestación, etc., los factores desencadenantes viene hacer los sucesos o comportamientos específicos que provocan inmediatamente un desplazamiento de tierras. En donde la erosión, los terremotos, las lluvias intensas y la actividad humana pueden provocar estos desplazamientos (Holguín, 2021).

Para Yang et al. (2023) “los factores desencadenantes son eventos puntuales que alteran de forma drástica la estabilidad del terreno, lo cual reduce la resistencia al corte y aumenta las tensiones de esfuerzo” (p. 2), por tanto, los autores resaltan la importancia de comprender estos factores en la ocurrencia de deslizamientos.

A continuación, se detallan cada uno de estos factores:

Precipitaciones intensas. - Las lluvias prolongadas o de gran magnitud generan un exceso de agua en el suelo, lo que provoca que las partículas pierdan cohesión y que el terreno incremente su peso. Esta combinación de condiciones termina debilitando la estabilidad de las laderas y favorece la ocurrencia de deslizamientos (Stanford Climate Lab, 2021).

Actividad sísmica. - Los movimientos telúricos, al igual que las vibraciones ocasionadas por el tránsito pesado, el uso de explosivos o de maquinaria de gran porte, alteran el equilibrio natural de los taludes. Dichas sacudidas actúan como detonantes inmediatos que aceleran el desplazamiento del material (Gorokhovich, Y. y Vojinovic, Z).

Erosión y socavación. - El desgaste progresivo de la base de una pendiente causado por ríos, quebradas o corrientes superficiales elimina el soporte natural que mantiene estable a los

taludes. Por ello, una vez debilitada la base, se incrementa la probabilidad de que el terreno ceda y se produzca un deslizamiento Swanson (School of Engineering, 2023).

Sobrecarga en la parte superior de la ladera. - La colocación de construcciones, acumulación de materiales o tránsito frecuente en la parte alta de un talud añade un peso adicional sobre la pendiente. Esta carga extra genera presión y reduce la resistencia del suelo, incrementando así el riesgo de inestabilidad (Rendón, 2024).

2.2.5 Vulnerabilidad ante deslizamientos

Se refiere al grado en que las características físicas, geológicas y medioambientales de un lugar lo hacen susceptible a los corrimientos de tierra. Los principales factores determinantes de esta susceptibilidad son el uso del suelo, la cubierta vegetal, la estructura geológica, la pendiente y la composición del suelo. Por ejemplo, las laderas empinadas con suelos arcillosos, poca vegetación y actividades humanas como la deforestación o la construcción mal planificada tienen más probabilidades de sufrir inestabilidad (Valdéz, J., Ordáz, A., Espinoza, L. y Baro, J, 2022).

Aunque ser vulnerable no garantiza que se vaya a producir un desplazamiento de tierras, sí significa que hay muchas posibilidades de que se produzca uno en caso de que se produzca un acontecimiento desencadenante, como un terremoto o mucha lluvia. Los mapas de susceptibilidad suelen ser necesarios para esta evaluación, que ayuda a las comunidades y a las autoridades a crear y poner en práctica estrategias de mitigación adecuadas, por ello la evaluación de la susceptibilidad es esencial tanto para la planificación preventiva como para la territorial, porque permite identificar las regiones de riesgo y tomar decisiones informadas para evitar tanto las pérdidas económicas como las catástrofes humanas (Hernández et al., 2023).

2.2.6 Mapas de riesgos

Las regiones vulnerables a deslizamientos, se representan mediante técnicas cartográficas denominadas mapas de riesgo. Estos mapas utilizan información sobre la exposición de la población, la vulnerabilidad topográfica y la probabilidad de sucesos para señalar las zonas en las que las personas, las infraestructuras o el medio ambiente podrían resultar perjudicados.

2.2.7 Evaluación de un deslizamiento

La evaluación de un deslizamiento de tierra es un procedimiento técnico utilizado para determinar su magnitud, causas y consecuencias, lo cual consiste en examinar el terreno afectado, determinar el tipo de desprendimiento y medir las fracturas, escarpes o puntos inestables. También se evalúan la pendiente, la saturación de agua, las condiciones del suelo y los efectos en las comunidades o infraestructuras, cuyos datos son esenciales para evaluar el riesgo, organizar los esfuerzos de mitigación y evitar futuros sucesos, además, permite establecer zonas seguras, reubicar a la población en caso necesario y orientar las medidas de recuperación.

2.2.8 Efectos de un deslizamiento

Puede tener una amplia gama de repercusiones perjudiciales tanto para los seres humanos como para el medio ambiente, entre ellas, casas, carreteras, puentes y otras infraestructuras esenciales quedan destruidas, cortando el contacto a poblaciones enteras. Además de dañar los cultivos y los medios de subsistencia, también puede provocar la muerte de personas y animales, por ello, desde el punto de vista medioambiental, deteriora el suelo, contamina las reservas de agua y modifica el paisaje, mientras que, desde el punto de vista social, causa desestructuración familiar, problemas psicológicos y pérdida de patrimonio, lo cual es necesario adoptar medidas preventivas y prestar atención inmediata a estos efectos (Jiménez, 2021).

Para Shao et al. (2023) “los deslizamientos de tierra pueden ser catastróficos para una población, lo cual puede incluir la pérdida de vidas humanas, medios de vida e infraestructura, con especial énfasis en zonas de alta vulnerabilidad con una limitada capacidad de respuesta” (p. 124), en ese contexto, el último deslizamiento provocado en el sector el Tejar, generó pérdida de medios de vida e infraestructura, afectando el tránsito vehicular en una de las arterias viales principales de la provincial Bolívar.

Por otra parte, Fernández et al. (2024) argumentan que, los efectos de los deslizamientos no se limitan al daño físico, puesto que sus consecuencias también abarcan el aspecto económico y alteración ecológica debido a la degradación del suelo, lo que a su vez afecta la estabilidad del terreno” (p. 85), por ende, es indispensable implementar medidas de mitigación que se enfoquen en la estabilidad del talud.

2.2.9 Formas de analizar un deslizamiento

Existen diversas formas de analizar un deslizamiento de tierra, a continuación, se sustentan algunas, que servirán de base para el desarrollo del tema investigativo:

Análisis geológico y geotécnico

Para Terefe (2021) el estudio geológico y geotécnico se centra en examinar la naturaleza y propiedades de los materiales del terreno, como las rocas y los suelos, así como las fracturas o discontinuidades presentes. Este análisis permite identificar las zonas más vulnerables y entender cómo reaccionan los diferentes tipos de suelo y roca frente a cargas, precipitaciones o cambios en la humedad.

Asimismo, evaluar parámetros como la cohesión, permeabilidad y resistencia al corte ayuda a establecer medidas preventivas adecuadas, desde drenajes hasta muros de contención, que

contribuyen a minimizar la probabilidad de deslizamientos y a garantizar la estabilidad de los taludes en áreas críticas.

Análisis topográfico y geomorfológico

Este tipo de análisis se enfoca en observar la forma y configuración del terreno, incluyendo pendientes, laderas y áreas donde se acumula agua o sedimentos. La utilización de mapas, imágenes satelitales y drones permite detectar zonas críticas y comprender cómo la geometría del terreno influye en el comportamiento del material en caso de deslizamiento (Nefros, C. y Loupasakis, C, 2023).

Además, evaluar la superficie y los cambios morfológicos permite reconocer procesos naturales, como erosión o socavación, que afectan la estabilidad. Por tanto, esta información es fundamental para planificar medidas de monitoreo y estrategias de mitigación más precisas, asegurando la protección de la población y la infraestructura.

Análisis hidrológico e hidrogeológico

Según Greco y Bogaard (2023) el análisis hidrológico examina cómo el agua se desplaza dentro y sobre el terreno, considerando la escorrentía superficial, la infiltración y la variación del nivel freático. Por ello, este estudio permite determinar cómo la saturación del suelo influye en su cohesión y estabilidad, ayudando a identificar áreas con alto riesgo de deslizamiento.

Además, comprender la dinámica del agua también facilita la planificación de obras de control, como drenajes o canales de retención, que disminuyen la saturación y fortalecen los taludes. De este modo, se puede reducir la vulnerabilidad del terreno y prevenir daños a la población y a la infraestructura circundante.

Análisis histórico y documental

Para Fuad et al. (2024) este enfoque consiste en investigar antecedentes de deslizamientos mediante registros oficiales, reportes de medios de comunicación y estudios previos, siendo indispensable la revisión de eventos pasados para identificar patrones, recurrencias y factores que con mayor frecuencia desencadenan movimientos de masa en la zona.

Además, analizar la información histórica contribuye a planificar acciones preventivas más efectivas, al reconocer los errores o aciertos de intervenciones anteriores y priorizar recursos para proteger a las comunidades y minimizar daños futuros.

Análisis de riesgo y modelación

La modelación y el análisis de riesgo aplican herramientas computacionales y sistemas de información geográfica como ArcGIS o Qgis para simular la propagación de deslizamientos, su velocidad y las áreas que podrían verse afectadas. Por tanto, esta técnica permite anticipar escenarios de impacto y planificar medidas de prevención más eficaces (Roccati, A., Paliaga, G., Luino, F., Faccini, F. y Turconi, L, 2021).

Así mismo, es importante integrar datos geológicos, topográficos e hidrológicos en modelos digitales, puesto que facilitan la toma de decisiones informadas, lo cual optimizan la ubicación de infraestructuras de mitigación y el diseño de planes de evacuación y contingencia más precisos.

2.2.9 Formas de prevención o reducción del riesgo de deslizamiento

La planificación adecuada del uso del suelo es el primer paso para prevenir o reducir el riesgo de desprendimientos, por ende, no se debe construir en lugares con suelos inestables o pendientes pronunciadas, dado que las raíces de los árboles sostienen el suelo, lo cual es imperativo mantener la cubierta vegetal. Antes de construir, deben realizarse estudios geotécnicos para determinar la estabilidad del suelo, además, para detener la acumulación de agua, hay que instalar desagües superficiales y subterráneos, siendo fundamental mantener los sistemas de alcantarillado y los taludes en buen estado (García, W., Delfín, M., Ledezma, M. y Arévalo, B, 2021).

Promover la educación y la comprensión de los riesgos geológicos es crucial a nivel institucional y comunitario, además de las estrategias de respuesta a emergencias y evacuación, las comunidades deben disponer de sistemas de vigilancia y alerta temprana. Las autoridades locales deben aplicar y hacer cumplir las restricciones de construcción y uso del suelo, ya que una respuesta más eficaz es posible gracias a la coordinación entre instituciones y a las inversiones en infraestructuras sólidas, por ello, la mejora de las capacidades técnicas locales facilita la gestión integral del riesgo y la hace menos vulnerable en el futuro.

2.3 Base legal

Marco de Sendai para la reducción de riesgos de desastres

El objetivo principal del marco SENDAI es comprender el riesgo de catástrofe, lo que motiva el desarrollo de políticas públicas de evaluación de riesgos y recopilación de datos (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2023).

Comparativamente, la segunda prioridad hace especial hincapié en la mejora de la gobernanza del riesgo de catástrofes mediante una gestión eficaz del riesgo, algo esencial en las zonas propensas a los corrimientos de tierras (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2023).

Ley Orgánica para la Gestión del Riesgo de Desastres

Art. 1 y 2.- Con el fin de promover una gestión integrada del riesgo basada en un enfoque proactivo de la prevención de catástrofes, la reducción del impacto, la preparación de las comunidades y la gestión de los efectos de las catástrofes, los primeros artículos de la ley establecen los principios fundamentales de la gestión integrada del riesgo, así como los objetivos que orientan la política nacional en materia de catástrofes (Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2023).

Art. 3.- La ley define el riesgo como la probabilidad de que una catástrofe afecte a una zona determinada, y en zonas con fuertes pendientes, como el sector el Tejar, este riesgo está directamente ligado a la posibilidad de que se produzcan desprendimientos ((Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2023).

Art. 4.- La legislación establece un proceso de gestión de riesgos que aborda la respuesta, la mitigación y la evaluación. Esta técnica puede aplicarse a la gestión de deslizamientos, la

evaluación de riesgos técnicos y geológicos en el sector el Tejar, y el desarrollo de estrategias de mitigación como proyectos de reforestación o drenaje (Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2023).

Art. 6.- La legislación establece que el Estado es responsable de coordinar la gestión del riesgo a nivel nacional, por lo que las autoridades competentes deben garantizar la evaluación del riesgo de deslizamiento en las zonas vulnerables. Esto puede ser pertinente al discutir las responsabilidades gubernamentales en el área del Tejar de la vía Guaranda (Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2023).

Art. 9.- La ley exige que la evaluación de riesgos sea un proceso continuo, tecnológico y basado en pruebas que identifique los riesgos y vulnerabilidades de una comunidad. Este proceso es crucial para su investigación, ya que la evaluación geotécnica del riesgo de corrimiento de tierras en la zona del Tejares necesaria para desarrollar medidas de mitigación adecuadas (Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2023).

Art. 16.- Además de técnicas como la recuperación de infraestructuras y la reparación tras una catástrofe, el texto destaca la capacidad de recuperación de las comunidades ante las calamidades (Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2023).

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

Art. 54.- Atribuciones del Gad Municipal. - Formular y ejecutar el Plan cantonal de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, para ejercer sobre el suelo, control, ocupación y uso.

Art. 263.- Competencias de los Gad Municipales. - Deben ofrecer servicios públicos de protección, prevención y mitigación del riesgo en el marco de la ley.

2.4 Definición de términos

Capacidad de Respuesta. - Son los recursos y medidas que una población o comunidad debe adoptar para hacer frente a una catástrofe en el momento oportuno (Gómez, 2023).

Derrumbe. - Es el desplazamiento de forma repentina de material que se produce en una pendiente o talud (García, 2024).

Desastre. - Provoca pérdidas humanas y la influencia en el desarrollo y funcionamiento regulares de una comunidad, desencadenando la materialización del riesgo que se traduce en una destrucción sustancial y de gran impacto que afecta a los medios de subsistencia, las infraestructuras y el medio ambiente (Paredes, 2020).

Deslizamiento. - Se refiere a deslizamientos bruscos o graduales provocados por circunstancias condicionantes o desencadenantes, que pueden repercutir en la producción local, la vivienda y los medios de subsistencia (Chirinos, M., Ruiz, M. y Cardona, A, 2023).

Evaluación de riesgo. - Es el proceso de localizar, analizar y evaluar los riesgos potenciales que podrían afectar a una zona determinada. En esta evaluación de riesgos se analiza la posibilidad de que se produzcan deslizamientos en el sector de La Merced, así como sus posibles consecuencias (Rinaldi, A. y Bergamini, K, 2020).

Infraestructura. - Es el conjunto de componentes y servicios organizativos y físicos fundamentales necesarios para que una civilización funcione y crezca.

Mapa de riesgo. - Se trata de una representación visual de los lugares propensos a desprendimientos que muestra el polígono afectado, la pendiente, la cubierta vegetal y las infraestructuras o medios de subsistencia que se han visto afectados por el suceso (Jiménez, 2021).

Mitigación. – Se refiere a las acciones que se realizan para disminuir el riesgo de desastres dentro de una comunidad o sociedad (Gómez, S, 2021).

Pendiente. - La pendiente de una superficie es su inclinación con respecto a la horizontal, o el ángulo que forma con respecto a una línea horizontal o al nivel del suelo.

Resiliencia. – Es capacidad de enfrentar el evento, adaptarse y recuperarse ante los efectos negativos que pueden alterar el sistema y funcionamiento de una comunidad (López, 2021).

Riesgo.- Es probabilidad de que ocurra un evento adverso, lo cual puede ocasionar impactos negativos en las propiedades, medio ambiente y medios de vida (Íñiguez, G, 2024).

Talud. - Es una pendiente o muro inclinado formado en un terreno, generalmente debido a la acumulación de materiales como rocas, tierras o sedimentos

Vulnerabilidad.- Es la vulnerabilidad a la que está sometido un grupo o pueblo debido a la existencia de un peligro que tiene el potencial de causar un daño significativo o de impedir su capacidad para llevar a cabo sus actividades cotidianas (Martínez, c., Álvarez, G. y Rueda, E, 2021).

2.5 Sistemas de variables

Tabla 1

Variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
Factores condicionantes y desencadenantes	Son elementos geológicos, climáticos y antrópicos cuya presencia o interacción contribuye al desarrollo de deslizamientos en el sector (García, 2022).	Condicionantes (geología, pendiente, cobertura vegetal y uso de suelo). Desencadenantes (Precipitación, saturación del suelo y actividad humana reciente)	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de litología predominante. Porcentaje pendiente. Tipo de uso de suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> 1=Muy baja susceptibilidad 2=Baja Susceptibilidad 3= Media susceptibilidad 4= Alta susceptibilidad 5= Susceptibilidad alta 0-12%=1 13-25%=2 26-35%=3 36-50%=4 >50%=5 Vegetación natural= 1 Agricultura=2 Urbano=4 Construcción=5 	<ul style="list-style-type: none"> Álgebra de mapas (SIG) Capas ráster (geología, pendiente, cobertura vegetal, precipitación, uso de suelo e intervención antrópica). Software: (QGIS o ArcGIS)

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
			<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de precipitación acumulada. • Eventos extremos recientes. • Actividades de remoción de tierra o construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • <50 mm = 1 • 51–100 mm = 2 • 101–150 mm = 3 • 151–200 mm = 4 • >200 mm = 5 • No hubo evento = 0 • Evento leve = 1 • Evento severo (tormenta, terremoto) = 2 • Sin intervención = 1 • Intervención leve (senderos, cultivos) = 2 • Obra en curso/remoción reciente = 3–5 (según escala de intensidad) 	

Fuente: (Elaboración propia, 2025).

Tabla 2

Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
Incidencia de los Deslizamientos de tierra	Afectaciones por movimientos de masas de tierra y rocas que pueden provocar daños en el entorno físico, social y ambiental en el sector el Tejar de la vía Guaranda-Chimbo (Méndez, 2022).	Afectación física	<ul style="list-style-type: none"> Área física afectada (m² o Ha) Número de viviendas afectadas Red vial afectada 	<ul style="list-style-type: none"> 0= Nula; No se observa daño o impacto 1= Baja; Daño o impacto leve 2= Media; Daño o impacto moderado con afectación significativa 3= Alta; Daño o impacto severo 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis espacial (SIG) Fichas de observación Registro fotográfico Entrevistas a actores clave (SNGR, Dirección Gestión de Riesgo Municipal de Chimbo). Informes técnicos y reportes de eventos adversos
		Afectación social	<ul style="list-style-type: none"> Número de personas afectadas Número de personas damnificadas Percepción del riesgo poblacional 		
		Afectación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Daños en cobertura vegetal (% de alteración) Degradación del suelo 		

Fuente: (Elaboración propia, 2025).

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel de investigación

La investigación corresponde al nivel descriptivo, ya que tiene como finalidad caracterizar las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas que incidieron en el deslizamiento ocurrido en el sector El Tejar, vía Guaranda–Chimbo, y la incidencia sobre el entorno físico, social y ambiental.

Este tipo de estudio permite detallar las características del fenómeno sin manipular variables, lo cual es pertinente en estudios de caso y análisis de riesgos naturales.

3.2 Diseño

El diseño de estudio es mixto, puesto que combina enfoques cuantitativos y cualitativos.

El enfoque cuantitativo se aplica al recolectar datos sobre pendientes, precipitaciones, condiciones del suelo.

El enfoque cualitativo se utiliza mediante entrevistas semiestructuradas a actores clave (SNGR y Dirección de Gestión de Riesgos del GAD Municipal de Chimbo).

En ese contexto, este diseño permite obtener una comprensión integral del fenómeno, cruzando datos técnicos con las percepciones comunitarias.

Población y muestra

En la presente investigación no se contempla una población ni muestra, debido a que el estudio es de carácter técnico-descriptivo y se basa en el análisis de información secundaria, datos geográficos y evaluación del área afectada por deslizamientos en el sector El Tejar. Por tanto, no se aplicaron instrumentos como encuestas o entrevistas a la población.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Objetivo 1: Identificar las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas presentes en el sector El Tejar.

Técnicas

- **Revisión documental y cartográfica**

Se realizó la recopilación de información cartográfica existente relacionada con el área de estudio, incluyendo mapas geológicos, topográficos y de cobertura del suelo provenientes de fuentes institucionales y bases de datos geográficas disponibles.

- **Descarga de información geoespacial**

Se obtuvo información geográfica en formatos shapefile y raster, correspondiente a variables como relieve, cobertura vegetal y características del terreno, necesarias para el análisis territorial del sector.

- **Obtención de datos pluviométricos**

Se recopilaron datos de precipitación correspondientes al período 2020–2025, provenientes de la base de datos climática NASA POWER, los cuales permitieron identificar el comportamiento de las lluvias en el área de estudio.

- **Revisión de imágenes satelitales y fotografías aéreas**

Se analizaron imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles para identificar cambios en la cobertura del suelo y posibles intervenciones antrópicas en el sector.

Instrumentos

- Base de datos climática NASA POWER
- Información cartográfica digital (formatos shapefile y raster)
- Dron
- Software ArcGIS

Objetivo 2: Determinar la incidencia del deslizamiento en el sector El Tejar vía Guaranda-Chimbo, y sus efectos sobre el entorno físico, social y ambiental (ver ficha en anexo 4).

Técnicas

- **Observación directa en campo**

Se realizó una visita al área afectada con el fin de identificar las condiciones físicas del terreno, evidencias del deslizamiento y las afectaciones generadas en el entorno.

- **Registro fotográfico georreferenciado**

Durante el trabajo de campo se realizó el registro fotográfico de las zonas afectadas, permitiendo documentar visualmente las condiciones del terreno y las áreas impactadas por el evento.

- **Revisión documental institucional**

Se analizaron reportes técnicos e informes institucionales relacionados con emergencias, afectaciones y acciones ejecutadas en el sector posterior al evento.

- **Instrumentos**

- Fichas de observación de campo
- Cámara fotográfica o dispositivo móvil con georreferenciación

- Reportes institucionales
- Registros documentales del evento

Objetivo 3: Proponer medidas de prevención para minimizar el riesgo de deslizamientos.

Técnicas

- **Revisión documental**

Se revisaron documentos normativos, planes de gestión de riesgos y lineamientos técnicos relacionados con la prevención de movimientos en masa.

- **Consulta a expertos**

Se realizó una consulta a profesionales vinculados con la gestión de riesgos y planificación territorial, con el fin de validar y fortalecer las medidas de prevención propuestas.

Instrumentos

- Documentos normativos y técnicos
- Matriz de análisis de medidas de prevención

3.4 Procesamiento y análisis de datos

Procesamiento de datos para el objetivo 1

Para el cumplimiento de este objetivo se realizará la recopilación y procesamiento de información geoespacial, climática y de campo con la finalidad de caracterizar las condiciones físicas del área donde ocurrió el deslizamiento, se integró la información obtenida en el análisis geoespacial, los resultados del trabajo de campo y los datos derivados de los ensayos de laboratorio, con el propósito de evaluar la influencia de los distintos factores que intervinieron en la ocurrencia del deslizamiento.

En una primera fase se recolectará información cartográfica proveniente de distintas fuentes institucionales, incluyendo el Modelo Digital de Elevación (DEM) con una resolución espacial de 30 metros, obtenido a partir de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), así como mapas de uso y cobertura del suelo y cartografía geológica y topográfica del sector de estudio. Esta información será organizada y procesada mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo cual permitirá analizar las características físicas del terreno y generar representaciones espaciales del área analizada.

A partir del Modelo Digital de Elevación se realizará el cálculo de la pendiente del terreno, variable fundamental en el análisis de procesos de remoción en masa. Posteriormente, los valores obtenidos serán clasificados en diferentes rangos de inclinación con el fin de identificar zonas con mayor pendiente y, por tanto, con mayor susceptibilidad a presentar fenómenos de inestabilidad.

De forma complementaria, con la ayuda de fotografía aérea tomada mediante dron, se analizará la cobertura vegetal y el uso del suelo, variables que permiten reconocer el grado de intervención antrópica en el territorio. Este análisis facilitará la identificación de áreas donde las actividades humanas podrían haber influido en la estabilidad del terreno.

Además, se incorporará información climática relacionada con los registros de precipitación, obtenida de bases de datos meteorológicas disponibles. El análisis de esta variable considerará la posible influencia de eventos de lluvia en la generación de procesos de deslizamiento.

Posteriormente, se realizará trabajo de campo en el área afectada, con el propósito de verificar las condiciones observadas en el análisis cartográfico. Durante esta actividad se efectuará una inspección directa del sitio, identificando características del deslizamiento tales como la morfología del talud, evidencias de desplazamiento del material y afectaciones presentes en el entorno.

También, se analizará y se comprobará en campo la información de tipo geológica presentada en el informe de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, así como en el recorrido se procederá a la recolección de muestras de suelo en puntos representativos del área de estudio. Dichas muestras serán sometidas a ensayos granulométricos en laboratorio, lo que permitirá determinar la distribución del tamaño de partículas y calcular parámetros característicos del material, como los diámetros D10, D30 y D60, así como los coeficientes de uniformidad y curvatura.

Los resultados obtenidos servirán como base para realizar dos análisis de estabilidad del terreno: el primero a través del modelo SHALSTAB (Shallow Landslide Stability Model), que evalúa la susceptibilidad a deslizamientos superficiales mediante la integración de variables topográficas e hidrológicas, considerando la influencia de la saturación del suelo provocada por eventos de precipitación, el cual clasifica el territorio en diferentes niveles de estabilidad. Posteriormente, estos resultados serán comparados con la ubicación del deslizamiento registrado en el sector El Tejar, lo que permitirá analizar la relación entre las condiciones del terreno y la ocurrencia del evento.

Otro análisis fue el de tipo geotécnico del talud donde ocurrió el deslizamiento mediante el software especializado GEO5, herramienta que permite evaluar la estabilidad de taludes a partir de parámetros geotécnicos del suelo. Este análisis permitirá estimar el comportamiento del

terreno frente a diferentes condiciones de carga y saturación, aportando información relevante sobre la estabilidad del sector analizado.

Para la interpretación de los resultados, se establecieron los siguientes criterios de clasificación:

- **FS (factor de seguridad) < 1,0:** Talud inestable (alta probabilidad de deslizamiento)
- **$1.0 \leq \text{FS (factor de seguridad)} < 1,3$:** Talud críticamente estable (condición límite)
- **$1.3 \leq \text{FS (factor de seguridad)} < 1,5$:** Estabilidad moderada
- **FS (factor de seguridad) $\geq 1,5$:** Talud estable

Estos rangos permitieron categorizar los niveles de estabilidad del terreno y establecer su relación con las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas presentes en el sector El Tejar.

Procesamiento de datos para el objetivo 2

Se elaborará una matriz de evaluación de factores condicionantes y desencadenantes, en la cual se integraron las variables analizadas durante el estudio. A cada factor se le asignará una ponderación de acuerdo con su grado de incidencia en la generación de deslizamientos, lo que permitirá identificar los elementos que tuvieron mayor influencia en el desarrollo del fenómeno.

Procesamiento de datos para el objetivo 3

El cumplimiento de este objetivo se basará en el análisis de los resultados obtenidos en los objetivos anteriores, considerando la caracterización del área de estudio, la identificación de los factores que influyen en la inestabilidad del terreno y el análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

A partir de esta información se identificarán las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa, lo cual permitirá establecer criterios técnicos con ayuda de expertos, para la formulación de medidas orientadas a reducir la vulnerabilidad del territorio.

Las propuestas serán planteadas bajo un enfoque de gestión del riesgo de desastres, considerando tanto medidas estructurales como acciones de carácter preventivo. Entre las principales estrategias propuestas se incluyen el mejoramiento del manejo del uso del suelo, el control de drenajes superficiales, la estabilización de taludes, la revegetación de áreas intervenidas y el fortalecimiento de acciones de monitoreo y prevención.

Estas medidas buscan contribuir a disminuir la susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio y promover una gestión adecuada del riesgo en el territorio.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1 Resultados según objetivo 1: Identificar las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas presentes en el sector el Tejar de la vía Guaranda- Chimbo que contribuyeron al deslizamiento

El desarrollo de este objetivo consistió en analizar cómo los factores que inciden en los deslizamientos en el sector El Tejar contribuyeron a su ocurrencia. Para este análisis, se emplearon tres aspectos fundamentales: la geología, que describe las características del suelo; la pendiente, que representa las inclinaciones del terreno y su relación con la probabilidad de deslizamientos; y la cobertura vegetal, que permite identificar las zonas con vegetación y su influencia en la retención del suelo. Con base en estos elementos, se elaboró el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en masa.

Geología de la zona de El Tejar

El área de estudio corresponde a las formaciones volcánicas Lourdes, lo cual se compone principalmente por materiales derivados de la actividad volcánica, tales como cenizas, rocas volcánicas y flujos de lava solidificados. Estos materiales generan un terreno complicado y a menudo inestable, debido a la naturaleza geotérmica de la región, cuya estabilidad del suelo puede fluctuar, dependiendo de la antigüedad de los depósitos y su grado de desgaste (Hernández, 2025).

Respecto a la inestabilidad del terreno, las zonas volcánicas están más expuestas a riesgos como los deslizamientos, especialmente en áreas donde los depósitos de lava son recientes o no están completamente consolidados. Según la SNGR, la geología, se destaca la presencia de ignimbritas en El Tejar, formaciones volcánicas que, aunque aparentan ser sólidas, en realidad son inestables debido a las fracturas internas, cuyas fisuras, conocidas como diaclasas, permiten que el agua se infiltre profundamente, reduciendo la cohesión del terreno y favoreciendo los deslizamientos, además, la cercanía de fallas geológicas activas, aumenta la susceptibilidad de la zona a estos fenómenos, lo que subraya la importancia de analizar las características geológicas como un factor determinante en los deslizamientos (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025).

En cuanto al desarrollo del área, es importante reconocer tanto las ventajas como los desafíos que presenta este terreno, por un lado, la fertilidad de los suelos volcánicos es favorable para actividades agrícolas. Sin embargo, la potencial inestabilidad del terreno y los riesgos asociados a la actividad volcánica, si la zona está próxima a volcanes activos, requieren medidas preventivas, por lo tanto, cualquier estudio que se lleve a cabo aquí debería incluir estudios geotécnicos detallados y considerar soluciones como el refuerzo de estructuras, para minimizar el impacto de posibles deslizamientos y otros peligros naturales.

Análisis de los factores de riesgos realizadas por diversas instituciones (SNGR en el sector El Tejar

El informe sobre los riesgos en El Tejar efectuado por diversas instituciones SNGR y GAD Chimbo (2025) proporciona un análisis exhaustivo de los factores geológicos, climáticos y humanos que podrían haber influido en los deslizamientos ocurridos en la zona, elementos esenciales para el desarrollo de la investigación propuesta. En cuanto a la geología, se destaca la presencia de ignimbritas en El Tejar, formaciones volcánicas que, aunque aparentan ser sólidas, en realidad son inestables debido a las fracturas internas, cuyas fisuras, conocidas como diaclasas, permiten que el agua se infiltre profundamente, reduciendo la cohesión del terreno y favoreciendo los deslizamientos, además, la cercanía de fallas geológicas activas, aumenta la susceptibilidad de la zona a estos fenómenos, lo que subraya la importancia de analizar las características geológicas como un factor determinante en los deslizamientos.

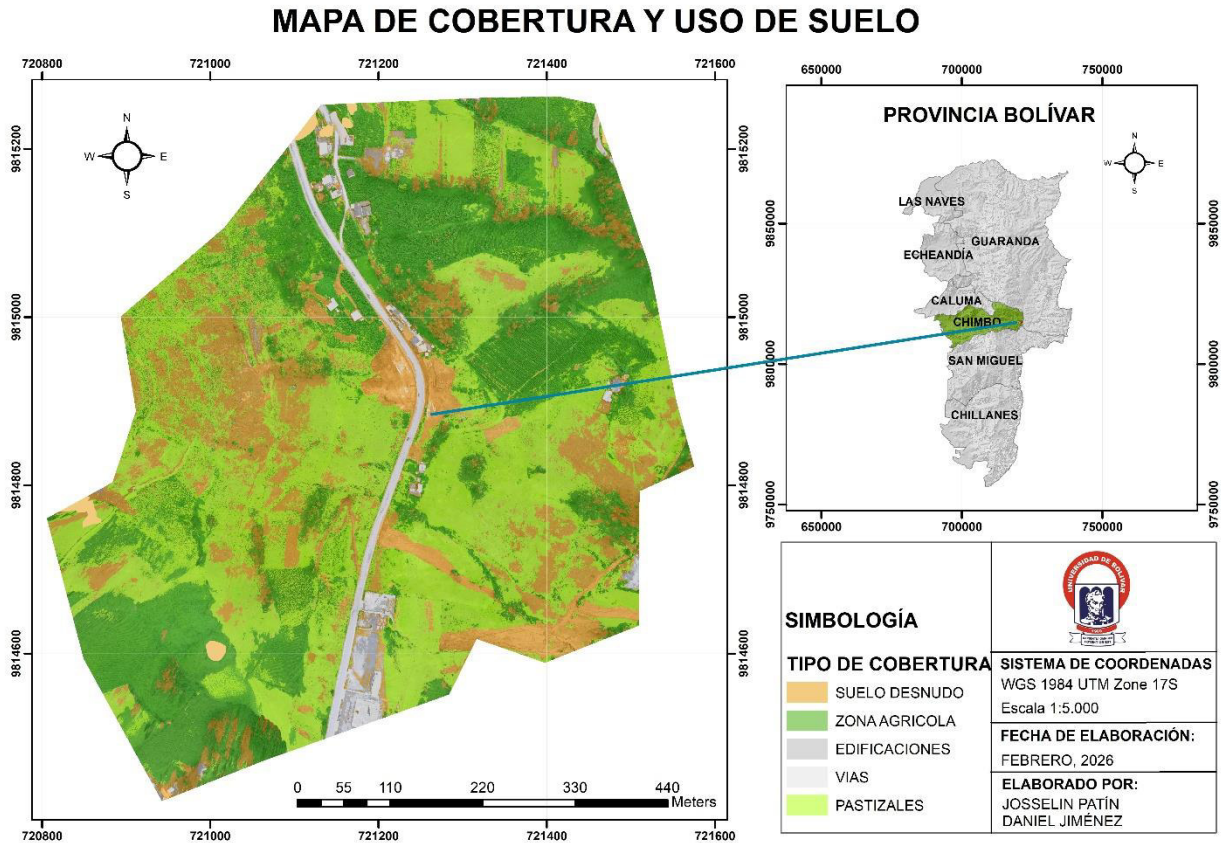
En relación con el clima, los informes señalan que El Tejar experimenta precipitaciones anuales de aproximadamente 1000 mm, lo que favorece la saturación de los suelos, especialmente durante períodos de lluvias intensas. Este factor climático es crucial, ya que la acumulación de agua en el terreno ejerce presión sobre las rocas fracturadas, disminuyendo su estabilidad y potenciando la posibilidad de deslizamientos, por ello, las lluvias actúan como un detonante que acelera los procesos de inestabilidad en las laderas, lo que refuerza la necesidad de considerar el clima como un factor relevante en el análisis de los deslizamientos de la zona.

Finalmente, se destaca la falta de medidas adecuadas para mitigar el riesgo, como la ausencia de intervenciones técnicas en los taludes y un drenaje pluvial insuficiente, además, la débil infraestructura vial y la construcción de viviendas sin las debidas precauciones ante la geodinámica de la región contribuyen a la vulnerabilidad del sector. Estos aspectos humanos,

aunque no tan evidentes como los geológicos o climáticos, amplifican el riesgo de deslizamientos, por lo que su análisis resulta fundamental para comprender.

Cobertura y uso de suelo de la zona El Tejar

Figura 9 Cobertura y uso de suelo



Nota. Cobertura y uso de suelo, elaboración propia.

Análisis

Suelo desnudo

Las zonas donde el terreno permanece expuesto constituyen los puntos más sensibles del sector, ya que, al no contar con protección vegetal, la superficie queda directamente sometida a

la acción del agua, lo que acelera los procesos erosivos y permite una mayor infiltración. Cuando el material se humedece en exceso, aumenta su peso y disminuye su resistencia interna, creando condiciones propicias para fallas superficiales, por ello, los espacios suelen estar asociados a intervenciones recientes o a degradación progresiva, convirtiéndose en focos potenciales de activación de deslizamientos.

Zona agrícola

En El Tejar, el paisaje está ampliamente transformado por actividades productivas, cuya expansión de cultivos ha sustituido en gran medida la vegetación original, lo que implica una reducción en la capacidad natural del terreno para mantenerse firme. En áreas inclinadas, esta modificación resulta especialmente relevante, ya que las raíces de los cultivos no ofrecen el mismo anclaje que la cobertura forestal, sumado a ello, las labores de preparación del terreno, que remueven y aflojan la capa superficial, además durante periodos lluviosos, esta condición puede facilitar la pérdida de estabilidad y favorecer la ocurrencia de movimientos superficiales.

Edificaciones

La ocupación del territorio mediante viviendas y otras infraestructuras modifica las condiciones naturales del relieve. La necesidad de adecuar el terreno para construir implica cortes, rellenos y ajustes en los drenajes existentes. Estas alteraciones pueden afectar el equilibrio original de la ladera, especialmente si no se aplican medidas técnicas adecuadas. Además, la carga estructural añadida incrementa la presión sobre el terreno, lo que puede contribuir a la generación de inestabilidad cuando coinciden factores como fuertes precipitaciones o pendientes pronunciadas.

Vías

La carretera que atraviesa el sector representa una intervención significativa en la morfología local. Su construcción supuso la excavación de taludes y la reorganización del flujo natural del agua. Cuando los sistemas de evacuación pluvial no funcionan de manera eficiente, el agua tiende a concentrarse en determinados puntos, debilitando progresivamente el material circundante. Bajo condiciones climáticas adversas, estas áreas pueden transformarse en sectores críticos donde se originan o reactivan procesos de remoción en masa.

Pastizales

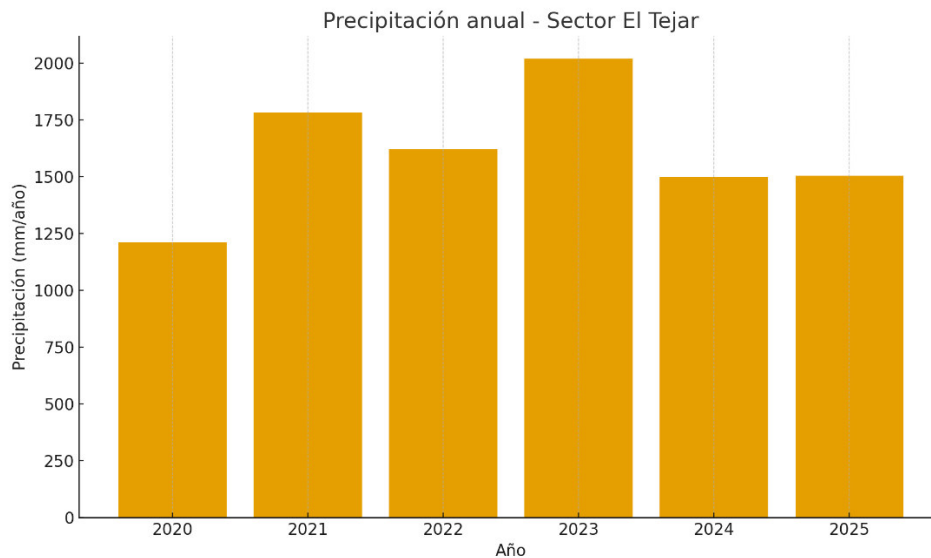
Las superficies cubiertas por gramíneas cumplen una función protectora moderada, si bien atenúan el impacto directo de la lluvia y reducen parcialmente la erosión, su capacidad de consolidar los estratos más profundos es limitada debido a la poca profundidad de sus raíces. En terrenos con inclinación considerable, esta cobertura puede resultar insuficiente para contrarrestar los efectos del exceso de humedad, por ello, estas áreas presentan un nivel intermedio de susceptibilidad frente a procesos de inestabilidad.

Precipitaciones registradas en el sector El Tejar

a) Precipitación anual

Precipitación anual	
Año	Precipitación
2020	1211,61
2021	1782,04
2022	1620,55
2023	2017,76
2024	1497,1
2025	1503,2

Fuente: (NASA/POWER, 2025).



Fuente: (NASA/POWER, 2025).

Análisis

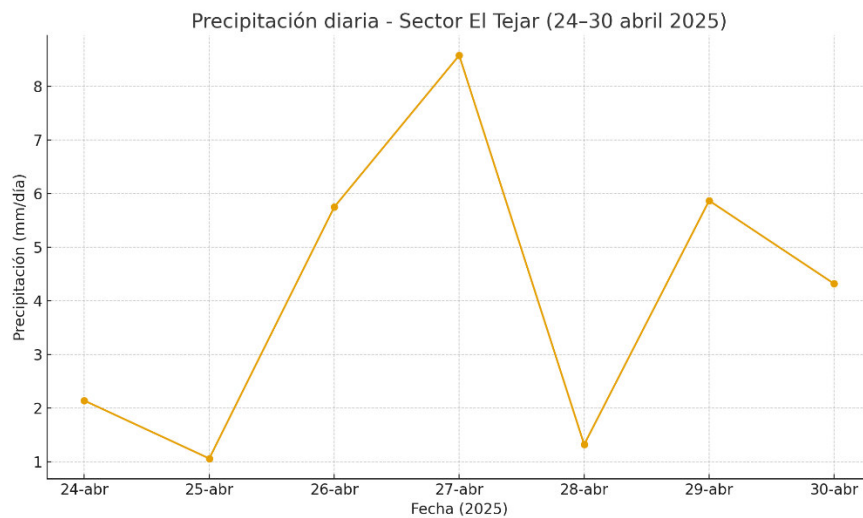
Al revisar cómo se ha comportado la lluvia en el sector El Tejar entre 2020 y 2025, se aprecia que no ha sido una etapa particularmente seca, sino más bien una sucesión de años con aportes hídricos importantes, sobre todo entre 2021 y 2023, y con registros todavía elevados en 2024 y 2025. Esta situación, acumulada en el tiempo, favorece que los taludes se mantengan húmedos, que el suelo pierda parte de su resistencia y que las laderas se vuelvan más

vulnerables. A ello se suma que, durante abril de 2025, las precipitaciones se presentan casi de forma continua y, en particular, el día 27 se registran 8,58 mm que, añaden a la humedad ya existente por las lluvias de días anteriores.

b) Precipitación por día

precipitación por día		
Fecha (2025)	Día (DOY)	Precipitación (mm)
24-abr	114	2,14
25-abr	115	1,06
26-abr	116	5,75
27-abr	117	8,58
28-abr	118	1,32
29-abr	119	5,87
30-abr	120	4,32

Fuente: (NASA/POWER, 2025).



Fuente: (NASA/POWER, 2025).

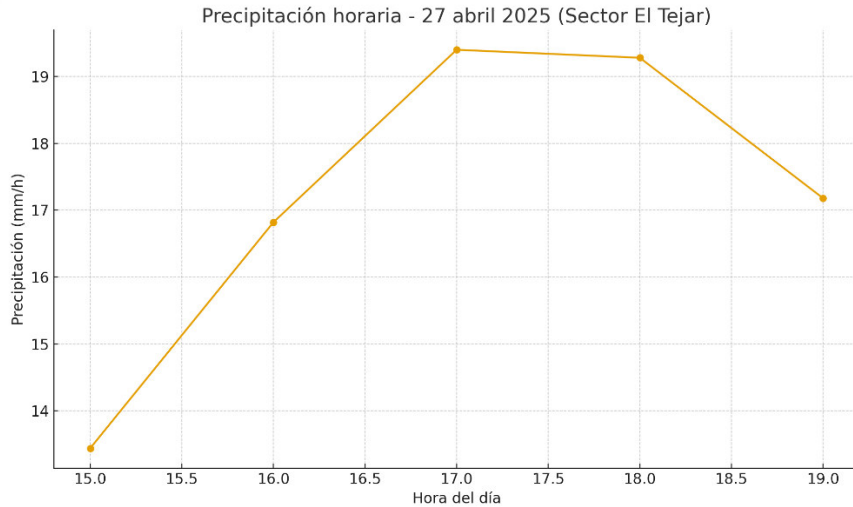
Análisis

Durante la semana comprendida entre el 24 y el 30 de abril de 2025, la lluvia en el sector El Tejar se mantiene prácticamente todos los días, sin un intervalo seco que permita al terreno recuperarse. Al inicio del periodo las cantidades son relativamente bajas (2,14 mm el 24 y 1,06 mm el 25), aunque desde el 26 de abril la intensidad comienza a aumentar de forma clara, con 5,75 mm, hasta llegar al valor más alto el 27 de abril, cuando se registran 8,58 mm. Después de ese máximo se produce una breve disminución el 28 (1,32 mm), pero enseguida las precipitaciones vuelven a ser importantes el 29 y el 30 de abril, con 5,87 y 4,32 mm respectivamente. Vista en conjunto, esta secuencia encadena lluvias ligeras con episodios más marcados y, al no dejar tiempo suficiente para el secado del suelo, favorece la acumulación de humedad y, por tanto, una mayor susceptibilidad a procesos de inestabilidad en las laderas (INAMHI, 2023).

c) Precipitación por horas

Precipitación por horas				
Año	Mes	Día	Hora	Precipitación (mm/h)
2025	4	27	15	13,44
2025	4	27	16	16,82
2025	4	27	17	19,4
2025	4	27	18	19,28
2025	4	27	19	17,18

Fuente: (NASA/POWER, 2025).



Fuente: (NASA/POWER, 2025).

Análisis

En la tarde del 27 de abril de 2025 se presentó en el sector El Tejar un episodio pluvial muy concentrado, con valores altos casi de principio a fin, por ello, a las 15:00 ya se registraba una tasa considerable de 13,44 mm/h y, conforme avanza la tarde, el aguacero se vuelve más fuerte, llegando alrededor de las 17:00 a unos 19,40 mm/h y manteniéndose cercano a ese nivel a las 18:00 (19,28 mm/h), mientras que, a las 19:00 se aprecia un leve descenso hasta 17,18 mm/h, que aun así sigue siendo una intensidad notable. Este encadenamiento de varias horas con aportes hídricos elevados implica que el terreno recibe mucha agua en muy poco tiempo, lo que favorece la saturación del suelo, incrementa la escorrentía superficial y, en consecuencia, eleva la susceptibilidad a deslizamientos y otros procesos de inestabilidad en las laderas durante ese intervalo.

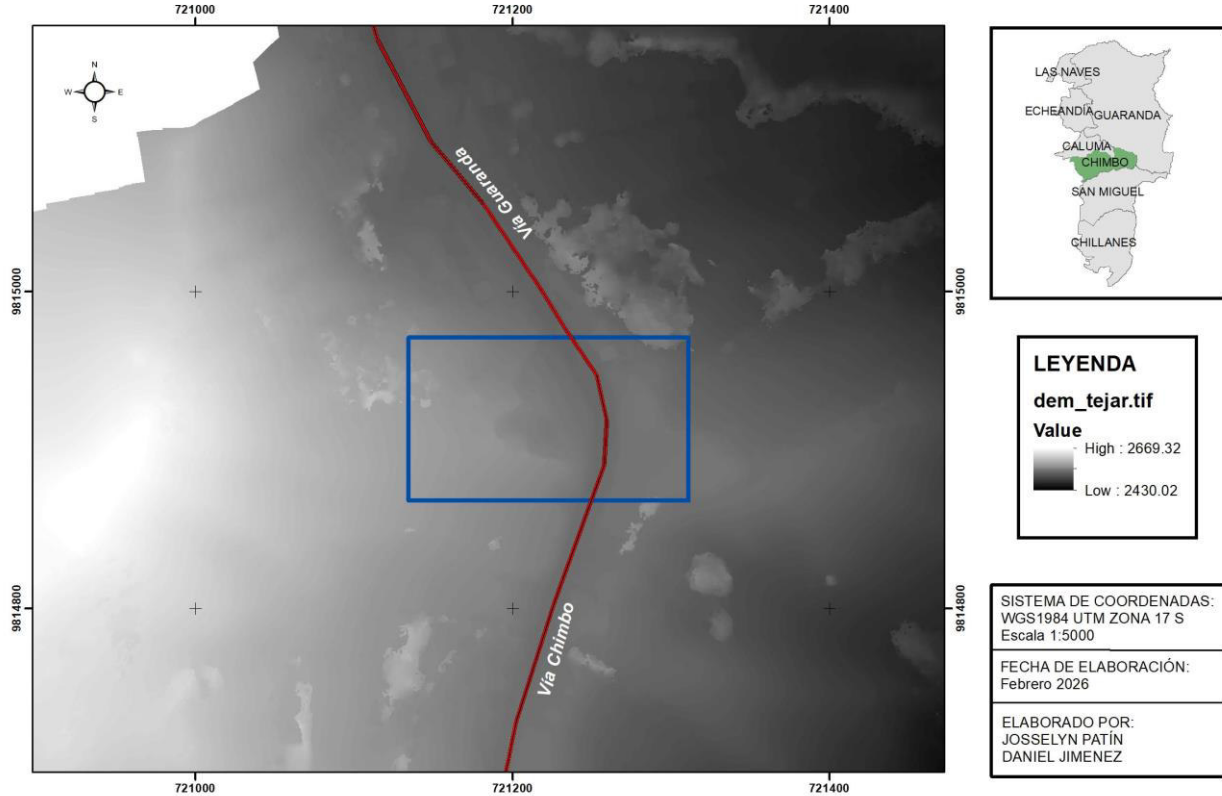
Análisis de zonas inestables del área de estudio y del talud del deslizamiento

Con el propósito de evaluar la estabilidad de la zona y del talud en el área de estudio, se integró la información recopilada durante el trabajo de campo, los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y los datos topográficos del terreno.

En una primera etapa se llevó a cabo el análisis granulométrico de las muestras de suelo recolectadas en el sector. Este procedimiento permitió identificar las propiedades físicas del material que conforma el talud. A partir de los ensayos realizados se determinaron parámetros característicos como los diámetros efectivos D10, D30 y D60, así como el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, valores que permiten clasificar el tipo de suelo y comprender mejor su comportamiento desde el punto de vista geotécnico. A partir de esos datos se pudo obtener un valor de densidad del suelo y el ángulo de fricción.

Posteriormente, se procedió a obtener el Modelo Digital de Elevación (DEM) del área de estudio. Para este proceso se trabajó con dos dems, el primero que fue obtenido mediante vuelo con dron posterior al evento, y otro descargado a partir de la información generada por el sensor ALOS PALSAR de la NASA, de 12 metros de precisión, lo que permitió representar con mayor precisión la geometría del terreno y establecer el perfil topográfico previo al evento, necesario para el análisis geotécnico.

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

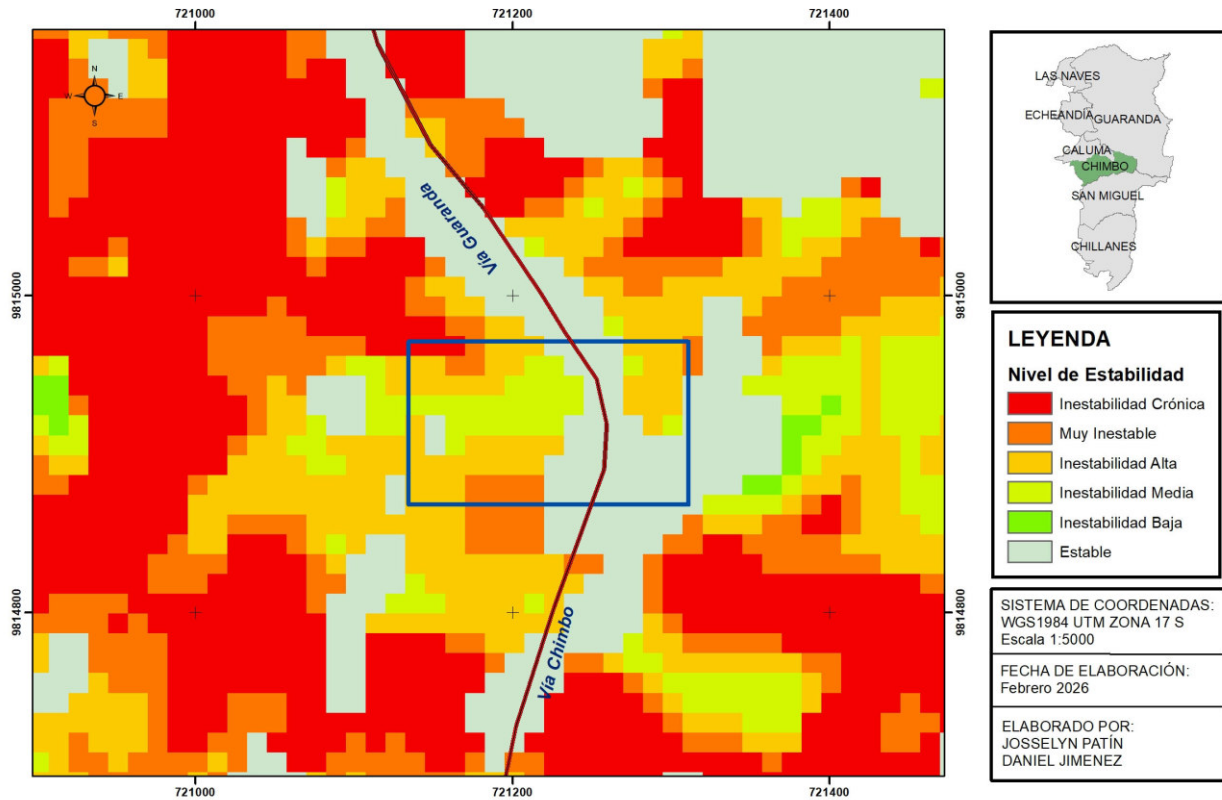


Análisis de estabilidad de la zona mediante SHALSTAB

El análisis de estabilidad realizado a través de SHALSTAB, basado en el modelo digital de elevación mostrado, señala que la región analizada tiene una topografía con diferencias en altitud que varían entre 2668 m y 2430 m. Una inclinación moderada en dirección general se sugiere a partir de la observación de una transición desde zonas más altas hacia áreas de menor altitud.

El relieve parece bastante suave en el rectángulo señalado, con una ligera concavidad, lo que podría facilitar la acumulación de humedad. El modelo establece que estas condiciones topográficas tienen un impacto directo sobre la estabilidad del terreno. La pendiente no es extrema, aunque sí lo suficientemente pronunciada como para causar escorrentía superficial. Esto posibilita concluir que existe una estabilidad intermedia que está condicionada por elementos hidrológicos.

NIVEL DE ESTABILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO



Análisis

El mapa de estabilidad obtenido con SHALSTAB muestra una distribución heterogénea de las condiciones en el área de estudio, predominantemente para áreas clasificadas como crónicamente inestables y muy inestables (en rojo y naranja). Estas áreas se concentran principalmente en los sectores periféricos, que presentan pendientes más pronunciadas y mayores efectos de saturación hídrica.

Las zonas de estabilidad media y baja (amarillas y verdes) están dispersas, lo que refleja condiciones de equilibrio intermedio. En cambio, las zonas estables (gris claro) son más acotadas y ubicadas en sectores con menores gradientes. Esto sugiere una dinámica geomorfológica compleja en la zona.

En el sector delimitado por el rectángulo azul se observa una combinación de estabilidad media y baja y algunos píxeles estables, lo que indica un comportamiento del terreno condicional. Esto indica que el área puede permanecer estable en condiciones normales, pero puede volverse inestable durante eventos de lluvias intensas. La presencia de células con alta inestabilidad en las cercanías

4.1.1 Análisis geotécnico y evaluación de estabilidad del talud

Con el objetivo de comprender el comportamiento del suelo presente en el sector El Tejar, se realizó un estudio granulométrico detallado de cuatro muestras representativas identificadas como M1, M2, M3 y M4. Estas fueron extraídas directamente del área de estudio, procurando que correspondan al estrato involucrado en el proceso de inestabilidad observado en el sitio.

El análisis granulométrico permitió conocer la distribución de tamaños de partículas que conforman el suelo. Este aspecto es fundamental en geotecnia, ya que la proporción entre partículas gruesas y finas influye directamente en la capacidad de drenaje, la retención de humedad y la resistencia al corte del material.

4.1.2 Procedimiento aplicado para el análisis granulométrico

Cada muestra fue sometida a un proceso de secado previo con la finalidad de eliminar la humedad natural y trabajar con peso seco constante. Posteriormente, se determinó el peso inicial seco y se procedió al tamizado mecánico utilizando una columna de tamices normalizados, ordenados de mayor a menor abertura.

Una vez concluido el tamizado, se registró el peso del material retenido en cada tamiz. A partir de estos valores se calcularon los porcentajes retenidos y el porcentaje pasante acumulado. Con esta información se construyeron las curvas granulométricas individuales para cada muestra.

Para determinar los diámetros característicos D10, D30 y D60 se aplicó interpolación lineal cuando el porcentaje requerido no coincidía exactamente con los valores medidos en los tamices. Posteriormente, se calcularon el coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de curvatura (C_c), parámetros que permiten evaluar el grado de gradación del suelo y su comportamiento potencial frente a cargas y variaciones de humedad.

4.1.3 Interpretación individual de resultados

Muestra M1

La curva granulométrica correspondiente a la muestra M1 evidencia una alta proporción de partículas finas. Este tipo de distribución sugiere un suelo con baja permeabilidad, lo cual favorece la acumulación de agua en condiciones de lluvia prolongada. Desde el punto de vista mecánico, esta característica puede generar un incremento en la presión intersticial, reduciendo la resistencia efectiva del suelo y aumentando la probabilidad de deslizamiento.

Muestra M2

En el caso de la muestra M2, se observa una distribución ligeramente más equilibrada en comparación con M1; sin embargo, la presencia de fracción fina sigue siendo significativa. Este comportamiento indica que el suelo podría presentar estabilidad en condiciones secas, pero experimentar una pérdida considerable de resistencia cuando se encuentra saturado. La variación del contenido de humedad influye directamente en su desempeño estructural.

Muestra M3

La muestra M3 presenta una gradación intermedia, con participación tanto de partículas medias como finas. No obstante, la fracción fina continúa siendo predominante. Esta composición sugiere un comportamiento sensible a cambios en las condiciones hidráulicas, particularmente en escenarios de infiltración intensa, donde la reducción del esfuerzo efectivo puede desencadenar inestabilidad.

Muestra M4

La muestra M4 vuelve a mostrar predominancia de partículas de menor tamaño, lo que indica baja capacidad de drenaje natural. Este tipo de suelo tiende a experimentar deformaciones cuando se incrementa su contenido de humedad, situación que puede afectar directamente la estabilidad del talud, especialmente en pendientes pronunciadas.

4.1.4 Integración de resultados con el modelamiento en GEO 5

Una vez recopilados los datos topográficos y definidos los parámetros del suelo obtenidos en laboratorio, se realizó la modelación del talud utilizando el software GEO5. En este programa se ingresó la geometría del terreno junto con las propiedades geotécnicas del suelo, lo que permitió evaluar la estabilidad del talud mediante métodos de equilibrio límite.

Finalmente, el software generó los resultados del análisis de estabilidad, a partir de los cuales fue posible identificar la superficie potencial de falla y analizar el comportamiento del terreno bajo las condiciones consideradas en el modelo.

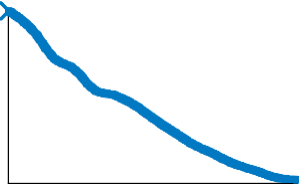
Los parámetros obtenidos a partir del análisis granulométrico sirvieron como base para la modelación de estabilidad del talud en el software GEO 5. En el modelo se ingresó la geometría real del terreno, considerando altura, inclinación y configuración del perfil.

Se asignaron los parámetros geotécnicos correspondientes, tales como cohesión, ángulo de fricción interna y peso unitario del suelo, de acuerdo con las características identificadas en laboratorio. El análisis se desarrolló bajo dos escenarios principales: condición natural y condición saturada.

El programa utilizó el método de Bishop simplificado para evaluar múltiples superficies potenciales de falla. A partir de este procedimiento, se determinó el Factor de Seguridad (FS) crítico, correspondiente a la superficie con mayor probabilidad de deslizamiento.

Los resultados obtenidos evidencian una disminución significativa del FS bajo condiciones de saturación. Este comportamiento confirma que la infiltración de agua constituye el principal factor detonante del proceso de inestabilidad en el sector analizado.

Resultados GEO5

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		X	Z	X	Z	X	Z
1		0.00	250.00	1.00	250.00	2.00	249.00
		3.00	249.00	3.00	248.00	4.00	248.00
		5.00	248.00	5.00	247.00	6.00	247.00
		6.00	246.00	7.00	246.00	8.00	245.00
		9.00	245.00	9.00	244.00	10.00	244.00
		10.00	243.00	11.00	243.00	12.00	243.00
		12.00	242.00	13.00	242.00	13.00	241.00
		14.00	241.00	15.00	240.00	16.00	240.00
		16.00	239.00	17.00	239.00	18.00	238.00
		19.00	237.00	20.00	237.00	20.00	236.00
		21.00	236.00	21.00	235.00	22.00	235.00
		22.00	234.00	23.00	234.00	23.00	233.00
		24.00	233.00	25.00	232.00	26.00	232.00
		26.00	231.00	27.00	230.00	28.00	230.00
		28.00	229.00	29.00	229.00	29.00	228.00
		30.00	228.00	31.00	227.00	31.00	226.00
		32.00	226.00	32.00	225.00	33.00	225.00
		33.00	224.00	34.00	224.00	34.00	223.00
		35.00	223.00	35.00	222.00	36.00	222.00
		36.00	221.00	37.00	220.00	38.00	219.00
		39.00	218.00	40.00	217.00	41.00	216.00
		41.00	215.00	42.00	215.00	42.00	214.00
		43.00	214.00	43.00	213.00	44.00	213.00
		44.00	212.00	44.00	211.00	45.00	211.00
		45.00	210.00	46.00	209.00	46.00	208.00
		47.00	208.00	47.00	207.00	48.00	206.00
49.00	205.00	49.00	204.00	50.00	203.00		
51.00	202.00	51.00	201.00	52.00	201.00		
52.00	200.00	52.00	199.00	53.00	199.00		
53.00	198.00	54.00	198.00	54.00	197.00		

Nota. Elaboración propia

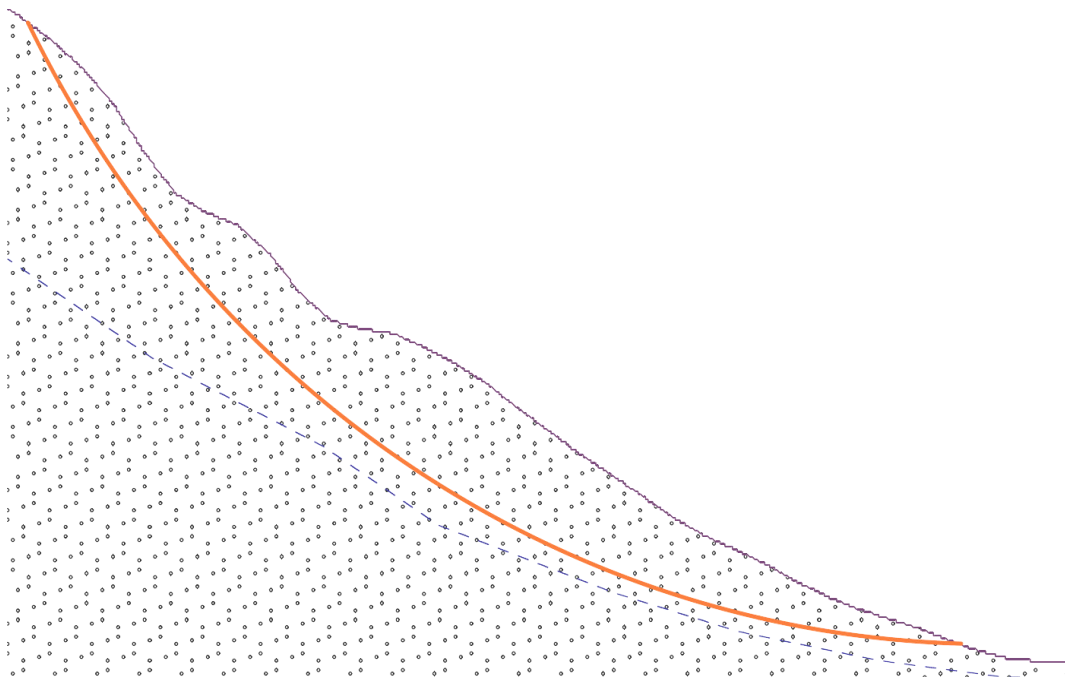
Análisis

El estudio geotécnico identificó que el suelo corresponde a una **arena mal gradada (SP)**, es decir, un material compuesto por partículas de tamaño similar y con poca variedad granulométrica. Esta característica provoca que el suelo tenga baja cohesión y que su resistencia dependa casi exclusivamente de la fricción entre los granos. Al no existir una adecuada combinación de tamaños que permita un mejor encaje entre partículas, el terreno puede perder

estabilidad con mayor facilidad, especialmente cuando se somete a cargas adicionales o a variaciones en su contenido de humedad.

Dentro del análisis del deslizamiento, este tipo de material representa una condición predisponente importante, ya que su estructura facilita la infiltración del agua durante periodos de lluvia intensa. Al aumentar la saturación, el suelo incrementa su peso y disminuye su resistencia interna, lo que favorece la formación de superficies de falla, sobre todo en zonas con pendientes pronunciadas. En este sentido, la presencia de arena mal gradada ayuda a explicar por qué el sector presentaba una mayor susceptibilidad a movimientos en masa, reforzando la relación entre las características del suelo y la ocurrencia del evento.

Figura 14 Slope stability verification (Bishop)



Nota. Elaboración propia

Slope stability verification (Bishop)Sum of active forces : $F_a =$

95918.65 kN/m Sum of

passive forces : $F_p =$

115217.95 kN/m

Sliding moment : $M_a =$

41723655.41 kNm/m Resisting

moment : $M_p =$

50118655.45 kNm/m Factor of

safety = 1.20 < 1.50

Slope stability NOT ACCEPTABLE**Análisis**

El estudio de estabilidad del talud, realizado mediante el software GEO5 y utilizando el método de Bishop, determinó un Factor de Seguridad (FS) de 1.20. Este valor se encuentra por debajo del mínimo recomendado de 1.50, el cual es generalmente aceptado como umbral para considerar que un talud presenta condiciones adecuadas de estabilidad.

En este sentido, el resultado obtenido indica que el talud se encontraba en una condición de estabilidad insuficiente o inestabilidad potencial, caracterizada por un equilibrio frágil entre las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras. En términos prácticos, un FS de 1.20 refleja una baja capacidad del terreno para resistir esfuerzos adicionales, lo que implica una alta susceptibilidad a fallas ante cambios en las condiciones naturales.

Este comportamiento se relaciona directamente con las características del sector El Tejar, tales como la presencia de materiales volcánicos fracturados, pendientes pronunciadas y el uso agropecuario del suelo, factores que contribuyen al debilitamiento progresivo de la estructura del talud. A ello se suman las precipitaciones intensas propias de la temporada invernal, que incrementan la humedad y la saturación del terreno, reduciendo aún más su resistencia interna.

En consecuencia, el talud presentaba condiciones desfavorables de estabilidad, lo que explica su predisposición a la ocurrencia del deslizamiento.

Análisis integral

Al relacionar los resultados granulométricos con el modelamiento numérico, se observa coherencia entre la composición del suelo y la respuesta obtenida en el análisis de estabilidad. La predominancia de fracciones finas en las cuatro muestras explica la susceptibilidad del material frente a incrementos de humedad.

En términos generales, el suelo del sector presenta características que lo hacen vulnerable ante eventos de precipitación intensa. La limitada capacidad de drenaje y la reducción del esfuerzo efectivo en condiciones saturadas influyen directamente en la disminución del Factor de Seguridad.

También se puede mencionar como una probabilidad que debería estudiarse a mayor profundidad, la presencia de un tanque de almacenamiento de agua que se encuentra a proximidades del área afectada en cuya parte inferior se nota mayor humedad por posibles problemas de infiltración hacia el suelo circundante. Esta presencia continua de humedad podría incrementar la saturación del terreno, reduciendo la resistencia y estabilidad del suelo. Como consecuencia, el exceso de agua en el subsuelo actúa como un factor detonante o agravante de deslizamientos.

Por tanto, se concluye que la interacción entre la composición granulométrica del suelo y las condiciones hidrológicas del área constituye un factor determinante en la ocurrencia del deslizamiento registrado en el sector El Tejar.

4.2 Resultados según objetivo 2: Determinar la incidencia del deslizamiento en el sector El Tejar vía Guaranda- Chimbo, y sus efectos sobre el entorno físico, social y ambiental.

Para el desarrollo de este objetivo se determinó la incidencia de los factores que provocan deslizamientos en la zona de El Tejar, examinando sus efectos sobre el entorno físico, social y ambiental. Cabe destacar que, la región se encuentra expuesta a deslizamientos debido a la combinación de factores geológicos, climáticos y humanos, que favorecen la inestabilidad de las laderas y la infraestructura local, cuyas condiciones no solo alteran la estructura del terreno, sino que también generan riesgos directos para la seguridad de los habitantes, la infraestructura vial y el medio ambiente circundante.

Por lo tanto, se empleó una herramienta metodológica conocida como matriz de relación causa-efecto, lo cual fue adaptado de estudios realizados por (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2021); (Organización de los Estados Americanos [OEA], 2015) y (Mancini, A. y Mihoc, A, 2022), cuya matriz permitió identificar y priorizar los factores condicionantes y desencadenantes, para obtener una visión más clara de la interacción entre estos elementos y su impacto directo en la ocurrencia de los deslizamientos, lo que permite valorar de manera precisa los efectos que causan en los diferentes aspectos del entorno.

Con esta metodología, se determinó las áreas de mayor vulnerabilidad, así como orientar la implementación de medidas de prevención y mitigación para reducir los riesgos a futuro. Por ello, los resultados obtenidos permitieron entender el impacto de los deslizamientos sobre las infraestructuras y la seguridad de las personas, además de proporcionar una perspectiva sobre las consecuencias ambientales.

Tabla 3

Matriz de relación causa- efecto

Factores Condicionantes (Causas)	Eventos Desencadenantes (Efectos Inmediatos)	Impactos en el Entorno Físico	Valoración (0-3)	Impactos en el Entorno Social	Valoración (0-3)	Impacto en el Entorno Ambiental	Valoración (0-3)
Terrenos con pendientes pronunciadas (entre 30° y 40°)	Lluvias intensas	La vía se ve afectada en un tramo de 200 metros	2 (Moderado)	Afectación de 14 personas (4 familias)	2 (Moderado)	Desprendimiento de tierra y escombros sobre la ladera	2 (Moderado)
Vegetación escasa	Lluvias intensas	Cuatro viviendas impactadas por la entrada de escombros	2 (Moderado)	La movilidad se interrumpe temporalmente	2 (Moderado)	Alteración temporal de las microcuencas en la zona	2 (Moderado)
Suelos inestables, como arcillas	Erosión y socavamiento	Daños a 5 bienes públicos, como postes y maquinaria	2 (Moderado)	Necesidad de reubicar temporalmente a las familias afectadas	2 (Moderado)	Aumento de la erosión superficial	1 (Bajo)
Escorrentía sin control en la superficie	Sobrecarga en la parte superior de la ladera	Peligro de nuevos deslizamientos en áreas cercanas	2 (Moderado)	Activación del Comité de Emergencia Provincial (COE)	2 (Moderado)	Incremento temporal de la erosión	2 (Moderado)

Factores Condicionantes (Causas)	Eventos Desencadenantes (Efectos Inmediatos)	Impactos en el Entorno Físico	Valoración (0-3)	Impactos en el Entorno Social	Valoración (0-3)	Impacto en el Entorno Ambiental	Valoración (0-3)
Filtraciones en las capas subterráneas	Lluvias intensas	Se observan grietas visibles en las laderas adyacentes	2 (Moderado)	Aumento de la inseguridad y el temor en la comunidad afectada	2 (Moderado)	Humedad excesiva que deteriora el suelo agrícola de la zona	2 (Moderado)
Pérdida de cobertura forestal	Actividad sísmica	Reducción de la estabilidad de las laderas	2 (Moderado)	Desplazamiento temporal de algunas familias	1 (Bajo)	Pérdida de la biodiversidad en el entorno local	2 (Moderado)
Infraestructura inadecuada, como drenajes colapsados	Lluvias intensas	Colapso de cunetas y sistemas de drenaje en la vía	2 (Moderado)	Problemas en la movilidad y el acceso a servicios básicos	2 (Moderado)	Aumento de la erosión provocada por las actividades humanas	2 (Moderado)
Condiciones sísmicas (fallas y diaclasas)	Evento sísmico	Desplazamiento de bloques rocosos, afectación a la infraestructura vial y viviendas	3 (Alto)	Reubicación de la población afectada por el colapso de viviendas	3 (Alto)	Alteración profunda de la estructura geológica y pérdida de ecosistemas	3 (Alto)

Factores Condicionantes (Causas)	Eventos Desencadenantes (Efectos Inmediatos)	Impactos en el Entorno Físico	Valoración (0–3)	Impactos en el Entorno Social	Valoración (0–3)	Impacto en el Entorno Ambiental	Valoración (0–3)
Vulnerabilidad social (infraestructura débil, viviendas no planificadas)	Deslizamientos activos o latentes	Impacto en viviendas, obstáculos en las vías, daño a bienes públicos	2 (Moderado)	Aumento de la vulnerabilidad social debido a la falta de planificación y capacidad de respuesta	3 (Alto)	Contaminación de suelos y cuerpos de agua por los deslizamientos	2 (Moderado)

Fuente: (Patín y Jiménez, 2025).

Análisis

La matriz permitió visualizar de manera clara la interacción entre los factores condicionantes y desencadenantes que incidieron en la ocurrencia de deslizamientos en el sector El Tejar. Entre los factores condicionantes se identificaron las pendientes pronunciadas del terreno, la reducción de la cobertura vegetal, la inestabilidad de los suelos, el manejo inadecuado de la escorrentía superficial, las filtraciones en capas subterráneas, la deforestación y la limitada infraestructura, los cuales configuraron un entorno altamente vulnerable que incrementó el riesgo de deslizamientos y afectó el medio físico, social y ambiental.

Por su parte, los factores desencadenantes, como las precipitaciones intensas, la actividad sísmica y los procesos de erosión, actuaron como eventos que activaron los deslizamientos. La interacción de estos factores con las condiciones geológicas del sector, particularmente la presencia de fallas, favoreció la inestabilidad del terreno, generando afectaciones directas a la infraestructura vial, las viviendas y los bienes públicos y privados.

En la evaluación de los efectos, mediante una escala de 0 a 3, se determinó que los impactos más críticos se concentraron en la infraestructura vial y en la seguridad de las familias. Esto se relacionó con la alta vulnerabilidad de las viviendas, muchas de ellas construidas de manera informal, así como con la ausencia de medidas de protección adecuadas. En el ámbito ambiental, los efectos se consideraron moderados, debido a su carácter localizado y temporal, aunque se evidenciaron procesos como la erosión y la pérdida de biodiversidad.

En síntesis, la matriz evidenció que los deslizamientos en el sector El Tejar fueron el resultado de la interacción compleja entre factores condicionantes y desencadenantes. Este análisis permitió dimensionar los daños y constituyó una base para la formulación de estrategias de prevención y mitigación orientadas a reducir el riesgo y fortalecer la resiliencia de la comunidad.

Entrevistas realizadas a funcionarios de la SNGR y GAD del cantón Chimbo

Se realizaron dos entrevistas dirigidas a un funcionario de la SNGR (Zonal 5) y a un técnico del GAD del cantón Chimbo, con el objetivo de comprender los factores que incidieron en el deslizamiento, los daños ocasionados y las medidas adoptadas frente al evento. Esta información permitió analizar las características del terreno, la cobertura vegetal y el manejo del agua en el área de estudio.

Posteriormente, se examinó la influencia de la infraestructura existente, los factores desencadenantes del evento y su impacto en los ámbitos social y ambiental. Asimismo, se sintetizaron las acciones de respuesta implementadas y se plantearon recomendaciones orientadas a la reducción del riesgo, priorizando soluciones viables en el corto y mediano plazo.

Tabla 4

Entrevista realizada a funcionario de la SNGR

Nº	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su evaluación de las condiciones del terreno en el sector afectado (pendiente, tipo de suelo, estabilidad) antes del deslizamiento?	En términos generales, se trata de laderas con pendientes marcadas asentadas sobre depósitos volcánicos muy alterados y fisurados. Por lo mismo, aun antes del evento ya observábamos signos de inestabilidad progresiva: fisuramiento en superficie, deformación de la calzada y pequeños asentamientos diferenciales, Todo ello, en conjunto, evidenciaba un equilibrio precario del talud.
2	¿Cómo describiría el estado de la cobertura vegetal y la incidencia de deforestación en la zona?	Diría que la cobertura es irregular, en ciertos tramos la vegetación es rala y no alcanza a proteger el suelo frente a la lluvia y al viento. No vimos un proceso de deforestación masiva, pero sí vacíos de cobertura que, sumados a la pendiente, dejan el terreno más expuesto.
3	¿Cuál considera que fue la principal causa de la ocurrencia del deslizamiento en el sector el Tejar?	Considero que fue la combinación de factores geológicos y climáticos que facilitó la infiltración profunda del agua, sumado a esto la saturación hídrica durante lluvias intensas.

- 4 ¿Qué problemas de escorrentía superficial, filtraciones o drenajes identificaron que pudieron influir en el deslizamiento? Por un lado, hay escurrimiento superficial mal encauzado, por otro, la roca y el suelo permiten la infiltración a través de fracturas, lo que eleva la presión de poros y reduce la resistencia al corte. Además, algunos sistemas de drenaje resultan insuficientes o están colmatados, lo cual agrava la inestabilidad cuando llueve con intensidad.
- 5 En su criterio, ¿cómo contribuyó la infraestructura vial y de drenaje existente a la ocurrencia del evento? La falta de contención adecuada en ciertos taludes, junto con drenajes subdimensionados, actuó como factor coadyuvante. A eso se suman tuberías y servicios cercanos al borde de ladera que añadieron carga o inducen filtraciones.
- 6 ¿Qué factores desencadenantes consideraron más relevantes en este deslizamiento (lluvias intensas, actividad sísmica, erosión, sobrecarga)? Primero, los episodios de lluvia concentrada, que saturan el macizo; segundo, la amenaza sísmica regional, que puede reactivar planos de debilidad; y, en tercer término, la erosión y pequeñas sobrecargas locales. La combinación lluvia más estructura geológica explica gran parte del fenómeno.
- 7 ¿Qué daños físicos se registraron en la vía, viviendas y bienes públicos y privados según sus reportes o supervisión técnica? Se reportaron grietas y deformaciones en la vía, afectación en viviendas contiguas y, además, deterioro de elementos públicos (pasos peatonales, mobiliario, tuberías). En algunos puntos, la calzada perdió capacidad de servicio y requirió restricciones de tránsito.
- 8 ¿Cuál fue el impacto social que observaron en la comunidad, incluyendo movilidad, interrupción de servicios y percepción de riesgo? Se evidenció interrupción de la movilidad, afectación económica a comercios cercanos y un aumento claro en la percepción de riesgo de la población. Adicionalmente, hubo intermitencias en servicios y necesidad de desvíos que complicaron la vida cotidiana del sector.
- 9 ¿Qué efectos ambientales fueron identificados en la ladera, microcuencas o cobertura vegetal? Además de la pérdida de suelo en áreas puntuales, se observaron alteraciones en microdrenajes: materiales caídos que taponan cauces menores y desvían el agua, lo que redistribuye la escorrentía y puede transferir el problema aguas abajo.
- 10 ¿Qué acciones de respuesta ejecutó su institución o el COE y cómo evalúa su efectividad? Se realizaron inspecciones técnicas, levantamientos con apoyo aerofotogramétrico y evaluaciones de condición para priorizar intervenciones. Estas acciones fueron efectivas para diagnosticar y ordenar los sitios críticos, sin embargo, la mitigación física depende de la rápida ejecución de obras por las entidades competentes.

11 ¿Considera usted que ya está estable el terreno, y podría darse un nuevo evento con las mismas características?	El terreno en el sector de El Tejar no está completamente estable, aunque se ha identificado un deslizamiento en la zona, los factores geológicos y climáticos siguen presentes, La infiltración hídrica, especialmente durante lluvias intensas, puede seguir debilitando la estabilidad del terreno. Esto hace que sea probable que se produzcan nuevos deslizamientos con características similares.
12 Según su experiencia, ¿qué medidas de prevención o mitigación recomendaría para reducir el riesgo de deslizamientos futuros en este sector?	Como línea base, estudios geotécnicos y sismotectónicos, en paralelo, drenajes funcionales, estabilización de taludes y refuerzo de infraestructura sensible, donde corresponda, reforzamiento de viviendas o reubicación puntual. Para cerrar el ciclo, SAT comunitaria, rutas y simulacros, planes de contingencia y un comité técnico que haga seguimiento con presupuesto y cronograma.

Fuente: (Patín y Jiménez, 2025).

Tabla 5

Entrevista realizada a funcionario del Gad del cantón Chimbo

N°	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su evaluación de las condiciones del terreno en el sector afectado (pendiente, tipo de suelo, estabilidad) antes del deslizamiento?	Tenemos laderas empinadas sobre ignimbritas fracturadas y suelos meteorizados. Antes del evento ya se notaban deformaciones leves y fisuras que sugerían un proceso evolutivo de inestabilidad, especialmente en tramos con corte de talud pronunciado.
2	¿Cómo describiría el estado de la cobertura vegetal y la incidencia de deforestación en la zona?	La vegetación no es homogénea; en sectores críticos se aprecia cobertura escasa, lo que facilita la erosión y disminuye el anclaje radicular. No contamos con evidencia de deforestación extensiva, pero esos vacíos a escala local sí pasan factura cuando llueve fuerte.
3	¿Cuál considera que fue la principal causa de la ocurrencia del deslizamiento en el sector el Tejar?	la inestabilidad geológica provocada por la estructura tectónica activa de la zona, lo cual, al saturar los suelos, desencadenó el deslizamiento. Además, la inclinación del terreno y las precipitaciones constantes aumentaron la vulnerabilidad a estos movimientos en masa

- 4 ¿Qué problemas de escorrentía superficial, filtraciones o drenajes identificaron que pudieron influir en el deslizamiento? Detectamos cunetas con bajo mantenimiento, descargas mal dirigidas y filtraciones a través de diaclasas. En conjunto, esto incrementa la saturación y reduce la capacidad resistente del talud justamente cuando más agua circula.
- 5 En su criterio, ¿cómo contribuyó la infraestructura vial y de drenaje existente a la ocurrencia del evento? La infraestructura existente no logró controlar el agua ni confinar el talud: pocas obras de contención, drenajes insuficientes y tuberías vulnerables en coronación. Todo ello, articulado, favoreció la activación del movimiento.
- 6 ¿Qué factores desencadenantes consideraron más relevantes en este deslizamiento (lluvias intensas, actividad sísmica, erosión, sobrecarga)? Principalmente, las lluvias concentradas en temporadas húmedas; además, la sismicidad de fondo que debemos considerar en diseño; y, por último, erosión y sobrecargas puntuales (tránsito, rellenos ligeros) que terminan desbalanceando el sistema.
- 7 ¿Qué daños físicos se registraron en la vía, viviendas y bienes públicos y privados según sus reportes o supervisión técnica? Tuvimos afectación de la calzada, compromiso de líneas (tuberías) en la parte alta y deterioro de zonas peatonales y comercios cercanos. En viviendas próximas aparecieron fisuras que requieren evaluación técnica para definir refuerzos.
- 8 ¿Cuál fue el impacto social que observaron en la comunidad, incluyendo movilidad, interrupción de servicios y percepción de riesgo? La comunidad resintió cortes y desvíos de tránsito, con pérdidas para negocios del sector y una sensación de vulnerabilidad más alta. También hubo interrupciones puntuales de servicios y congestionamiento en horas pico.
- 9 ¿Qué efectos ambientales fueron identificados en la ladera, microcuencas o cobertura vegetal? Se observaron arrastres que obstruyen drenajes menores y exposición del suelo al perder cobertura. Esto reconfigura el flujo de agua y puede ampliar el área susceptible si no se limpia y encausa a tiempo.
- 10 ¿Qué acciones de respuesta ejecutó su institución o el COE y cómo evalúa su efectividad? Acompañamos inspecciones y levantamientos coordinados, generando reportes para priorizar sitios y gestionar intervenciones. La respuesta fue oportuna para ordenar el escenario, aunque la efectividad final depende de mantenimiento y obras que ya estamos tramitando.
- 11 ¿Considera usted que ya está estable el terreno, y podría darse un nuevo La presencia de fallas estructurales y la infiltración de agua siguen siendo factores clave que podrían activar

- evento con las mismas características?
nuevos deslizamientos en el futuro, por lo tanto, el terreno sigue siendo inestable.
- 12 Según su experiencia, ¿qué medidas de prevención o mitigación recomendaría para reducir el riesgo de deslizamientos futuros en este sector?
En el corto plazo, limpieza y mejora de drenajes, señalización y control en tramos inestables. En paralelo, estudios geotécnicos para definir tipos de estabilización (mallas, drenes subhorizontales, muros) y, a nivel comunitario, SAT, rutas claras, brigadas y simulacros.
-

Fuente: (Patín y Jiménez, 2025).

Análisis de las entrevistas

Las entrevistas aportaron dos enfoques complementarios sobre los deslizamientos en la región, evidenciando tanto la incidencia de factores naturales como las deficiencias en la infraestructura. Se identificó que las pendientes pronunciadas y la presencia de suelos volcánicos inestables ya reflejaban condiciones de vulnerabilidad previas al evento.

Asimismo, se determinó que la combinación de precipitaciones intensas y la actividad sísmica constituyó el principal factor desencadenante del deslizamiento, mientras que la insuficiencia de sistemas de drenaje y la ausencia de obras de contención de taludes contribuyeron a incrementar la magnitud del evento. En este contexto, se recomendó la realización de estudios geotécnicos más detallados, así como el fortalecimiento de la infraestructura vial y habitacional a largo plazo, con el fin de mitigar riesgos futuros.

Además, se identificó que las acciones propuestas se enfocaron en medidas inmediatas, como la limpieza de drenajes y la señalización de rutas de evacuación, con el objetivo de reducir el impacto a corto plazo. Estas acciones se orientaron a soluciones operativas de alcance local, priorizando la intervención directa en la comunidad, con énfasis en el mejoramiento de la infraestructura vial y el fortalecimiento de las brigadas comunitarias para garantizar una respuesta más ágil y efectiva.

Por tanto, ambas entrevistas coincidieron en la necesidad urgente de intervención; sin embargo, se evidenciaron diferencias en su alcance. Mientras la SNGR planteó un enfoque más técnico y estratégico, el GAD del cantón Chimbo se orientó hacia una respuesta inmediata centrada en la comunidad.

4.3 Resultado según objetivo 3: Proponer medidas de prevención para minimizar el riesgo de deslizamientos en el sector el Tejar de vía Guaranda- Chimbo.

Una vez finalizadas las dos primeras fases del estudio, en las que se identificaron y analizaron las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas que influyeron en los deslizamientos en el sector El Tejar, así como sus efectos en el entorno físico, social y ambiental, se presentó una matriz orientada a proponer medidas prácticas y efectivas para reducir los riesgos y mejorar la seguridad de la población de la zona.

A partir de los resultados obtenidos, se elaboró una matriz que reúne 13 acciones preventivas y correctivas dirigidas a abordar los principales factores de riesgo identificados. Estas medidas fueron revisadas y validadas por un ingeniero civil, con el fin de reforzar su respaldo técnico. Las propuestas incluyeron tanto intervenciones en el terreno y la infraestructura vial como acciones enfocadas en mejorar las prácticas comunitarias. Cada medida fue detallada con información sobre su ejecución, responsables, tiempos estimados, recursos necesarios e indicadores para evaluar su efectividad.

En este sentido, la matriz se planteó como una guía clara y organizada para disminuir la incidencia de deslizamientos en el área de estudio. Además de proteger la infraestructura vial y la seguridad de los habitantes, estas acciones buscan fortalecer la capacidad de respuesta del territorio frente a eventos adversos, convirtiéndose en una herramienta útil para las instituciones encargadas de la gestión del riesgo de desastres.

Tabla 6

Medidas estructurales de mitigación para reducir el riesgo de deslizamiento

Tipo de medida	Medidas a Implementar	Tipo de Medida	Descripción de la Medida	Responsables	Tiempo de Ejecución	Recursos Necesarios	Indicador de Cumplimiento
Estructural	Instalación de drenajes superficiales	Preventiva	Implementar un sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua en las laderas, previniendo así el riesgo de deslizamientos (Triana, K, 2024).	Ingenieros civiles, GAD Cantonal	6 meses	Materiales de construcción, maquinaria	Drenajes instalados y operativos
Estructural	Reforzamiento de taludes	Correctiva	Instalar estructuras de soporte en los taludes para garantizar su estabilidad y prevenir cualquier deslizamiento de tierra (Palacios et al., 2025).	Ingenieros civiles, contratistas especializados	1 año	Materiales de refuerzo, maquinaria pesada	Taludes estabilizados sin movimientos

Tipo de medida	Medidas a Implementar	Tipo de Medida	Descripción de la Medida	Responsables	Tiempo de Ejecución	Recursos Necesarios	Indicador de Cumplimiento
Estructural	Mantenimiento de drenajes existentes	Correctiva	Llevar a cabo un mantenimiento regular de los drenajes existentes para evitar que se obstruyan y no pierdan su efectividad (Pandavenes et al., 2024).	GAD cantonal, empresas de mantenimiento	Anual	Equipos de limpieza, personal capacitado	Drenajes funcionales y sin obstrucciones
Estructural	Revisión y mejora de la infraestructura vial	Correctiva	Mejorar la infraestructura vial para evitar filtraciones de agua que puedan afectar la estabilidad del terreno y causar deslizamientos (Medina et al., 2020).	Ministerio de Transporte, empresas constructoras	1 año	Materiales de construcción, maquinaria	Infraestructura vial sin filtraciones ni daños

Tabla 8

Medidas no estructurales de mitigación para reducir el riesgo de deslizamiento

Tipo de medida	Medidas a Implementar	Tipo de Medida	Descripción de la Medida	Responsables	Tiempo de Ejecución	Recursos Necesarios	Indicador de Cumplimiento
No estructural	Estudio geotécnico del terreno	Preventiva	Realizar un análisis exhaustivo de las características del terreno para evaluar su estabilidad y los riesgos geológicos (Albarracín y Aucay, 2024).	Ingenieros civiles, geólogos	6 meses	Equipos de medición, personal técnico	Informe con recomendaciones específicas
No estructural	Señalización adecuada	Preventiva	Colocar señales de advertencia en puntos estratégicos para informar sobre el riesgo de deslizamientos (Cargua, J, 2024).	GAD cantonal	3 meses	Señales viales, personal para instalación	Señales correctamente ubicadas y visibles
No estructural	Monitoreo constante del terreno	Correctiva	Establecer un sistema de monitoreo continuo (Rivadeneira, M, 2024).	Ingenieros, técnicos especializados	Continuo	Sensores de monitoreo, personal de seguimiento	Sistema de monitoreo activo con datos actualizados

Tipo de medida	Medidas a Implementar	Tipo de Medida	Descripción de la Medida	Responsables	Tiempo de Ejecución	Recursos Necesarios	Indicador de Cumplimiento
No estructural	Capacitación comunitaria	Preventiva	Organizar talleres y capacitaciones para informar a la comunidad sobre los riesgos de deslizamientos y las medidas de prevención (Zapata, C, 2020).	Organizaciones locales, municipios	6 meses	Material educativo, facilitadores capacitados	Número de personas capacitadas y nivel de conocimiento adquirido
No estructural	Evaluación de riesgos periódica	Preventiva	Realizar evaluaciones anuales del terreno para identificar posibles riesgos de deslizamientos y tomar decisiones basadas en datos actualizados (Barberán y Guerrero, 2025).	Ingenieros, geólogos	Anual	Herramientas de análisis, personal técnico especializado	Informes anuales sobre el estado de los riesgos

Tipo de medida	Medidas a Implementar	Tipo de Medida	Descripción de la Medida	Responsables	Tiempo de Ejecución	Recursos Necesarios	Indicador de Cumplimiento
No estructural	Control de actividades antrópicas	Preventiva	Implementar medidas de control para regular actividades humanas que puedan afectar la estabilidad del terreno, como la minería y la construcción no controlada (Palacios et al., 2025).	Autoridades ambientales, municipales	Continuo	Personal de monitoreo, recursos legales	Reducción de actividades no autorizadas en la zona
No estructural	Implementación de un sistema de alerta temprana	Preventiva	Instalar un sistema que permita alertar de manera temprana a la comunidad y autoridades sobre la posibilidad de deslizamientos (Zapata, 2020).	Gobernaciones, instituciones de emergencia	1 año	Tecnología de sensores, personal capacitado	Sistema de alerta funcionando correctamente

Tabla 9

Medidas ambientales de mitigación para reducir el riesgo de deslizamiento

Tipo de medida	Medidas a Implementar	Tipo de Medida	Descripción de la Medida	Responsables	Tiempo de Ejecución	Recursos Necesarios	Indicador de Cumplimiento
Ambiental	Reforestación de laderas	Correctiva	Llevar a cabo un programa de reforestación con árboles estratégicamente plantados para reducir la erosión y estabilizar el suelo (Aguayo, A, 2025).	Ministerio de Agricultura, ONGs locales	1 año	Plantones, equipo especializado para la siembra	Área restaurada con vegetación forestal
Ambiental	Instalación de barreras vegetales	Preventiva	Instalar barreras vegetales naturales en las zonas más vulnerables para reducir la erosión del suelo y absorber el agua de lluvia (Macías y Mora, 2025).	Ministerios de Medio Ambiente y Agricultura	6 meses	Plantas adecuadas, personal técnico especializado	Área cubierta con barreras vegetales efectivas

Fuente: (Patín y Jiménez, 2025).

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el sector El Tejar se identificó una alta susceptibilidad a deslizamientos, determinada por la interacción de factores condicionantes de tipo geológico, geomorfológico y antrópico; entre los principales se encuentran las pendientes comprendidas entre 30° y 40°, la presencia de suelos aluviales y materiales volcánicos fracturados, los cuales facilitan la infiltración de agua y reducen la resistencia del terreno; a estos se suman factores como la escasa cobertura vegetal, producto de actividades agrícolas y procesos de deforestación, que incrementan la vulnerabilidad del suelo. En cuanto a los factores detonantes, se estableció que las lluvias intensas constituyen el principal agente desencadenante, al provocar la saturación del suelo y favorecer la ocurrencia de movimientos en masa.

El análisis de estabilidad del área de estudio mediante el modelo SHALSTAB evidenció un predominio de zonas con inestabilidad alta y muy alta, confirmando una elevada susceptibilidad a deslizamientos en el sector El Tejar; resultado que se complementa con el análisis geotécnico en GEO5, donde se obtuvo un Factor de Seguridad (FS) de 1,20, inferior al valor mínimo recomendado de 1,50, lo que indica una condición de estabilidad insuficiente del talud. Asimismo, la matriz causa–efecto permitió determinar que los factores condicionantes y detonantes generan impactos significativos en los entornos físico, social y ambiental, evidenciándose daños en infraestructura y viviendas, afectación a la población, procesos de erosión y degradación ambiental.

La matriz de medidas propuestas para reducir los riesgos de deslizamientos en el sector El Tejar, constituye un aspecto integral que busca fortalecer tanto la seguridad como la estabilidad del área, para lo cual se implementaron 13 acciones diseñadas para intervenir en los diferentes factores que contribuyen a los deslizamientos, tales como las características del terreno, el clima y las actividades humanas. Por lo tanto, con estas medidas se pretende minimizar la probabilidad de desastres futuros, al mismo tiempo, estas acciones ayudarán a proteger la infraestructura vial y a garantizar la seguridad de los habitantes del sector, además, de convertirse en una herramienta clave para que las autoridades pertinentes puedan tomar decisiones fundamentadas, enfocadas en un entorno más seguro y resiliente.

5.2 Recomendaciones

Es necesario implementar un ordenamiento territorial que regule el uso del suelo en zonas de alta susceptibilidad, restringiendo actividades como la expansión agrícola y la deforestación. Asimismo, es necesario ejecutar programas de reforestación y la instalación de barreras vegetales en áreas críticas, con el fin de reducir la erosión, mejorar la infiltración controlada del agua y contribuir a la estabilidad del terreno.

Dado que el análisis de estabilidad evidenció un predominio de zonas con inestabilidad alta y muy alta mediante el modelo SHALSTAB, y que el análisis geotécnico en GEO5 determinó un Factor de Seguridad (FS) de 1,20, inferior al valor mínimo recomendado de 1,50, se recomienda la implementación de medidas estructurales orientadas a la estabilización del talud. Estas deben incluir la instalación y mantenimiento de sistemas de drenaje superficial y subterráneo, así como, el reforzamiento de taludes mediante estructuras de contención, con el objetivo de reducir la saturación del suelo y aumentar su resistencia frente a posibles fallas.

Es crucial que las autoridades locales trabajen de manera colaborativa con la comunidad para implementar las medidas propuestas, prestando atención constante a los cambios geológicos y climáticos. Además, se debe incentivar la participación activa de la población mediante programas de sensibilización que fortalezcan su compromiso con las acciones preventivas, siendo indispensable establecer un sistema de monitoreo continuo que facilite la detección de alteraciones en las condiciones del terreno y que emita alertas tempranas para salvaguardar tanto a las personas como a la infraestructura.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, A. (2025). Evaluación de suelos susceptibles por deslizamientos en el sector La Pajita, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista SAGA*, 10(2), 112-125. Obtenido de <https://revistasaga.org/index.php/saga/article/view/241>
- Albarracín, D. y Aucay, A. (2024). *Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos mediante técnicas geomáticas en el cantón Santa Isabel*. Obtenido de Proyecto de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28063/1/UPS-CT011457.pdf>
- Allstadt, K. E., McBride, S. K., Godt, J. W., Slaughter, S. L., Baxstrom, K. W., Sobieszczyk, S., y Stull, A. (2025). Preliminary field report of landslide hazards following Hurricane Helene. U.S. *Geological Survey*, 1(2). doi: <https://doi.org/10.3133/ofr20251028>
- Barberán, G. y Guerreo, A. (2025). Análisis de susceptibilidad y vulnerabilidad a deslizamientos en la comunidad Naranjal de la parroquia Abdón Calderón, Portoviejo. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 118-134. Obtenido de <https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec/index.php/home/article/view/111>
- Cargua, C., Espin, R., Valencia, B., Simbaña, M., Araujo, S. y Ocampo, A. (2024). Análisis de susceptibilidad a deslizamientos empleando el proceso de jerarquía analítica en una carretera amazónica del Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 39(1), 117-138. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.07>

- Cargua, J. (2024). Análisis de susceptibilidad a deslizamientos en la vía Alóag-Santo Domingo mediante lógica difusa. *Revista La Granja*, 21(1), 75-89. Obtenido de <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/6245>
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (2022). *Natural Disasters 2022*. Obtenido de <https://www.cred.be/>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2021). *Informe de evaluación de riesgos ante deslizamientos originados por lluvias intensas en el caserío de Millhuish, distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash*. Obtenido de https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//13833_informe-de-evaluacion-de-riesgo-ante-deslizamientos-originados-por-lluvias-intensas-en-el-caserio-de-millhuish-del-centro-poblado-de-rancas-distrito-d.pdf
- Chirinos, M., Ruiz, M. y Cardona, A. (2023). Modelo estadístico para predicción de deslizamientos generados por precipitación en la zona occidental de Honduras. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202023000200246
- Dahal, H., Huser, R. y Lombardo, L. (2024). *At the junction between deep learning and statistics of extremes: Formalizing the landslide hazard definition [Preprint]*. *arXiv*. Obtenido de <https://arxiv.org/abs/2401.14210>
- Delfín, M., Ledezma, M. y Arévalo. (2021). Integrando métodos de evaluación de riesgos de deslizamientos e inundaciones en cuencas del Tunari y zona de Alto Cochabamba. *Acta*

- Nova, 10(1). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892021000100005
- Diario Primicias . (2025). *Gran deslizamiento de tierra en la vía Guaranda - Chimbo, se busca a posibles carros atrapados*. Obtenido de La vía Guaranda - Chimbo, en Bolívar, permanecerá cerrada tres días mientras se retiran los escombros. El COE Provincial declaró la emergencia por la etapa invernal.: <https://www.primicias.ec/sociedad/deslizamiento-tierra-via-guaranda-chimbo-rescate-carros-atrapados-bolivar-94960/>
- Espinosa, L., Garduño, G. y Hernández, J. (2021). Deslizamientos y resiliencia comunitaria en Angangueo-Michoacán, México. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30(1), 257-273. doi:<https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n1.87582>
- Fernández, L., Gómez, J. y Ortega, M. (2024). Socioeconomic and environmental impacts of landslides in Latin America: A multi-scalar perspective. *Environmental Science & Policy*, 152(1), 82-93. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.03.009>
- Flores, I., Nápoles, N., Rodríguez, J. y Gonzáles, J. (2023). Efecto de la porosidad y la permeabilidad en la estabilidad de taludes bajo el efecto de la lluvia. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 44(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382023000300030
- Fuad, N., Meandad, J., Haque, A., Sultana, R., Anwar, S. y Sultana, S. (2024). Landslide vulnerability analysis using frequency ratio (FR) model: A study on Bandarban district, Bangladesh. *arXiv*. doi:<https://arxiv.org/abs/2407.20239>
- García, W., Delfín, M., Ledezma, M. y Arévalo, B. (2021). Integrando métodos de evaluación de riesgos de deslizamientos e inundaciones en cuencas del Tunari y zona de Alto

Cochabamba. *Acta Nova*, 10(1). Obtenido de
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892021000100005

Gobernación de Boyacá. (14 de Marzo de 2025). *Durante la visita, se constató un deslizamiento traslacional con caída de flujo de tierra debido a la saturación del terreno*. Obtenido de
<https://www.boyaca.gov.co/secretaria-de-infraestructura-publica-de-boyaca-evalua-afectaciones-por-deslizamientos-de-tierra-en-tasco/>

Gómez, S. (2021). *Términología de Gestión de Riesgo de Desastres*. Madrid: Primera edición.

González, F., Olguín, J., Guevara, R., Palomera, C. y Ramírez, J. (2023). Identificación espacial del riesgo por deslizamiento de tierra en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México. *Revista Geográfica de América Central*, 70(1).
doi:<http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.13>

González, F., Olguín, J., Guevara, R., Palomera, C. y Ramírez, J. (2023). Identificación espacial del riesgo por deslizamiento de tierra en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México. *Revista Geográfica de América Central*, 70(1).
doi:<http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.13>

Greco, R. y Bogaard, T. (2023). Recent advancements of landslide hydrology. *WIREs Water*, 10(2). doi:<https://doi.org/10.1002/wat2.1675>

Heraldo. (2023). *Desprendimientos de rocas en varias carreteras del Pirineo por la lluvia, que vuelve a ser intensa*. Obtenido de
<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/huesca/2023/10/30/desprendimientos-rocas-varias-carreteras-pirineo-lluvia-vuelve-intensa-1687618.html>

- Hernández, I., Aceves, J. y Legorreta, G. (2023). Inventario de caídas de rocas, análisis estadístico y mapeo geomorfológico de la Localidad Área Nueva en la porción NE de la Sierra de Guadalupe, Estado de México. *Investigaciones geográficas*, 110(1). doi:<https://doi.org/10.14350/rig.60677>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2022). *Reporte de evaluación sobre los flujos de lodos*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/729-reporte-de-evaluaci%C3%B3n-sobre-los-flujos-de-lodo-ocurridos-el-01-de-diciembre-de-2012>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (Febrero de 2023). *Las obras de mitigación frente a lahares primarios del volcán Cotopaxi, antecedentes y perspectivas*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/2017-las-obras-de-mitigacion-frente-a-lahares-primarios-del-cotopaxi-antecedentes-y-perspectivas>
- Íñiguez, G. (2024). Incidencia de la vulnerabilidad sísmica en la funcionalidad y economía de instituciones públicas del cantón El Empalme, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 11(1). doi:<https://doi.org/10.26423/rctu.v12i1.776>
- Macías, L. y Mora, J. (2025). Evaluación geotécnica y geofísica del deslizamiento de Chanchán en el cantón Chanchán, provincia de Chimborazo, Ecuador. *Natural Hazards*, 95(1), 123-145. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/15/3860>
- Mancini, A. y Mihoc, A. (2022). *Matriz de ponderación de impactos ambientales en la instalación de un transformador en subestación Bosques*. Obtenido de https://www.ambiente.gba.gob.ar/ParticipacionCiudadana/EIA_Instalaci%C3%B3n%20de%20un%20Transformador%20en%20Subestaci%C3%B3n%20Bosques.pdf

- Martínez, c., Álvarez, G. y Rueda, E. (2021). Gestión de riesgos y estrategias comunitarias ante los desastres en localidades de la región Istmo-Costa en Chiapas. *LiminaR*, 19(2). doi:<https://doi.org/10.29043/liminar.v19i2.849>
- Medina et al. (2020). Evaluación del riesgo de deslizamientos en oleoductos terrestres integrando redes bayesianas y SIG. *Proceedings of the 13th International Symposium on Landslides*. Obtenido de <https://www.issmge.org/publications/review-platform/conferences/isl2020?page=3>
- Ministerio de Energías y Minas de Perú. (Marzo de 2023). *Evaluación del Peligro geológico por deslizamiento en el caserío San Juan de Dios*. Obtenido de . Vista panorámica del deslizamiento, se puede apreciar la carretera destruida por el movimiento (líneas azul discontinua) y la nueva carretera (línea anaranjada discontinua): https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/16103_informe-tecnico-n0-a7365-evaluacion-de-peligros-geologicos-por-deslizamiento-en-el-caserio-districto-san-jose-de-lourdes-provincia-san-ignacio-departam.pdf
- Montalván, D. y Segarra, F. (2022). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medio de los sistemas de información geográfica*. Obtenido de Proyecto de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21610/1/UPS-CT009501.pdf>
- Moragues, S., Lenzano, M., Rivera, A., Oberreuter, J. y Vich, A. (2021). Caracterización y reconstrucción del deslizamiento Agassiz mediante el uso de datos geoespaciales. Patagonia Austral, Argentina. *Andean geology*, 48(3). doi:<http://dx.doi.org/10.5027/andgeov48n3-3350>

- Moreno, L. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Manglar*, 19(3). doi:<http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.031>
- Mosquera, Q. (2024). *Factores condicionantes de las mipymes y su impacto en el desarrollo de la economía familiar del Cantón Quevedo año 2023*. Obtenido de Proyecto de Pregrado. Universidad Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/7a62639b-f269-4e42-a730-7ce757d7c25e>
- Nefros, C. y Loupasakis, C. (2023). Landslide risk management in areas affected by wildfires or floods: A comprehensive framework integrating GIS, remote sensing techniques, and regional climate models. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 60(1), 27–68. doi:<https://doi.org/10.12681/bgsg.35629>
- Olguín, J., Guevera, R., Palomera, C. y Ramírez, J. (2023). Identificación espacial del riesgo por deslizamiento de tierra en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México. *Revista Geográfica de América Central*, 70(1). doi:<http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.13>
- Organización de los Estados Americanos [OEA]. (2015). *Capítulo 10: Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra*. En *Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra (pp. 1-10)*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch15.htm>
- Orinoco, R. (2020). *Reptación en pendientes. Sobrepastoreo de ganado vacuno en áreas de fuertes pendientes. Serranía del Interior (Venezuela) a unos 25 km al oeste de San Juan de los Morros*. Obtenido de <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Fev>
- Pacheco Quevedo, R., Velastegui-Montoya, A., Montalván-Burbano, N. y Morante-Carballo, F. (2023). Analysis of conditioning factors in Cuenca, Ecuador, for landslide susceptibility

maps generation employing machine learning methods. *Land*, 12(6), 1135.
doi:<https://doi.org/10.3390/land12061135>

Pacheco Quevedo, R., Velastegui-Montoya, A., Montalván-Burbano, N. y Morante-Carballo, F. (2023). Land use and land cover as a conditioning factor in landslide susceptibility: a literature review. *Landslides*, 20(1). doi:<https://doi.org/10.1007/s10346-022-02020-4>

Palacios, A., Pinargote, B., Cárdenas, L. y Solórzano, C. (2025). Análisis correlacional de vulnerabilidad ante deslizamientos en el barrio San José de Montecristi, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 118-134. Obtenido de <https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec/index.php/home/article/view/111>

Palacios, A., Pinargote, B., Cárdenas, S. y Solano, C. (2025). Análisis correlacional de vulnerabilidad ante deslizamientos en el barrio San José de Montecristi, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 118-134. Obtenido de <https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec/index.php/home/article/view/111>

Pandavenes et al. (2024). Gestión sostenible de deslizamientos en Ecuador: Aprovechando estudios geofísicos para una reducción efectiva del riesgo. *Sustainability*, 16(24), 10797. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/24/10797>

Plan Ahead for Disasters. (04 de Julio de 2025). *Deslizamientos de tierra y avalanchas de escombros*. Obtenido de <https://www.ready.gov/es/deslizamientos-de-tierra-y-avalanchas>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo., Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos., Gad de Alausí y Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea. (2023). *Análisis forense del movimiento en masa ocurrido en Alausí el 26 de marzo de 2023*.

- Ramírez, A. (2020). *Evaluación del riesgo asociado por deslizamiento de ladera localizada en la vereda “la coqueta”*. Obtenido de Proyecto de pregrado. Universidad de Cooperativa de Colombia: <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/404a4ef5-124a-4348-b41f-d265c853f1ef>
- Rinaldi, A. y Bergamini, K. (2020). Inclusión de aprendizajes en torno a la gestión de riesgo de desastres naturales en instrumentos de planificación territorial (2005 - 2015). *Revista de geografía Norte Grande*, 75(1). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022020000100103>
- Rivadeneira, M. (2024). Implementación de gemelos digitales probabilísticos en el monitoreo de infraestructuras geotécnicas. *Revista Científica Ciencia y Método*, 2(1), 27-40. Obtenido de <https://revistacym.com/index.php/home/article/download/29/79/273>
- Roccati, A., Paliaga, G., Luino, F., Faccini, F. y Turconi, L. (2021). GIS-based landslide susceptibility mapping for land use planning and risk assessment. *Land*, 10(2), 162. doi:<https://doi.org/10.3390/land10020162>
- Rosi, M., Peruccacci, S., y Guzzetti, F. (2024). Rainfall-induced landslides: Frequency, distribution, and impacts in Latin America. *Landslides*, 21(2), 321–338. doi:<https://doi.org/10.1007/s10346-024-02272-2>
- Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador. (27 de Abril de 2025). *Resolución SNGRE-160-2025: Declaratoria de emergencia por deslizamiento en el sector El Tejar, vía Guaranda–Chimbo. Quito: SNGRE*. Obtenido de <https://www.laprensa.com.ec/via-chimbo-guaranda-cerrada-por-deslizamiento-de-tierra>

- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias . (2024). *Eventos peligrosos y afectaciones* . Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/SITREP-Nro-53-Lluvias-01102023-al-14022024-1.pdf>
- Shao, X., Zhang, W., Liu, Y. y Lin, Q. (2023). Landslide susceptibility mapping and risk assessment in mountainous regions under changing climate scenarios. *Natural Hazards*, 116(1), 123–145. doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05931-1>
- Terefe, M. (24 de Julio de 2021). *Geotechnical investigation and stability analysis of landslide using numerical methods: The case of Chira Town, South-Western Ethiopia*. Obtenido de Tesis de licenciatura, Jimma University]. Jimma University Institutional Repository: <https://repository.ju.edu.et/handle/123456789/6316>
- Triana, K. (2024). Estudio geológico-geotécnico para la estabilización de taludes en el río Portoviejo, Ecuador. *Revista de la Sociedad Ecuatoriana de Geología*, 41(2), 89-101. Obtenido de <https://soeici.org/index.php/alcon/article/view/255>
- Valdéz, J., Ordáz, A., Espinoza, L. y Baro, J. (2022). Susceptibilidad a deslizamientos en Malinalco, Estado de México, México. Un aporte a la reducción de riesgos de desastres a escala municipal. *Investigaciones Geográficas*, 109(1). doi:<https://doi.org/10.14350/rig.60569>
- Yang, X., et al. (2023). Deformation triggers and stability evolution of landslide from multiple observations. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 1(2). doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1242093>
- Zapata, C. (2020). Co-producción y comunicación del conocimiento sobre deslizamientos para la resiliencia comunitaria en Quito, Ecuador. *Proceedings of the 13th International*

Symposium on Landslides. Obtenido de

https://www.issmge.org/uploads/publications/84/130/FV_730_-MT_6-_FV.pdf

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage Publications.

ANEXOS

Anexo 1: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN – ENTREVISTAS A AUTORIDADES Y TÉCNICOS

Lugar del evento: El Tejar, km 10, vía Guaranda–Chimbo

Fecha de entrevista: _____

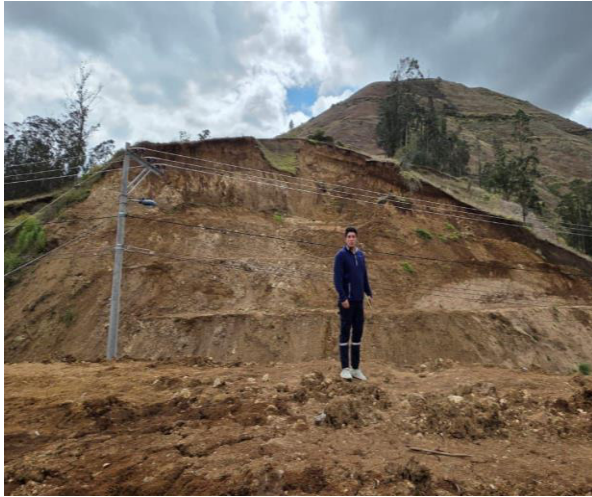
Entrevistado: _____

Cargo / institución: _____

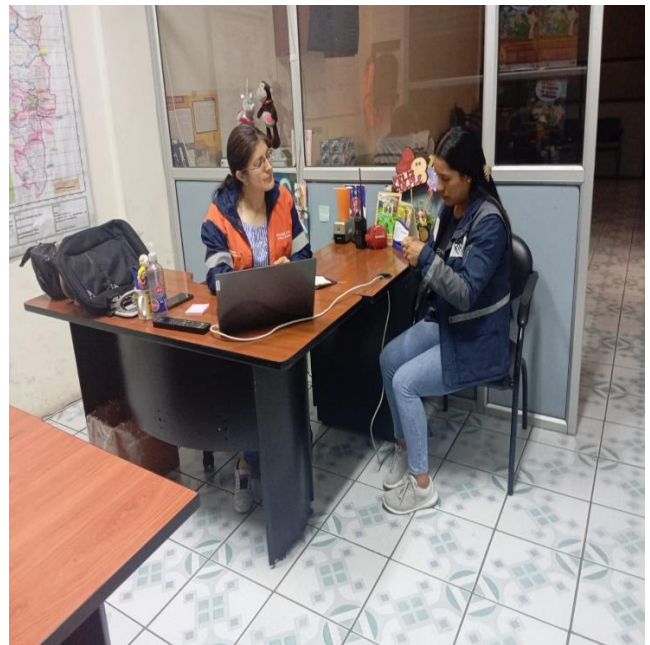
Nº	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su evaluación de las condiciones del terreno en el sector afectado (pendiente, tipo de suelo, estabilidad) antes del deslizamiento?	
2	¿Cómo describiría el estado de la cobertura vegetal y la incidencia de deforestación en la zona?	
3	¿Cuál considera que fue la principal causa de la ocurrencia del deslizamiento en el sector el Tejar?	
4	¿Qué problemas de escorrentía superficial, filtraciones o drenajes identificaron que pudieron influir en el deslizamiento?	
5	En su criterio, ¿cómo contribuyó la infraestructura vial y de drenaje existente a la ocurrencia del evento?	
6	¿Qué factores desencadenantes consideraron más relevantes en este deslizamiento (lluvias intensas, actividad sísmica, erosión, sobrecarga)?	
7	¿Qué daños físicos se registraron en la vía, viviendas y bienes públicos y privados según sus reportes o supervisión técnica?	
8	¿Cuál fue el impacto social que observaron en la comunidad, incluyendo movilidad, interrupción de servicios y percepción de riesgo?	

9	¿Qué efectos ambientales fueron identificados en la ladera, microcuencas o cobertura vegetal?	
10	¿Qué acciones de respuesta ejecutó su institución o el COE y cómo evalúa su efectividad?	
11	¿Considera usted que ya está estable el terreno, y podría darse un nuevo evento con las mismas características?	
12	Según su experiencia, ¿qué medidas de prevención o mitigación recomendaría para reducir el riesgo de deslizamientos futuros en este sector?	

Anexo 3: Inspección de campo



Anexo 5: Entrevistas a los Funcionarios de la SNGR y GAD del cantón Chimbo



Anexo 6: Salida a campo después del segundo deslizamiento





Anexo 4: Cronograma de actividades

Actividades	Fecha					
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Aprobación de la tesis						
Designación de tutor/a						
Desarrollo del primer capítulo						
Desarrollo del segundo capítulo						
Desarrollo del tercer capítulo						
Desarrollo del cuarto capítulo						
Desarrollo de conclusiones y recomendaciones						
Aprobación del proyecto por parte del tutor						
Asignación de pares académicos						
Aprobación del proyecto por parte de los pares académicos						
Defensa de la tesis						

Anexo 5: Presupuesto

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Impresión de oficios y varios documentos	5	0,1	0,5
Impresión de la entrevista	3	0,03	0,09
Impresión borrador de la tesis	3	10,50	31,50
Impresión tesis final	3	10,50	31,50
Anillados	3	3,00	9,00
Alimentación	55	2,50	110,00
Transporte	5	12,00	60,00
Internet	1	23	23,00
Total \$			265,59