Universidad Estatal de Bolívar

Facultad de Ciencias de la Salud y del ser Humano

Carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres.

Tema:

Evaluación de los movimientos en masa y su incidencia sobre la vulnerabilidad socioeconómica, en el tramo vial entre las comunidades Moras Pamba y Tablas Chico, parroquia Julio Moreno, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Período marzo - julio 2026.

Autoras: Aguiza Tixilema Alicia Piedad
Chávez Chela María Natividad

Director: Ing. Grey Barragán Aroca, Mgtr.

Guaranda-2026

PAGINA DE CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

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

Guaranda, 24 de agosto de 2026.

El suscrito Ingeniera Grey Barragán Aroca MsC., Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA Y SU INCIDENCIA SOBRE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICO, EN EL TRAMO VIAL ENTRE LAS COMUNIDADES MORAS PAMBA Y TABLAS CHICO. PERIODO MARZO-JULIO 2026"; realizado por los señores: **Aguiza Tixilema Alicia Piedad Chávez Chela María Natividad** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. GREY BARRAGÁN AROCA

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, Aguiza Tixilema Alicia Piedad portadora de la Cédula de Identidad No 0202616876 y Chávez Chela María Natividad, portadora de la Cédula de Identidad No 0202285284 en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: Evaluación de los movimientos en masa y su incidencia sobre la vulnerabilidad socioeconómica, en el tramo vial entre las comunidades Moras Pamba y Tablas Chico, parroquia Julio Moreno, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Período marzo - julio 2026., modalidad Proyecto de Investigación 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.

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

AGUIZA TIXILEMA ALICIA PIEDAD
FIRMA

CHÁVEZ CHELA MARÍA NATIVIDAD
FIRMA

PÁGINA DE DEDICATORIA.

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por guiar mi camino, darme fortaleza, sabiduría y perseverancia para superar cada dificultad y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida. A mis padres, Filiberto Chávez y Francisca Chela, por ser un pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional y por todos los esfuerzos y sacrificios que han realizado para ayudarme a cumplir mis sueños. Gracias por estar siempre a mi lado, por confiar en mí y por enseñarme con su ejemplo que, con esfuerzo y perseverancia, todo es posible. A mis hermanos, José, Jesús, David, Hugo y Washington, por su cariño, apoyo y por acompañarme durante mi formación académica y por ser un ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Finalmente, dedico este logro a todas las personas que creyeron en mí y que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo, cariño y palabras de aliento durante este camino. Con mucho cariño y gratitud, este logro es para todos ustedes.

Chávez Chela María Natividad

A Dios, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles, la luz que guio mis pasos y por permitirme alcanzar una meta que alguna vez pareció lejana; a Él, mi gratitud infinita por sostenerme y enseñarme que cada esfuerzo tiene un propósito. A mi madre, Alegría Tixilema, mi raíz, mi ejemplo y mi amor incondicional, gracias por cada sacrificio, por creer en mí aun cuando yo dudaba y por enseñarme que rendirse nunca debía ser una opción; este logro también es tuyo, porque detrás de cada uno de mis pasos siempre estuvo tu amor impulsándome a continuar. A Wilson, Brayan y Cristhian Tixilema, quienes forman parte esencial de mi historia y ocupan un lugar especial en mi vida, gracias por estar presentes y por esas palabras que, aunque parecían sencillas, muchas veces fueron el impulso que necesitaba para continuar; su confianza en mí me recordó que siempre había una razón para seguir adelante, aun cuando el camino se tornaba difícil. Una parte de este logro lleva consigo cada muestra de apoyo y cariño que recibí de ustedes. Este logro lleva mi nombre, pero también el amor y la huella de quienes hicieron posible que llegara hasta aquí.

Aguiza Tixilema Alicia Piedad

PÁGINA DE AGRADECIMIENTO.

Expresamos nuestro más profundo y especial agradecimiento a nuestro tutor, Ing. Grey Barragán Aroca, Mgtr., quien fue una guía esencial durante el desarrollo de este trabajo de titulación. Agradecemos su constante orientación, paciencia, dedicación y, sobre todo, el apoyo incondicional que nos brindó en cada etapa del proceso. Su experiencia, conocimientos y confianza nos permitieron superar dificultades y alcanzar los objetivos planteados. Por creer en nuestro trabajo y acompañarnos siempre con compromiso, dejamos constancia de nuestra profunda gratitud y reconocimiento, pues su guía forma parte importante de este logro.

Agradecemos al personal del Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar, especialmente al Laboratorio de Química Analítica, Ambiental, Agua y Suelo, por su valiosa colaboración, disposición y apoyo durante la realización de los ensayos de suelo, cuyos resultados contribuyeron significativamente al desarrollo de esta investigación. De igual manera expresamos nuestro sincero agradecimiento al Laboratorio de Suelos de la Matriz de la Universidad Estatal de Bolívar y a la Ing. Johanna Dueñas, por su acompañamiento, orientación y constante disposición durante el desarrollo de las actividades experimentales. Su colaboración y aporte fueron fundamentales para complementar el trabajo realizado, fortalecer el proceso investigativo y contribuir al cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación.

Chávez Chela María Natividad

Aguiza Tixilema Alicia Piedad

PÁGINA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR A LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

ÍNDICE GENERAL.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN|. 2

PAGINA DE CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR 3

PÁGINA DE DEDICATORIA. 4

PÁGINA DE AGRADECIMIENTO. 5

PÁGINA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR A LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR 6

ÍNDICE GENERAL. 7

ÍNDICE DE TABLAS. 12

ÍNDICE DE GRÁFICOS. 14

RESUMEN 15

INTRODUCCIÓN 16

1. CAPÍTULO I 17

1.1. Planteamiento del Problema 17

1.2. Formulación del Problema 17

1.3. Preguntas de Investigación 18

1.4. Justificación 18

1.5. Objetivos 19

1.5.1. Objetivo General 19

1.5.2. Objetivos Específicos 19

1.6. Hipótesis 19

1.6.1. Hipótesis de Investigación (H_1) 19

1.6.2. Hipótesis nula (H_0). 19

1.7. Variables 19

1.7.1. Operacionalización de Variables 20

2. CAPÍTULO II 24

2.1. Ubicación geográfica del área de estudio 24

2.2. Antecedentes....26
2.2.1. Impactos y vulnerabilidad....27
2.2.2. Estado de infraestructura vial....29
2.2.3. Vulnerabilidad....30
2.2.4. Tipos de Vulnerabilidades....30
2.2.5. Vulnerabilidad física o material:....30
2.2.6. Vulnerabilidad social:....31
2.2.7. Vulnerabilidad económica:....31
2.2.8. Vulnerabilidad ambiental:....31
2.2.9. Vulnerabilidad institucional o política:....31
2.2.10. Percepción y bienestar social....32
2.2.11. Principio de Máxima Entropía....33
2.2.12. Principio de Máxima Entropía Aplicado al Riesgo de Desastres....33
2.3. Legal....33
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador. (Asamblea Constituyente, 2008) 33
2.3.2. Ley Orgánica de Gestión de Riesgos y Desastres (Asamblea Nacional, 2024) 33
2.3.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (Asamblea Nacional, 2010)....34
2.3.4. Código Orgánico del Ambiente (Asamblea Nacional, 2017)....34
2.3.5. Normativa Técnica (sublegal)....34
2.3.6. Reglamento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (Daniel Noboa Azín, 2024)....34
2.3.7. Lineamientos de la SGR (hoy Secretaría de Gestión de Riesgos)(SNGRYE, 2021)....35
2.3.8. Normativa Internacional....35

2.3.9. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030 35

2.4. Marco Conceptual....35

2.5. Conceptos y términos utilizados en esta investigación 36

2.5.1. Glosario de Términos....36

2.5.2. Abreviaturas 37

3. CAPÍTULO III....40

3.1. Tipo de Investigación 40

3.2. Enfoque de la Investigación 40

3.3. Métodos de Investigación....40

3.3.1. Método aplicativo....40

3.3.2. Método descriptivo....40

3.3.3. Método analítico....41

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos....41

3.4.1. Técnicas e instrumentos para el Objetivo Específico 1 41

3.4.2. Técnicas e instrumentos para el Objetivo Específico 2 42

3.4.3. Técnicas e instrumentos para el Objetivo Específico 3 44

3.5. Universo, Población y Muestra 45

3.5.1. Evaluación estadística del tamaño observado....45

3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información 46

3.6.1. Procesamiento de la información para el Objetivo Específico 1 46

3.6.2. Procesamiento de la información para el Objetivo Específico 2 47

3.6.3. Procesamiento de la información para el Objetivo Específico 3 48

4. CAPÍTULO IV....49

4.1. Identificación de los factores intrínsecos y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo vial entre las comunidades Moraspamba y Tablas Chico 49

4.1.1. Control de calidad de los productos fotogramétricos....50

4.1.2. Ubicación de las muestras en los tres sectores fotogramétricos 52
4.1.3. Análisis de la guía de observación de campo.....57
4.1.4. Factores intrínsecos del terreno.....60
4.1.5. Factores desencadenantes asociados al drenaje y saturación.....71
4.1.6. Resultados granulométricos, plasticidad y humedad de laboratorio.....79
4.1.7. Parámetros geotécnicos y estabilidad mediante talud infinito.....87
4.1.8. Ponderación multicriterio y análisis de sensibilidad.....89
4.2. Caracterización de la vulnerabilidad socioeconómica a través del principio máximo de entropía en las comunidades Moraspamba y Tablas Chico que se encuentran asentadas en el tramo vial. 96
4.2.1. Análisis general de los resultados 114
4.2.2. Contraste de hipótesis y asociación entre exposición y vulnerabilidad 117
4.3. Discusión 118
4.4. Formulación de estrategias de gestión del riesgo basadas en la susceptibilidad a movimientos en masa y la vulnerabilidad socioeconómica identificadas en el área de estudio.....119
4.4.1. Priorización de sectores para intervención.....121
4.4.2. Criterios de formulación y priorización de estrategias 122
4.4.3. Estrategias de gestión del riesgo propuestas 124
4.4.4. Estrategias por horizonte temporal.....128
4.4.5. Estrategias específicas por dimensión del riesgo 129
4.4.6. Indicadores de seguimiento y evaluación 130
5. CAPÍTULO V 132
5.1. CONCLUSIONES.....132
5.2. RECOMENDACIONES 133
REFERENCIAS 134
ANEXOS.....139

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. *Movimientos en masa*.....20
Tabla 2. *Vulnerabilidad socioeconómica*.....22
Tabla 3. *Localización del tramo de estudio y de los puntos críticos* 25
Tabla 4 *Resumen de los reportes fotogramétricos utilizados* 51
Tabla 5 *Puntos de muestreo rotulados en las ortofotos*.....52
Tabla 6 *Guía de observación de campo: opciones de registro, resultado seleccionado e interpretación*.....57
Tabla 7 *Factores desencadenantes asociados al drenaje y saturación* 71
Tabla 8 *Eventos sísmicos regionales* 74
Tabla 9 *Resultados granulométricos*.....80
Tabla 10 *Granulométrica por muestra de laboratorio* 81
Tabla 11 *Promedios granulométricos por grupo de muestras* 81
Tabla 12 *Resultados de plasticidad de las muestras de suelo* 83
Tabla 13 *Humedad por punto crítico*.....85
Tabla 14 *Parámetros geotécnicos referenciales empleados en GEO5*.....87
Tabla 15 *Resultados de los parámetros geotécnicos referenciales empleados en GEO5* 87
Tabla 16 *Parámetros geotécnicos referenciales empleados en GEO5*.....88
Tabla 17 *Ponderación multicriterio de factores condicionantes y desencadenantes*.....90
Tabla 18 *Índice multicriterio por punto crítico* 91
Tabla 19 *Factores intrínsecos y desencadenantes*.....92
Tabla 20 *Comparación integrada de los puntos críticos identificados en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico*.....94
Tabla 21. *Frecuencia de deslizamientos*.....96
Tabla 22. *Condición del terreno cercano la vivienda*.....98
Tabla 23. *Inestabilidad de terreno en el tramo vial*.....99
Tabla 24. *Comportamiento del terreno en temporada de lluvias* 100
Tabla 25. Modificaciones del terreno y riesgos de deslizamiento 101
Tabla 26. Funcionamiento del sistema de drenaje durante lluvias intensas.....102
Tabla 27 Nivel de riesgo de deslizamientos en el tramo vial.....103
Tabla 28. Obras requeridas para reducir el riesgo 104
Tabla 29. Fuente de ingreso 105
Tabla 30. Suficiencia de ingresos del hogar 106

Tabla 31. Afectación económica del hogar ante el cierre de la vía por deslizamiento 107
Tabla 32. Acceso a servicios básicos ante la interrupción del tramo vial.....108
Tabla 33. Ubicación de la vivienda en zonas inestables 109
Tabla 34. Recursos para afrontar emergencias por deslizamientos 110
Tabla 35. Capacitación e información sobre actuación ante deslizamientos.....111
Tabla 36. Impacto de los deslizamientos en el bienestar y estabilidad familiar 112
Tabla 37. Disponibilidad de un plan familiar de emergencias ante deslizamientos 113
Tabla 38. Matriz de integración de resultados técnicos y socioeconómicos para la formulación de estrategias 114
Tabla 39 Resultado general de los resultados 115
Tabla 39 Contraste de hipótesis y asociación entre exposición y vulnerabilidad.....117
Tabla 41. Matriz de integración de resultados técnicos y socioeconómicos para la formulación de estrategias 120
Tabla 41. Priorización de puntos críticos para la gestión del riesgo.....121
Tabla 42. *Criterios de priorización de estrategias de gestión del riesgo* 122
Tabla 43. *Estrategias de gestión del riesgo para el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico* 124
Tabla 44. *Plan de acción temporal para la gestión del riesgo* 128
Tabla 45. *Estrategias por dimensión del riesgo* 129
Tabla 46. *Indicadores de seguimiento de las estrategias propuestas*.....130

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1. Frecuencia de deslizamientos 97
Gráfico 2. Condición de terreno cercana a la vivienda 98
Gráfico 3. Inestabilidad de terreno en el tramo vial.....99
Gráfico 4. Comportamiento del terreno en temporada de lluvias 100
Gráfico 5. Modificaciones del terreno y riesgo de deslizamientos 101
Gráfico 6. Funcionamiento del sistema de drenaje durante lluvias intensas 102
Gráfico 7.Nivel de riesgo de deslizamientos en el tramo vial 103
Gráfico 8. Obras requeridas para reducir el riesgo 104
Gráfico 9. Fuente de ingreso 105
Gráfico 10. Suficiencia de ingreso del hogar.....106
Gráfico 11. Afectación económica del hogar ante el cierre de la vía por deslizamiento.....107
Gráfico 12. Acceso a servicios básicos ante la interrupción del tramo vial.....108
Gráfico 13. Ubicación de la vivienda en zonas inestables.....109
Gráfico 14. Recursos para afrontar emergencias por deslizamientos 110
Gráfico 15. Capacitación e información sobre actuación ante deslizamientos.....111
Gráfico 16. Impacto de los deslizamientos en el bienestar y estabilidad familiar.....112
Gráfico 17. Disponibilidad de un plan familiar de emergencias ante deslizamientos 113

RESUMEN

La investigación evaluó los factores asociados a los movimientos en masa y caracterizó la vulnerabilidad socioeconómica en el tramo vial Moraspamba–Tablas Chico, parroquia Julio Moreno. Se integraron productos fotogramétricos, análisis del modelo de elevación, ensayos de laboratorio y encuestas a 70 hogares. La granulometría recalculada identificó materiales predominantemente arenosos y mal gradados; la falta de ensayos de resistencia al corte obligó a tratar cohesión y fricción como parámetros referenciales en un modelo de talud infinito para nueve puntos y escenarios secos y saturados. Se calculó un índice formativo de vulnerabilidad, cuya clasificación absoluta presentó efecto techo, por lo que también se reportaron terciles. El contraste del índice reducido, sin el indicador de exposición, no encontró diferencias significativas entre hogares expuestos y no expuestos ($p = 0,5155$ en Kruskal–Wallis). La matriz de riesgo priorizó territorialmente T4, T5, T6 y T8. Los resultados se interpretan como evidencia de asociación y escenarios técnicos, con limitaciones por tamaño poblacional, trazabilidad de muestras y resolución espacial de la lluvia.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, los deslizamientos y otros eventos peligrosos afectan los medios de vida y las economías locales, especialmente cuando las comunidades presentan condiciones de vulnerabilidad. La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024) destaca la necesidad de comprender los factores que generan el riesgo para orientar su prevención. En este contexto, estudiar los movimientos en masa requiere integrar las características físicas del territorio con las condiciones socioeconómicas de la población.

En Ecuador, los deslizamientos representaron el 46,53 % de los eventos adversos asociados a lluvias registrados entre el 1 de enero y el 3 de febrero de 2025. Durante ese período, Chimborazo, Guayas, Loja, Napo, Pichincha y Los Ríos figuraron entre las provincias con mayor afectación poblacional. En Bolívar, un deslizamiento motivó la declaratoria de emergencia del cantón Chimbo, evidenciando la necesidad de evaluar las amenazas que comprometen la infraestructura vial y la seguridad de las comunidades (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025a).

En Ecuador, la recurrencia de deslizamientos durante la época lluviosa refuerza la necesidad de evaluaciones locales que integren las condiciones del terreno y la exposición de la población. En el primer trimestre de 2025, los deslizamientos representaron el 46,53 % de los eventos adversos por lluvias reportados en el país; entre enero y abril, constituyeron el 75,27 % de los eventos registrados en Bolívar, donde Guaranda presentó el mayor impacto poblacional provincial (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025a; Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025b). Estos datos describen el contexto provincial y nacional, pero no sustituyen la evidencia levantada en Moraspamba–Tablas Chico.

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En América Latina y el Caribe, los movimientos en masa afectan la infraestructura, la conectividad y los medios de vida de las comunidades. Sus consecuencias adquieren mayor alcance cuando la población presenta limitaciones económicas y una reducida capacidad de preparación y respuesta. La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024) señala la necesidad de comprender los factores que generan el riesgo. Por ello, el problema requiere analizar conjuntamente las condiciones físicas del territorio y la vulnerabilidad socioeconómica de sus habitantes.

En Ecuador, los deslizamientos representaron el 46,53 % de los eventos adversos asociados a lluvias registrados entre el 1 de enero y el 3 de febrero de 2025 (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025a). En Bolívar, esta proporción alcanzó el 75,27 % entre enero y abril del mismo año, y Guaranda fue el cantón con mayor impacto poblacional provincial (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025b). Estos antecedentes evidencian la necesidad de estudiar los movimientos en masa y las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades vinculadas a las vías expuestas.

En el tramo vial Moraspamba–Tablas Chico, las interrupciones del tránsito y las evidencias de inestabilidad descritas en el área de estudio pueden afectar la movilidad, el traslado de productos y el acceso a servicios. Sin embargo, el expediente no cuantifica pérdidas económicas atribuibles a cada movimiento ni vincula geográficamente cada hogar con un punto crítico. El problema consiste en caracterizar las condiciones físicas de nueve puntos críticos y las condiciones socioeconómicas y de preparación de 70 hogares, y en examinar si el índice de vulnerabilidad difiere según la exposición declarada.

La investigación aborda este problema mediante observación de campo, análisis geoespacial y de laboratorio, modelación de escenarios de estabilidad y encuestas. El diseño transversal permite describir el tramo y contrastar asociaciones en los hogares encuestados, pero no atribuir causalidad ni medir un efecto de los movimientos en masa sobre la vulnerabilidad. Los resultados fundamentan prioridades de gestión que deberán verificarse con estudios geotécnicos y levantamientos locales complementarios.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuáles son las condiciones de susceptibilidad a movimientos en masa en el tramo Moraspamba–Tablas Chico, qué condiciones de vulnerabilidad socioeconómica declaran los

hogares encuestados y qué diferencias exploratorias se observan según su exposición declarada, para orientar la priorización de estrategias de gestión del riesgo?

1.3. Preguntas de Investigación

¿Qué condiciones socioeconómicas, de exposición percibida y de preparación reportan los 70 hogares encuestados, y qué diversidad presentan sus respuestas?

¿Se observan diferencias en el índice de vulnerabilidad socioeconómica reducido entre los hogares que declaran estar expuestos y aquellos que no lo declaran?

¿Qué estrategias de gestión del riesgo se derivan de la integración de los resultados físicos y socioeconómicos, y qué puntos deben priorizarse?

1.4. Justificación

En América Latina y el Caribe, comprender los factores físicos y sociales que configuran el riesgo permite fundamentar acciones de prevención ajustadas a las necesidades territoriales. La UNDRR (2024) destaca la importancia de fortalecer el conocimiento del riesgo y su gestión. Desde esta perspectiva, la investigación se justifica por integrar la evaluación de los movimientos en masa con el análisis socioeconómico, aportando información para orientar decisiones sobre protección de los medios de vida, conectividad y preparación comunitaria.

En Ecuador, la recurrencia de deslizamientos asociados a lluvias y las afectaciones registradas en Bolívar respaldan la pertinencia de desarrollar estudios locales que apoyen la planificación preventiva (SNGR, 2025a; SNGR, 2025b). La evaluación de tramos viales expuestos permite identificar condiciones que requieren atención y aportar criterios para priorizar intervenciones. Asimismo, incorporar las características de los hogares ayuda a comprender sus necesidades de preparación y respuesta, generando información útil para los gobiernos locales y las organizaciones comunitarias.

En Moraspamba–Tablas Chico, el estudio integra observaciones de campo, análisis de suelos, sistemas de información geográfica y modelación de taludes con información socioeconómica de los hogares. Este enfoque permite caracterizar la amenaza y las condiciones de vulnerabilidad para formular estrategias de prevención y priorizar su implementación. Las familias del sector y las instituciones responsables de la gestión territorial constituyen sus principales beneficiarios potenciales. Su aporte consiste en ofrecer una base técnica para futuras decisiones e intervenciones; demostrar una reducción de la vulnerabilidad requerirá evaluar posteriormente sus resultados.

Finalmente, los resultados alcanzados de este trabajo investigativo podrían ser utilizados en futuras intervenciones, programas comunitarios de reducción de riesgos y

políticas locales orientadas al fortalecimiento de la infraestructura y la protección de las familias expuestas. De este modo, el estudio contribuye tanto al ámbito académico como al desarrollo sostenible y seguro de las comunidades involucradas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar los movimientos en masa y su incidencia sobre la vulnerabilidad socioeconómico, en el tramo vial entre las comunidades Moraspamba y Tablas Chico.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores intrínsecos y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo vial entre las comunidades Moraspamba y Tablas Chico.
- Caracterizar la vulnerabilidad socioeconómica a través del principio máximo de entropía en las comunidades Moraspamba y Tablas Chico que se encuentran asentadas en el tramo vial.
- Formular estrategias de gestión del riesgo basadas en la susceptibilidad a movimientos en masa y la vulnerabilidad socioeconómica identificadas en el área de estudio.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis de Investigación (H_1).

H_1: La distribución del índice de vulnerabilidad socioeconómica reducido difiere entre los hogares que declaran exposición a laderas, taludes o zonas inestables y los que no la declaran. La hipótesis se contrasta de forma exploratoria, con pruebas no paramétricas y un umbral de significación bilateral de $\alpha = 0,05$.

1.6.2. Hipótesis nula (H_0).

H_0: La distribución del índice de vulnerabilidad socioeconómica reducido no difiere entre los hogares que declaran exposición a laderas, taludes o zonas inestables y los que no la declaran.

1.7. Variables

Componente físico del estudio

Susceptibilidad a movimientos en masa y factores condicionantes o desencadenantes

Componente socioeconómico del estudio

Vulnerabilidad socioeconómica de los hogares

Para el contraste exploratorio, la variable de agrupación es la exposición declarada por el hogar y el resultado comparado es el índice de vulnerabilidad reducido, sin el indicador de exposición. Este contraste describe diferencias de distribución y no estima un efecto causal.

1.7.1. Operacionalización de Variables

Tabla 1. *Movimientos en masa*

VARIABLE INDEPENDIENTE				
Variable	**Descripción / Concepto**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Escala de medición**
Movimientos en masa (VI)	Procesos de remoción de suelo y roca generados por la pérdida de estabilidad en las laderas debido a factores geomorfológicos, climáticos y antrópicos. Estos fenómenos suelen presentarse en zonas de alta pendiente, fuerte meteorización y saturación hídrica, afectando directamente la infraestructura vial (Cruden & Varnes, 1996; Highland & Bobrowsky, 2008).	**Factores intrínsecos**	Pendiente del terreno	Categórica ordinal: Alta / Media / Baja
			Tipo de suelo / litología	
			Grado de meteorización	
			Profundidad del suelo	
		Factores desencadenantes	Intensidad de lluvias	Categórica ordinal: Alta / Media / Baja
			Saturación hídrica del suelo	
			Erosión superficial	
			Intervención humana	
		Evidencias de inestabilidad	Movimientos en masa previos	Presente / Ausente

			Grietas o asentamientos	
			Deformaciones en taludes	
		Cobertura vegetal	Deforestación	Presente / Ausente
			Vegetación protectora existente	
		Utilización de Sistemas de Georreferenciación (SIG)	Delimitación geoespacial de zonas inestables	Categórica: Adecuado / Parcial / Limitado
			Identificación de zonas críticas por capas raster/vector	
			Interpretación de imágenes satelitales	

Tabla 2. *Vulnerabilidad socioeconómica*

VARIABLE DEPENDIENTE				
Variable	**Descripción / Concepto**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Escala de medición**
Vulnerabilidad socioeconómica (VD)	Grado en que factores sociales, económicos, estructurales y organizativos limitan la capacidad de las familias para enfrentar y recuperarse de movimientos en masa. Condición que refleja la capacidad limitada de las personas y comunidades para anticipar, enfrentar y recuperarse de amenazas naturales debido a factores económicos, sociales, culturales y estructurales. La vulnerabilidad depende de la disponibilidad de recursos, la resiliencia social y la estabilidad del entorno construido (Cardona, 2001; Lavell, 2003).	**Condiciones de vivienda**	Material de construcción	Alta / Media / Baja
			Estado estructural	
			Proximidad al talud	
		Condiciones económicas	Ingreso familiar	Alta / Media / Baja
			Tipo de empleo	
			Dependencia agrícola	
		Acceso a servicios básicos	Agua Entubada/clorada	Adecuado / Limitado
			Energía eléctrica	
			Saneamiento	
			Accesibilidad vial	
			Internet	
		Cohesión y organización social	Participación comunitaria	Presente / Ausente
			Redes de apoyo	

			Comunicación comunitaria	
		Percepción del riesgo	Nivel de preocupación	Alta / Media / Baja
			Conocimiento de zonas vulnerables	
		Máxima entropía	Diversificación de ingresos	Categórica ordinal: Alta / Media / Baja entropía
			Dependencia de un solo medio de vida	
			Capacidad adaptativa familiar	
			Estrategias para reorganizar recursos tras un evento	

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

Este capítulo sintetiza los fundamentos que permiten interpretar dos componentes relacionados pero distintos: la susceptibilidad física del terreno y la vulnerabilidad socioeconómica de los hogares. El riesgo se entiende como resultado de la interacción entre amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad; por ello, la susceptibilidad del talud no se confunde con el riesgo ni con la vulnerabilidad de las personas (UNISDR, 2015; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024). Los conceptos se conectan con las variables, los procedimientos de análisis y los límites de inferencia del estudio.

2.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio comprende el tramo vial que conecta Moraspamba y Tablas Chico, en la parroquia Julio Moreno, cantón Guaranda, provincia de Bolívar. El análisis cartográfico y de campo delimita nueve puntos críticos. Los desniveles y las pendientes varían entre sectores; la lluvia regional disponible tiene una resolución espacial aproximada de 0,5° y se utiliza como contexto antecedente, no como medición puntual de cada talud. Las coordenadas y la caracterización de cada punto se presentan en resultados.

Figura 1. *Localización del tramo de estudio y de los puntos críticos. Fuente: corrección cartográfica del MDE regional.*

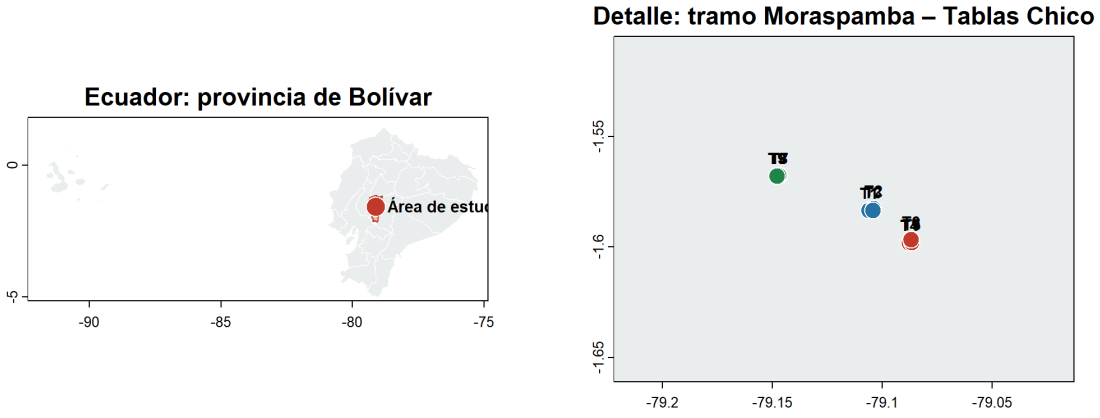


Tabla 3. *Localización del tramo de estudio y de los puntos críticos*

Punto	Sector	X	Y	Lon	Lat	Evidencia
T1	Sector occidental	710697	9824895	-79.106	-1.583	Pendiente alta
T2	Sector occidental	710912	9824991	-79.104	-1.582	Pendiente alta
T3	Sector occidental	710878	9824908	-79.105	-1.583	Drenaje malo
T4	Moraspamba	712722	9823272	-79.088	-1.598	Cobertura vegetal con pendiente alta
T5	Moraspamba	712835	9823295	-79.087	-1.598	Cobertura vegetal con pendiente alta
T6	Moraspamba	712809	9823432	-79.087	-1.597	Cobertura vegetal con pendiente alta
T7	Tablas Chico	706160	9826645	-79.147	-1.568	Pendiente alta
T8	Tablas Chico	706132	9826649	-79.147	-1.568	Cobertura vegetal con pendiente alta
T9	Tablas Chico	706028	9826629	-79.148	-1.568	Cobertura vegetal con pendiente alta

La parroquia Julio Moreno se ubica en un entorno montañoso rural de la provincia de Bolívar. En el tramo analizado se observaron cortes viales, pendientes, condiciones de drenaje,

cobertura vegetal y evidencias de inestabilidad que se describen por punto en resultados. Estas observaciones delimitan el área de análisis; no permiten generalizar las mismas condiciones a toda la parroquia.

Además la vía conecta asentamientos rurales y constituye un corredor de movilidad para actividades cotidianas y productivas. La investigación evalúa la posible interrupción de esa conectividad junto con las condiciones del terreno y las respuestas de los hogares encuestados. Las afectaciones a mercados y servicios se interpretan a partir de la encuesta, no como pérdidas económicas medidas directamente. Este componente georreferencial sirvió para integrar posteriormente, las capas SIG relacionadas con la pendiente, uso del suelo, hidrología, litología e evidencias de deslizamiento; el cual otorga un contexto espacial que facilitará la interpretación e integración del riesgo.

2.2. Antecedentes

Los antecedentes deben distinguirse del diagnóstico local. Los estudios sobre vulnerabilidad y riesgo muestran que las condiciones físicas de una amenaza no explican por sí solas sus consecuencias: también intervienen la exposición, la fragilidad social y económica y las capacidades de preparación y respuesta (Cardona, 2001; UNISDR, 2015). Este enfoque sustenta la integración de información geotécnica y social en la presente investigación.

Para el contexto provincial se emplean informes oficiales de la SNGR. El informe nacional del 3 de febrero de 2025 registró que los deslizamientos representaban el 46,53 % de los eventos adversos por lluvias observados desde el 1 de enero; el informe de Bolívar, con corte al 30 de abril de 2025, reportó 75,27 % y señaló a Guaranda entre los cantones con mayor impacto poblacional (SNGR, 2025a; SNGR, 2025b). Son antecedentes temporales y territoriales; no constituyen evidencia de que el tramo estudiado haya experimentado la misma proporción de eventos.

Desde el punto de vista físico, la pendiente, la geometría del talud, el material, el agua y las intervenciones en la ladera pueden condicionar la estabilidad. La infiltración y el aumento de presión de poros pueden reducir la resistencia efectiva, aunque el efecto depende de la estratigrafía, el drenaje y las propiedades resistentes locales. Por esta razón, las salidas de un modelo deben interpretarse junto con los datos observados y los parámetros medidos (Highland & Bobrowsky, 2008; U.S. Geological Survey, 2018; U.S. Geological Survey, 2024). Finalmente la evidencia regional y las observaciones de campo justifican estudiar conjuntamente el terreno y la conectividad vial. En esta tesis no se dispone de ensayos de corte directo o triaxiales y la asignación de algunas muestras a taludes tiene limitaciones de

trazabilidad. En consecuencia, las estimaciones de estabilidad con cohesión y fricción referenciales se presentan como escenarios analíticos, no como validación geotécnica definitiva.

2.2.1. Impactos y vulnerabilidad

La vulnerabilidad socioeconómica se analiza como un conjunto de condiciones que pueden limitar la anticipación, la respuesta y la recuperación de los hogares. Se describen ingresos y medios de vida, afectación percibida por cierres viales, acceso a servicios, exposición declarada, recursos disponibles, capacitación y planes familiares. Estas dimensiones se interpretan por separado y mediante un índice formativo, porque representan componentes distintos y no necesariamente intercambiables (Carreño et al., 2005; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024).

La gestión del riesgo exige comprender amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad en la escala apropiada, además de comunicar la incertidumbre de los datos disponibles (UNISDR, 2015; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024). En esta investigación, los puntos críticos representan la escala territorial del análisis físico y las encuestas, la escala del hogar. La integración entre escalas se limita a la priorización del tramo, porque no existe una vinculación georreferenciada de cada hogar con cada punto crítico.

Los movimientos en masa pueden iniciarse por procesos naturales o por intervenciones que alteran el equilibrio de una ladera. La lluvia es un desencadenante frecuente, pero su efecto depende de duración e intensidad, infiltración, humedad antecedente, material y geometría del talud (U.S. Geological Survey, 2018; Highland & Bobrowsky, 2008). En este estudio, la serie regional de lluvia y humedad contextualiza los escenarios; su resolución no permite atribuir un evento a un punto específico.

Las intervenciones viales, la modificación de taludes y el manejo deficiente de escorrentía pueden aumentar la exposición de la infraestructura y modificar localmente las condiciones de una ladera. Su identificación requiere observación y documentación por sitio. Las recomendaciones estructurales quedan sujetas a diseños y verificaciones geotécnicas previas (U.S. Geological Survey, 2024; U.S. Army Corps of Engineers, 2003).

La vulnerabilidad económica no se reduce al ingreso: también comprende estabilidad de los medios de vida, acceso a recursos y dependencia de infraestructura crítica. En comunidades rurales, una interrupción vial puede dificultar el transporte y el acceso a servicios; aquí, tales consecuencias se describen mediante respuestas de hogares, sin estimar pérdidas monetarias ni efectos causales (FAO, 2020; United Nations Office for Disaster Risk

Reduction, 2024). Además la dimensión social comprende condiciones de acceso, preparación, información y redes de apoyo. La encuesta describe estas condiciones en los hogares participantes, pero no mide por sí sola la resiliencia comunitaria ni la capacidad institucional. Los resultados identifican necesidades de preparación y orientan estrategias verificables.

La literatura sobre riesgo subraya que las decisiones territoriales y la distribución de capacidades influyen en la producción y reducción del riesgo (Cardona, 2001; UNISDR, 2015). Este marco orienta la lectura de los resultados sin asumir que una asociación observada en un corte transversal demuestra causalidad. Pues los factores físicos, de laboratorio y de encuesta se integraron para identificar condiciones de susceptibilidad y vulnerabilidad en el tramo Moraspamba–Tablas Chico. La clasificación granulométrica corregida identifica arenas mal gradadas con bajo contenido de finos; las asignaciones muestra–talud presentan limitaciones de trazabilidad y los ensayos disponibles no incluyen resistencia al corte.

El índice de vulnerabilidad es formativo y presenta efecto techo en su clasificación absoluta: 68 de 70 hogares se ubican en nivel alto. La clasificación por terciles distribuye los hogares entre los grupos bajo, medio y alto. Al excluir el indicador de exposición para evitar circularidad, las pruebas no encontraron evidencia de diferencias estadísticamente significativas entre hogares expuestos y no expuestos (Kruskal–Wallis $p = 0{,}5155$; Mann–Whitney $p = 0{,}5088$; delta de Cliff $= 0{,}093$). El resultado describe asociación en un corte transversal y no demuestra igualdad ni causalidad; el tamaño de 70 hogares limita la potencia para efectos pequeños.

La matriz de riesgo asigna prioridad territorial alta a T4, T5, T6 y T8, donde coinciden susceptibilidad alta y vulnerabilidad agregada alta. La vulnerabilidad se asignó a escala del tramo porque la encuesta no vincula cada hogar con una comunidad o punto crítico. La prioridad deberá validarse con levantamiento local y ensayos de resistencia antes de convertir los factores de seguridad en decisiones de diseño.

El uso y la cobertura del suelo pueden modificar la infiltración, la erosión y el soporte que ofrece la vegetación, pero su efecto depende de las condiciones locales y no debe atribuirse sin evidencia cartográfica o de campo. En el tramo se registraron cobertura e intervención en fichas de observación; esos datos complementan, pero no sustituyen, el análisis geotécnico (Highland & Bobrowsky, 2008; U.S. Geological Survey, 2024).

Las prácticas de manejo de laderas, la escorrentía y la conservación de la cobertura deben considerarse al planificar medidas de reducción del riesgo. La revegetación puede ser

complementaria donde resulte técnicamente pertinente; no sustituye el drenaje, el estudio de estabilidad ni el diseño de obras. Por tanto, la propuesta prioriza la evaluación técnica y el control del agua en los puntos críticos. Cualquier obra de estabilización, modificación de talud o intervención ambiental debe definirse con levantamientos y diseños específicos, así como con las autorizaciones correspondientes.

2.2.2. Estado de infraestructura vial

La infraestructura vial puede estar expuesta a movimientos en masa y, al mismo tiempo, condicionar las consecuencias sociales de una interrupción. La geometría de los cortes, el drenaje, el mantenimiento y las condiciones de los taludes deben evaluarse en cada sitio. Este análisis identifica sectores para seguimiento, pero no reemplaza el diseño vial ni la inspección estructural (U.S. Geological Survey, 2024; U.S. Army Corps of Engineers, 2003). Cuando la vía se interrumpe, pueden aumentar los tiempos de traslado y dificultarse el acceso a mercados, centros educativos y servicios de salud. En esta investigación, ese efecto se mide mediante las respuestas de los hogares; no se calcularon costos de transporte ni días efectivos de cierre.

Además la gestión de la vía requiere coordinación entre las instituciones competentes y la comunidad para el mantenimiento, el monitoreo y la respuesta ante alertas. Las responsabilidades deben definirse de acuerdo con el tipo y jurisdicción de la vía, y las obras deben basarse en estudios de ingeniería. Las acciones del capítulo final son criterios de planificación, no diseños ejecutivos. La conectividad rural puede sostener actividades productivas y el acceso cotidiano a servicios. En el tramo estudiado, las respuestas confirman que los cierres se perciben como fuente de afectación; esto respalda medidas de movilidad y preparación, sin permitir estimar el impacto económico total.

La resiliencia de la infraestructura depende, entre otros factores, de la identificación de puntos críticos, el mantenimiento preventivo y la adaptación de las intervenciones a las condiciones del terreno. Las alternativas de drenaje, protección y estabilización deben compararse a partir de estudios locales y de criterios técnicos, ambientales y sociales (U.S. Geological Survey, 2024; U.S. Army Corps of Engineers, 2003). El estado de la vía se incorpora como dimensión de exposición y consecuencia potencial, no como propiedad geotécnica del suelo. Esta separación permite integrar en la matriz de riesgo las condiciones del terreno, la vulnerabilidad del tramo y la conectividad de los hogares. El análisis de la infraestructura vial se vincula con el objetivo de formular estrategias de gestión del riesgo. Las medidas se priorizan con base en la matriz de resultados y se ordenan según urgencia, factibilidad y necesidad de verificación técnica.

2.2.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad describe condiciones que pueden aumentar las consecuencias de una amenaza o limitar la anticipación, respuesta y recuperación de las personas expuestas. No es sinónimo de amenaza ni de exposición; resulta de factores físicos, sociales, económicos, ambientales e institucionales que interactúan en un lugar y tiempo concretos (Cardona, 2001; UNISDR, 2015; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024). El análisis de riesgo requiere considerar tanto las características del fenómeno como las condiciones de los elementos expuestos y sus capacidades. Por ello, una pendiente susceptible no determina por sí sola el daño: también importan la ubicación de viviendas e infraestructura, los medios de vida, el acceso a información y los recursos de respuesta (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024).

En este estudio, la vulnerabilidad socioeconómica se caracteriza a partir de respuestas de hogares sobre ingresos, acceso a servicios, recursos ante emergencias, preparación y afectación percibida por interrupciones viales. La encuesta ofrece una descripción de los 70 hogares y no una medida de daño futuro ni de resiliencia institucional. Las dimensiones se tratan como componentes complementarios. No se presupone que todas varíen juntas ni que una puntuación represente una escala universal. La integración mediante el índice formativo se interpreta con su regla de puntuación, distribución y límites, de acuerdo con el propósito de los indicadores de riesgo y vulnerabilidad (Carreño et al., 2005). La investigación distingue tres niveles de evidencia: propiedades físicas medidas o derivadas, percepciones declaradas por los hogares y resultados de modelación bajo supuestos. Esta separación permite relacionar los componentes sin presentar como causal una asociación transversal ni asignar a hogares una localización que no está en la base.

2.2.4. Tipos de Vulnerabilidades

Para orientar la caracterización se organizan las condiciones de vulnerabilidad en dimensiones física, social, económica, ambiental e institucional. La clasificación es analítica y no implica que cada dimensión pueda medirse con la misma precisión en esta investigación. Las dimensiones social y económica se describen con la encuesta; las condiciones físicas del terreno y de la vía, con observación, cartografía y modelación; los aspectos ambientales e institucionales se consideran en el marco y en las estrategias, sin atribuirles mediciones que no se realizaron.

2.2.5. Vulnerabilidad física o material:

La vulnerabilidad física se relaciona con la localización y las condiciones de viviendas, vías y otras infraestructuras expuestas, así como con su resistencia y

mantenimiento. En esta tesis, la encuesta recoge la proximidad declarada de las viviendas y la percepción de afectación vial; no se realizó una evaluación estructural de edificaciones. En el componente físico del tramo, las pendientes, drenajes, cortes de talud y materiales se describen por punto crítico. Los factores de seguridad son resultados de escenarios con parámetros resistentes referenciales; por ello, apoyan la selección de sitios para estudios adicionales y no equivalen a un diagnóstico de seguridad de las viviendas.

2.2.6. Vulnerabilidad social:

La dimensión social comprende acceso a información, preparación, organización y posibilidad de acceder a servicios. La encuesta consultó capacitación, planes familiares, percepción de riesgo e impacto en el acceso; sus respuestas reflejan lo declarado por un representante de cada hogar. En los 70 hogares, la falta de capacitación y la ausencia o desconocimiento de planes familiares señalan necesidades de preparación. Estos resultados no permiten evaluar la cohesión de toda la comunidad ni la eficacia de las instituciones, por lo que tales aspectos se proponen para una fase participativa posterior.

2.2.7. Vulnerabilidad económica:

La vulnerabilidad económica se relaciona con los recursos y medios de vida disponibles para absorber pérdidas y sostener la recuperación. La dependencia de actividades productivas y la insuficiencia de ingresos pueden restringir la capacidad de afrontar emergencias (CEPAL, 2019; FAO, 2020). En esta tesis se describen las fuentes de ingreso reportadas, la suficiencia percibida de los ingresos y la afectación económica atribuida por los hogares a cierres viales. Como no se levantaron montos de pérdidas ni series de ingreso, los resultados no cuantifican impacto monetario ni dependencia exclusiva de la vía.

2.2.8. Vulnerabilidad ambiental:

La dimensión ambiental considera condiciones como erosión, degradación de cobertura y cambios en el uso del suelo que pueden modificar la respuesta de las laderas. Su influencia depende del contexto local y debe sustentarse con observaciones o cartografía; no se infiere solo a partir de la percepción de los hogares (U.S. Geological Survey, 2024). En el tramo, la cobertura y las intervenciones visibles se documentaron en campo y complementan el análisis de pendiente, drenaje y material. Las medidas de revegetación se plantean como opción complementaria sujeta a evaluación, no como sustituto de estudios geotécnicos o de manejo de agua.

2.2.9. Vulnerabilidad institucional o política:

La dimensión institucional comprende planificación, mantenimiento, coordinación, información y capacidad de ejecutar medidas de reducción del riesgo. La gestión debe asignar

responsabilidades según las competencias sobre la vía y respaldar las obras con estudios y recursos (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024). El expediente no incluye una evaluación de capacidad institucional ni un taller comunitario validado. Por ello, la propuesta recomienda coordinación y seguimiento, pero no afirma que exista un acuerdo institucional o una priorización participativa ya aprobada.

2.2.10. Percepción y bienestar social

La percepción del riesgo expresa cómo las personas reconocen y valoran una amenaza a partir de su experiencia e información. Es útil para diseñar comunicación y preparación, aunque no reemplaza el inventario de eventos ni la evaluación técnica de susceptibilidad (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024). En este estudio, la frecuencia observada, las señales de inestabilidad y el nivel de riesgo son respuestas declaradas por los hogares. Se presentan junto con frecuencias y porcentajes y se contrastan con los registros técnicos disponibles, sin tratarlas como confirmación independiente de cada proceso.

El bienestar social puede verse afectado cuando una interrupción limita movilidad, servicios y actividades productivas. La encuesta mide la afectación que anticipan o reportan las familias; no evalúa cambios longitudinales en su bienestar ni permite atribuirlos exclusivamente a deslizamientos. En complemento la relación entre percepción y preparación se observa en las respuestas sobre capacitación e instrumentos familiares de emergencia. La diferencia entre reconocer un impacto potencial y disponer de un plan ofrece un fundamento concreto para proponer acciones de información y preparación. Las estrategias sociales propuestas incluyen capacitación, planes familiares, señalización y redes de apoyo. Sus resultados deberán medirse mediante indicadores de cobertura y seguimiento, en coordinación con las instituciones responsables y la comunidad.

Movilidad y acceso

La movilidad y el acceso describen la posibilidad de desplazarse y llegar a servicios, mercados y actividades productivas. Una interrupción vial puede afectar varias de estas funciones; en esta investigación se documenta a través de respuestas de los hogares, no con mediciones de tiempos o costos. La conectividad rural también influye en el transporte de productos y en la continuidad de servicios. La literatura sobre desarrollo territorial destaca la importancia de integrar infraestructura, acceso y medios de vida al planificar intervenciones rurales (CEPAL, 2019). En el tramo Moraspamba–Tablas Chico, 69 de 70 hogares indicaron que la interrupción vial dificultaría su acceso a servicios y 51 reportaron una afectación económica alta ante un cierre. Estas cifras expresan la experiencia o expectativa de los encuestados y respaldan medidas de movilidad y respuesta.

La movilidad se incorpora en la matriz como consecuencia potencial y criterio de priorización, diferenciada de la susceptibilidad física. Así se evita atribuir a la carretera propiedades del suelo o confundir exposición con vulnerabilidad. Las medidas propuestas incluyen revisión y mantenimiento de drenajes, señalización temporal, comunicación de cierres y planificación de rutas o respuestas comunitarias. Su implementación debe ajustarse a la competencia vial, la evaluación técnica y los recursos disponibles.

2.2.11. Principio de Máxima Entropía

La entropía de Shannon cuantifica la incertidumbre o diversidad de una distribución categórica. Para una pregunta con k categorías, se calcula a partir de las proporciones observadas; la entropía normalizada divide el valor obtenido por el máximo teórico ln(k), lo que permite comparar preguntas con distinto número de categorías cuando $k > 1$. Un valor alto indica respuestas más distribuidas entre categorías y uno bajo, concentración. No mide gravedad, vulnerabilidad ni riesgo por sí sola (Shannon, C. E, 1948).

2.2.12. Principio de Máxima Entropía Aplicado al Riesgo de Desastres

En esta tesis, la entropía se aplica a las frecuencias de respuesta de las preguntas cerradas para describir su diversidad. No es una medida de precipitación ni un modelo de amenaza por movimientos en masa. La amenaza física se analiza mediante observación, información geoespacial, datos disponibles de laboratorio y escenarios de estabilidad. La vulnerabilidad se describe con indicadores socioeconómicos y un índice formativo separado.

La entropía normalizada describe la diversidad de respuestas; por sí sola no mide ni clasifica la vulnerabilidad. La caracterización de vulnerabilidad se sustenta en el índice formativo reportado en este capítulo.

2.3. Legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador. (Asamblea Constituyente, 2008)

Los artículos 389 y 390 establecen la protección frente a desastres y la gestión descentralizada subsidiaria. Estos principios sustentan la evaluación de amenazas y vulnerabilidades del tramo y la coordinación entre instituciones competentes. El artículo 14 reconoce el derecho a un ambiente sano, y el artículo 66 distingue el derecho a una vida digna (numeral 2) del derecho a la integridad personal (numeral 3) (Asamblea Constituyente, 2008, arts. 14, 66, 389 y 390).

2.3.2. Ley Orgánica de Gestión de Riesgos y Desastres (Asamblea Nacional, 2024)

Norma principal sobre riesgos en Ecuador, reemplaza normativa anterior.

Art. 7 – Competencias del SNDGR

Se establece la obligación de realizar estudios de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, así como de elaborar los respectivos mapas de susceptibilidad, base directa de esta propuesta (Asamblea Nacional, 2024).

Art. 10 – Responsabilidades del Estado

La dirección prospectiva (prevención), correctiva (mitigación) y reactiva (respuesta) alineada al análisis de movimientos en masa (Asamblea Nacional, 2024).

Art. 21 – Competencias de los GAD Cantonales

Los gobiernos municipales deben gestionar el riesgo en la infraestructura vial secundaria y en las zonas pobladas. Ello implica realizar un análisis técnico y obras de mitigación del riesgo en taludes (Asamblea Nacional, 2024).

Art. 33 – Información técnica

En la elaboración de planes territoriales debe integrarse toda la información sobre las amenazas y vulnerabilidades (Asamblea Nacional, 2024).

2.3.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (Asamblea Nacional, 2010)

La asignación de responsabilidades debe distinguir vialidad provincial fuera de zonas urbanas, vialidad urbana y coordinación parroquial rural. Los artículos 42, literal b; 55, literal c; y 65, literal c, regulan estas competencias. El artículo 140 corresponde al ejercicio de la competencia de gestión de riesgos; el artículo 130 regula tránsito, transporte y seguridad vial. En un tramo rural, la propuesta debe articular al GAD provincial con los niveles parroquial y municipal según su competencia, sin atribuir toda la vialidad rural al municipio (Asamblea Nacional, 2010, arts. 42, 55, 65, 130 y 140).

2.3.4. Código Orgánico del Ambiente (Asamblea Nacional, 2017)

El marco ambiental aplicable es el Código Orgánico del Ambiente, publicado en el Suplemento del Registro Oficial 983, de 12 de abril de 2017. Su objeto y ámbito orientan la protección y restauración ambiental; la intervención propuesta debe considerar las obligaciones ambientales correspondientes a cada obra. No se identifica esta norma como una «Ley Orgánica del Ambiente de 2021» (Asamblea Nacional, 2017, arts. 1 y 2).

2.3.5. Normativa Técnica (sublegal)

Reglamentos, lineamientos técnicos y estándares aplicados.

2.3.6. Reglamento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (Daniel Noboa Azín, 2024)

Art. 14 – Estudios de amenazas

Herramientas como SIG (Sistemas de Información Geográfica), análisis geoespacial y metodologías reconocidas, para evaluar inestabilidad de laderas.

Art. 33 – Zonificación de amenazas

Se dispone la clasificación de zonas en niveles (alto, medio, bajo) de susceptibilidad a movimientos en masa.

2.3.7. Lineamientos de la SGR (hoy Secretaría de Gestión de Riesgos)(SNGRYE, 2021)

Incorporan.

- Evaluación de amenazas por movimientos en masa.
- Guías de mapas de susceptibilidad.
- Métodos para evaluar la vulnerabilidad física y social.

Estas normas sirven de guía para el diseño de los productos técnicos del proyecto.

2.3.8. Normativa Internacional

A pesar de no tener jerarquía normativa en Ecuador, orienta la gestión del riesgo.

2.3.9. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030

- Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres.
- Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo.
- Prioridad 3: Inversión en resiliencia.
- Prioridad 4: Preparación y recuperación.

Este estudio se enmarca especialmente en la **primera prioridad.**

2.4. Marco Conceptual

Movimiento en masa: desplazamiento ladera abajo de roca, suelo o detritos bajo la acción de la gravedad; el tipo y mecanismo dependen del material y de la superficie de movimiento (U.S. Geological Survey, 2004; U.S. Geological Survey, 2024).

Susceptibilidad: propensión relativa del terreno a presentar movimientos en masa según sus condiciones físicas. No expresa por sí sola la probabilidad temporal de un evento.

Exposición: presencia de personas, viviendas, infraestructura o medios de vida en lugares que podrían verse afectados por una amenaza.

Vulnerabilidad socioeconómica: condiciones sociales y económicas que pueden aumentar el daño o limitar la anticipación, respuesta y recuperación de los hogares expuestos.

2.5. Conceptos y términos utilizados en esta investigación

2.5.1. Glosario de Términos

Nº	Término	Definición
1	Movimientos en masa	Los deslizamientos se producen cuando una masa de roca, suelo u otros materiales superficiales baja por una pendiente por la fuerza de la gravedad.
2	Deslizamiento	Son un tipo específico de movimiento en masa representado por el desplazamiento de una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie definida de ruptura.
3	Factores intrínsecos	Características propias naturales propias del terreno que influyen en su estabilidad, tales como pendiente, tipo de suelo, litología y grado de meteorización.
4	Factores desencadenantes	Características externas que activan o aceleran un movimiento en masa, como lluvias intensas, sismos, erosión o intervenciones humanas.
5	Evidencias de inestabilidad	Son variables observables que manifiestan la ocurrencia de posibles procesos de remoción en masa como grietas, hundimientos, deformaciones o escarpes.
6	Vulnerabilidad socioeconómica	intensidad en que las condiciones sociales y económicas limitan la capacidad de las familias para anticipar, resistir y recuperarse ante una amenaza natural.
7	Exposición	Un escenario en donde hay personas, construcciones o infraestructura, las cuales se han instalado en una zona vulnerable a una amenaza determinada.
8	Resiliencia	La forma en que una comunidad o sistema se organiza o responde para adaptarse, recuperarse o reorganizarse después de un evento adverso.
9	Sistema de Información Geográfica (SIG)	Elementos tecnológicos que permiten guardar, analizar y reproducir información georreferenciada para estudiar fenómenos territoriales.
10	Georreferenciación	Acciones mediante las que se otorgan las de coordenadas geográficas a un determinado punto del territorio para su precisa localización.

11	Factor de Seguridad (FS)	La resistencia que se presenta al deslizamiento de un volumen de tierra sobre otro.
12	Entropía máxima	Se trata de un método de análisis que permite modelar distribuciones en condiciones de incertidumbre, y que se usó para evaluar patrones de vulnerabilidad o susceptibilidad.
13	Susceptibilidad	Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural en función de las condiciones físicas del terreno.
14	Saturación hídrica	Condición en que el agua entra y ocupa todos los poros del suelo, eliminando así su resistencia y llevándolo a la inestabilidad.
15	Cobertura vegetal	La cubierta vegetal que protege el suelo sirve para estabilizar un terreno porque protege contra erosión y aporta refuerzo radicular.
16	Talud	Zona construida o natural que forma parte de un corte de camino o de un talud.
17	Gestión del riesgo	Conjunto de estrategias - poiticas/normativass para prevenir, mitigar y minimizar los impactos de amenazas naturales.
18	Medios de vida	Conjunto de recursos, actividades y capacidades que permiten a una familia asegurar su sustento.
19	Observación sistemática	Método de recolección de datos que consiste en el registro estructural de fenómenos en su entorno natural..
20	Análisis geoespacial	El proceso técnico que utiliza información territorial para buscar relaciones y patrones geoespaciales.

2.5.2. Abreviaturas

En el presente estudio se emplean códigos y abreviaturas para identificar los puntos críticos, puntos de muestreo, muestras de laboratorio y parámetros geotécnicos utilizados durante el levantamiento de información, el análisis de laboratorio y la modelación en GEO5.

- **T:** se refiere a los puntos críticos que se han identificado en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico. Estos puntos son sectores en los que se presentaron condiciones asociadas a movimientos en masa, esto es, alta pendiente, drenaje deficiente, cobertura vegetal sobre

laderas inestables, material suelto, así como proximidad a casas e infraestructura vial. Por ejemplo, T1, T2, T3, T4, T5, y T6 son taludes o sectores críticos que se analizaron en el geoespacial y geotécnico.

- **P:** se refiere al lugar donde se recogen las muestras de suelo. Este código conecta la muestra tangible con el sitio de donde fue obtenida en campo..
- **M:** se refiere a la muestra de suelo recogida en un punto de muestreo. Cuando hay varias muestras en un mismo sitio se numeran de forma consecutiva.
- **P1M1:** es Punto de Muestreo 1, Muestra 1. Esto corresponde a la muestra tomada en el punto 1.
- **P1M2:** significa Punto de Muestreo 1, Muestra 2.
- **P2M1:** significa Punto de Muestreo 2, Muestra 1.
- **P2M2:** significa Punto de Muestreo 2, Muestra 2.
- **P3M1:** significa Punto de Muestreo 3, Muestra 1.
- **P4M1:** significa Punto de Muestreo 4, Muestra 1
- **P5M1, P5M2 y P5M3:** corresponden a las muestras 1, 2 y 3 recolectadas en el punto de muestreo número 5.
- **FS:** factor de seguridad. En este estudio se estima mediante el modelo de talud infinito para escenarios secos y saturados; depende de los parámetros referenciales y no corresponde a una medición directa.
- **Modelo de talud infinito:** formulación analítica empleada para estimar el factor de seguridad con los parámetros y escenarios declarados.
- **GWT:** abreviatura de groundwater table, utilizada por GEO5 para el nivel freático. En esta investigación no se midió su posición en campo; su mención no constituye un dato piezométrico observado.
- **γ:** es el peso unitario del suelo, expresado en kN/m^3.
- **γsat:** es el peso unitario saturado del suelo, expresado en kN/m^3.
- **c:** representa la cohesión del suelo, expresada en kPa.
- **φ:** ángulo de fricción interna, expresado en grados. Los valores referenciales utilizados en una modelación requieren una fuente técnica y no equivalen a resultados de un ensayo de resistencia.
- **LL:** límite líquido.
- **LP:** límite plástico.
- **IP:** índice de plasticidad.

- **NP:** suelo no plástico.
- **ML / OL:** clasificación referencial de suelos finos de baja plasticidad, correspondiente a limos o arcillas orgánicas de baja plasticidad.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

La investigación es aplicada, no experimental, transversal y de alcance descriptivo con un componente analítico exploratorio. Integra datos cuantitativos del terreno y de la encuesta con observaciones cualitativas de campo. La unidad espacial del análisis físico son nueve puntos críticos; la unidad social es el hogar. El diseño permite describir condiciones y explorar asociaciones, pero no establecer causalidad ni cambios a lo largo del tiempo. La entropía normalizada describe la diversidad de las respuestas categóricas. No constituye una escala de vulnerabilidad. La caracterización socioeconómica se complementa con indicadores por hogar y un índice formativo cuya construcción y limitaciones se explican en este capítulo.

3.2. Enfoque de la Investigación

El enfoque es predominantemente cuantitativo, con integración de observaciones cualitativas de campo. El componente cuantitativo comprende variables geoespaciales, resultados disponibles de laboratorio, modelación de escenarios de talud y respuestas de 70 hogares. Las fichas y fotografías documentan condiciones observadas; no se reportan entrevistas ni talleres porque no se dispone de registros verificables de esas técnicas. La integración se realiza en la matriz de priorización: los resultados físicos corresponden a puntos críticos y los socioeconómicos a hogares. Como no se cuenta con correspondencia geográfica entre cada hogar y cada punto, la vulnerabilidad se utiliza a escala del tramo y no se atribuye a taludes individuales.

3.3. Métodos de Investigación

Los procedimientos se organizaron según los tres objetivos específicos y se ejecutaron con los datos y documentos disponibles. Se diferencian los datos medidos, las observaciones de campo, los valores adoptados para modelación y los resultados calculados, para que cada inferencia mantenga trazabilidad.

3.3.1. Método aplicativo

Para el objetivo 1 se integraron observación directa, fichas de campo, fotografías, productos fotogramétricos y geoespaciales, ensayos disponibles y el modelo analítico de talud infinito. La evaluación identifica factores condicionantes y desencadenantes; no se interpreta como pronóstico de ocurrencia.

3.3.2. Método descriptivo

El análisis descriptivo resume pendiente, orientación, drenaje, granulometría, límites de Atterberg, humedad y evidencias de inestabilidad por punto. Para los hogares, describe

frecuencias y porcentajes por categoría. Los resultados presentan su denominador válido y señalan cuando una pregunta admite respuestas múltiples.

3.3.3. Método analítico

El análisis exploratorio integra factores físicos y sociales mediante una matriz de criterios con ponderaciones declaradas. La matriz apoya la priorización territorial, pero sus pesos son referenciales y no provienen de un taller de expertos documentado. Se realizó análisis de sensibilidad y las prioridades se consideran sujetas a validación local.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas e instrumentos se seleccionaron según las variables de cada objetivo. Para el análisis físico se utilizaron fichas de observación, registros GPS, productos fotogramétricos, cartografía y resultados de laboratorio; para el análisis social, un cuestionario estructurado aplicado a un informante por hogar. La encuesta documenta condiciones declaradas, no mediciones económicas independientes.

3.4.1. Técnicas e instrumentos para el Objetivo Específico 1

Identificar los factores intrínsecos y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico.

Técnicas empleadas

- Observación directa en el área de estudio
- Reconocimiento del terreno
- Levantamiento de información espacial
- Toma de muestras de suelo
- Análisis de información cartográfica

Instrumentos

- Dispositivo GPS
- Cámara fotográfica
- Drones
- Fichas de observación de campo
- Registro digital de datos
- Modelo de estabilidad de talud infinito
- Laboratorio de suelos

En los recorridos de campo se registraron condiciones del terreno, drenaje, cobertura vegetal y evidencias visibles mediante fichas y fotografías. Los productos de dron y GPS documentaron y ubicaron sectores dentro de las limitaciones de precisión y cobertura señaladas en las tablas. Las coordenadas, ortofotos y productos derivados se utilizaron para

describir los nueve puntos críticos y apoyar la interpretación espacial. La resolución del MDE y la escala de las capas se consideran al interpretar diferencias entre sectores; la cartografía no es una medición geotécnica directa.

Las muestras disponibles se analizaron mediante granulometría, límites de Atterberg y humedad natural, según la validez de cada registro. Algunas muestras presentan resultados atípicos o una asignación a talud con trazabilidad incompleta; estas limitaciones se señalan en resultados y restringen su uso en la modelación. La caracterización de estabilidad integró geometría derivada del MDE, pendiente de los puntos, propiedades índice medidas en laboratorio y escenarios hidráulicos de referencia. Las muestras identificadas corresponden principalmente a arenas mal gradadas con bajo contenido de finos. No se dispone de ensayos de corte directo ni triaxiales para determinar la resistencia local.

La estabilidad se evaluó con un modelo analítico de talud infinito para nueve puntos críticos, espesores de 1,5 y 3 m, y condiciones seca y saturada. La cohesión y el ángulo de fricción provienen de valores referenciales de literatura; no son propiedades medidas en las muestras. El retroanálisis estima la cohesión aparente necesaria para alcanzar FS = 1,5 y no sustituye ensayos de resistencia ni un diseño geotécnico. La ponderación multicriterio se realizó mediante suma lineal ponderada y análisis de sensibilidad, con pesos declarados y justificados según los criterios considerados. No se atribuyen esos pesos a una consulta de expertos o a un taller no documentado.

3.4.2. Técnicas e instrumentos para el Objetivo Específico 2

Caracterizar la vulnerabilidad socioeconómica de las familias asentadas en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico.

Técnicas empleadas

- Encuestas

Instrumentos

- Formularios de encuesta

La encuesta estructurada se aplicó a un informante por cada uno de los 70 hogares identificados en el tramo. Recogió fuentes de ingreso, suficiencia económica, impacto percibido de cierres, acceso a servicios, exposición declarada, recursos para emergencias, capacitación y planes familiares. No se conservaron registros de entrevistas semiestructuradas; por ello no se presentan resultados de entrevistas.

El cuestionario incluyó preguntas cerradas de selección única y múltiple. Las respuestas se codificaron y depuraron antes de calcular frecuencias. En preguntas de

selección múltiple, cada opción se analizó independientemente; sus porcentajes pueden sumar más de 100 % y no se calculó entropía como si fueran categorías excluyentes.

La población analizada corresponde a los 70 hogares identificados a lo largo del tramo, tratados como cobertura censal del ámbito delimitado, condicionada a que el padrón territorial no haya omitido hogares. La unidad de análisis es el hogar y la persona informante fue un representante por hogar. No se empleó muestreo aleatorio de las 505 familias parroquiales. Los indicadores se organizaron en dimensiones económica, social, exposición y preparación. Describen ingresos y medios de vida, acceso a servicios, percepción de exposición, recursos, capacitación y planes familiares. Las respuestas son declaradas por los hogares y no equivalen a mediciones independientes de ingreso, infraestructura o desempeño institucional.

Para preguntas de selección única se calcularon frecuencias, porcentajes e intervalos de confianza del 95 %. Para la entropía se utilizaron frecuencias enteras, sin redondeos intermedios, logaritmo natural y la convención 0 ln(0) = 0. H se expresa en nats y H_n en escala de 0 a 1. La entropía se interpreta como diversidad de respuestas junto con las frecuencias y el contenido de cada pregunta. No se utiliza para inferir mayor o menor vulnerabilidad. Las preguntas de respuesta múltiple se excluyeron porque sus opciones no son categorías mutuamente excluyentes.

Índice de vulnerabilidad y contraste exploratorio

El índice de vulnerabilidad socioeconómica se construyó como índice formativo normalizado con nueve indicadores a nivel de hogar. Al representar dimensiones distintas, sus componentes no necesariamente covarían; el alfa de Cronbach se informa solo como diagnóstico descriptivo, no como prueba de validez. La puntuación y los índices completo y reducido se presentan con los resultados.

La clasificación absoluta presentó efecto techo: 68 de 70 hogares quedaron en nivel alto. Por esta razón se informa además una clasificación relativa en terciles, que distribuye los hogares según su puntuación dentro de la muestra; estos terciles no son umbrales universales de vulnerabilidad. Para contrastar la hipótesis se excluyó del índice el indicador de exposición y evitar circularidad al comparar hogares según exposición declarada. Se utilizaron pruebas no paramétricas y se reportaron valores p y delta de Cliff. La interpretación es exploratoria, con n = 70 y diseño transversal.

$$p_i = f_i / n \quad ; \quad H = -\sum_{i=1}^{k} p_i \, ln(p_i)$$

$$Hmáx = ln(k) \quad ; \quad H_n = H / ln(k)$$

La entropía de Shannon se expresa como $H = -\Sigma\, p_i \ln(p_i)$, donde p_i es la proporción de respuestas válidas en la categoría i. La entropía normalizada es $H_n = H/\ln(k)$, donde k es el número de categorías observadas; si k = 1, H_n no se define. Se utiliza logaritmo natural y 0 ln(0) = 0 (Shannon, C. E, 1948).

$$máx\ H(p) \ = \ -\sum_{i=1}^{k} p_i\, ln(p_i) \quad sujeto\ a \quad \sum_{i=1}^{k} p_i \ = \ 1, p_i \ \geq \ 0$$

El máximo H = ln(k) se alcanza cuando las categorías tienen igual probabilidad. Un H_n bajo indica concentración de respuestas y uno alto, mayor dispersión. Ningún valor de entropía expresa por sí mismo la severidad del riesgo o el nivel de vulnerabilidad. Para conservar una lectura descriptiva, los intervalos $0 \leq H_n \leq 0{,}30$, $0{,}30 < H_n \leq 0{,}60$ y $0{,}60 < H_n \leq 1$ se denominan diversidad baja, media y alta. Son convenciones operativas de presentación, no umbrales validados de vulnerabilidad.

Aplicación del software SPSS y la metodología del principio máxima entropía

La entropía normalizada describe la diversidad de respuestas; por sí sola no mide ni clasifica la vulnerabilidad. La caracterización de vulnerabilidad se sustenta en el índice formativo reportado en este capítulo. La caracterización socioeconómica se basa en la encuesta estructurada aplicada a los 70 hogares y en las bases SPSS disponibles. No se reportan entrevistas semiestructuradas porque no se conservaron transcripciones ni notas de campo que acrediten esa técnica. El contraste inferencial se basa en pruebas no paramétricas sobre el índice reducido. No se interpretan las pruebas paramétricas incluidas en la versión anterior, porque no corresponden a la hipótesis revisada.

3.4.3. Técnicas e instrumentos para el Objetivo Específico 3

Formular y priorizar estrategias de gestión del riesgo según la susceptibilidad física y las condiciones socioeconómicas observadas en el tramo vial Moraspamba–Tablas Chico.

La integración multicriterio se realizó mediante suma lineal ponderada y análisis de sensibilidad. Se revisaron la normativa vigente, estudios previos, cartografía e informes técnicos relacionados con movimientos en masa y gestión del riesgo. La revisión documental contextualizó los resultados de campo y orientó la formulación de medidas, sin sustituir la verificación de competencias ni los diseños de ingeniería.

Los resultados de susceptibilidad, modelación y observación permitieron ordenar los nueve puntos críticos. La matriz final asignó prioridad alta a T4, T5, T6 y T8; la vulnerabilidad se incorporó a escala del tramo porque no existe correspondencia espacial entre hogares y puntos. La priorización se realizó mediante una suma lineal ponderada de susceptibilidad o amenaza (0,30), vulnerabilidad socioeconómica (0,25), exposición (0,20),

viabilidad técnica (0,15) y articulación institucional y comunitaria (0,10). Los pesos son referenciales; no proceden de un taller de expertos documentado.

Las estrategias propuestas combinan medidas estructurales y no estructurales: revisión y mantenimiento de drenajes, verificación geotécnica y eventual estabilización, señalización y monitoreo, capacitación y planes familiares, y acciones de movilidad y apoyo económico. Toda obra queda sujeta a estudios y diseños específicos. La integración de los resultados produjo una propuesta de gestión territorial con prioridades, responsables sugeridos, horizontes de ejecución e indicadores de seguimiento. La propuesta no equivale a una intervención ejecutada ni demuestra una reducción efectiva del riesgo.

3.5. Universo, Población y Muestra

Antes del análisis se eliminaron registros vacíos. Las bases SPSS se integraron por orden de registro, pues no contienen un identificador común de hogar. La correspondencia individual entre archivos depende de que ese orden se haya conservado y es una limitación de trazabilidad considerada al interpretar el índice y sus contrastes. El ámbito social comprende los hogares identificados a lo largo del tramo Moraspamba–Tablas Chico. Se encuestó a 70 hogares; la cifra de 505 familias corresponde al universo parroquial con base en el censo del INEC (2022), no al marco de selección de la encuesta. La población analizada se limita a los hogares del tramo. La encuesta cubrió los 70 hogares identificados en el área delimitada y se interpreta como cobertura censal de ese ámbito, condicionada a que el padrón no haya omitido hogares. La unidad de análisis es el hogar y la persona informante fue un representante por hogar. No se empleó muestreo aleatorio de los 505 hogares parroquiales.

3.5.1. Evaluación estadística del tamaño observado

La precisión de una proporción depende del tamaño poblacional, el nivel de confianza, la variabilidad esperada y el diseño de selección. Como los hogares del tramo no se eligieron mediante muestreo aleatorio de toda la parroquia, el cálculo que sigue se presenta solo como referencia del tamaño observado.

$$n = N\,z^2\,p(1-p) \,/\, [e^2(N-1) + z^2\,p(1-p)]$$

N representa el número de hogares del universo; z, el cuantil normal del nivel de confianza; p, la proporción esperada, y e, el margen de error absoluto. Se adoptan para esta evaluación N = 505, z = 1,96 (95 % de confianza) y p = 0,50, que corresponde a máxima variabilidad cuando se desconoce la proporción. No se atribuyen estos parámetros a una planificación previa no documentada.

$$e = 1{,}96\,\sqrt{[0{,}50(1-0{,}50)(505-70) \,/\, (70(505-1))]} = 0{,}10882$$

Los 70 hogares equivalen al 13,86 % de las 505 familias parroquiales. Bajo el supuesto hipotético de muestreo aleatorio simple, N = 505, z = 1,96 y p = 0,50, el tamaño observado correspondería a una precisión aproximada de ±10,88 puntos porcentuales; para ±5 puntos se requerirían 220 hogares. Este cálculo es una referencia y no describe el diseño aplicado ni justifica inferencia probabilística del tramo a toda la parroquia.

3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

El procesamiento se realizó con las bases disponibles. Se depuraron registros vacíos, se revisaron categorías, se calcularon frecuencias y porcentajes, se construyeron los indicadores del índice y se efectuaron los contrastes exploratorios descritos aquí. Los resultados se presentan en el capítulo IV con sus limitaciones.

Los registros físicos y sociales se organizaron en matrices independientes. Para cada variable se verificaron fuente, unidad, escala y cobertura; se diferenciaron mediciones de laboratorio, observaciones de campo, valores adoptados para modelación y respuestas declaradas. La integración se realizó solo en la escala espacial permitida por los datos.

3.6.1. Procesamiento de la información para el Objetivo Específico 1

Identificar los factores intrínsecos y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico.

Los registros de campo, GPS, fotografías, vuelos de dron y cartografía se depuraron y organizaron por punto crítico o muestra. Se revisaron pendiente, material, cobertura, drenaje y evidencias visibles como grietas, erosión o deformación. Así se describieron factores condicionantes y desencadenantes sin equiparar observaciones cualitativas con parámetros resistentes medidos. Los mapas derivados del MDE regional representan elevación, pendiente, índice topográfico de humedad y rugosidad. Se interpretaron como capas de caracterización física y se contrastaron con la evidencia de campo. En los nueve puntos, la pendiente mediana varió aproximadamente entre 10,1° y 46,5°. La resolución y escala de los productos se consideran al comparar sectores.

La comparación del índice de vulnerabilidad reducido entre hogares expuestos y no expuestos no mostró diferencias estadísticamente significativas: Kruskal–Wallis, p = 0,515; Mann–Whitney, p = 0,509. Esto no demuestra igualdad. La matriz territorial priorizó T4, T5, T6 y T8 por la coincidencia de susceptibilidad alta y vulnerabilidad agregada alta a escala del tramo. La interpretación geotécnica está condicionada por la falta de ensayos de resistencia al corte, trazabilidad incompleta entre algunas muestras y taludes, y resolución regional de la lluvia. Los parámetros c y φ son referenciales; la lluvia no distingue microclimas locales. Los

factores de seguridad son resultados de escenarios modelados, no mediciones directas de estabilidad.

Los ensayos disponibles caracterizan propiedades índice, principalmente granulometría, límites de Atterberg y humedad. No se determinaron cohesión ni ángulo de fricción en laboratorio. Por ello, los valores resistentes utilizados en GEO5 son referenciales y no se presentan como resultados experimentales asociados a una ubicación georreferenciada. La ponderación multicriterio se realizó mediante suma lineal ponderada, con pesos justificados por literatura y condiciones observadas. No se fabricaron registros de una matriz de expertos ni de un taller no documentado. La modelación se efectuó mediante talud infinito para nueve puntos, espesores de 1,5 y 3 m, y escenarios seco y saturado. Los factores de seguridad se comparan bajo los mismos supuestos; la condición saturada reduce el FS en todos los puntos. La lectura depende de parámetros referenciales y requiere ensayos de resistencia y levantamientos geotécnicos para decisiones de diseño.

3.6.2. Procesamiento de la información para el Objetivo Específico 2

Caracterizar la vulnerabilidad socioeconómica de las familias asentadas en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico.

La caracterización socioeconómica se basa en el cuestionario estructurado aplicado a 70 hogares y en las bases SPSS disponibles. No se incorporan entrevistas semiestructuradas porque no se conservaron transcripciones, formularios ni notas de campo que acrediten su aplicación. Se calcularon frecuencias y entropía normalizada para preguntas de selección única, y se construyó un índice formativo con nueve indicadores por hogar. La entropía describe diversidad de respuestas; el índice resume condiciones según una regla de puntuación. Cumplen funciones diferentes y se interpretan por separado.

3.6.2.1. Modelo de contraste de asociación y criterio de decisión

El índice de vulnerabilidad es formativo: combina dimensiones conceptualmente distintas que no tienen que covariar. Su validez depende de la selección de dimensiones, transparencia de la puntuación y cobertura de la información, no de alta consistencia interna. El alfa global de 0,310 se presenta como diagnóstico descriptivo, no como criterio de validez.

La hipótesis se contrastó comparando el índice reducido, sin el indicador de exposición, entre hogares clasificados por exposición declarada. Se fijó $\alpha = 0,05$ para una prueba bilateral. Se reportaron Kruskal–Wallis para tres categorías, Mann–Whitney para la

comparación colapsada y delta de Cliff como tamaño del efecto. La prueba evalúa diferencias de distribución, no causalidad.

$$\chi^2 = \sum_r \sum c \, (Orc - Erc)^2 / Erc \quad ; \quad Erc = n(r) \cdot n(c) / n$$

Las pruebas se interpretaron junto con tamaños de grupo, valores p y magnitud del efecto. Cuando no se rechaza la hipótesis nula, se concluye que los datos no aportan evidencia suficiente de diferencia bajo este diseño; no se afirma equivalencia. La potencia limitada y la integración de bases por orden de registro restringen la inferencia.

$$V = \sqrt{[\chi^2 / (n \cdot mín(r-1, c-1))]}$$

No se interpretaron pruebas paramétricas de versiones anteriores, porque la exposición es ordinal y el tamaño de muestra es limitado. El contraste final utiliza las pruebas no paramétricas descritas y reportadas en el capítulo IV. El análisis produce una caracterización de las condiciones físicas de nueve puntos, una descripción de las respuestas de los hogares y una priorización territorial. No se identifican hogares vulnerables mediante georreferenciación, porque no existe correspondencia espacial hogar–punto crítico; tampoco se generalizan resultados a toda la parroquia.

3.6.3. Procesamiento de la información para el Objetivo Específico 3

La priorización del 3 objetivo integra puntuaciones de susceptibilidad, vulnerabilidad agregada del tramo y criterios de exposición y factibilidad. Los parámetros resistentes son referenciales y la clasificación apoya la gestión territorial, sujeta a revisión de campo y diseño geotécnico. La integración multicriterio se efectuó con suma lineal ponderada y análisis de sensibilidad. Los pesos son explícitos y referenciales; la matriz no se presenta como consenso de expertos, pues no existe un acta de validación participativa en el expediente.

Se combinaron las categorías de susceptibilidad física y vulnerabilidad socioeconómica a escala del tramo para ordenar prioridades. La matriz no asocia cada hogar con un punto crítico. Los criterios incluyen estabilidad modelada, pendiente, drenaje, humedad, evidencias observadas, impacto potencial en conectividad y factibilidad. La revisión documental de normativa e investigaciones se contrastó con los datos de campo para formular medidas compatibles con el contexto. Las estrategias son orientaciones de gestión; su ejecución requiere verificar competencias, presupuesto, permisos y diseños técnicos aplicables.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

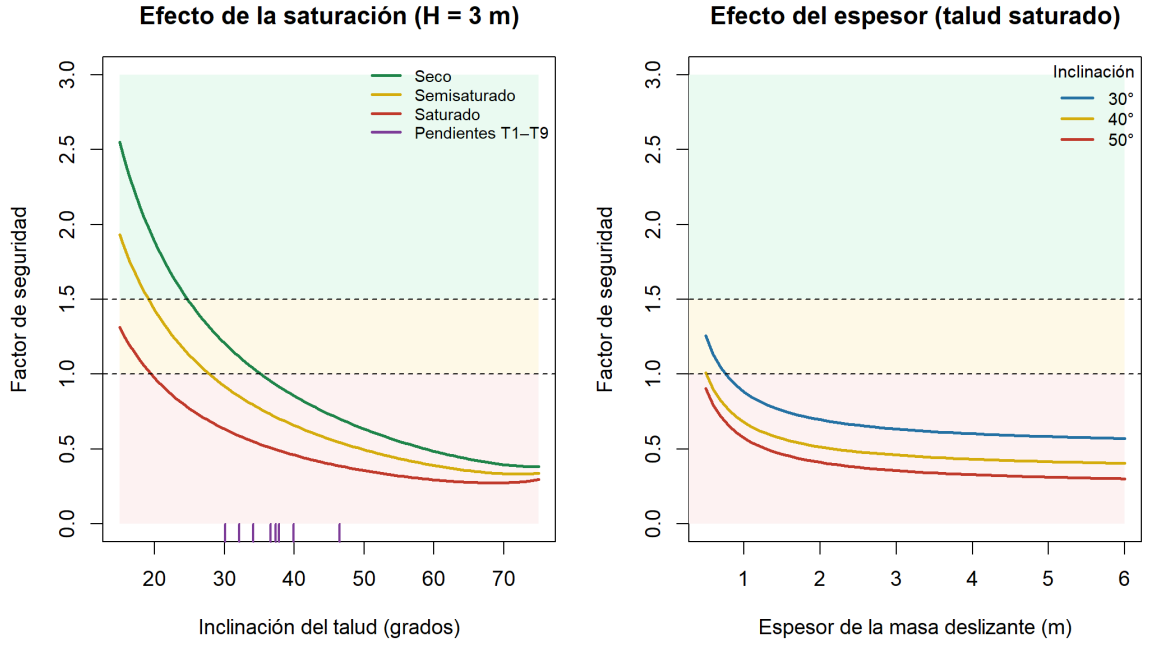
Resultado del Objetivo 1: Identificar los factores intrínsecos y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo vial entre las comunidades Moraspamba y Tablas Chico.

4.1. Identificación de los factores intrínsecos y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo vial entre las comunidades Moraspamba y Tablas Chico

Para identificar los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa en el tramo Moraspamba - Tablas Chico, se integraron los productos fotogramétricos, el análisis espacial, los resultados de laboratorio y las modelaciones de estabilidad disponibles. Cada fuente se interpreta según su alcance: la cartografía describe la superficie del terreno, los ensayos caracterizan las muestras y GEO5 evalúa las condiciones introducidas en cada modelo.

Se analizo un talud infinito aplicado a nueve puntos críticos, con espesores de 1,5 y 3 m y condiciones seca y saturada. Los valores c y φ son referenciales tomados de literatura, porque no existen ensayos de corte directo o triaxiales. El modelo muestra una reducción del factor de seguridad al saturarse el suelo. El retroanálisis estima la cohesión aparente que sería necesaria para alcanzar FS = 1,5; ese valor no es una propiedad medida y permite discutir la contribución posible de raíces, succión o estructura del suelo.

Figura 2. *Efecto de la saturación y del espesor sobre el factor de seguridad del talud infinito*



Trazabilidad y origen de los resultados

Para evitar confusiones entre datos medidos y valores adoptados, en este objetivo se distingue expresamente el origen de la información: los porcentajes granulométricos, límites de Atterberg e índices de humedad proceden de ensayos de laboratorio; la pendiente, orientación y localización proceden del procesamiento geoespacial y de las ortofotos; las observaciones cualitativas proceden de la guía de campo; y los valores de peso unitario, cohesión (c) y ángulo de fricción interna (φ) empleados en GEO5 son parámetros referenciales de modelación sustentados en bibliografía técnica, no resultados de ensayos de resistencia realizados sobre estas muestras. Los factores de seguridad corresponden a salidas del software para las condiciones introducidas en cada modelo.

4.1.1. Control de calidad de los productos fotogramétricos

Los productos de Agisoft constituyeron la base geométrica para derivar DEM, ortomosaicos y perfiles topográficos de los taludes. En el sector denominado puntos_moraspamba se procesaron 18 imágenes, con resolución en terreno de 3.65 cm/píxel, área cubierta de 0.0132 km² y error de reproyección de 1.15 píxeles. En el segundo procesamiento se emplearon 35 imágenes, con resolución en terreno de 3.72 cm/píxel, área cubierta de 0.0923 km² y error de reproyección de 1.04 píxeles. Estos valores son adecuados para el análisis de detalle de laderas y cortes viales a escala local.

Tabla 4 *Resumen de los reportes fotogramétricos utilizados*

Producto	Imágenes	GSD		Área efectiva cubierta (km²)	Puntos de paso	Error de reproyección	Producto generado relevante
Moraspamba	18	3.65 cm/pix	74.6 m	0,057	13,601	1.15 pix	Modelo local, nube de puntos y MDE sectorizado.
Sector occidental / Punto 2	35	3.72 cm/pix	94.9 m	0,050	34,403	1.04 pix	MDE de 7.43 cm/pix, ortomosaico y nube densa.
Tablas Chico	25	3.25 cm/pix	84.0 m	0,072	24,782	1.13 pix	MDE 1.09-1.25 km; resolución 6.5 cm/pix y 236 puntos/m2.

Nota. Elaboración propia con base en los reportes de procesamiento exportados desde Agisoft Metashape Professional.

El segundo procesamiento presentó una nube de puntos más densa, que contenía 13,504,932 puntos y con un MDE de 5,127 por 4,206 píxeles. Por su parte, el procesamiento puntos_moraspamba produjo 5,508,045 puntos. La clasificación del uso de la tierra mostró dominancia de vegetación alta. Es necesario revisar el ortomosaico y los mapas derivados para que se pueda observar la cobertura vegetal, vías de comunicación, pendientes expuestas y áreas de la tierra donde es probable que se acumule agua.

La tercera modelación de Tablas Chico refirió la lectura en la sección con casas, ya que el ortomosaico permitió identificar la vía, los edificios, la vegetación alta y los sectores de pendientes inmediatamente adyacentes al corredor de la carretera. El Modelado Digital de Elevaciones (DEM) de esta modelación tiene un rango aproximado de altitudes de 1.09 km a

1.25 km, una resolución de 6.5 cm/píxel y una densidad de puntos de 236 puntos/m^2, lo que consolida la interpretación de pendientes, drenaje y la orientación de los cerros en esta zona.

4.1.2. Ubicación de las muestras en los tres sectores fotogramétricos

Las ortofotos corresponden a tres sectores: Moraspamba, sector occidental y Tablas Chico. Sus etiquetas identifican muestras P1M1–P1M2, P2M1–P2M2 y P5M1–P5M3, respectivamente. Estos códigos no deben confundirse con los identificadores T de las capturas de GEO5. Las imágenes no establecen una equivalencia entre cada muestra y cada caso de cálculo.

Tabla 5 *Puntos de muestreo rotulados en las ortofotos*

Muestras	X (m)	Y (m)	Marcador	Sector	Alcance
P1M1 y P1M2	712747	9823240	Compartido	Moraspamba	Ubicación rotulada de muestreo
P2M1	710842	9824916	Individual	Sector occidental	Ubicación rotulada de muestreo
P2M2	710821	9824887	Individual	Sector occidental	Ubicación rotulada de muestreo
P5M1	706160	9826645	Individual	Tablas Chico	Ubicación rotulada de muestreo
P5M2	706132	9826649	Individual	Tablas Chico	Ubicación rotulada de muestreo
P5M3	706028	9826629	Individual	Tablas Chico	Ubicación rotulada de muestreo

Nota. Elaboración propia a partir de la capa de puntos críticos, productos Agisoft y verificación visual en ArcGIS.

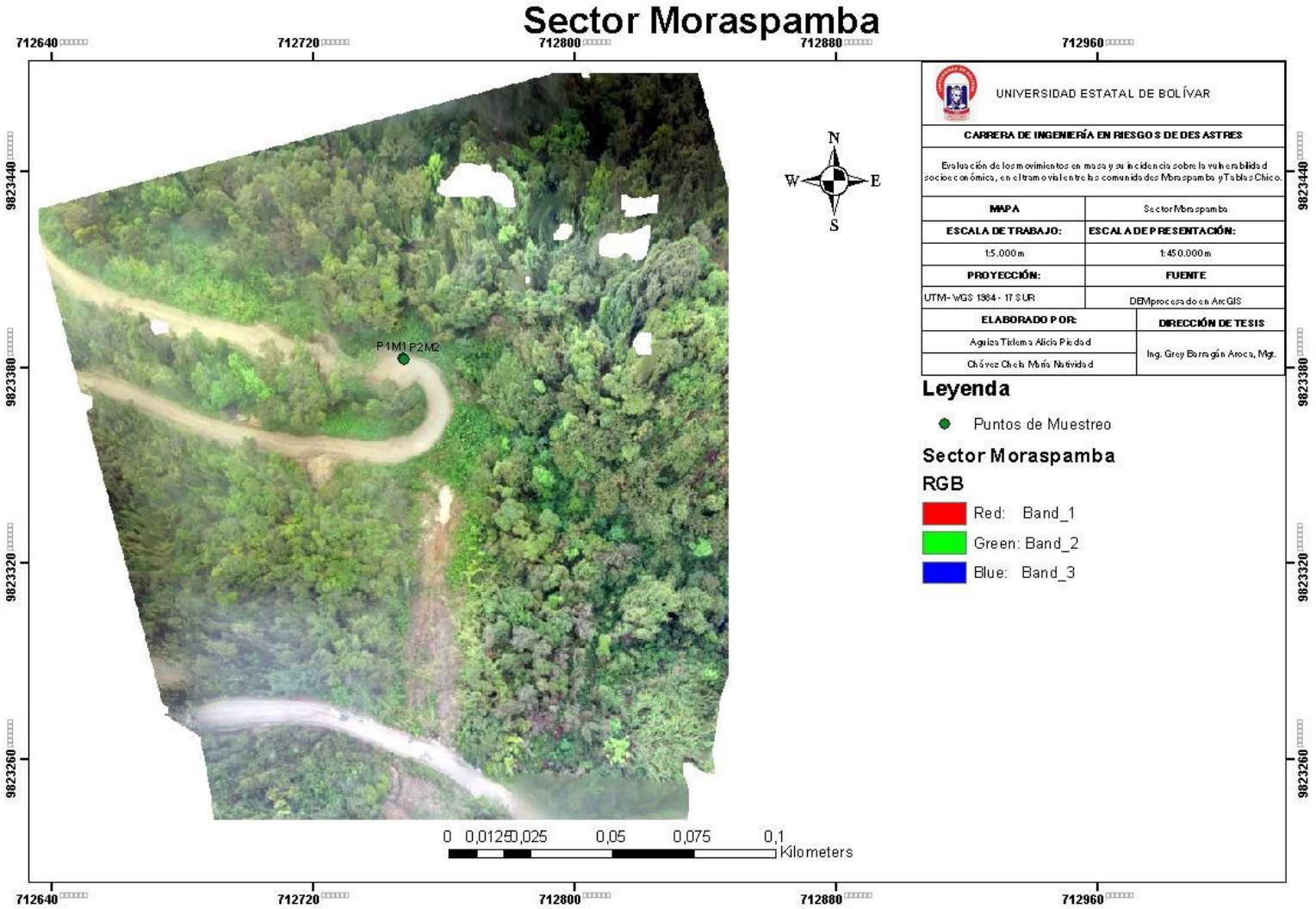
Figura 3 *Mapa general de los puntos de muestreo con coordenadas documentadas*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

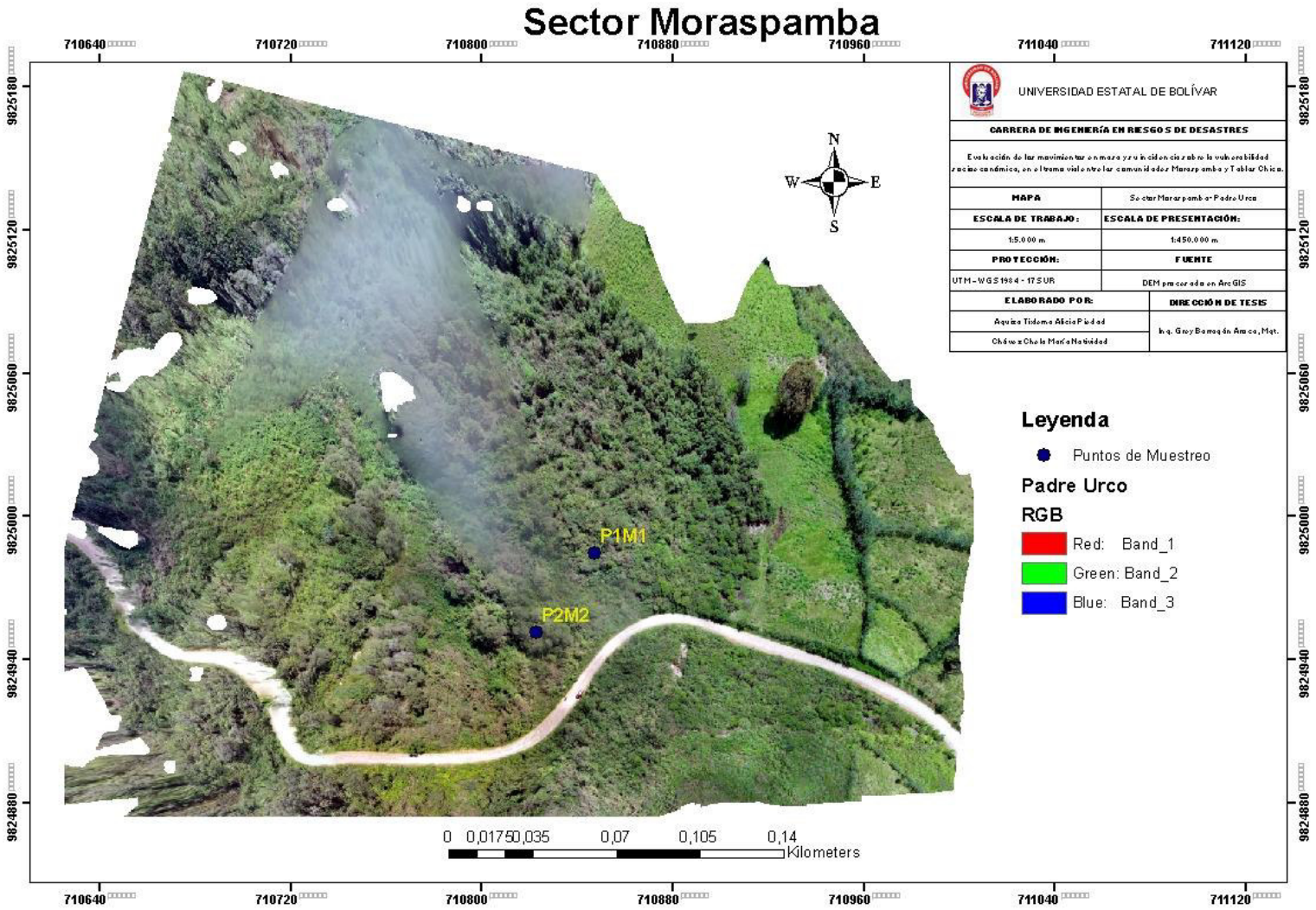
La descripción de los materiales debe distinguir las observaciones de campo de las clasificaciones obtenidas en laboratorio. La presencia de vegetación, material expuesto o fragmentos de roca no permite, por sí sola, establecer un origen coluvial ni clasificar el suelo como arcilla limosa. Estas denominaciones requieren un registro geológico o geotécnico específico.

Figura 4 *Ortofoto del Moraspamba con muestras P2M1 y P2M2*



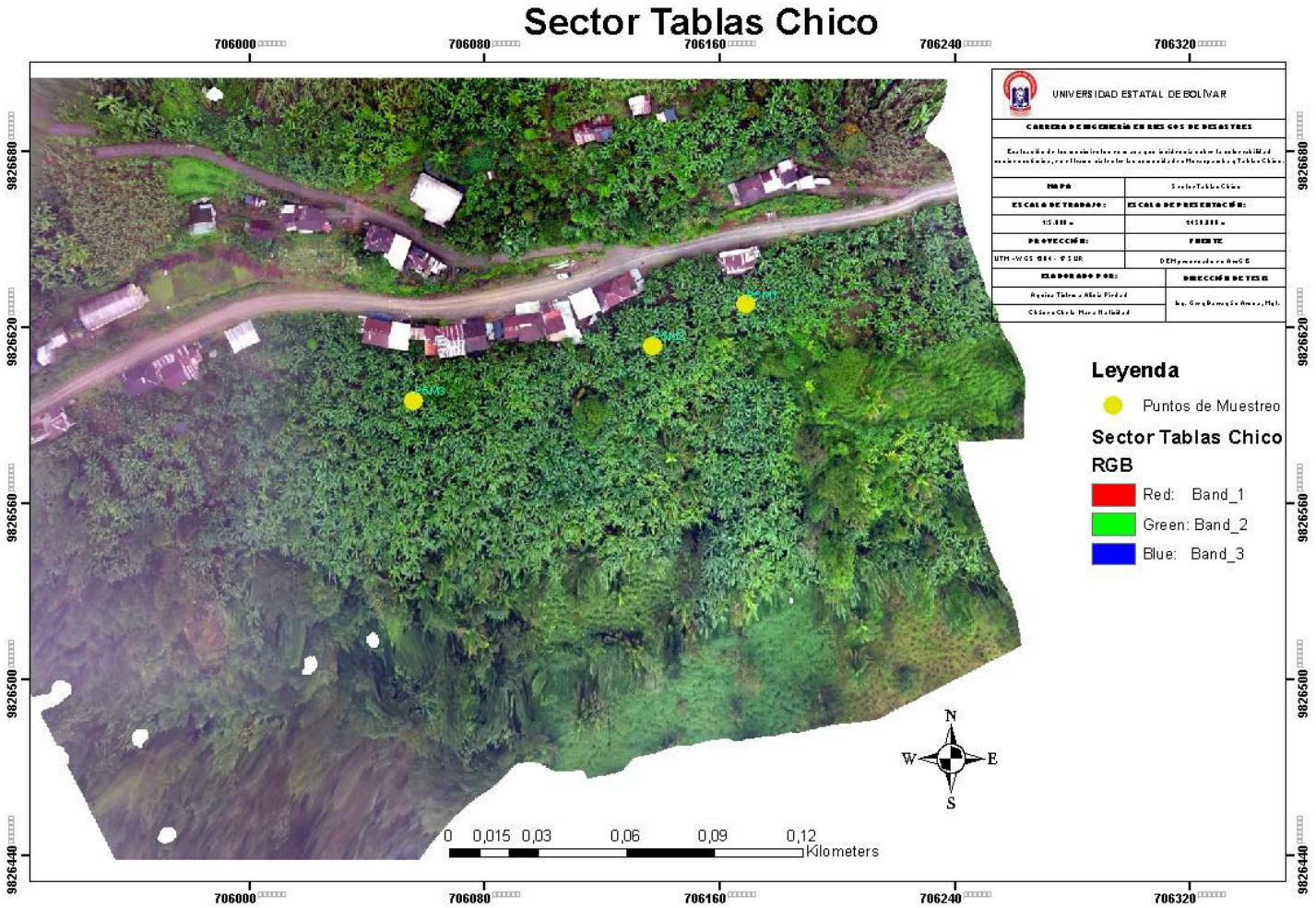
Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Figura 5 *Ortofoto de Moraspamba-Padre Urco con muestras P2M1 y P2M2*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Figura 6 *Ortofoto de Tablas Chico con muestras P5M1, P5M2 y P5M3*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

4.1.3. Análisis de la guía de observación de campo

La ficha de observación permitió contrastar en campo las condiciones físicas y territoriales registradas en los productos cartográficos y en el modelamiento. La síntesis de los hallazgos se presenta en la Tabla 6 y se desarrolla en los párrafos siguientes:

Tabla 6 *Guía de observación de campo: opciones de registro, resultado seleccionado e interpretación*

Criterio observado	Opciones de registro	Resultado registrado	Interpretación / justificación
Pendiente y configuración de la ladera	Alta / Media / Baja	**Alta**	La pendiente alta fue la condición seleccionada en la guía y se vincula con los cortes y laderas críticas del tramo.
Tipo de material del talud	Granular / Fino / Meteorizado / Roca expuesta / Mixto	**Mixto**	La identificación definitiva se contrasta con laboratorio; las unidades empleadas en GEO5 son representativas.
Evidencias visibles de inestabilidad	Presente / Ausente	**Presente**	Se registraron signos visibles de inestabilidad; esta variable es binaria, por lo que corresponde mantener presente/ausente.
Condiciones de humedad y drenaje	Adecuado / Deficiente	**Deficiente**	El drenaje deficiente favorece acumulación y concentración de agua; se contrasta con humedad de laboratorio y análisis geoespacial.
Cobertura vegetal	Adecuada / Insuficiente	**Insuficiente**	La cobertura fue registrada como insuficiente en la guía aportada; puede favorecer erosión y menor protección superficial.
Intervención antrópica	Presente / Ausente	**Presente**	Se considera la modificación del talud y del entorno vial como factor condicionante adicional.
Afectación a la vía	Leve / Moderada / Severa	**Moderada**	La afectación registrada es moderada; su interpretación debe contrastarse con evidencia fotográfica y continuidad de la movilidad.

Registro georreferenciado	Completo / Incompleto	**Completo**	Se dispone de coordenadas UTM para los puntos de muestreo consignados en la Tabla 4.
Localización de la vivienda	Alta / Media / Baja	**Media**	La categoría seleccionada en la guía es media. La exposición aumenta donde las viviendas se aproximan a laderas y vía.
Condiciones físicas de la vivienda	Bueno / Regular / Deficiente	**Regular**	La condición observada fue regular; este criterio se usa para describir exposición y no para modificar por sí solo la estabilidad del talud.
Accesibilidad y conectividad	Adecuada / Limitada	**Limitada**	La vía es el principal elemento de conectividad y puede sufrir interrupciones por movimientos en masa.
Disponibilidad de servicios básicos	Adecuada / Limitada	**Limitada**	La disponibilidad fue registrada como limitada en la guía; se conserva como condición territorial complementaria.
Medios de vida observables	Diversos / Limitados	**Limitados**	Se registraron como limitados; este criterio complementa la lectura territorial y no sustituye la caracterización socioeconómica del Objetivo 2.
Infraestructura comunitaria cercana	Cercana / Lejana	**Lejana**	La opción seleccionada en la guía aportada fue lejana.
Señales de preparación o respuesta	Presente / Ausente	**Ausente**	La ausencia de señales observables de preparación se registra como condición de campo, sin sustituir la medición social posterior.
Evidencia de afectación previa	Presente / Ausente	**Presente**	Se registró evidencia de afectación previa; esta información apoya la identificación de puntos que requieren seguimiento.

Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

La observación directa y el registro sistemático de las condiciones físicas y territoriales del tramo constituyeron elementos fundamentales de la metodología. Este procedimiento permitió reconocer factores relacionados con la pendiente, litología, configuración de la ladera, tipo y grado de meteorización de los materiales, humedad, drenaje, cobertura vegetal e intervención antrópica, además de evidencias visibles de inestabilidad y afectación a la vía. Por tanto, la identificación de los factores intrínsecos y desencadenantes no se sustentó únicamente

en los mapas temáticos y el modelamiento realizado en GEO5, sino también en criterios de campo susceptibles de verificación y contraste.

Los resultados de la guía muestran que la pendiente alta constituye uno de los principales factores condicionantes, debido a que incrementa la acción de la gravedad sobre los materiales que conforman el talud. Esta condición adquiere mayor importancia en sectores donde existen cortes viales, laderas pronunciadas y superficies con escasa protección vegetal. Asimismo, la configuración irregular de la ladera puede facilitar la concentración de esfuerzos y favorecer la ocurrencia de desprendimientos, deslizamientos superficiales o procesos erosivos.

La litología y las características del material expuesto también influyen en el comportamiento del terreno. Durante la observación se identificó una composición mixta, integrada por materiales granulares, finos, meteorizados y sectores con roca expuesta. La respuesta de estos materiales puede variar según su granulometría, cohesión, grado de alteración y contenido de humedad. Por esta razón, la caracterización visual debe contrastarse con los resultados de laboratorio y con los parámetros empleados en el modelamiento mediante GEO5.

Las condiciones deficientes de humedad y drenaje representan factores desencadenantes relevantes. La acumulación de agua y la concentración de escorrentía superficial pueden incrementar la saturación de los materiales, reducir su resistencia al corte y generar erosión en la superficie del talud. Este comportamiento resulta especialmente importante en las áreas donde se observaron drenajes insuficientes, materiales finos y señales previas de inestabilidad.

La cobertura vegetal insuficiente o variable reduce la protección superficial del suelo frente al impacto de la lluvia y el escurrimiento. Aunque las raíces pueden contribuir a la cohesión superficial, la vegetación no garantiza por sí sola la estabilidad cuando existen pendientes muy pronunciadas, materiales alterados o una elevada concentración de humedad. En consecuencia, este factor debe analizarse conjuntamente con la pendiente, la litología y las condiciones de drenaje.

La intervención antrópica, principalmente asociada a los cortes realizados para la conformación de la vía y a las modificaciones del talud, constituye otro factor condicionante. Estas acciones pueden alterar la geometría natural de la ladera, eliminar soporte en su parte inferior y modificar las rutas naturales de escorrentía. La afectación moderada registrada en la vía confirma la necesidad de evaluar la evolución de los sectores críticos y su posible influencia sobre la movilidad local.

En los puntos correspondientes al sector Moraspamba se observaron pendientes fuertes, cobertura vegetal variable y materiales susceptibles de perder resistencia ante el aumento de humedad. En Tablas Chico, además de las condiciones físicas del terreno, adquiere especial importancia la cercanía de viviendas y la posible interrupción de la conectividad vial. En ambos sectores, la combinación de pendiente, litología, humedad, drenaje deficiente, cobertura vegetal e intervención antrópica permite reconocer escenarios con distintos niveles de susceptibilidad.

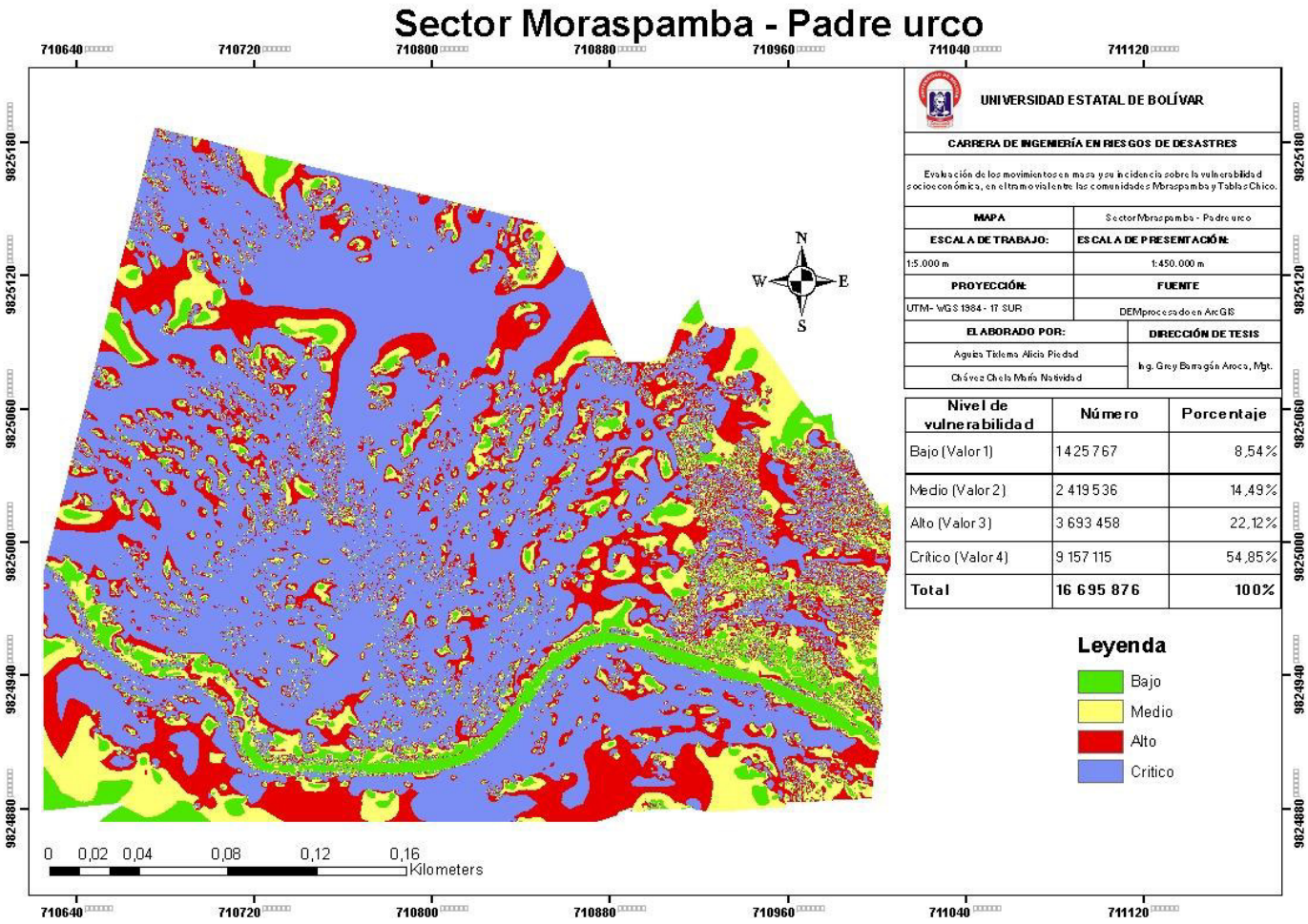
En conjunto, la observación de campo muestra que la inestabilidad potencial responde a la interacción de varios factores. Entre los condicionantes observados destacan la pendiente, la configuración geomorfológica de las laderas, la variabilidad de los materiales y la cobertura vegetal; entre los factores que pueden desencadenar o agravar el proceso se encuentran la saturación, la concentración de escorrentía, el drenaje deficiente y las modificaciones asociadas a la vía. Esta interpretación se limita a las evidencias documentadas: no se atribuye deforestación como causa comprobada ni se confunden los parámetros referenciales del modelo con mediciones de resistencia. La lectura conjunta de campo, laboratorio y modelación permite priorizar sitios para verificación técnica.

4.1.4. Factores intrínsecos del terreno

La pendiente y la configuración del relieve son factores condicionantes de los movimientos en masa. Los mapas derivados del modelo de elevaciones permiten examinar su distribución espacial; para asignar una categoría a un talud se requiere identificar su ubicación y el intervalo angular utilizado. Una pendiente elevada incrementa la componente del peso que favorece el desplazamiento ladera abajo.

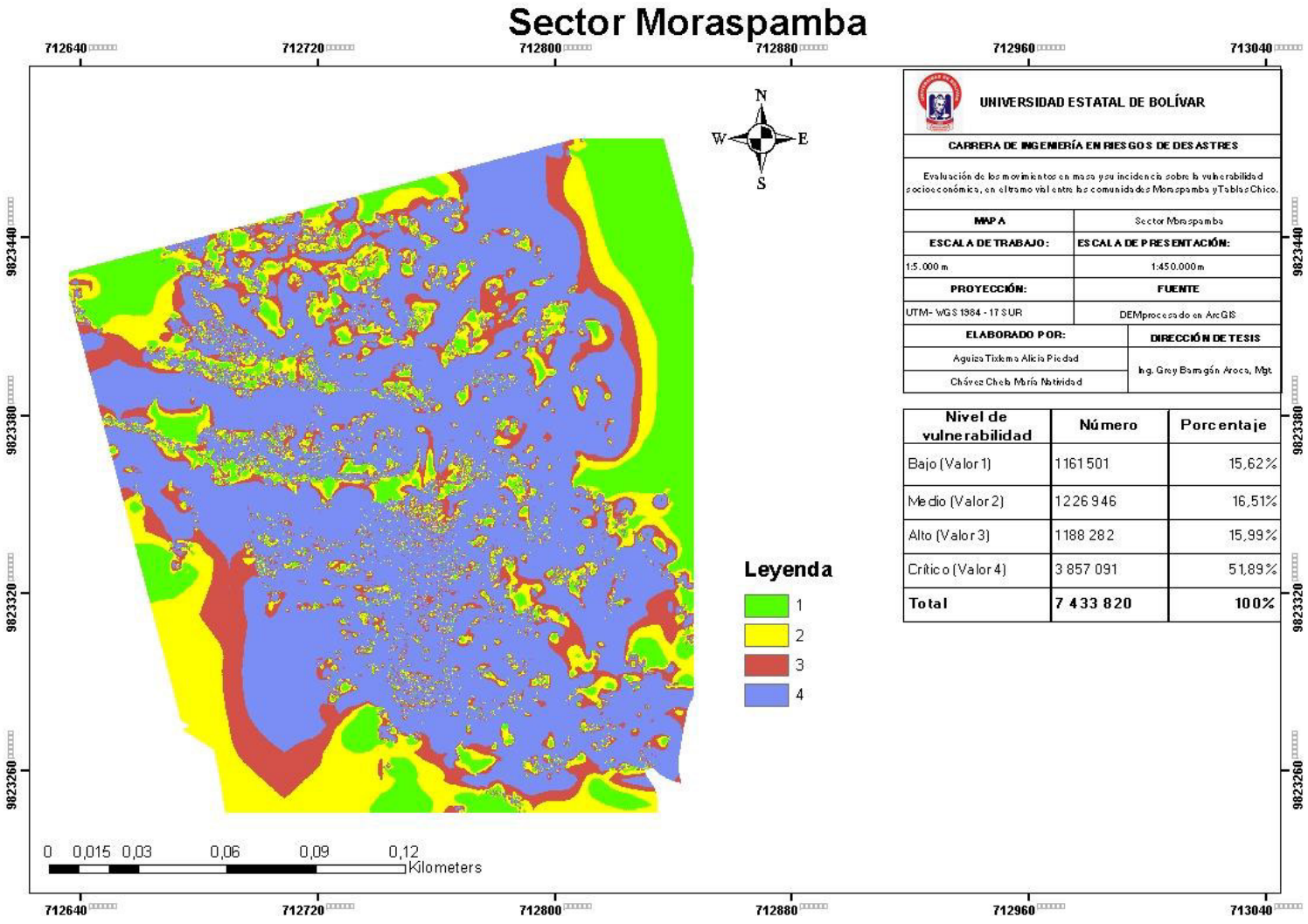
La pendiente elevada es particularmente evidente en el sector de Moraspamba. La configuración del terreno en esas secciones favorece la inestabilidad de la pendiente cerca del corredor vial. En combinación con materiales coluviales, materiales weathered y arcilla limosa, la pendiente es más inestable en ausencia de una cubierta vegetal suficiente para proteger la vía de la erosión y la saturación del suelo.

Figura 7 *Mapa de pendiente — Sector Moraspamba - Padre urco*



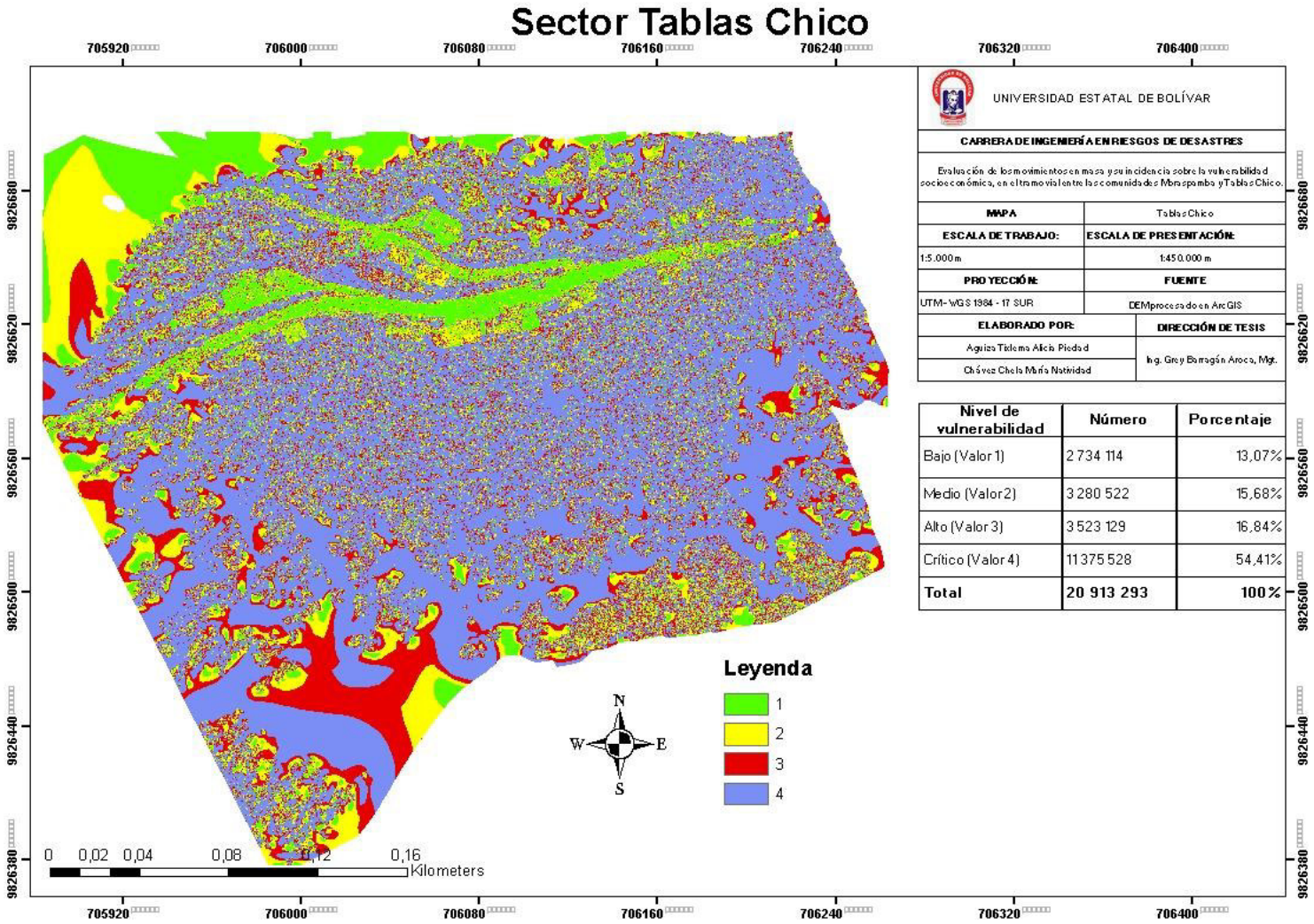
Nota. Elaboración de las autoras, 2026. Las clases representan niveles de pendiente desde baja hasta crítico.

Figura 8 *Mapas de pendiente — Sector Moraspamba*



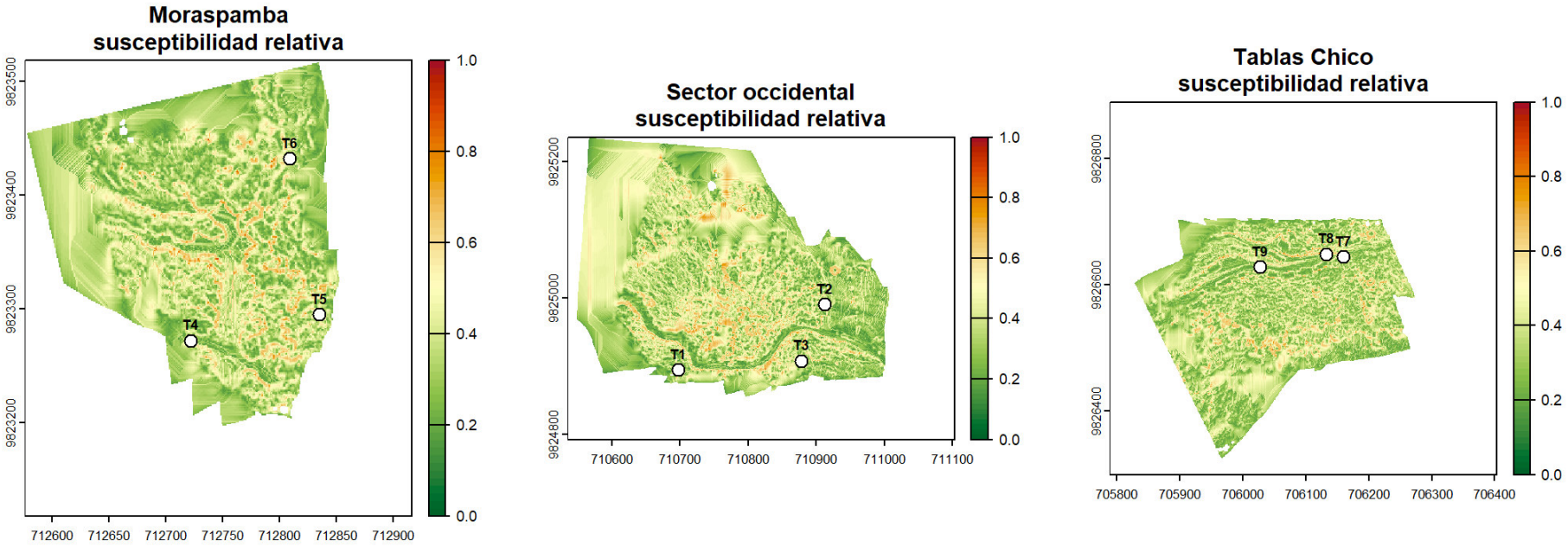
Nota. Elaboración de las autoras, 2026. Las clases representan niveles de pendiente desde baja hasta crítico.

Figura 9 *Mapas de pendiente — Tablas Chico*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026. Las clases representan niveles de pendiente desde baja hasta crítico.

Figura 10 *Susceptibilidad física clasificada por sectores. Fuente: MDE regional incluido en los datos de recálculo.*



Fuente: MDE regional incluido en los datos de recálculo.

Figura 11 *Mapas derivados del MDE para Tablas Chico. Fuente: MDE regional incluido en los datos de recálculo.*

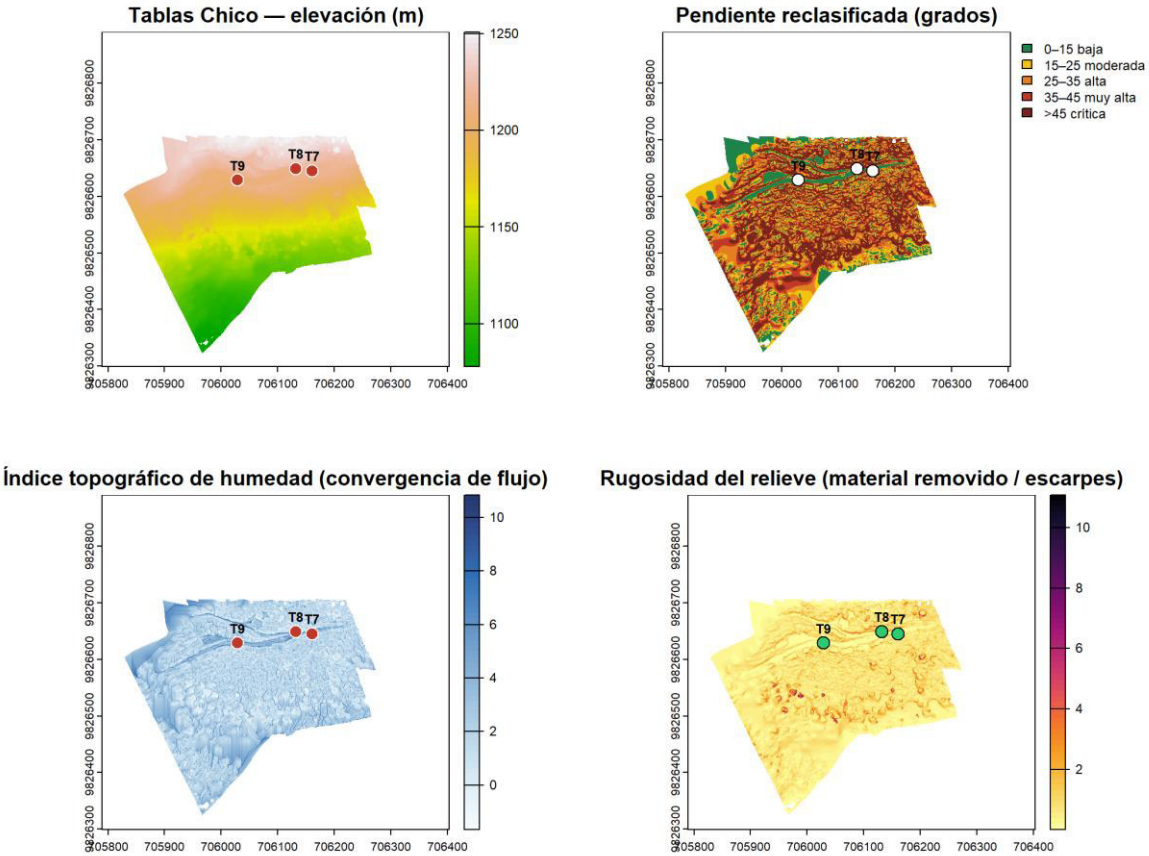
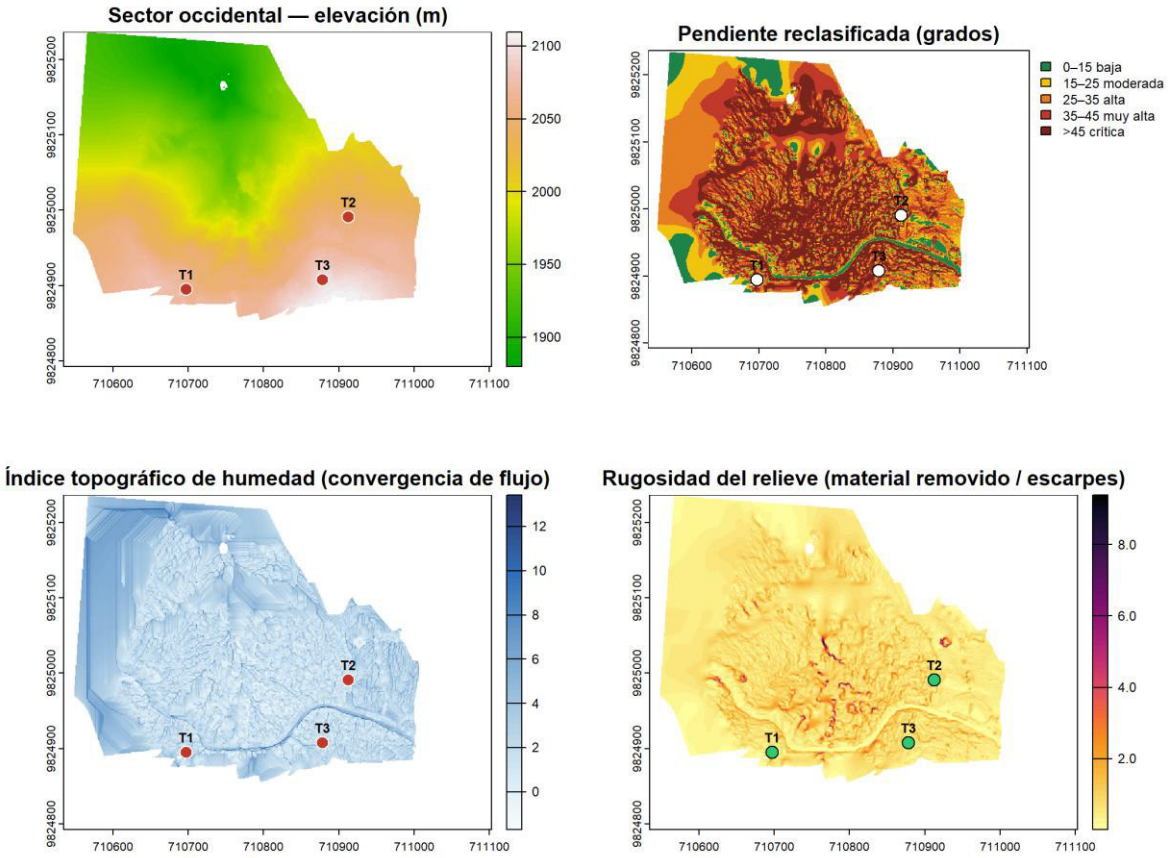
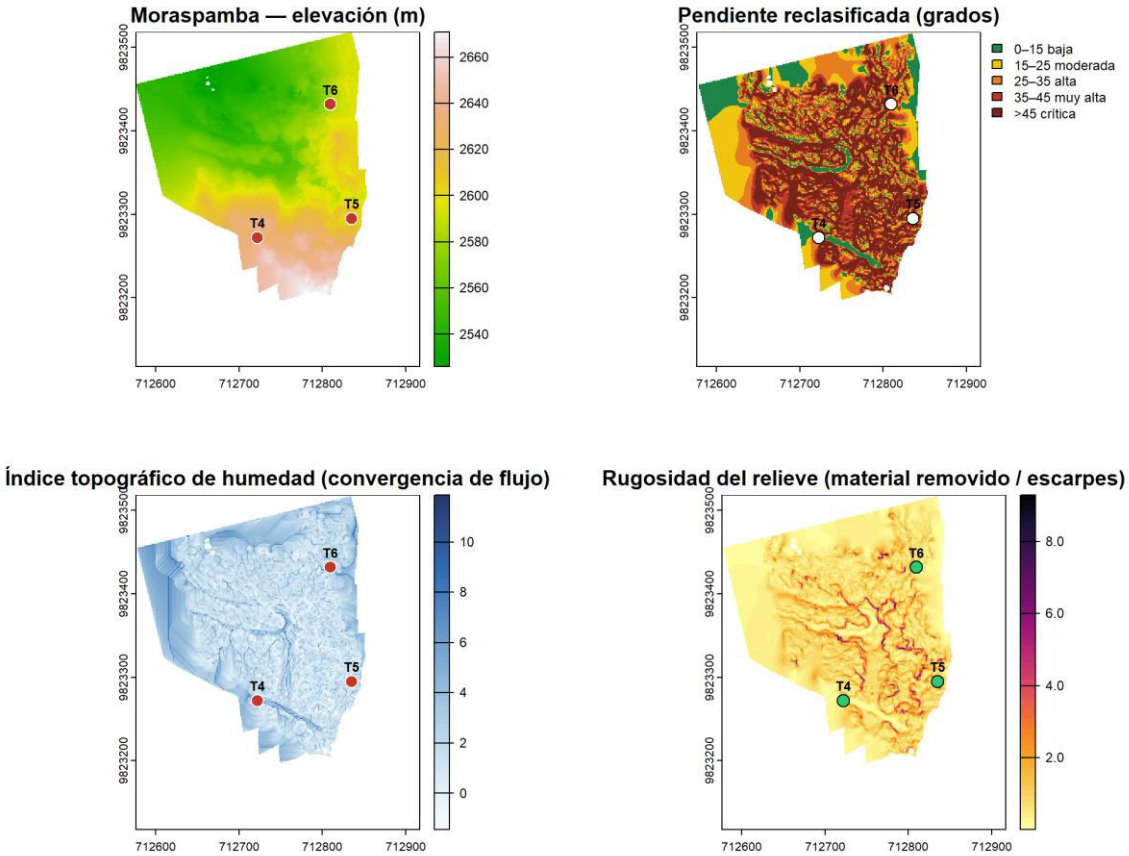


Figura 12 *Mapas derivados del MDE para el sector occidental.*



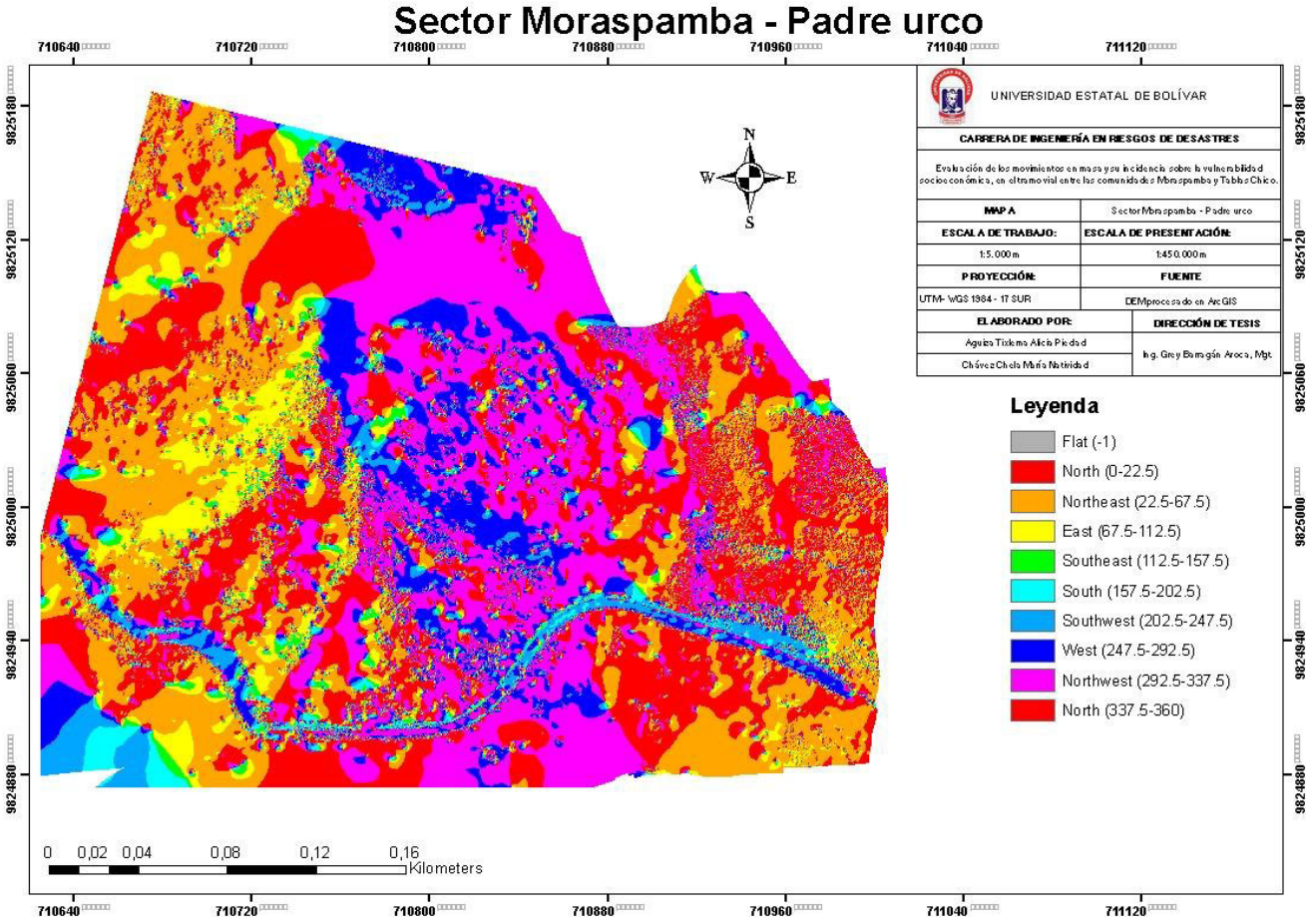
Fuente: MDE regional incluido en los datos de recálculo.

Figura 13 *Mapas derivados del MDE para Moraspamba*



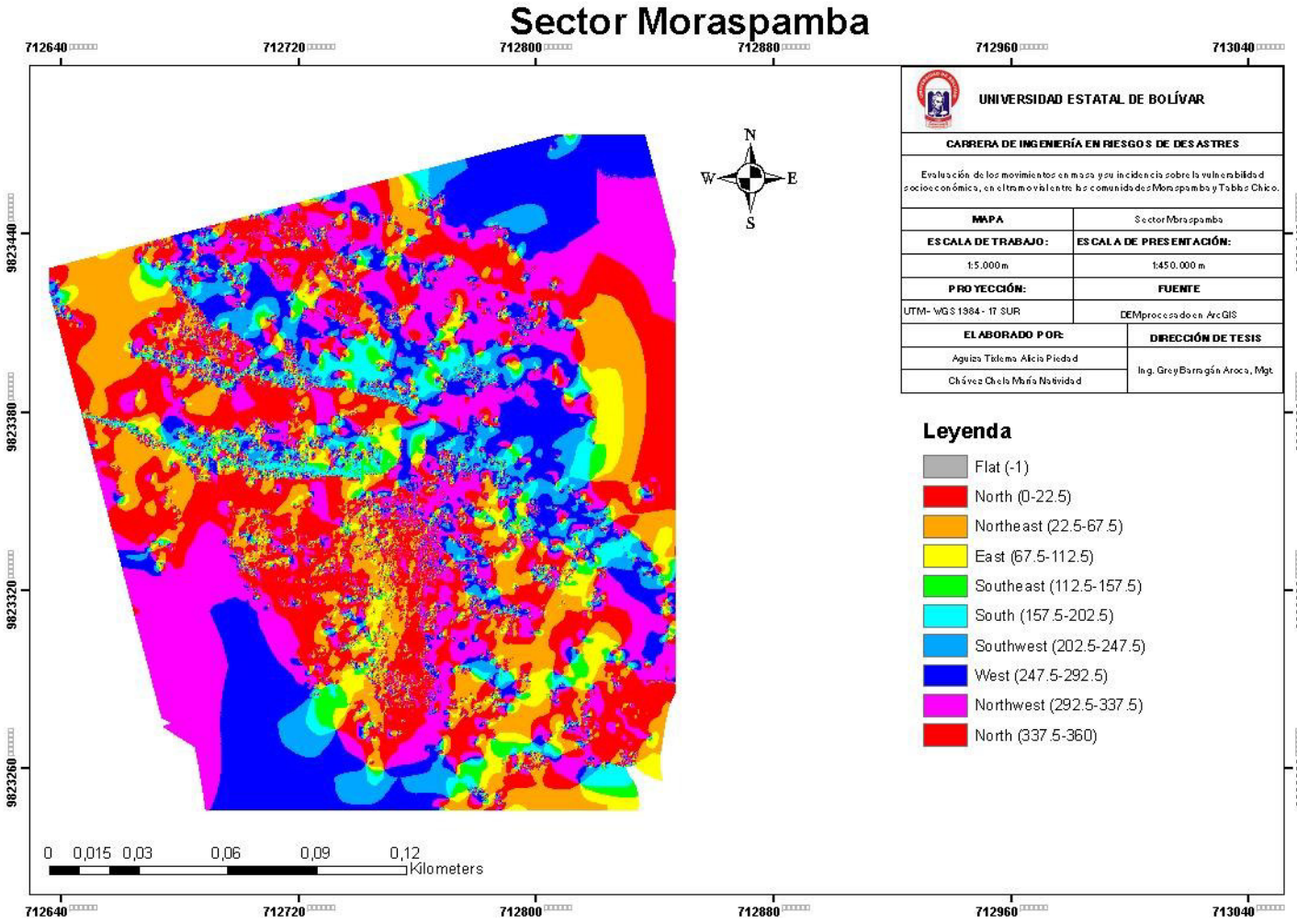
Fuente: MDE regional incluido en los datos de recálculo.

Figura 14 *Orientación de laderas — Sector Moraspamba - Padre urco*



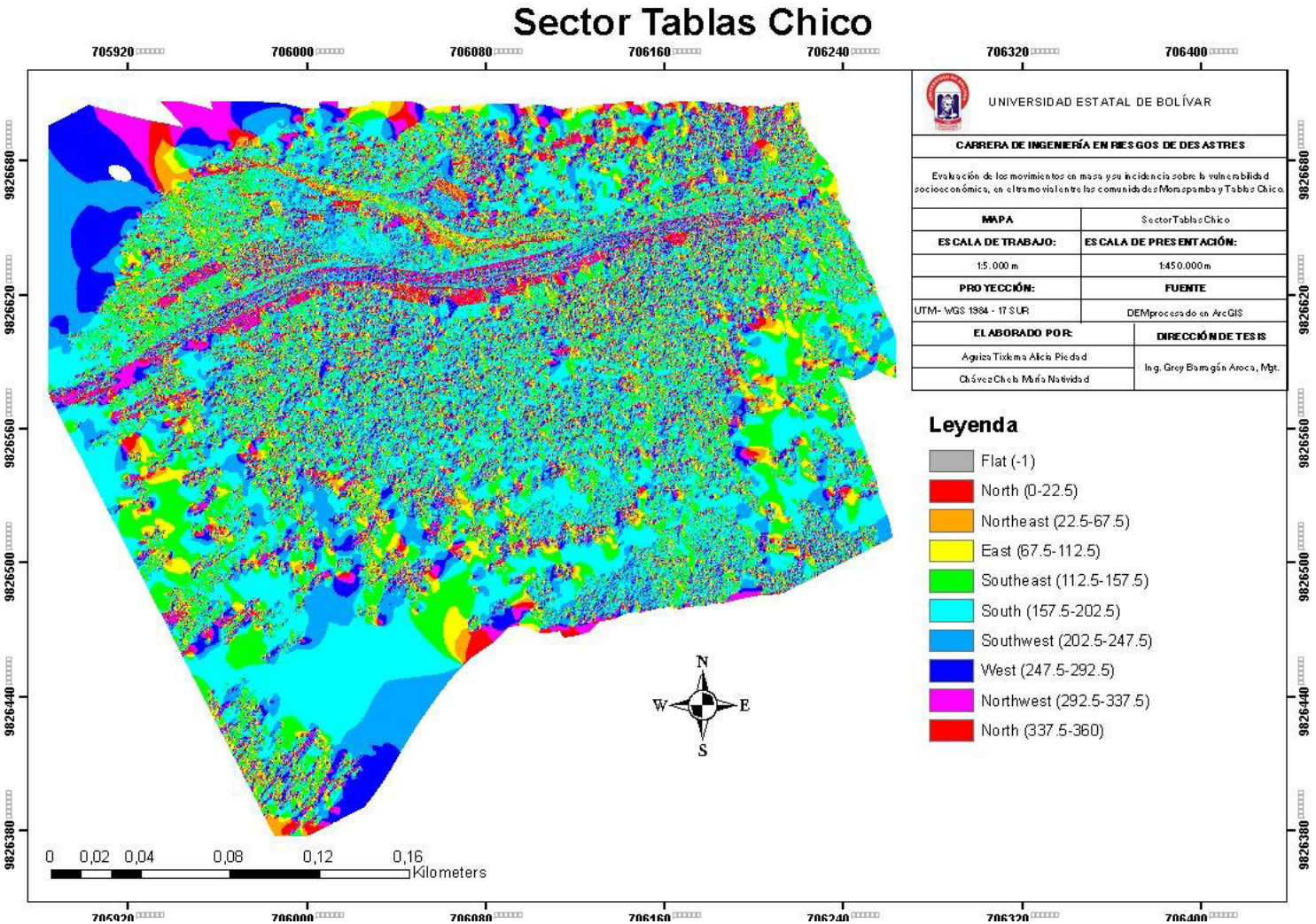
Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Figura 15 *Orientación de laderas — Moraspamba*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Figura 16 *Orientación de laderas — Tablas Chico*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

La orientación de laderas permitió la evaluación de la exposición espacial de las pendientes, así como de las posibles rutas preferidas de escorrentía. Aunque el aspecto por sí solo no puede definir la falla, ayuda a localizar las áreas de posible retención de humedad por períodos más largos o la concentración de escorrentía superficial hacia la base de la pendiente. Se observa en Tablas Chico una orientación heterogénea, propia de ladera intervenida por vía, viviendas y cobertura vegetal.

La orientación de laderas en Moraspamba y Tablas Chico es importante para interpretar la posible dirección de escorrentía superficial y la acumulación de humedad, así como el desarrollo que puede generarse en sectores de pendiente alta. Esta circunstancia se habrá de considerar especialmente en el P4M1, P5M1, P5M3, y P5M2, porque el agua puede ir reduciendo la estabilidad del material del talud.

4.1.5. Factores desencadenantes asociados al drenaje y saturación

La serie regional de NASA POWER y la verificación con Open-Meteo documentan humedad antecedente sostenida y acumulados de varios días, no un evento extremo aislado. En los 58 días previos al trabajo de campo se registraron 398,6 mm y un acumulado máximo de cinco días de 84,8 mm; la humedad media de la zona radicular fue 0,606. En el período de campo (153 días) se registraron 404,1 mm. El máximo diario de campo fue 18,9 mm, con período de retorno estimado de 1,3 años; por tanto, el escenario saturado se justifica por condiciones antecedentes y no por una lluvia excepcional. NASA POWER tiene una resolución espacial aproximada de 0,5° (cerca de 55 km), por lo que los sectores comparten celda y la serie no capta diferencias locales.

Tabla 7 *Factores desencadenantes asociados al drenaje y saturación*

Años	**media_max_anual**	**sd_max_anual**	**T2**	**T5**	**T10**	**T25**	**T50**	**max_en_campo**	**periodo_retorno_campo**
11	48.6	39.6	42.1	77.1	100.3	129.6	151.3	18.9	1.3

Ventana	**dias**	**total_mm**	**media_diaria**	**dias_con_lluvia**	**max_24h**	**fecha_max**	**max_acum_3d**	**max_acum_5d**	**hum_raiz_media**	**hum_raiz_min**	**hum_raiz_max**	**percentil_max_dias_humedos**
Antecedente	58	398.6	6.87	58	27.8	2026-02-28	52.2	84.8	0.606	0.5	0.75	98.94

(60 días previos)												
Período de campo (mar–jul 2026)	153	404.1	2.64	146	18.9	2026-03-11	39.8	51.2	0.683	0.54	0.82	96.98

Figura 17 *Precipitación diaria y humedad del suelo en zona radicular. Fuente: NASA POWER y Open-Meteo*

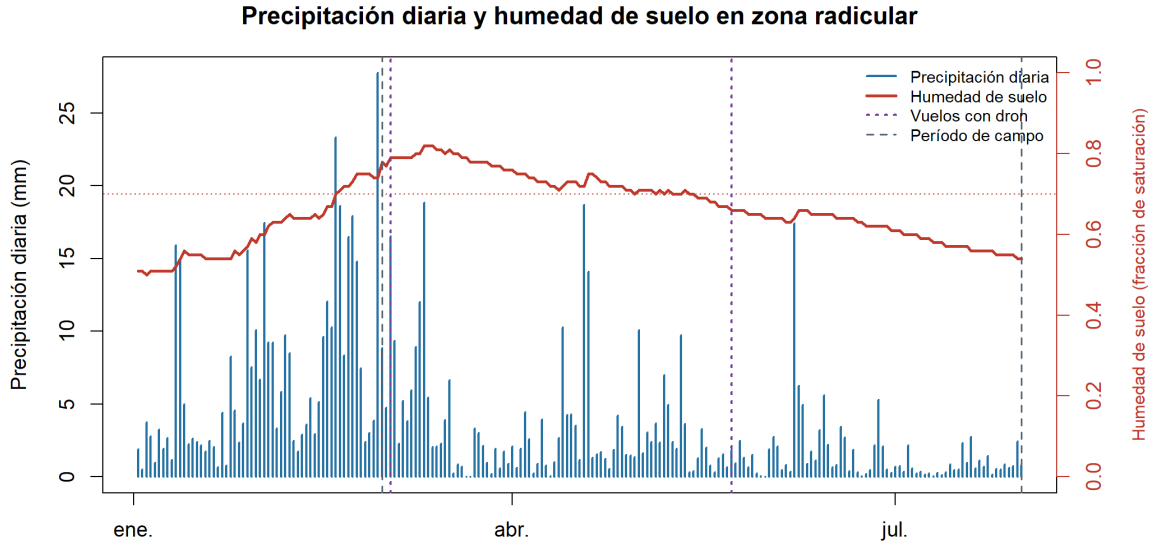
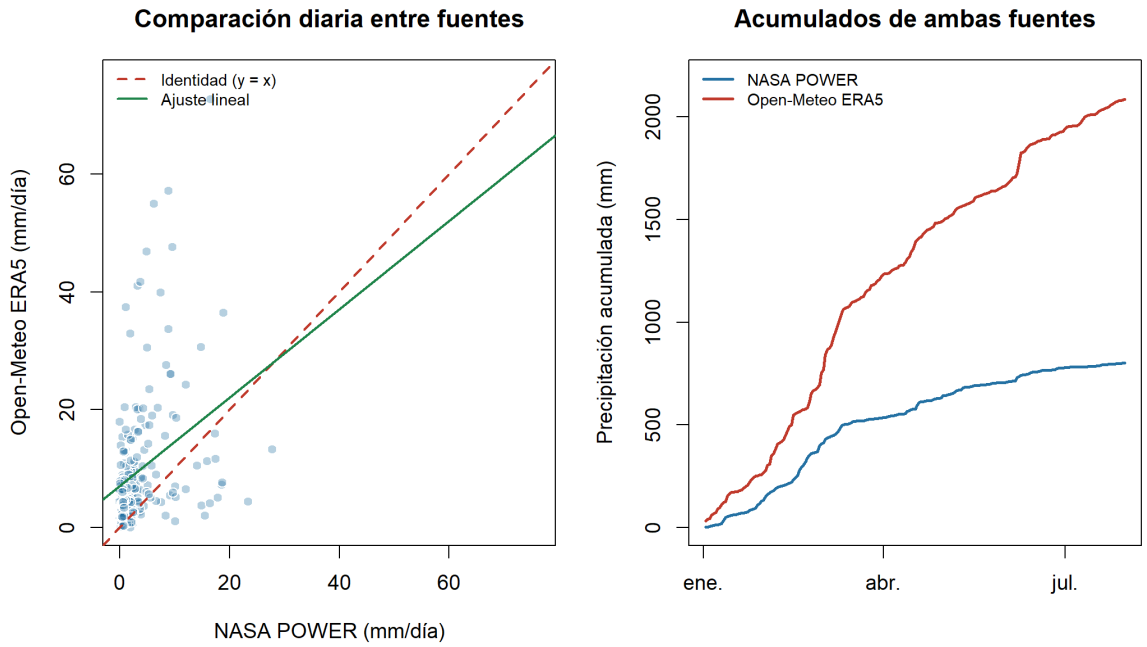


Figura 18 *Contraste entre fuentes meteorológicas y acumulados de lluvia.*



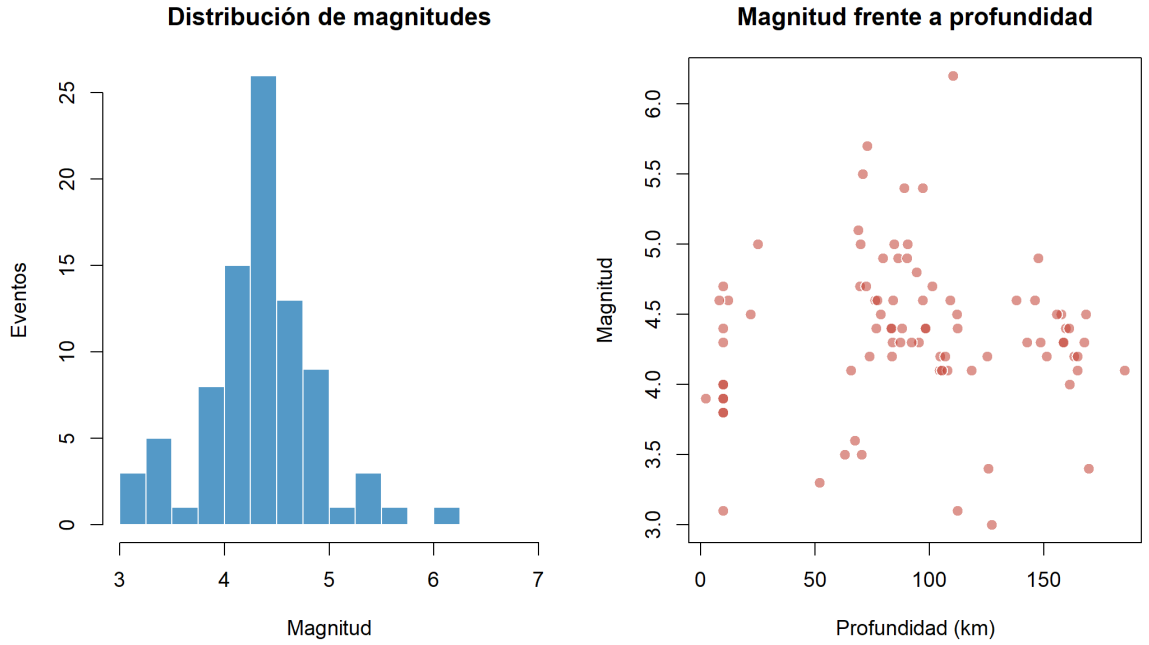
La consulta del catálogo USGS (radio de 120 km) identifica sismicidad regional que debe tratarse como factor desencadenante potencial. El catálogo no demuestra que un sismo específico haya iniciado los movimientos observados; la profundidad y distancia de los eventos limitan su atribución local.

Tabla 8 *Eventos sísmicos regionales*

Fecha	Magnitud	Profundidad_km	Lugar
2018-09-07	6.2	110.5	8 km SE of Alausí, Ecuador
2022-07-14	5.7	73.0	11 km SW of Samborondón, Ecuador
2019-02-22	5.5	70.9	14 km ESE of Eloy Alfaro, Ecuador
2015-10-15	5.4	97.1	20 km ENE of Cañar, Ecuador
2015-04-28	5.4	89.0	6 km NNW of Milagro, Ecuador
2018-10-21	5.1	68.9	13 km NE of El Triunfo, Ecuador
2023-11-07	5.0	25.0	5 km NNW of La Maná, Ecuador
2025-01-13	5.0	90.6	16 km SE of Eloy Alfaro, Ecuador

Fuente: catálogo USGS

Figura 19 *Distribución regional de magnitudes y profundidades sísmicas.*

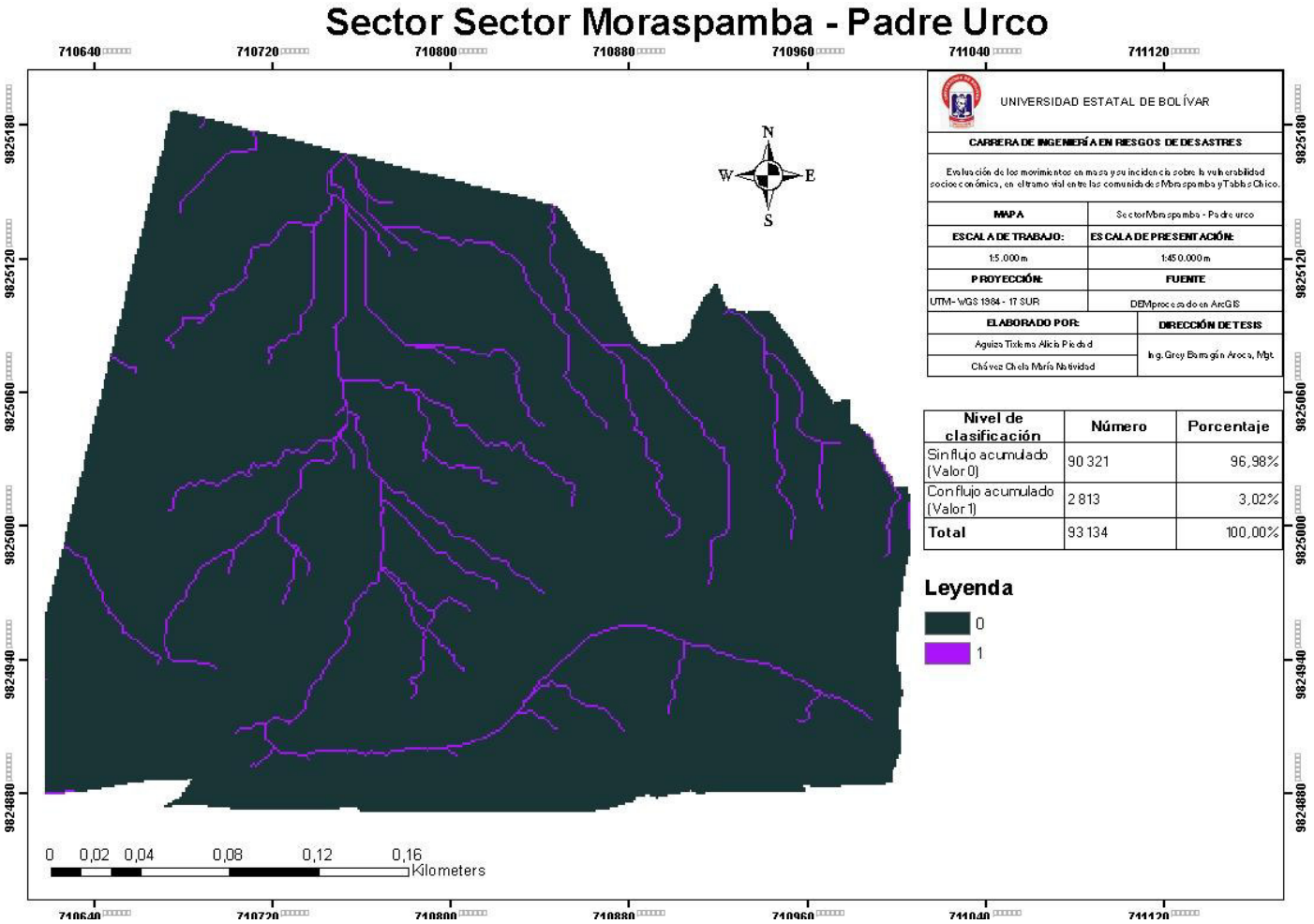


Fuente: catálogo USGS

El drenaje superficial derivado del DEM permitió reconocer rutas de concentración de escorrentía y sectores donde el agua puede actuar como desencadenante. La presencia de líneas de drenaje cercanas al eje vial y al pie de los taludes representa una condición desfavorable, porque la infiltración puede aumentar el peso unitario del material, elevar la presión de poros y reducir la resistencia al corte. Esta condición delimita cómo P3M1 se relaciona con el drenaje inadecuado, mientras refuerza que P4M1, P5M1, P5M3, y P4M1, P5M2 deben ser evaluados en relación con sus niveles de saturación.

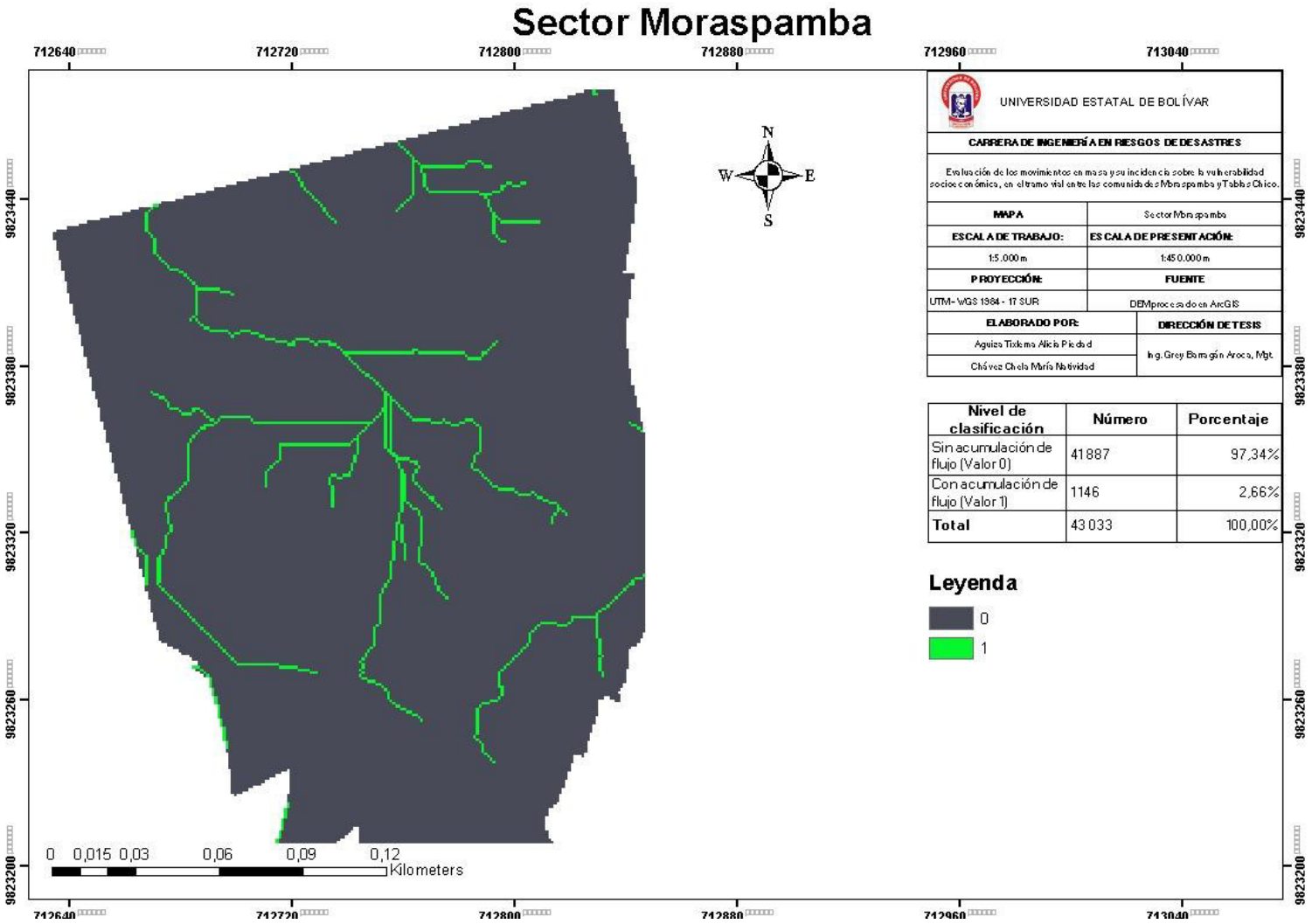
En Moraspamba, los niveles P4M1, P5M1, P5M3, y P4M1, P5M2 deben ser analizados debido a su pendientes y materiales sensibles a la saturación. Aunque P3M1 está relacionado con un drenaje deficiente en Moraspamba, una combinación de humedad, escorrentía superficial, vegetación, materiales meteorizados y en particular, lluvias intensas, puede ser un factor adicional que desencadene movimientos en masa, de manera similar ocurre en el sector de Tablas Chico.

Figura 20 *Drenaje superficial derivado del DEM — Sector Moraspamba - Padre urco*



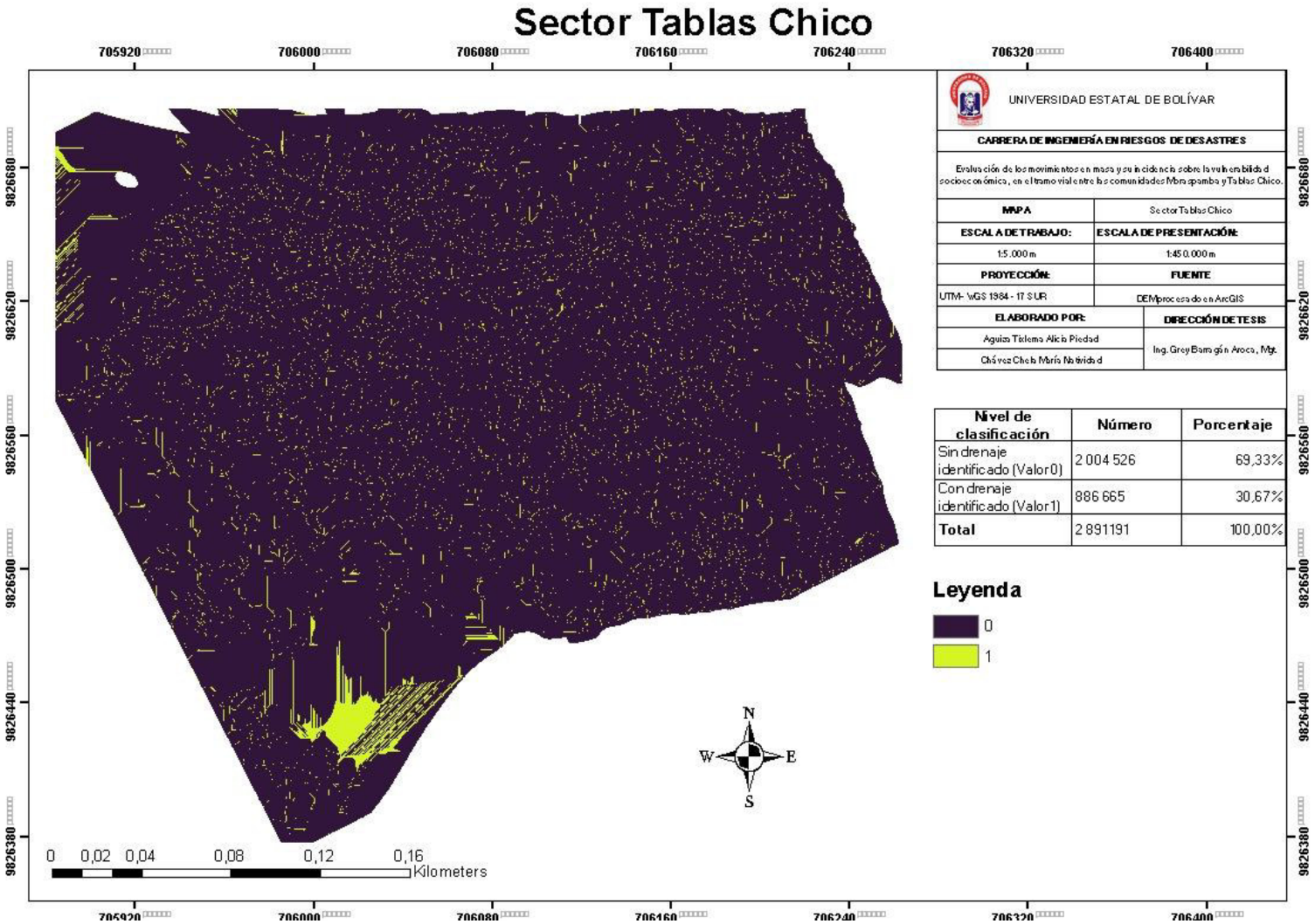
Nota. Elaboración de las autoras, 2026. Las líneas resaltadas indican rutas potenciales de concentración de escorrentía.

Figura 21 *Drenaje superficial derivado del DEM — Moraspamba*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026. Las líneas resaltadas indican rutas potenciales de concentración de escorrentía.

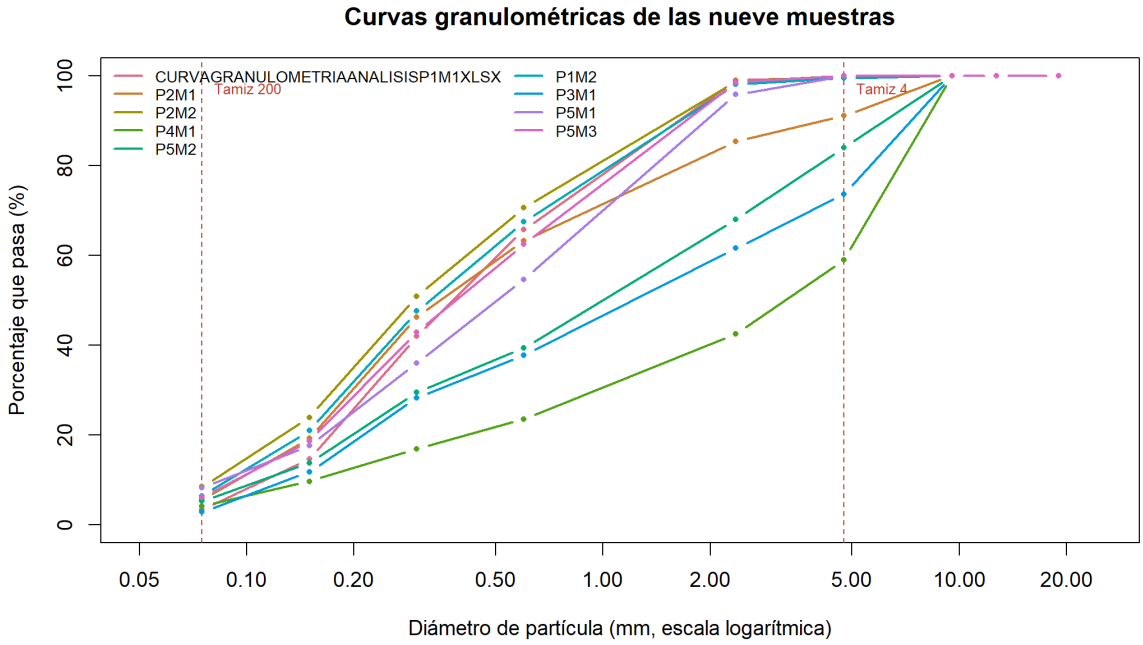
Figura 22 *Drenaje superficial derivado del DEM — Tablas Chico*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026. Las líneas resaltadas indican rutas potenciales de concentración de escorrentía.

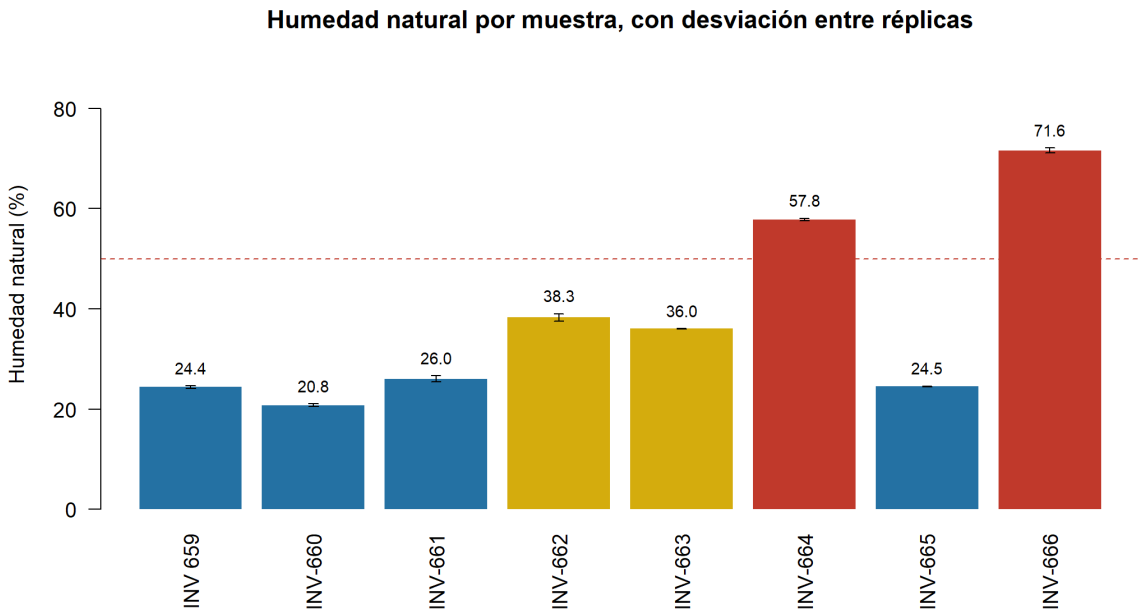
4.1.6. Resultados granulométricos, plasticidad y humedad de laboratorio

Figura 23 *Curvas granulométricas de las nueve muestras. Fuente: recálculo de las hojas de laboratorio*



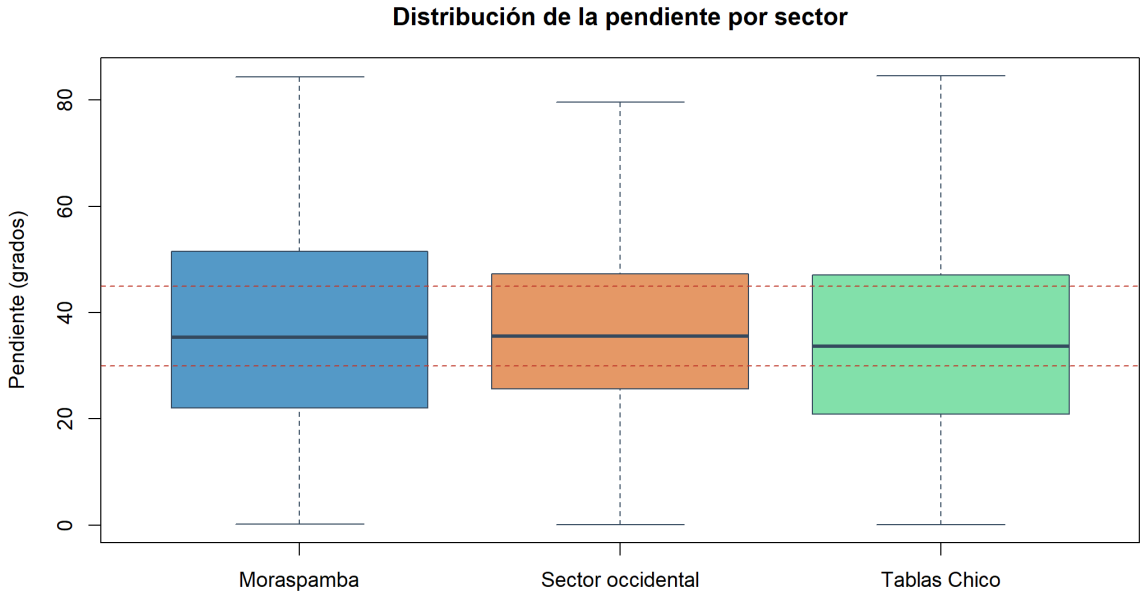
Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Figura 24 *Humedad natural por muestra, con dispersión entre réplicas*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Figura 25 *Distribución de la pendiente por sector derivada del MDE.*



Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

La trazabilidad de laboratorio a talud requiere cautela: la reconstrucción de la tabla publicada muestra que T1 promedia P1M2 y P2M1, P4M1 se asigna tanto a T4 como a T6, y una de las nueve muestras no aparece en la tabla de puntos. Estas asignaciones no se presentan como equivalencias geotécnicas verificadas; deben confirmarse con las hojas de campo y, si no es posible, interpretarse como limitación de representatividad.

Tabla 9 *Resultados granulométricos*

Punto	Grava	Arena	Finos	Muestras_identificadas	Grava_recalc	Arena_recalc	Finos_recalc	Coincide
T1	4.74	89.26	6.0	P1M2 + P2M1	4.74	89.26	6.0	Sí
T2	0.01	91.53	8.46	P2M2	0.01	91.53	8.46	Sí
T3	26.35	70.82	2.83	P3M1	26.35	70.82	2.83	Sí
T4	40.96	54.89	4.15	P4M1	40.96	54.89	4.15	Sí
T5	5.38	88.08	6.54	P5M1 + P5M2 + P5M3	5.38	88.08	6.54	Sí
T6	40.96	54.89	4.15	P4M1	40.96	54.89	4.15	Sí

Granulometría por tamizado

En las nueve muestras de la tabla granulométrica, predomina la arena. Los contenidos se mantienen dentro de los rangos observados en el conjunto: arena entre 54,89 % y 93,83 %, grava entre 0,00 % y 40,96 % y finos entre 2,83 % y 8,46 %. La fracción de grava es

especialmente relevante en P3M1 y P4M1 y debe interpretarse junto con la fracción de arena, finos y los coeficientes de gradación.

Tabla 10 *Granulométrica por muestra de laboratorio*

Muestra	Grava	Arena	Finos	D10	D30	D60	Cu	Cc	SUCS
CURVA GRANULOMETRÍA ANALISISP1M1XLSX	0.371	96.261	3.368	0.113	0.222	0.508	4.499	0.857	SP
P1M2	0.566	93.011	6.423	0.089	0.190	0.463	5.206	0.875	SP-SM o SC
P2M1	8.918	85.502	5.579	0.094	0.198	0.525	5.599	0.792	SP-SM o SC
P2M2	0.010	91.533	8.457	0.080	0.175	0.414	5.148	0.925	SP-SM o SC
P3M1	26.352	70.818	2.831	0.131	0.341	2.156	16.482	0.413	SP
P4M1	40.955	54.893	4.152	0.155	0.957	4.906	31.747	1.207	SW
P5M1	0.054	91.739	8.208	0.086	0.240	0.716	8.369	0.936	SP-SM o SC
P5M2	16.082	78.680	5.238	0.110	0.311	1.611	14.590	0.542	SP-SM o SC
P5M3	0.000	93.835	6.165	0.093	0.207	0.550	5.928	0.843	SP-SM o SC

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11 *Promedios granulométricos por grupo de muestras*

Grupo de muestras	Muestras integradas	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cu promedio	Cc promedio	Interpretación geotécnica
P1	P1M2, P1M1	4.74	89.26	6.00	5.40	0.83	Predomina la arena; consultar los porcentajes de grava y finos. No determina estabilidad ni origen geológico.

Grupo de muestras	Muestras integradas	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cu promedio	Cc promedio	Interpretación geotécnica
P2	P2M1, P2M2	4.47	88.52	7.02	5.38	0.86	Predomina la arena; la incorporación de P2M1 modifica el promedio del grupo. La granulometría caracteriza tamaños, no demuestra por sí sola estabilidad ni origen geológico.
P3	P3M1	26.35	70.82	2.83	16.48	0.41	Predomina la arena; consultar los porcentajes de grava y finos. No determina estabilidad ni origen geológico.
P4	P4M1	40.96	54.89	4.15	31.24	1.23	Predomina la arena; consultar los porcentajes de grava y finos. No determina estabilidad ni origen geológico.
P5	P5M1, P5M2 y P5M3	5.38	88.08	6.54	9.63	0.77	Predomina la arena; consultar los porcentajes de grava y finos. No determina estabilidad ni origen geológico.
T6	P4M1, P5M2	40.96	54.89	4.15	31.24	1.23	Mayor grava y mejor gradación relativa; la roca alterada controla

Grupo de muestras	Muestras integradas	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cu promedio	Cc promedio	Interpretación geotécnica
							planos de debilidad.

Nota. Elaboración propia.

La gradación se obtiene del análisis granulométrico por tamizado y de la abertura asociada a cada número de tamiz. El porcentaje retenido de cada tamiz se calcula respecto de la masa seca total; el porcentaje retenido acumulado se obtiene por suma progresiva y el porcentaje pasante corresponde a 100 menos el retenido acumulado. En la curva granulométrica semilogarítmica se interpolan D10, D30 y D60, con los cuales se calculan Cu = D60/D10 y Cc = $D30^2/(D10 \cdot D60)$. En P2M1, el archivo de laboratorio reporta 8,92 % de grava, 85,50 % de arena y 5,58 % de finos. Al integrarla con P2M2, el grupo P2 queda en 4,47 % de grava, 88,52 % de arena y 7,02 % de finos. Los promedios de finos de P1, P2 y P5 son, por tanto, 6,00 %, 7,02 % y 6,54 %, respectivamente.

P3M1 y P4M1 presentan contenidos de grava de 26,35 % y 40,96 %, respectivamente. Las demás muestras también se describen mediante sus porcentajes de grava, arena y finos. La gradación es una propiedad de la distribución de tamaños y no demuestra, por sí sola, estabilidad del talud ni permite identificar roca alterada.

Límites de Atterberg / plasticidad

Los valores de límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) que siguen corresponden a resultados de laboratorio. Su función es describir el comportamiento de la fracción fina frente a cambios de humedad; no equivalen a valores de cohesión o ángulo de fricción interna (Rehman et al., 2019).

Tabla 12 *Resultados de plasticidad de las muestras de suelo*

Muestra	LL (%)	LP (%)	IP calculado (%)	Tratamiento / clasificación para el análisis
P1M1	24.3	23.9	0.4	NP; bajo contenido de finos, sin plasticidad relevante
P1M2	44.8	42.7	2.1	SP-SM preliminar; requiere doble símbolo por 6,42 % de finos
P2M1	33.1	31.2	1.9	SP-SM preliminar; retirar ML/OL si LL no se valida
P3M1	38.3	33.3	5.0	Resultado inconsistente con 2,83 % de finos; no usar para modelación

P4M1	90.2	38.1	52.1	Resultado atípico frente a 4,15 % de finos; confirmar con laboratorio y no usar
P5M2	30.8	30.1	0.7	SP-SM preliminar; requiere doble símbolo por 5,24 % de finos
P5M3	122.2	89.6	32.6	Resultado atípico; confirmar y retirar NP/ML-OL como clasificación definitiva
P2M2	—	—	—	Sin dato de plasticidad válido disponible; declarar ensayo no válido
P5M1	—	—	—	Sin dato de plasticidad válido disponible; declarar ensayo no válido

Nota. LL = límite líquido; LP = límite plástico; IP = índice de plasticidad; NP = suelo no plástico; ML = limo inorgánico de baja plasticidad; OL = limo o arcilla orgánica de baja plasticidad. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos mediante los límites de Atterberg muestran un comportamiento heterogéneo entre las muestras analizadas. La mayoría de los materiales presentan índices de plasticidad bajos, con valores inferiores al 5 %, indicando una limitada capacidad de deformación plástica y una baja actividad de la fracción fina presente en el suelo. Este comportamiento es característico de materiales donde predomina la fracción granular, principalmente arenas con pequeñas cantidades de limos o arcillas de baja actividad.

Las muestras P1M1, P1M2, P2M1 y P5M2 presentan valores de IP entre 0.4 % y 2.1 %, evidenciando un comportamiento prácticamente no plástico. Estos resultados indican que los finos existentes tienen poca influencia sobre las propiedades mecánicas del suelo y que el comportamiento dominante está condicionado principalmente por la estructura granular del material.

La muestra P3M1 presenta un índice de plasticidad de 5.0 %, representando una transición hacia un comportamiento ligeramente más plástico. Aunque el valor continúa siendo bajo, indica una mayor presencia relativa de partículas finas capaces de retener humedad y generar cierta cohesión aparente.

Por otro lado, las muestras P4M1 y P5M3 presentan valores significativamente mayores de índice de plasticidad, con 52.1 % y 32.6 % respectivamente, lo que evidencia un comportamiento diferente respecto al resto de muestras. Estos valores indican la presencia de una fracción fina activa, posiblemente asociada a materiales limosos o arcillosos, con mayor capacidad de absorber agua, experimentar cambios volumétricos y modificar sus propiedades resistentes bajo condiciones de saturación.

Es importante señalar que existe una inconsistencia entre la clasificación reportada y los valores calculados en algunas muestras. En particular, la muestra P5M3 fue clasificada como NP (no plástico), aunque presenta un IP de 32.6 %, valor que corresponde a un suelo con plasticidad significativa. De igual manera, la clasificación ML/OL asignada a P4M1 resulta compatible con el comportamiento plástico obtenido, aunque el alto IP sugiere que requiere una revisión mediante correlación con granulometría y límites de consistencia.

Al comparar estos resultados con la granulometría, se interpreta que el depósito presenta zonas con comportamiento predominantemente granular y baja plasticidad, pero también sectores donde existe acumulación de materiales finos con mayor actividad plástica. Esta variabilidad es relevante desde el punto de vista geotécnico, debido a que los materiales con mayor plasticidad pueden presentar mayor susceptibilidad al aumento de presión de poros, pérdida de resistencia al corte y deformaciones asociadas a cambios de humedad.

Por lo tanto, para la evaluación de estabilidad del terreno no debe considerarse únicamente la plasticidad promedio del depósito, sino la distribución espacial de las capas con mayor contenido de finos, las condiciones de drenaje, la pendiente del terreno y la posibilidad de saturación durante periodos de lluvia. Las muestras con IP elevado (P4M1 y P5M3) deben recibir especial atención debido a su potencial influencia sobre el comportamiento mecánico global del suelo.

Humedad

Los porcentajes de humedad presentados en la tabla siguiente proceden de las determinaciones de laboratorio y se emplean para describir la condición natural de las muestras y contrastar los puntos con mayor contenido de agua.

Tabla 13 *Humedad por punto crítico*

Muestra	Codigo	Replicas	Media	Sd	Cv_pct	Condicion	Verificacion
1	INV 659	3	24.39	0.241	0.99	Media	Consistente
2	INV-660	3	20.76	0.28	1.35	Media	Consistente
3	INV-661	3	26.01	0.618	2.37	Media	Consistente
4	INV-662	3	38.28	0.704	1.84	Alta	Consistente

5	INV-663	3	36.03	0.02	0.05	Alta	Consistente
6	INV-664	3	57.83	0.221	0.38	Muy alta	Incompatible con material arenoso
7	INV-665	3	24.5	0.08	0.33	Media	Consistente
8	INV-666	3	71.6	0.464	0.65	Muy alta	Incompatible con material arenoso

Nota. Elaboración propia.

El recálculo de ocho muestras, con tres réplicas cada una, produjo medias entre 20,76 % y 71,60 %. Los coeficientes de variación se mantienen entre 0,05 % y 2,37 %, lo que indica buena repetibilidad; sin embargo, repetibilidad no prueba que la muestra esté correctamente identificada. Las muestras INV-664 e INV-666 registraron 57,83 % y 71,60 % de humedad, valores incompatibles con la textura predominantemente arenosa que muestra la granulometría. Debe confirmarse su procedencia con el laboratorio antes de asignarlas a un talud; si no se logra verificar, excluirlas del modelado y declarar el motivo. No se interpreta el contenido de humedad como saturación ni como nivel freático medido.

Las muestras INV-664 e INV-666 registraron 57,83 % y 71,60 % de humedad, valores incompatibles con la textura predominantemente arenosa que muestra la granulometría. Debe confirmarse su procedencia con el laboratorio antes de asignarlas a un talud; si no se logra verificar, excluirlas del modelado y declarar el motivo. No se interpreta el contenido de humedad como saturación ni como nivel freático medido.

Las muestras INV-664 e INV-666 registraron 57,83 % y 71,60 % de humedad, valores incompatibles con la textura predominantemente arenosa que muestra la granulometría. Debe confirmarse su procedencia con el laboratorio antes de asignarlas a un talud; si no se logra verificar, excluirlas del modelado y declarar el motivo. No se interpreta el contenido de humedad como saturación ni como nivel freático medido.

Las muestras INV-664 e INV-666 registraron 57,83 % y 71,60 % de humedad, valores incompatibles con la textura predominantemente arenosa que muestra la granulometría. Debe confirmarse su procedencia con el laboratorio antes de asignarlas a un

talud; si no se logra verificar, excluirlas del modelado y declarar el motivo. No se interpreta el contenido de humedad como saturación ni como nivel freático medido.

4.1.7. Parámetros geotécnicos y estabilidad mediante talud infinito

La granulometría recalculada caracteriza las muestras principalmente como arenas mal gradadas con menos de 10 % de finos. Los ensayos disponibles no incluyen corte directo ni triaxial. En consecuencia, los valores de cohesión y ángulo de fricción usados a continuación son referenciales y se tomaron de literatura; no representan propiedades medidas de los taludes.

Tabla 14 *Parámetros geotécnicos referenciales empleados en GEO5*

SUCS	γ (kN/m³)	c (kPa)	φ (°)
SP	18,0	0	31
SP-SM	18,5	3	32
SW	19,0	0	35

La tabla comparativa muestra la diferencia entre la clasificación de laboratorio y los materiales declarados en el modelo anterior. La falta de correspondencia impide tratar las salidas antiguas como factores de seguridad reproducibles. El retroanálisis calcula la cohesión aparente requerida para que el modelo alcance FS = 1,5; esos valores sirven para interpretar posibles efectos de succión, raíces o estructura y no son resultados directos de ensayo.

La evaluación homogénea usa nueve puntos críticos, dos espesores (1,5 y 3 m) y escenarios seco y saturado. Para los nueve puntos, la condición saturada reduce el factor de seguridad. La tabla informa también la cohesión aparente mínima estimada para cada punto; los resultados dependen de los supuestos del modelo y requieren validación de campo.

Tabla 15 *Resultados de los parámetros geotécnicos referenciales empleados en GEO5*

Punto	Sector	Pendiente (°)	FS seco 1,5 m	FS saturado 1,5 m	FS seco 3 m	FS saturado 3 m	c aparente (kPa)	Estado
T1	Sector occidental	39.9	0.97	0.57	0.86	0.46	17.7	Inestable
T2	Sector occidental	37.3	1.04	0.61	0.93	0.5	16.4	Inestable
T3	Sector occidental	32.1	1.24	0.71	1.12	0.59	13.3	Inestable
T4	Moraspamba	34.1	1.16	0.67	1.04	0.55	14.6	Inestable
T5	Moraspamba	46.5	0.81	0.5	0.7	0.39	20.0	Inestable

T6	Moraspamba	37.8	1.03	0.6	0.92	0.49	16.7	Inestable
T7	Tablas Chico	30.1	1.33	0.76	1.2	0.63	11.9	Inestable
T8	Tablas Chico	36.6	1.07	0.62	0.95	0.51	16.1	Inestable
T9	Tablas Chico	10.1	4.13	2.27	3.82	1.96	0.0	Estable

Figura 26 *Efecto de la saturación y del espesor sobre el factor de seguridad.*

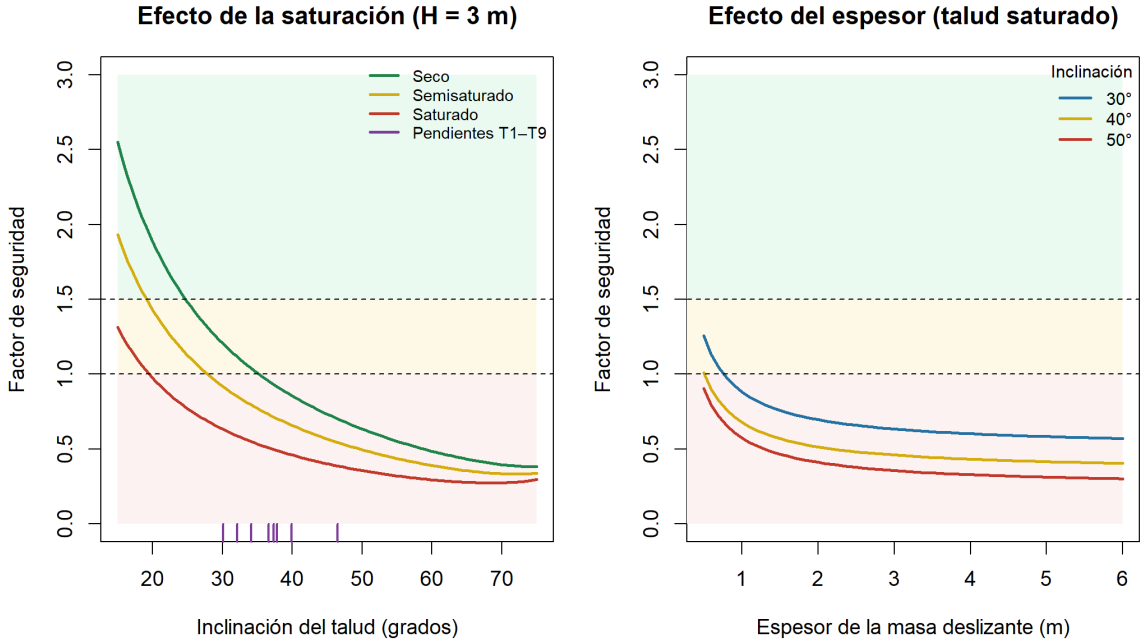


Tabla 16 *Parámetros geotécnicos referenciales empleados en GEO5*

Fuente	**Material_dominante**	**Cohesion_implicada**	**Plasticidad**
Laboratorio (esta revisión)	Arenas SP y SP-SM, finos entre 2.8 y 8.5 %	Cercana a cero: arenas limpias no plásticas	No plástica en todas las muestras ensayadas
Modelo GEO5 de la tesis	Suelo coluvial, arcilla limosa, material meteorizado, roca alterada	Entre 12 y 50 kPa según la unidad	Arcilla limosa: material fino plástico por definición

4.1.8. Ponderación multicriterio y análisis de sensibilidad

Los pesos aplicados son 0,25 para pendiente, 0,25 para drenaje y humedad, 0,20 para granulometría y plasticidad, 0,15 para evidencias, 0,10 para cobertura e intervención y 0,05 para proximidad a vía o viviendas. La proximidad afecta consecuencias y exposición, no la susceptibilidad física; se conserva con el peso menor y se interpreta principalmente en la matriz de riesgo. La simulación de 5.000 vectores de Dirichlet muestra la estabilidad del ordenamiento y la frecuencia con que cada punto queda entre los tres prioritarios.

Figura 27 *Robustez del ordenamiento bajo simulación de pesos alternativos. a) Índice con banda de incertidumbre b) Probabilidad de quedar entre los más críticos*

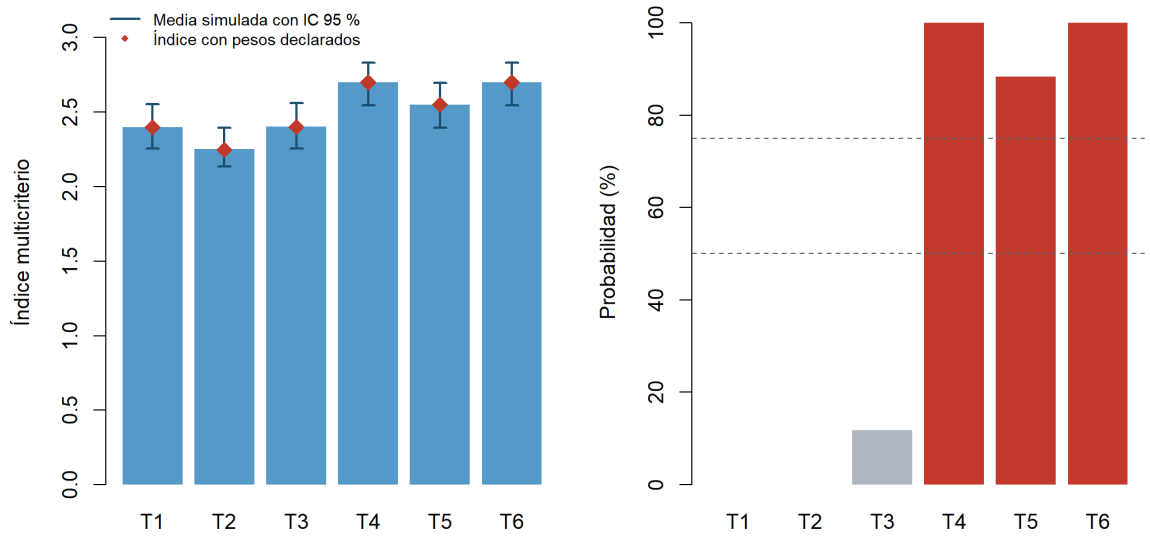
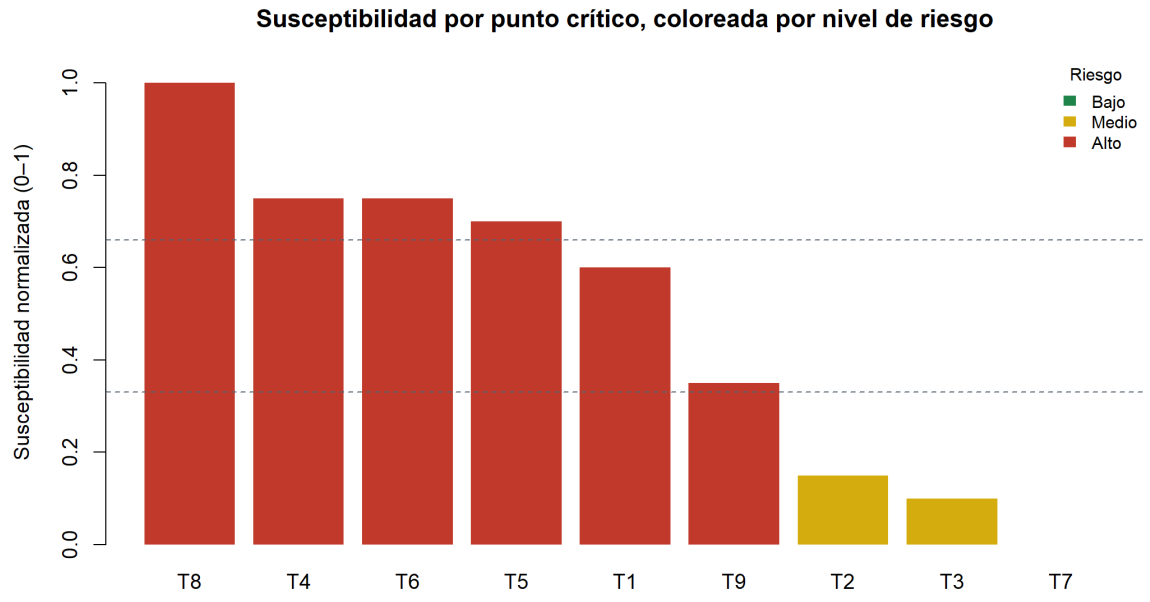


Figura 28 *Susceptibilidad de los nueve puntos críticos según nivel de riesgo.*



La ponderación integra los factores geoespaciales, de laboratorio y de observación de campo mediante suma lineal ponderada, con pesos justificados y sensibilidad evaluada por simulación.

Tabla 17 *Ponderación multicriterio de factores condicionantes y desencadenantes*

Criterio	Peso	Tipo	Justificacion
Pendiente del terreno	0.25	Intrínseco	Control gravitacional directo: define la fracción del peso del material que actúa paralela a la superficie de falla. En la formulación de talud infinito la inclinación interviene tanto en la fuerza motora como en la resistente, de modo que es el único factor con efecto doble sobre el factor de seguridad. El análisis de §7.8 muestra que un cambio de diez grados modifica el factor de seguridad más que cualquier otra variable del modelo.
Drenaje y humedad	0.25	Desencadenante	La saturación reduce la resistencia al corte por dos vías simultáneas: aumenta el peso unitario del material y genera presión de poros que disminuye el esfuerzo efectivo. El análisis de §7.8 cuantifica ese efecto: pasar de condición seca a saturada reduce el factor de seguridad aproximadamente a la mitad para las inclinaciones observadas. Ese resultado empírico, obtenido con los datos de esta misma tesis, sustenta un peso equivalente al de la pendiente.
Granulometría y plasticidad	0.2	Intrínseco	Determina los parámetros de resistencia y la sensibilidad del material al agua. Se le asigna un peso menor que a los dos anteriores porque los ensayos muestran poca variabilidad entre puntos: las nueve muestras resultaron arenas con menos del 10 % de finos, de modo que este criterio discrimina poco entre sectores. Un factor que no varía entre alternativas aporta poco a un ordenamiento, y por eso su peso es intermedio y no alto.
Evidencias de inestabilidad	0.15	Diagnóstico de campo	La presencia de grietas, escarpes o deformaciones es evidencia directa de inestabilidad ya manifestada, no de propensión. Recibe un peso intermedio-bajo porque su valor predictivo es alto pero depende de

			apreciación visual y no de medición instrumental, lo que introduce variabilidad entre observadores.
Cobertura vegetal e intervención	0.1	Condicionante	La cobertura vegetal aporta cohesión aparente por efecto radicular y los cortes viales eliminan el soporte lateral del talud. Se le asigna un peso bajo porque su efecto es modulador y de magnitud menor frente a la pendiente y la saturación, y porque el retroanálisis de §7.8 sugiere que la cohesión aparente disponible es insuficiente para compensar la inclinación por sí sola.
Proximidad a vía o viviendas	0.05	Territorial	No incrementa la susceptibilidad física del talud: incrementa la consecuencia de la falla. Por eso recibe el peso más bajo, y su función real es de priorización de atención más que de estimación de amenaza. Su lugar natural es la matriz de riesgo de §10.4, donde la exposición se cruza con la vulnerabilidad.

Nota. Ponderación técnica preliminar utilizada como herramienta de integración. Los pesos deben interpretarse como importancia relativa dentro de este estudio y no como parámetros geotécnicos medidos.

La puntuación se interpreta en una escala de 1 a 3 coherente con susceptibilidad: 1 representa una condición comparativamente favorable o de baja contribución a la inestabilidad; 2 una condición intermedia; y 3 una condición desfavorable o de alta contribución. El índice total corresponde a la suma ponderada de pendiente, drenaje/humedad, material, signos de inestabilidad, cobertura/intervención y proximidad a carretera o viviendas. Esta aclaración evita interpretar una puntuación alta como “buena condición”, ya que en la tabla una puntuación alta se asocia a mayor susceptibilidad.

Tabla 18 *Índice multicriterio por punto crítico*

Punto	Pendiente	Drenaje / humedad	Material	Evidencias	Cobertura / intervención	Proximidad	Índice verificado	Nivel
1	3	1	3	2	2	2	2.2	Media
T2	2	1	2	2	2	2	1.75	Baja
T3	1	2	1	3	2	2	1.7	Baja
T4	2	3	2	2	3	2	2.35	Alta
T5	3	1	3	2	3	2	2.3	Media
T6	3	2	2	2	3	2	2.35	Alta
T7	1	2	1	2	2	3	1.6	Baja
T8	2	3	3	2	3	3	2.6	Alta
T9	1	3	1	2	3	3	1.95	Media

Nota. Clasificación referencial: 1.00-1.60 baja; 1.61-2.30 media; 2.31-3.00 alta. Los puntos con FS bajo mantienen prioridad crítica aunque el índice multicriterio sea preliminar.

El índice multicriterio extendido a nueve puntos clasifica como alta la susceptibilidad relativa de T4, T5, T6 y T8; T1 y T9 quedan en nivel medio, mientras T2, T3 y T7 se ubican en nivel bajo. La matriz de riesgo incorpora además la vulnerabilidad agregada del tramo y ordena las prioridades de intervención.

T4, T5, T6 y T8 concentran los niveles de susceptibilidad alta según el índice verificado. T1 y T9 mantienen nivel medio, y T2, T3 y T7 nivel bajo. La proximidad a viviendas influye en la priorización por consecuencias, no en el cálculo de susceptibilidad física.

El índice se calcula con la suma ponderada verificada de seis criterios. El valor del índice no sustituye los factores de seguridad: el primero resume clases de susceptibilidad y el segundo depende de parámetros referenciales y escenarios hidráulicos.

En Moraspamba, T4, T5 y T6 presentan susceptibilidad alta; en Tablas Chico, T8 también alcanza nivel alto. La tabla extiende el análisis a los nueve puntos y permite comparar sectores sin presentar los índices como mediciones de resistencia del suelo.

La ponderación permite ordenar los nueve puntos críticos: T4, T5, T6 y T8 alcanzan susceptibilidad alta; T1 y T9 media; T2, T3 y T7 baja. La matriz de riesgo incorpora además la vulnerabilidad agregada del tramo.

Integración de factores intrínsecos y desencadenantes

Tabla 19 *Factores intrínsecos y desencadenantes*

Punto	Factor intrínseco dominante	Factor desencadenante probable	Clasificación integral
T1	Pendiente alta; suelo coluvial, arcilla limosa y material meteorizado	Saturación hídrica, escorrentía y erosión superficial	Crítico / inestable
T2	Pendiente alta; materiales granulares con finos	Lluvia y saturación potencial	Aceptable con seguimiento
T3	Drenaje malo; materiales coluviales y meteorizados	Concentración de escorrentía y saturación	Potencialmente crítico
T4	Pendiente alta con cobertura vegetal; material granular con	Escorrentía sobre ladera, erosión y pérdida de cobertura	Seguimiento prioritario y modelación pendiente

Punto	Factor intrínseco dominante	Factor desencadenante probable	Clasificación integral
	mayor grava; roca alterada proyectada		
T5	Pendiente alta con cobertura vegetal; arena dominante; roca alterada proyectada	Saturación localizada y erosión superficial	Seguimiento prioritario y modelación pendiente
T6	Suelo coluvial y arcilla limosa interpretados; cobertura vegetal sobre pendiente alta	Humedad, erosión y posible saturación del material fino	Seguimiento preventivo

Nota. Elaboración propia.

Análisis integrado final del Objetivo 1

Tabla 20 *Comparación integrada de los puntos críticos identificados en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico*

punto	sector	susceptibilidad	vulnerabilidad	producto	riesgo	prioridad
T4	Moraspamba	Alta	Alta	9	Alto	1
T5	Moraspamba	Alta	Alta	9	Alto	1
T6	Moraspamba	Alta	Alta	9	Alto	1
T8	Tablas Chico	Alta	Alta	9	Alto	1
T1	Sector occidental	Media	Alta	6	Alto	5
T9	Tablas Chico	Media	Alta	6	Alto	5
T2	Sector occidental	Baja	Alta	3	Medio	7
T3	Sector occidental	Baja	Alta	3	Medio	7
T7	Tablas Chico	Baja	Alta	3	Medio	7

Nota. Elaboración propia.

Interpretación

La granulometría caracteriza los tamaños de las partículas de una muestra. La evaluación de estabilidad requiere, además, la geometría del talud, la distribución de materiales, su resistencia al corte y las presiones de agua. Por ello, un mayor porcentaje de grava no permite concluir que una ladera sea más estable ni sustituye un análisis geotécnico (U.S. Army Corps of Engineers, 2003).

T4 es el caso más representativo para explicar esta relación. Este punto registra 40.96 % de grava, 54.89 % de arena y 4.15 % de finos, lo que indica una mezcla granular más gruesa en comparación con T1, T2, T3 y T5. Sin embargo, también presenta el menor factor de seguridad mínimo, con FS = 0.31. Esto significa que, aun cuando el material tenga mayor contenido granular grueso, la pendiente alta, la cobertura vegetal, el material meteorizado y la posible presencia de roca alterada pueden generar condiciones desfavorables de estabilidad. La literatura técnica señala que la pendiente, el tipo de material, la meteorización, la orientación de capas o discontinuidades y la presencia de agua pueden aumentar la probabilidad de movimientos en masa (British Geological Survey, 2020; U.S. Geological Survey, 2004).

T4 y T1 son igual de críticos, pero por condiciones parcialmente distintas. El T1 presenta un menor porcentaje de grava, 4.74 %, y un mayor porcentaje de arena, 89.26 %, cuyo FS mínimo fue 0.46. En este caso, la inestabilidad se relaciona en gran parte con la alta pendiente, el suelo coluvial y el material meteorizado. esto determina que más que la granulometría, la resistencia del suelo y las condiciones geométricas del talud son determinantes para la estabilidad de una ladera o banco (New York State Department of Transportation, 2014; U.S. Army Corps of Engineers, 2003).

T3 debe ser interpretado de manera única debido a sus desafíos de drenaje especiales. Aunque T3 solo contiene un 2,83% de finos, reporta un valor mínimo de FS de 0,74 en el escenario superficial más crítico. Hay varias causas de falla de ladera y la saturación de una masa de suelo se considera una de las situaciones más críticas. Considerando el aumento de masa del suelo saturado, la reducción de la fricción interna y la disminución de la resistencia del suelo, la estabilidad de T3 es más crítica debido a la presencia de agua superficial que por su composición en la toma de muestras del suelo (U.S. Geological Survey, 2004; British Geological Survey, 2020).

T5, por otro lado, es más crítico debido a su combinación de una pendiente empinada, la presencia de vegetación y una composición de suelo arenoso además de la proximidad de un asentamiento. Aunque su valor mínimo de FS de 0,76 no es el peor en este grupo, la preocupación aquí es mayor debido a la presencia de personas e infraestructura. Prácticamente,

esto significa que una ladera no solo se prioriza cuando su valor de estabilidad numérico está dentro del rango aceptado, sino también debido a la situación más crítica, que sería la falla de la ladera. La selección de factores de seguridad y la interpretación del riesgo deben considerar las incertidumbres del terreno y las consecuencias de un desempeño no aceptable (U.S. Army Corps of Engineers, 2003).

Finalmente, la identificación de los factores intrínsecos y desencadenantes se sustenta en la convergencia de cinco fuentes: (i) productos fotogramétricos y mapas derivados del DEM para pendiente y orientación; (ii) guía de observación para las condiciones verificables en campo; (iii) granulometría, límites de Atterberg y humedad como resultados directos de laboratorio; (iv) GEO5 como modelación de equilibrio límite con parámetros resistentes referenciales y diferentes búsquedas de superficies; y (v) ponderación multicriterio como mecanismo de integración y priorización. En conjunto, la evidencia muestra que la estabilidad no depende de un único porcentaje granulométrico ni de un solo FS, sino de la interacción entre geometría, material, agua/drenaje, evidencias de inestabilidad y exposición. Los valores referenciales y los escenarios no documentados como medición directa se identifican explícitamente como supuestos de modelación para evitar confundirlos con resultados experimentales.

La entropía normalizada describe la diversidad de respuestas; por sí sola no mide ni clasifica la vulnerabilidad. La caracterización de vulnerabilidad se sustenta en el índice formativo reportado en este capítulo.

4.2. Caracterización de la vulnerabilidad socioeconómica a través del principio máximo de entropía en las comunidades Moraspamba y Tablas Chico que se encuentran asentadas en el tramo vial.

Pregunta 1

¿Con qué frecuencia ha observado deslizamientos, derrumbes o caída de material en el tramo vial cercano a su vivienda?

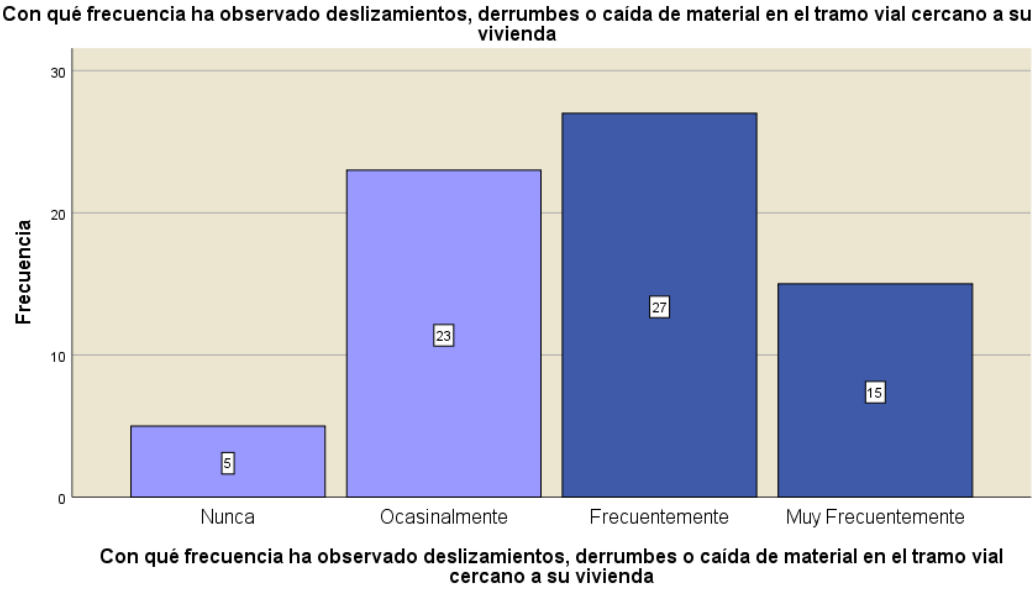
Tabla 21. *Frecuencia de deslizamientos*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Nunca	5	7.14	3.1	15.7	0.071	-2.639	-0.188
Ocasionalmente	23	32.86	23.0	44.5	0.329	-1.113	-0.366
Frecuentemente	27	38.57	28.0	50.3	0.386	-0.953	-0.368
Muy frecuentemente	15	21.43	13.4	32.4	0.214	-1.54	-0.33

TOTAL	70	100.0	1.0	-1.252

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 1. *Frecuencia de deslizamientos*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

De los 70 hogares, 27 (38,6 %) señalaron que los deslizamientos ocurren frecuentemente y 15 (21,4 %) muy frecuentemente; 23 (32,9 %) respondieron ocasionalmente y 5 (7,1 %) nunca. La mayoría percibe recurrencia en el tramo, pero se trata de percepción declarada y no de un inventario instrumental de eventos.

Pregunta 2

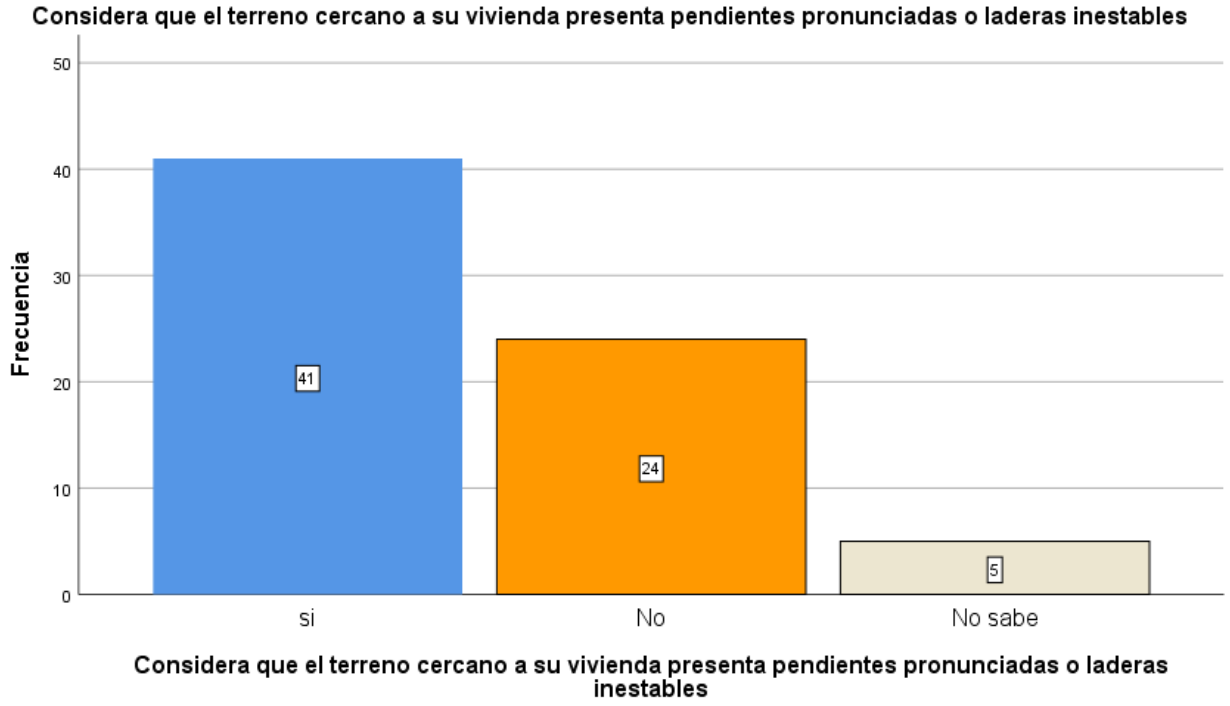
¿Considera que el terreno cercano a su vivienda presenta pendientes pronunciadas o laderas inestables?

Tabla 22. *Condición del terreno cercano la vivienda*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	41	58.57	46.9	69.4	0.586	-0.535	-0.313
No	24	34.29	24.2	46.0	0.343	-1.07	-0.367
No sabe	5	7.14	3.1	15.7	0.071	-2.639	-0.188
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.869

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 2. *Condición de terreno cercana a la vivienda*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cuarenta y una personas (58,6 %) indicaron que el terreno cercano a su vivienda presenta pendientes pronunciadas o laderas inestables; 24 (34,3 %) respondieron que no y 5 (7,1 %) no sabían. Son percepciones declaradas, no una delimitación geotécnica de exposición.

Pregunta 3

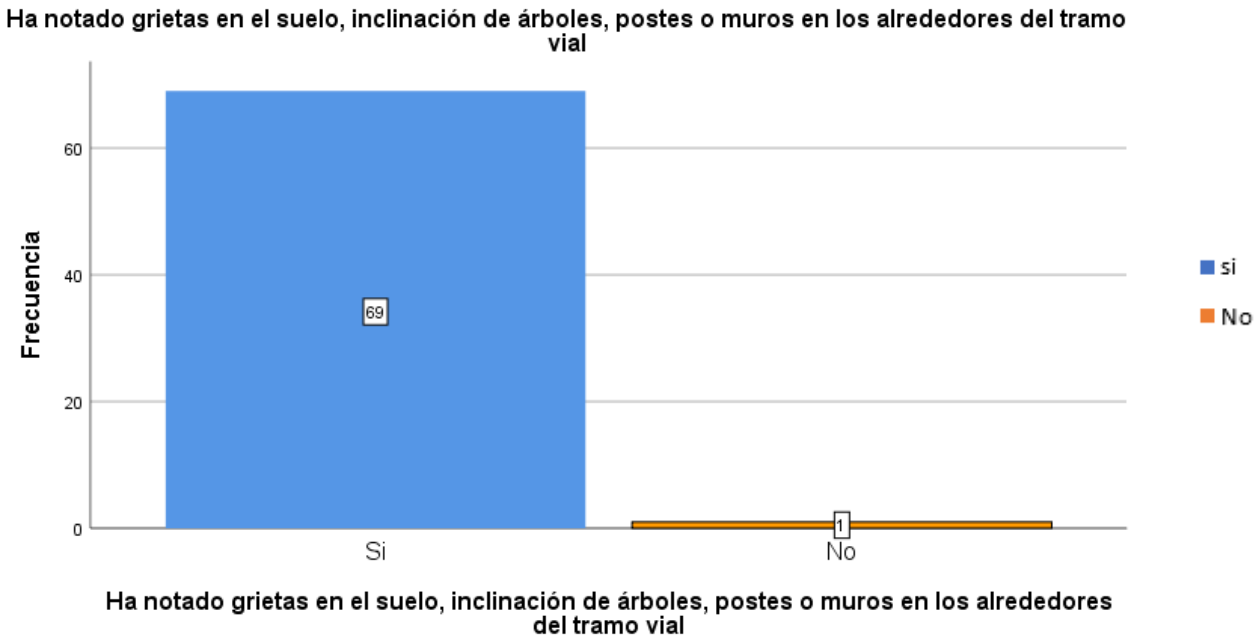
¿Ha notado grietas en el suelo, inclinación de árboles, postes o muros en los alrededores del tramo vial?

Tabla 23. *Inestabilidad de terreno en el tramo vial*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	69	98.57	92.3	99.7	0.986	-0.014	-0.014
No	1	1.43	0.3	7.7	0.014	-4.248	-0.061
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.075

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 3. *Inestabilidad de terreno en el tramo vial*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Sesenta y nueve hogares (98,6 %) reportaron observar grietas, inclinación de árboles, postes o muros en el entorno del tramo; uno respondió que no. Esta frecuencia justifica inspección y registro por sitio, aunque la encuesta no verifica de forma independiente cada señal ni su evolución.

Pregunta 4

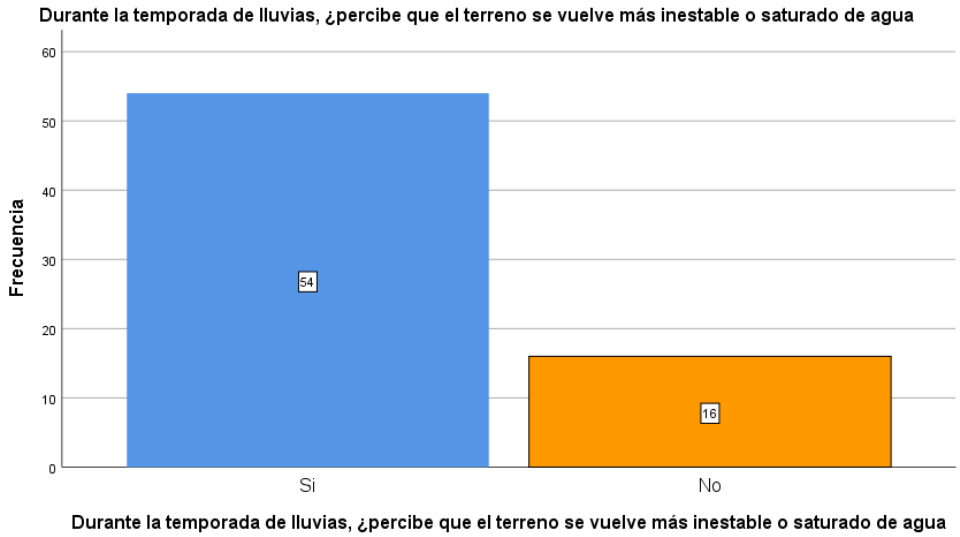
Durante la temporada de lluvias, ¿percibe que el terreno se vuelve más inestable o saturado de agua?

Tabla 24. *Comportamiento del terreno en temporada de lluvias*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	54	77.14	66.0	85.4	0.771	-0.26	-0.2
No	16	22.86	14.6	34.0	0.229	-1.476	-0.337
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.537

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 4. *Comportamiento del terreno en temporada de lluvias*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cincuenta y cuatro hogares (77,1 %) percibieron que el terreno se vuelve más inestable o saturado durante las lluvias y 16 (22,9 %) no lo percibieron. Esta percepción justifica examinar drenaje y humedad, pero no equivale a una medición de saturación en cada talud.

Pregunta 5

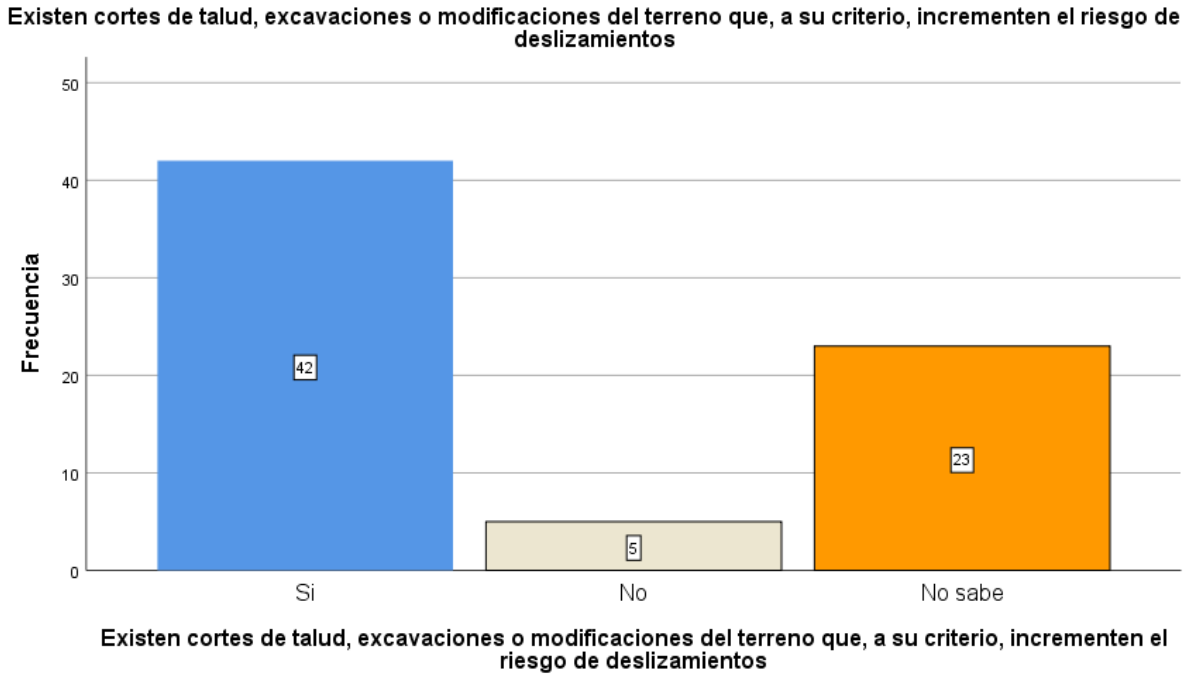
¿Existen cortes de talud, excavaciones o modificaciones del terreno que, a su criterio, incrementen el riesgo de deslizamientos?

Tabla 25. *Modificaciones del terreno y riesgos de deslizamiento*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	42	60.0	48.3	70.7	0.6	-0.511	-0.306
No	5	7.14	3.1	15.7	0.071	-2.639	-0.188
No sabe	23	32.86	23.0	44.5	0.329	-1.113	-0.366
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.861

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 5. *Modificaciones del terreno y riesgo de deslizamientos*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cuarenta y dos hogares (60,0 %) reconocieron cortes de talud, excavaciones u otras modificaciones que podrían incrementar el riesgo; 23 (32,9 %) no lo sabían y 5 (7,1 %) respondieron que no. La distribución respalda documentar estas intervenciones por sitio, sin atribuirles causalidad a partir de la encuesta.

Pregunta 6

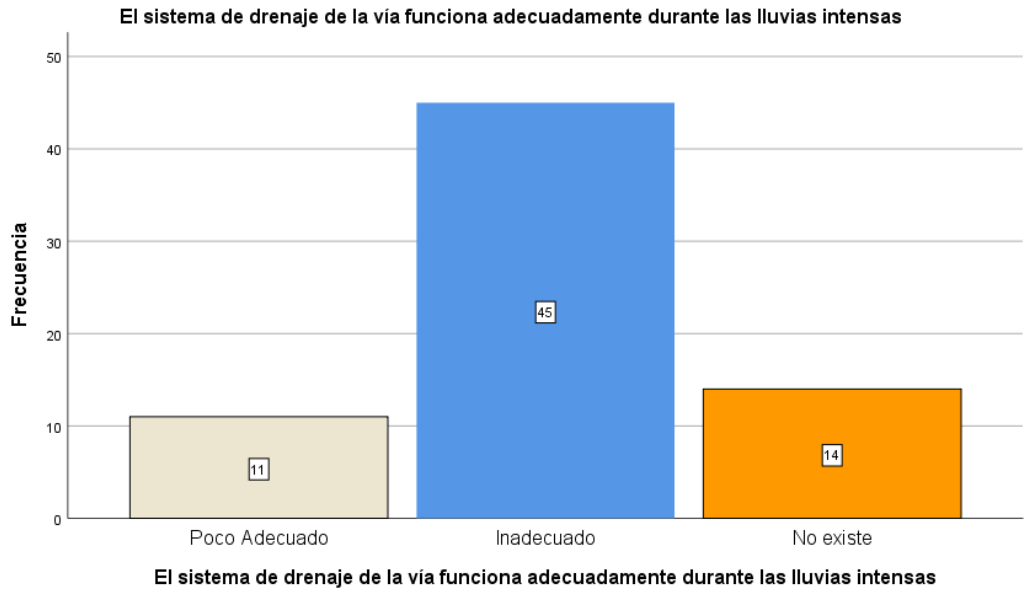
¿El sistema de drenaje de la vía (cunetas, alcantarillas) funciona adecuadamente durante las lluvias intensas?

Tabla 26. *Funcionamiento del sistema de drenaje durante lluvias intensas*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Poco adecuado	11	15.71	9.0	26.0	0.157	-1.851	-0.291
Inadecuado	45	64.29	52.6	74.5	0.643	-0.442	-0.284
No existe	14	20.0	12.3	30.8	0.2	-1.609	-0.322
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.897

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 6. *Funcionamiento del sistema de drenaje durante lluvias intensas*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cuarenta y cinco hogares (64,3 %) calificaron el drenaje como inadecuado, 14 (20,0 %) indicaron que no existe y 11 (15,7 %) lo consideraron poco adecuado. En conjunto, 59 hogares (84,3 %) describen un drenaje deficiente o ausente, lo que justifica inspeccionar cunetas y alcantarillas; la encuesta no mide su capacidad hidráulica.

Pregunta 7

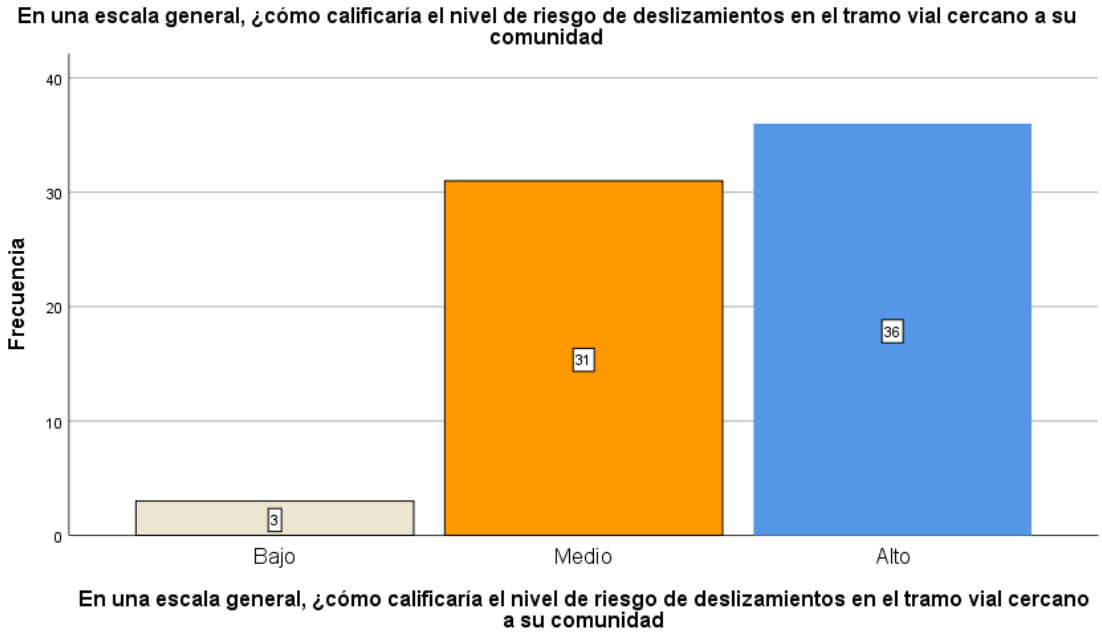
En una escala general, ¿cómo calificaría el nivel de riesgo de deslizamientos en el tramo vial cercano a su comunidad?

Tabla 27 *Nivel de riesgo de deslizamientos en el tramo vial*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Bajo	3	4.29	1.5	11.9	0.043	-3.15	-0.135
Medio	31	44.29	33.2	55.9	0.443	-0.815	-0.361
Alto	36	51.43	40.0	62.8	0.514	-0.665	-0.342
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.838

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 7.*Nivel de riesgo de deslizamientos en el tramo vial*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Treinta y seis hogares (51,4 %) calificaron como alto el nivel de riesgo de deslizamientos cercano a su comunidad, 31 (44,3 %) como medio y 3 (4,3 %) como bajo. La percepción alta es mayoritaria, aunque no debe confundirse con la clasificación técnica de susceptibilidad de cada punto.

Pregunta 8

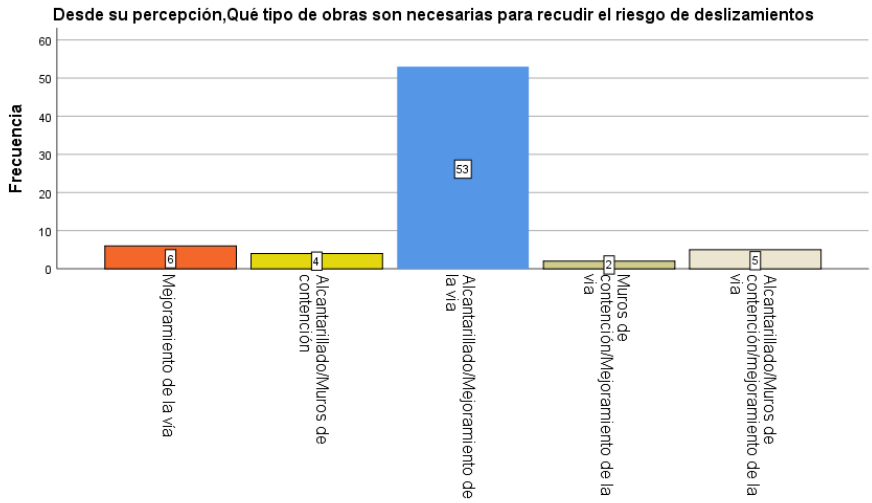
Desde su percepción, ¿qué tipo de obras son necesarias para reducir el riesgo de deslizamientos?

Tabla 28. *Obras requeridas para reducir el riesgo*

Opcion	Hogares	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior
Mejoramiento de la vía	66	94.3	86.2	97.8
Alcantarillado	62	88.6	79.0	94.1
Muros de contención	11	15.7	9.0	26.0

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 8. *Obras requeridas para reducir el riesgo*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

La pregunta admitía selección múltiple: 66 hogares (94,3 %) eligieron mejoramiento de la vía, 62 (88,6 %) alcantarillado y 11 (15,7 %) muros de contención. Las frecuencias muestran demandas concurrentes de conectividad y manejo de agua; no demuestran por sí solas la factibilidad o eficacia de una obra.

Pregunta 9

¿Cuál es la principal fuente de ingresos de su hogar?

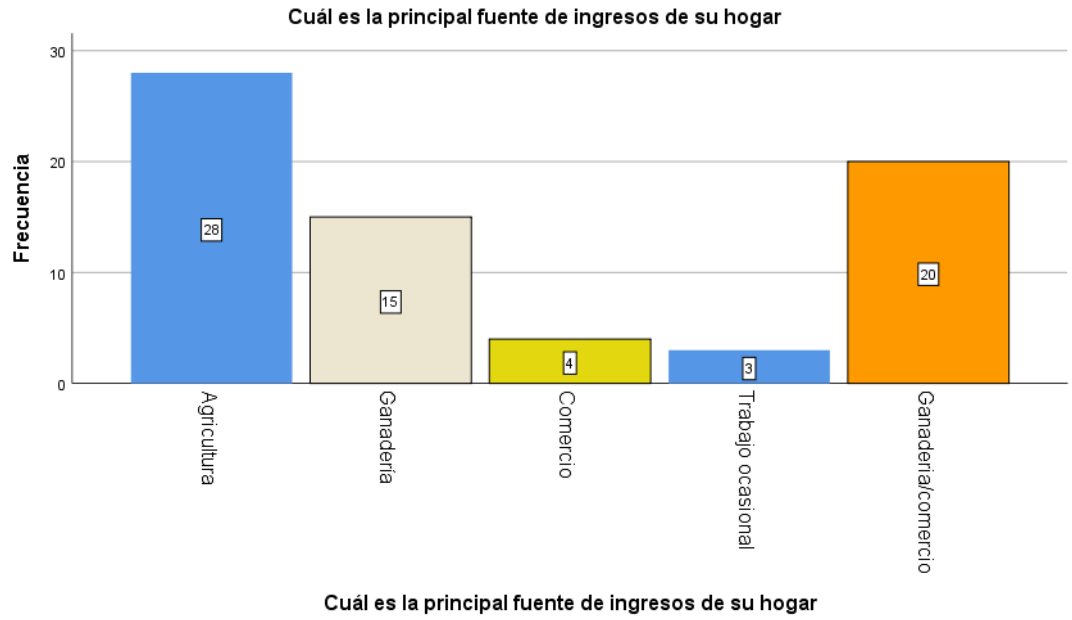
Tabla 29. *Fuente de ingreso*

Nota: pregunta de respuesta múltiple; los porcentajes se calculan sobre los 70 hogares y no suman 100 %. Estas variables se excluyen del cálculo de entropía como categorías mutuamente excluyentes.

Opcion	Hogares	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior
Ganadería	35	50.0	38.6	61.4
Agricultura	28	40.0	29.3	51.7
Comercio	24	34.3	24.2	46.0
Trabajo ocasional	3	4.3	1.5	11.9

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 9. *Fuente de ingreso*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

La pregunta permitía varias opciones. Se registraron 35 selecciones de ganadería (50,0 % de los hogares), 28 de agricultura (40,0 %), 24 de comercio (34,3 %) y 3 de trabajo ocasional (4,3 %). Como la suma supera 70, las actividades no son excluyentes; describen medios de vida reportados, no dependencia exclusiva de una actividad.

Pregunta 10

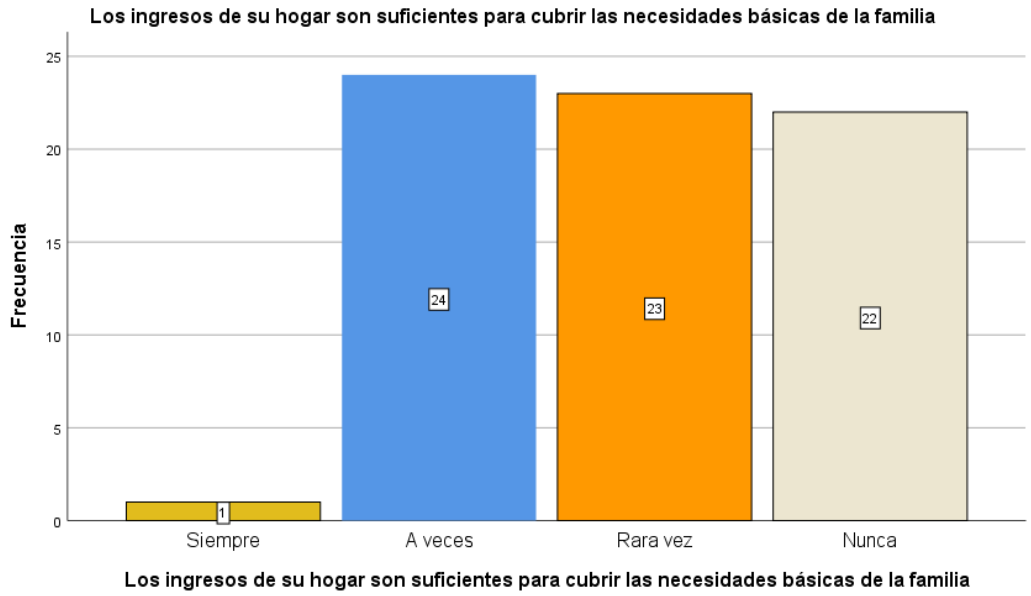
¿Los ingresos de su hogar son suficientes para cubrir las necesidades básicas de la familia?

Tabla 30. *Suficiencia de ingresos del hogar*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Siempre	1	1.43	0.3	7.7	0.014	-4.248	-0.061
A veces	24	34.29	24.2	46.0	0.343	-1.07	-0.367
Rara vez	23	32.86	23.0	44.5	0.329	-1.113	-0.366
Nunca	22	31.43	21.8	43.0	0.314	-1.158	-0.364
TOTAL	70	100.0			1.0		-1.157

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 10. *Suficiencia de ingreso del hogar*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Solo un hogar (1,4 %) indicó que sus ingresos siempre cubren las necesidades básicas; 24 (34,3 %) respondieron a veces, 23 (32,9 %) rara vez y 22 (31,4 %) nunca. En conjunto, 45 hogares (64,3 %) señalaron que esto ocurre rara vez o nunca, lo que evidencia una limitación económica declarada en la muestra.

Pregunta 11

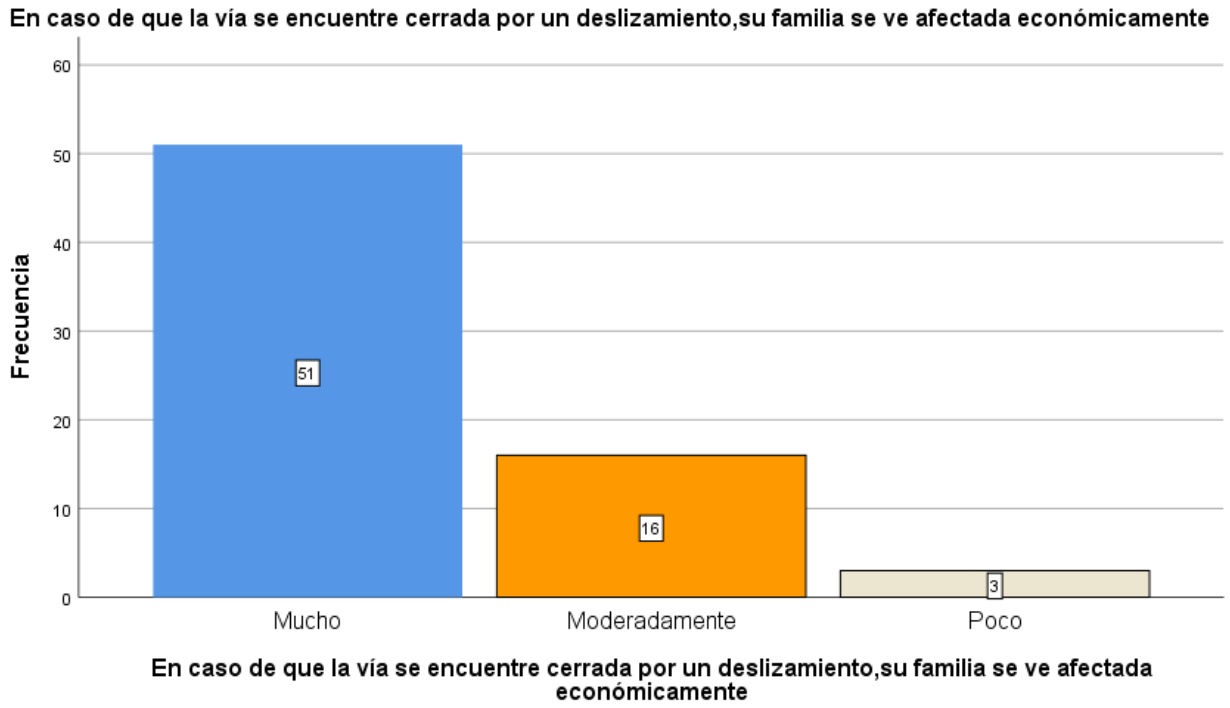
En caso de que la vía se encuentre cerrada por un deslizamiento, ¿su familia se ve afectada económicamente?

Tabla 31. *Afectación económica del hogar ante el cierre de la vía por deslizamiento*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Mucho	51	72.86	61.5	81.9	0.729	-0.317	-0.231
Moderadamente	16	22.86	14.6	34.0	0.229	-1.476	-0.337
Poco	3	4.29	1.5	11.9	0.043	-3.15	-0.135
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.703

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 11. *Afectación económica del hogar ante el cierre de la vía por deslizamiento*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cincuenta y un hogares (72,9 %) reportaron una afectación económica alta ante el cierre de la vía por deslizamiento, 16 (22,9 %) moderada y 3 (4,3 %) baja. El resultado refleja afectación percibida; no cuantifica pérdidas monetarias ni la duración de los cierres.

Pregunta 12

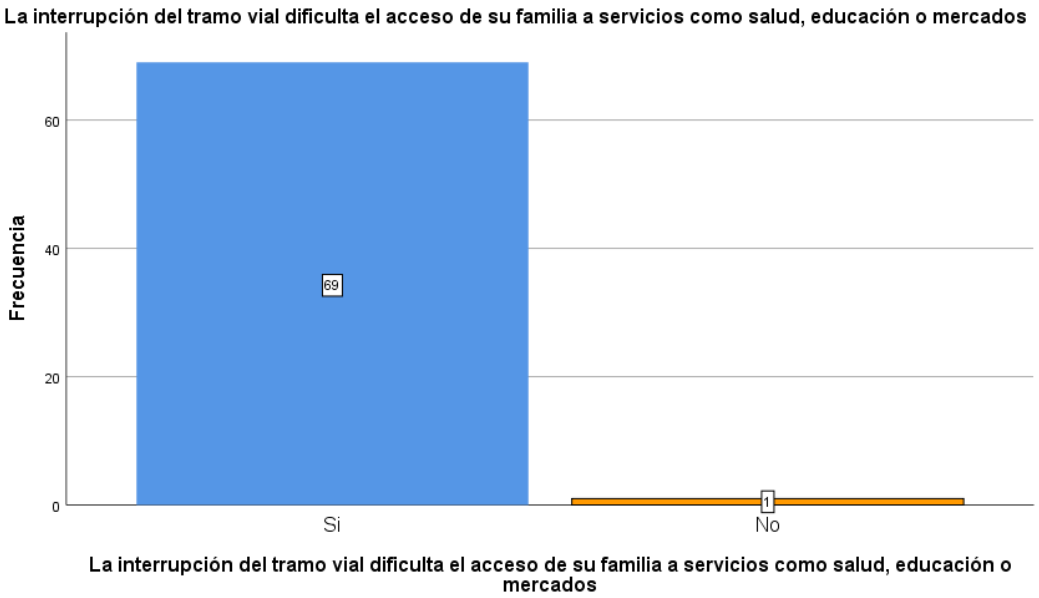
¿La interrupción del tramo vial dificulta el acceso de su familia a servicios como salud, educación o mercados?

Tabla 32. *Acceso a servicios básicos ante la interrupción del tramo vial*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	69	98.57	92.3	99.7	0.986	-0.014	-0.014
No	1	1.43	0.3	7.7	0.014	-4.248	-0.061
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.075

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 12. *Acceso a servicios básicos ante la interrupción del tramo vial*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Sesenta y nueve hogares (98,6 %) indicaron que la interrupción del tramo dificulta el acceso a servicios como salud, educación o mercados; uno respondió que no. El resultado muestra una dependencia de conectividad declarada, sin medir tiempos adicionales ni interrupciones efectivas de servicios.

Pregunta 13

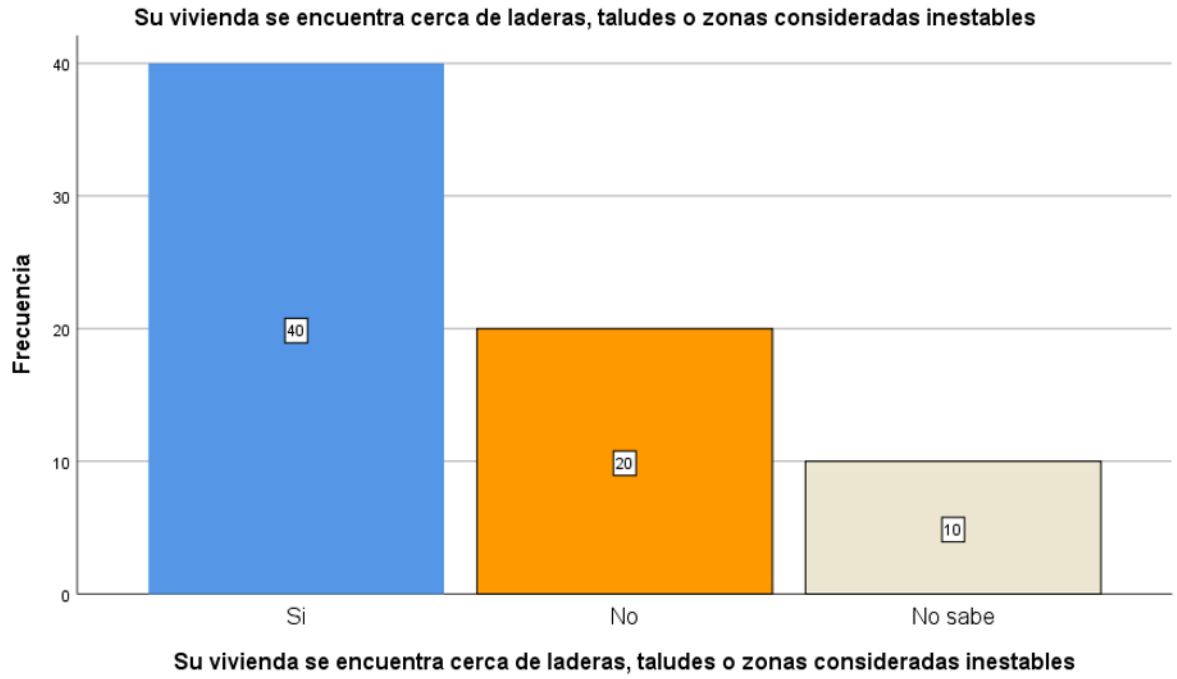
¿Su vivienda se encuentra cerca de laderas, taludes o zonas consideradas inestables?

Tabla 33.*Ubicación de la vivienda en zonas inestables*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	40	57.14	45.5	68.1	0.571	-0.56	-0.32
No	20	28.57	19.3	40.1	0.286	-1.253	-0.358
No sabe	10	14.29	7.9	24.3	0.143	-1.946	-0.278
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.956

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 13.*Ubicación de la vivienda en zonas inestables*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cuarenta hogares (57,1 %) declararon que su vivienda está cerca de laderas, taludes o zonas consideradas inestables; 20 (28,6 %) respondieron que no y 10 (14,3 %) no sabían. La exposición se midió por autodeclaración y no se asignó a un punto crítico concreto.

Pregunta 14

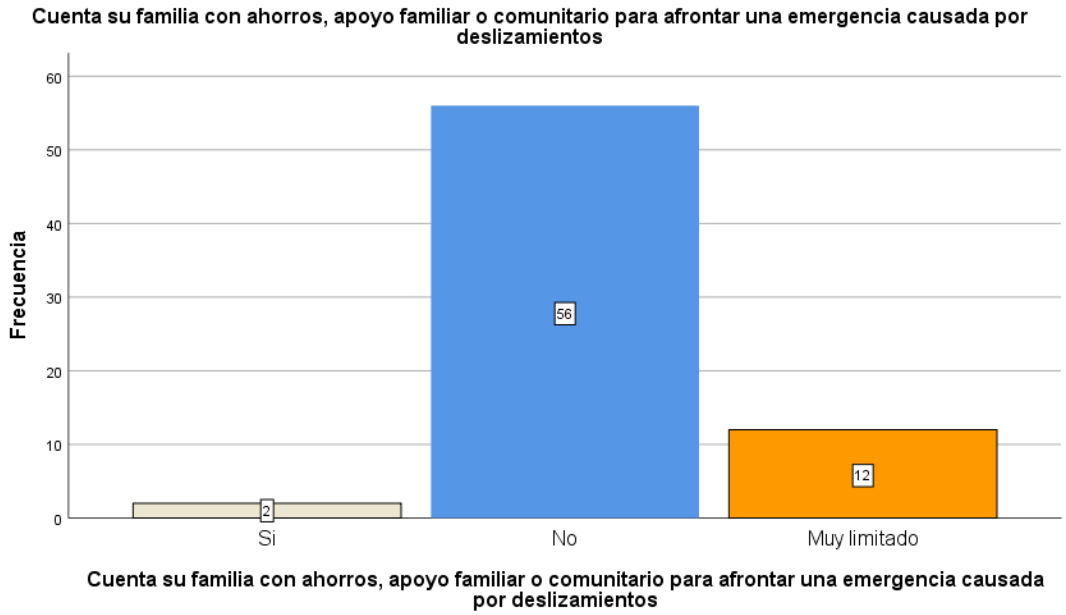
¿Cuenta su familia con ahorros, apoyo familiar o comunitario para afrontar una emergencia causada por deslizamientos?

Tabla 34.*Recursos para afrontar emergencias por deslizamientos*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	2	2.86	0.8	9.8	0.029	-3.555	-0.102
No	56	80.0	69.2	87.7	0.8	-0.223	-0.178
Muy limitado	12	17.14	10.1	27.6	0.171	-1.764	-0.302
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.582

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 14.*Recursos para afrontar emergencias por deslizamientos*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cincuenta y seis hogares (80,0 %) reportaron no contar con ahorros o apoyo para afrontar una emergencia, 12 (17,1 %) indicaron recursos muy limitados y 2 (2,9 %) respondieron que sí contaban con ellos. La distribución señala una capacidad financiera de emergencia reducida en la mayoría de hogares encuestados.

Pregunta 15

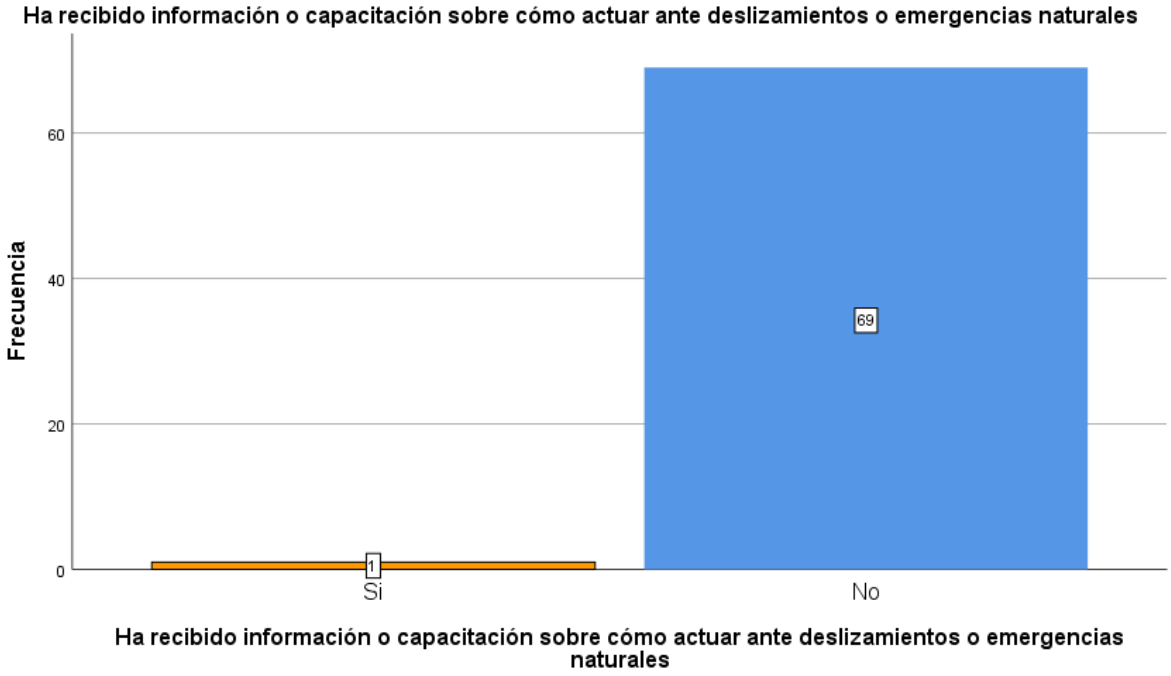
¿Ha recibido información o capacitación sobre cómo actuar ante deslizamientos o emergencias naturales?

Tabla 35.*Capacitación e información sobre actuación ante deslizamientos*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Sí	1	1.43	0.3	7.7	0.014	-4.248	-0.061
No	69	98.57	92.3	99.7	0.986	-0.014	-0.014
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.075

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 15. *Capacitación e información sobre actuación ante deslizamientos*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Sesenta y nueve de los 70 hogares (98,6 %) indicaron que no habían recibido información o capacitación sobre cómo actuar ante deslizamientos; un hogar (1,4 %) respondió que sí. Esta brecha reportada sustenta proponer capacitación y difusión de protocolos, pero no permite concluir por sí sola el nivel de resiliencia de la comunidad.

Pregunta 16

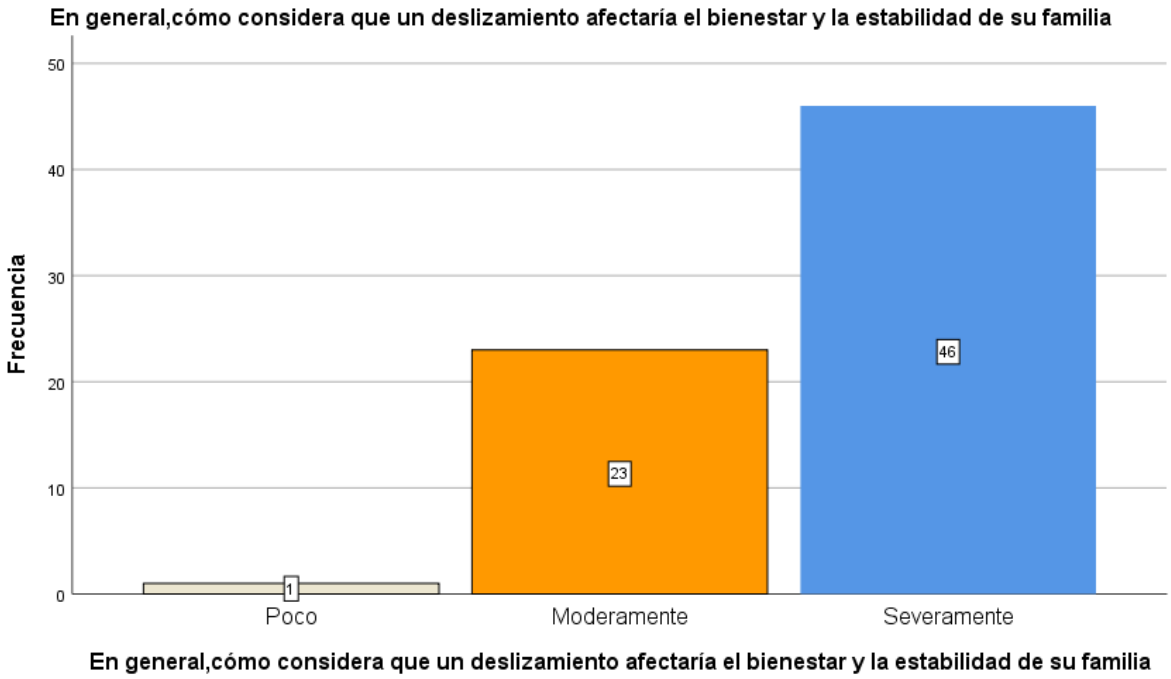
En general, ¿cómo considera que un deslizamiento afectaría el bienestar y la estabilidad de su familia?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	IC 95 % inferior	IC 95 % superior	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \ln(p_i)$
Poco	1	1.43	0.3	7.7	0.014	-4.248	-0.061
Moderadamente	23	32.86	23.0	44.5	0.329	-1.113	-0.366
Severamente	46	65.71	54.0	75.8	0.657	-0.42	-0.276
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.702

Tabla 36.*Impacto de los deslizamientos en el bienestar y estabilidad familiar*

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 16. *Impacto de los deslizamientos en el bienestar y estabilidad familiar*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Cuarenta y seis hogares (65,7 %) consideraron que un deslizamiento afectaría severamente el bienestar familiar, 23 (32,9 %) moderadamente y uno (1,4 %) poco. La percepción de impacto es elevada y debe leerse junto con los indicadores de preparación, sin inferir que corresponda a daños efectivamente ocurridos.

Pregunta 17

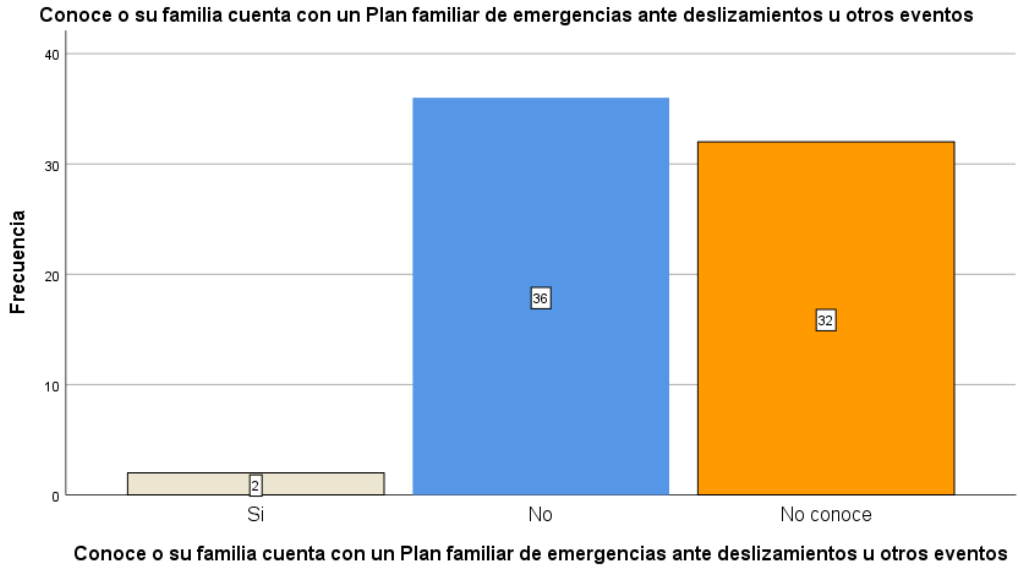
¿Conoce o su familia cuenta con un Plan familiar de emergencias ante deslizamientos u otros eventos**?**

Tabla 37. *Disponibilidad de un plan familiar de emergencias ante deslizamientos*

Respuesta	**Frecuencia**	**Porcentaje**	**IC 95 % inferior**	**IC 95 % superior**	**p_i**	**ln(p_i)**	**p_i ln(p_i)**
Sí	2	2.86	0.8	9.8	0.029	-3.555	-0.102
No	36	51.43	40.0	62.8	0.514	-0.665	-0.342
No conoce	32	45.71	34.6	57.3	0.457	-0.783	-0.358
TOTAL	70	100.0			1.0		-0.801

Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Gráfico 17.*Disponibilidad de un plan familiar de emergencias ante deslizamientos*



Fuente. Elaboración de las autoras, 2026.

Dos hogares (2,9 %) declararon contar con un plan familiar de emergencia; 36 (51,4 %) respondieron que no y 32 (45,7 %) que no lo conocían. La proporción que desconoce el instrumento revela una necesidad de información además de apoyo para su elaboración.

La matriz siguiente presenta la integración de los resultados físicos y sociales para formular estrategias. H_n expresa diversidad de respuesta, no gravedad. Las preguntas 1 a 8 describen percepción y condiciones del tramo; las preguntas 9 a 17 describen condiciones socioeconómicas y preparación.

Tabla 38. *Matriz de integración de resultados técnicos y socioeconómicos para la formulación de estrategias*

Punto crítico	**Sector**	**Susceptibilidad**	**Vulnerabilidad (escala de tramo)**	**Producto**	**Nivel de riesgo**	**Prioridad**
T4	Moraspamba	Alta	Alta	9	Alto	1
T5	Moraspamba	Alta	Alta	9	Alto	1
T6	Moraspamba	Alta	Alta	9	Alto	1
T8	Tablas Chico	Alta	Alta	9	Alto	1
T1	Sector occidental	Media	Alta	6	Alto	5
T9	Tablas Chico	Media	Alta	6	Alto	5
T2	Sector occidental	Baja	Alta	3	Medio	7
T3	Sector occidental	Baja	Alta	3	Medio	7
T7	Tablas Chico	Baja	Alta	3	Medio	7

Nota. Elaboración de las autoras, 2026.

Las entropías describen cuán distribuidas están las respuestas en cada pregunta. Deben interpretarse junto con las frecuencias: una entropía alta significa mayor dispersión entre categorías y una baja, concentración; ninguna permite concluir por sí sola que la vulnerabilidad sea alta o baja.

4.2.1. Análisis general de los resultados

El índice formativo completo de nueve indicadores tuvo media 0,842 (DE = 0,105; IC 95 %: 0,817–0,865). La clasificación absoluta ubicó 68 de 70 hogares en nivel alto y presentó efecto techo. Los terciles relativos distribuyeron 25 hogares en el tercio inferior, 22 en el

medio y 23 en el superior; describen posiciones dentro de esta muestra, no niveles universales. Para el contraste se utilizó el índice reducido sin el indicador de exposición.

Tabla 39 *Resultado general de los resultados*

Nivel	**Hogares**	**Porcentaje**	**Corte_relativo**	**Hogares_rel**	**Pct_rel**
Baja	0	0.0	Tercio inferior	25	35.7
Media	2	2.9	Tercio medio	22	31.4
Alta	68	97.1	Tercio superior	23	32.9
Estadistico			**Valor**		
Hogares			70.0		
Media			0.842		
IC 95 % inferior			0.817		
IC 95 % superior			0.865		
Mediana			0.846		
Desviación estándar			0.105		
Mínimo			0.48		
Máximo			1.0		
Coef. de variación (%)			12.439		
Asimetría			-1.034		
Rango intercuartílico			0.121		

Figura 29 *Distribución del IVS y clasificación absoluta frente a terciles relativos*

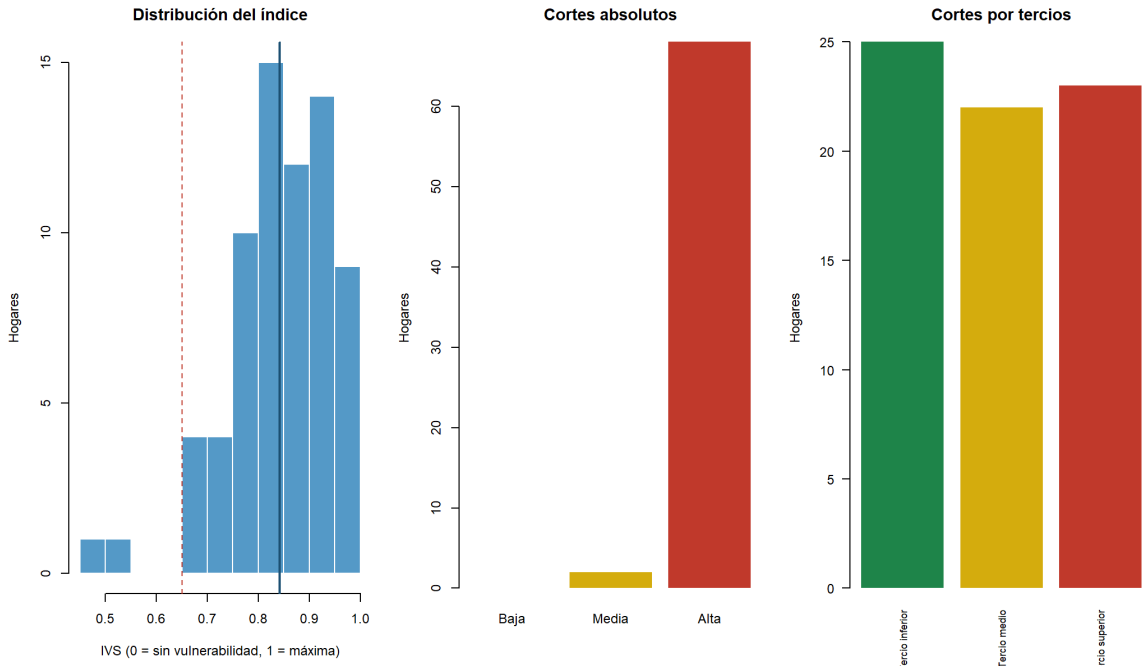
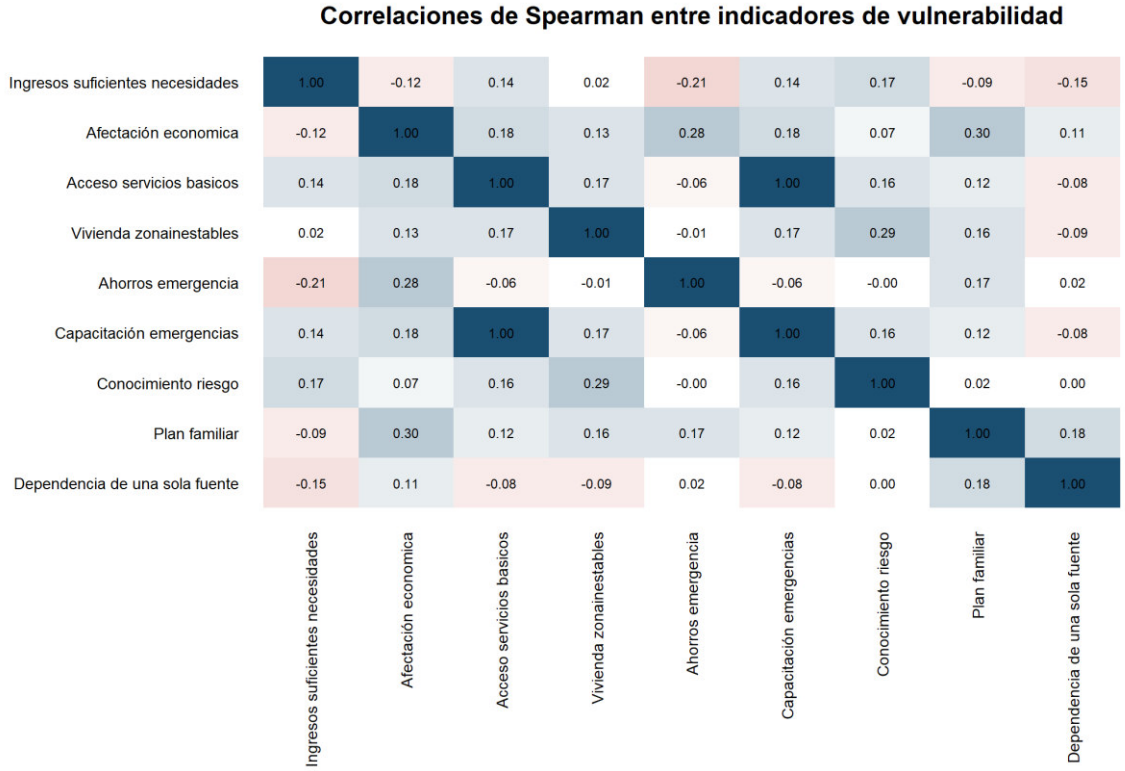


Figura 30 *Correlación entre indicadores del índice formativo.*



La comparación exploratoria no encontró diferencias estadísticamente significativas del índice reducido según la exposición declarada (Kruskal–Wallis p = 0,515; Mann–Whitney p = 0,509). El delta de Cliff fue 0,093, con intervalo de confianza que incluye cero,

compatible con un efecto pequeño o nulo en esta muestra. La falta de significación no demuestra igualdad, en particular con 70 hogares y limitaciones de trazabilidad entre bases.

4.2.2. Contraste de hipótesis y asociación entre exposición y vulnerabilidad

La hipótesis se contrastó con el índice reducido, sin el indicador de exposición. Kruskal–Wallis entre las tres categorías de exposición dio H = 1,325, gl = 2 y p = 0,515; al colapsar «No sabe» con «No», Mann–Whitney dio U = 544 y p = 0,509. El delta de Cliff fue 0,093 (IC 95 %: −0,19 a 0,362), efecto despreciable en esta muestra. No se rechaza H_0; el resultado no demuestra igualdad ni permite concluir causalidad.

Tabla 40 *Contraste de hipótesis y asociación entre exposición y vulnerabilidad*

Prueba	**Estadístico**	**gl_o_IC**	**valor_p**	**Interpretación**
Kruskal-Wallis (3 niveles)	1.325	2	0.515	Sin diferencia significativa
Mann-Whitney (No sabe colapsado con No)	544.0		0.509	Sin diferencia significativa
Mann-Whitney (solo Sí frente a No)	334.0		0.303	Sin diferencia significativa
Delta de Cliff (colapsado)	0.093	[-0.19, 0.362]		Tamaño del efecto: Despreciable
Delta de Cliff (sin colapsar)	0.165			Tamaño del efecto: Pequeño

Figura 31 *IVS reducido por exposición física declarada de la vivienda.*

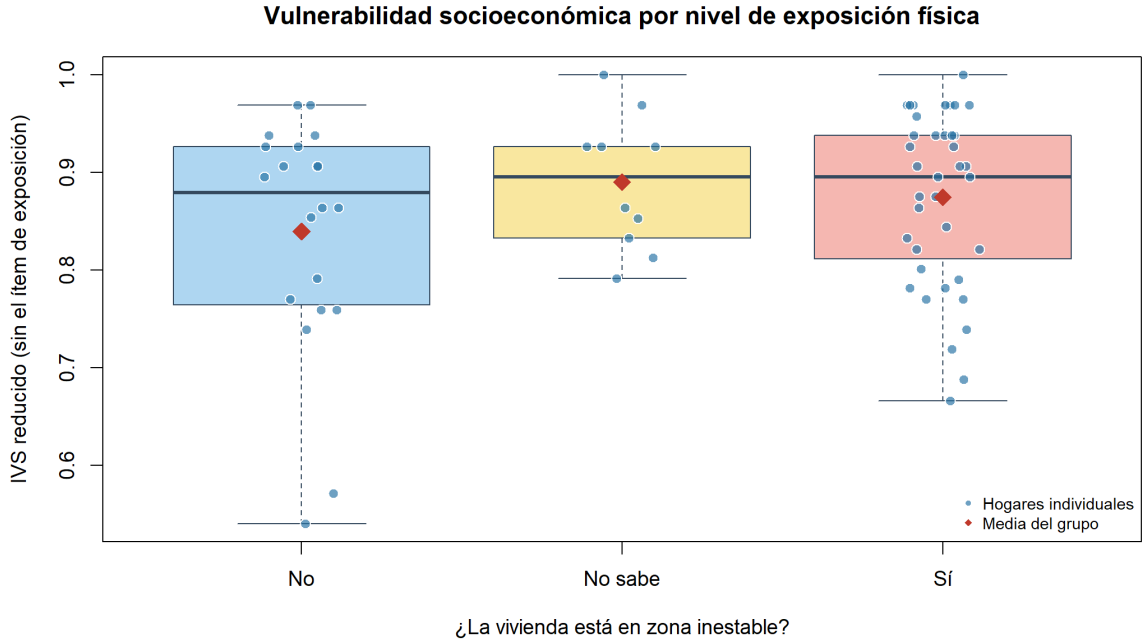
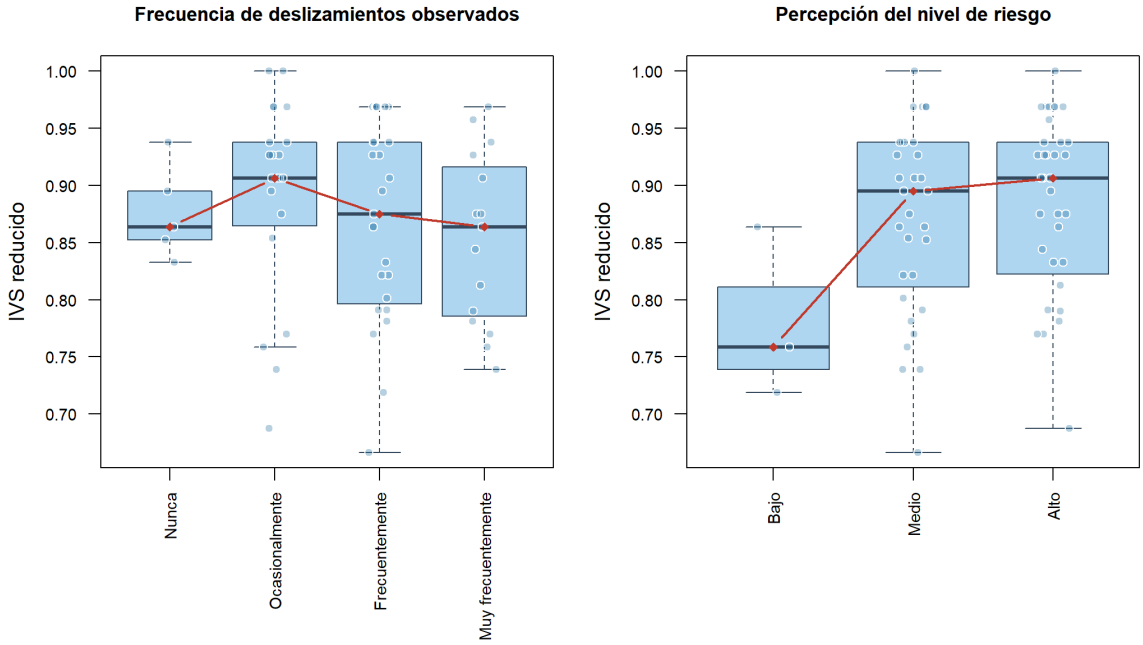


Figura 32 *Contrastes exploratorios de frecuencia percibida y nivel de riesgo*



4.3. Discusión

La evaluación física identificó nueve puntos críticos y mostró una disminución del factor de seguridad calculado en el escenario saturado frente al seco. La diferencia concuerda con el mecanismo por el cual el agua puede aumentar peso y presión de poros y reducir resistencia efectiva; no confirma una falla inminente, pues la modelación utiliza parámetros referenciales y no cuenta con ensayos de corte local (Highland & Bobrowsky, 2008; U.S. Geological Survey, 2018).

La priorización final ubicó T4, T5, T6 y T8 en riesgo alto, al integrar susceptibilidad alta con vulnerabilidad agregada alta a escala del tramo. Esta clasificación ayuda a ordenar inspecciones y estudios complementarios, pero no localiza hogares vulnerables: la encuesta no se vinculó espacialmente con los puntos. La gestión del riesgo debe distinguir amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad (UNISDR, 2015; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024).

En el componente social, la mayoría reportó afectación económica y dificultades de acceso ante cierres viales; además, 69 de 70 hogares no habían recibido capacitación y 68 de 70 no declararon tener un plan familiar conocido o disponible. Estos hallazgos apoyan acciones de preparación y comunicación. El índice formativo tuvo puntuaciones altas en casi todos los hogares y la prueba exploratoria no detectó diferencias por exposición; por tanto, los resultados no sostienen una afirmación causal ni una diferenciación estadística entre grupos.

La interpretación está limitada por el número de hogares, el diseño transversal, la integración de bases por orden de registro, la asignación incompleta de muestras a taludes, la falta de ensayos de resistencia y la resolución regional de la lluvia. Las prioridades y propuestas deben validarse con un padrón actualizado, georreferenciación de hogares y puntos, ensayos geotécnicos, inspecciones de drenaje y participación documentada de instituciones y comunidades.

Resultado del Objetivo 3: Formular estrategias de gestión del riesgo basadas en la susceptibilidad a movimientos en masa y la vulnerabilidad socioeconómica identificadas en el área de estudio.

4.4. Formulación de estrategias de gestión del riesgo basadas en la susceptibilidad a movimientos en masa y la vulnerabilidad socioeconómica identificadas en el área de estudio

La vulnerabilidad se asigna a escala del tramo porque la base de encuestas no contiene una variable que vincule cada hogar con una comunidad o punto crítico. En consecuencia, la matriz de riesgo combina la susceptibilidad de cada punto con la vulnerabilidad agregada del tramo; no debe interpretarse como clasificación individual de hogares por sector.

El objetivo específico 3 integra los nueve puntos críticos evaluados con el modelo de talud infinito, el índice multicriterio y la matriz de riesgo. La vulnerabilidad de la encuesta se conserva a escala de tramo porque no existe una variable para asignar cada hogar a un sector.

El diseño de estrategias parte de la integración de la evidencia física y social. En los puntos críticos se observaron pendientes pronunciadas, condiciones de drenaje que requieren

seguimiento y materiales cuya estabilidad modelada disminuye en el escenario saturado; esta última estimación emplea parámetros referenciales. En los hogares, 51 de 70 (72,9 %) anticiparon una afectación económica alta ante el cierre vial y 56 (80,0 %) indicaron que no cuentan con ahorros o apoyo para una emergencia. Además, 69 hogares (98,6 %) no habían recibido capacitación, mientras que 68 (97,1 %) no declararon tener un plan familiar conocido o disponible: 36 respondieron que no tenían uno y 32 que no lo conocían. Por ello, las estrategias combinan verificación geotécnica y manejo del agua con preparación familiar y comunitaria; la encuesta no permite asignar estas condiciones a un punto crítico particular.

Tabla 41. *Matriz de integración de resultados técnicos y socioeconómicos para la formulación de estrategias*

Componente integrado	**Resultado base identificado**	**Implicación para la gestión del riesgo**
Susceptibilidad física del terreno	Presencia de pendientes altas, drenaje deficiente, suelos coluviales, arcilla limosa, material meteorizado y roca alterada.	Priorizar obras de manejo de agua, estabilización de taludes y monitoreo de puntos críticos.
Modelación GEO5	Los factores de sobrecarga de T1, T3, T4, T5 y T6 son no aceptables para el caso saturado, el de T2 es aceptable, aunque con seguimiento.	Los sectores con FS menor a 1.00 deben ser intervenidos primero. Asimismo, los sectores estables pero expuestos deben ser mantenidos bajo un monitoreo preventivo.
Drenaje y humedad	El agua puede ser un agente de activación en los puntos que poseen un drenaje deficiente o se encuentran en un contexto húmedo.	Instalar las correspondientes canalizaciones que faciliten la evacuación del agua pluvial.
Vulnerabilidad económica	Los ingresos de las familias son muy impactados por el corte de la vía.	Es importante reforzar las vías de contingencia, mecanismos de comercialización alternativa y redes de apoyo.

Preparación comunitaria	La mayoría de las familias no cuentan con capacitación para actuar ante deslizamientos	Implementación de talleres comunitarios, señalización preventiva y protocolos de respuesta local.
Planificación familiar	Un gran número de familias no cuenta con un plan de emergencias familiar o bien, lo desconoce.	Desarrollo y difusión de planes familiar para emergencias de movimiento en masa
Capacidad de recuperación	Las familias no poseen ahorros ni apoyo como para afrontar una emergencia corriente.	Estimular fondos comunitarios, redes solidarias y mecanismos de soporte local post-evento.

Nota. Elaboración propia.

La matriz pone de manifiesto que las estrategias deben responder a las dos dimensiones principales del riesgo, la amenaza física y la vulnerabilidad social. En el caso de amenaza física, en aquellos puntos críticos que presentan menor factor de seguridad se requerirá la implementación de medidas relacionadas al control de aguas. También por otro lado e igualmente se deberá llevar a cabo una debida estabilización y además la reducción de la erosión. Las estrategias deben contribuir a dotar de mayores capacidades de preparación a las familias, organización a la comunidad y recuperación del sistema económico. Como resultado del objetivo 3 se presenta una propuesta articuladora, donde la gestión del riesgo vincula la seguridad vial, la protección de las viviendas, la continuidad de los medios de vida, así como la resiliencia de las comunidades.

4.4.1. Priorización de sectores para intervención

La priorización se basa en los nueve puntos críticos evaluados con el modelo de talud infinito, el índice multicriterio y la matriz de riesgo. Los parámetros de resistencia son referenciales y las prioridades se interpretan como criterios de gestión territorial, sujetos a validación geotécnica.

Tabla 42. *Priorización de puntos críticos para la gestión del riesgo*

Punto	**Sector**	**Susceptibilidad**	**Vulnerabilidad del tramo**	**Riesgo**	**Prioridad**
T4	Moraspamba	Alta	Alta	Alto	1
T5	Moraspamba	Alta	Alta	Alto	1

T6	Moraspamba	Alta	Alta	Alto	1
T8	Tablas Chico	Alta	Alta	Alto	1
T1	Sector occidental	Media	Alta	Alto	5
T9	Tablas Chico	Media	Alta	Alto	5
T2	Sector occidental	Baja	Alta	Medio	7
T3	Sector occidental	Baja	Alta	Medio	7
T7	Tablas Chico	Baja	Alta	Medio	7

Nota. Elaboración propia.

La matriz de riesgo ubica a T4, T5, T6 y T8 en la prioridad más alta; T1 y T9 también se clasifican con riesgo alto por la vulnerabilidad agregada del tramo. T2, T3 y T7 quedan en prioridad media. Esta clasificación orienta medidas territoriales y no asigna vulnerabilidad individual a cada punto.

4.4.2. Criterios de formulación y priorización de estrategias

Para la formulación de las estrategias, se emplearon los criterios derivados de la metodología propuesta, que incluyen: grado de amenaza o susceptibilidad, grado socioeconómico de vulnerabilidad, efecto sobre la movilidad, factibilidad, pertinencia técnica y preocupación por un territorio en particular, así como la coordinación institucional. Esta priorización permite distinguir entre acciones inmediatas, de corto y mediano plazo, y evita la formulación de medidas amplias y no específicas que no se correlacionan con los resultados obtenidos.

Tabla 43. *Criterios de priorización de estrategias de gestión del riesgo*

Criterio	**Descripción**	**Peso referencial**	**Aplicación en la propuesta**
Nivel de amenaza / susceptibilidad	Considera FS, pendiente, drenaje, humedad, material y evidencias de inestabilidad.	0.30	Prioriza T1, T3, T4, T5 y T6.
Vulnerabilidad socioeconómica	Considera ingresos, dependencia de la vía, capacidad de ahorro,	0.25	Prioriza familias con menor capacidad de respuesta y recuperación.

	capacitación y planes familiares.		
Exposición de viviendas y vía	Evalúa qué tan cerca están las cosas de la vivienda, qué tan cerca están de las carreteras y otros tipos de transporte, qué tan cerca están de las cosas que la gente necesita y qué tan fácilmente las personas pueden moverse.	0.20	El sector de Tablas Chico de vivienda y los sectores que se ven directamente afectados por la carretera deben ser priorizados.
Viabilidad técnica	Evaluar la viabilidad de la medida con los datos disponibles o su necesidad de estudios adicionales.	0.15	Distinción entre actividades que se pueden realizar inmediatamente y aquellas que necesitan diseño técnico.
Articulación institucional y comunitaria	Examina la participación del GAD, comunidad local, instituciones educativas y organizaciones técnicas locales.	0.10	Fomenta el desarrollo de estrategias para la capacitación, el mantenimiento y las respuestas a alertas y la comunidad.
Total		**1.00**	

Nota. Elaboración propia.

Los criterios priorizan más la amenaza física y la vulnerabilidad socioeconómica porque el riesgo en el tramo vial no depende sólo de la inestabilidad del terreno, sino de la capacidad de las familias para hacerle frente y recuperarse de los eventos. El Criterio de Exposición permite distinguir sectores en que un mismo deslizamiento puede generar consecuencias más graves por estar más cerca de viviendas, vía o servicio. La viabilidad técnica evita plantear propuestas de obra sin los estudios complementarios adecuados, y la articulación institucional y comunitaria permite que estos resultados se transformen en acciones aplicables a la escala local.

4.4.3. Estrategias de gestión del riesgo propuestas

A partir de la integración de los resultados, se plantean estrategias orientadas a reducir la susceptibilidad física, controlar los factores desencadenantes y disminuir la vulnerabilidad socioeconómica de las familias asentadas en el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico.

Tabla 44. *Estrategias de gestión del riesgo para el tramo vial Moraspamba – Tablas Chico*

Tipo de medida	Problemática identificada	Estrategia propuesta	Prioridad	Actores responsables sugeridos	Indicador de cumplimiento
Estructural	Drenaje inadecuado o inexistente en sectores de la vía.	Construcción, limpieza y mantenimiento periódico de cunetas, alcantarillas, bajantes y sistemas de evacuación de aguas lluvias.	Muy alta	GAD parroquial, GAD municipal, GAD provincial, comunidad.	Número de cunetas/alcantarillas intervenidas y mantenidas antes de temporada lluviosa.
Estructural / ambiental	Saturación del terreno y concentración de escorrentía.	Drenajes controlados de agua junto con amortiguadores de energía y limpieza de los canales de agua deben ser implementados.	Muy alta	GAD provincial, técnicos de obras públicas, comunidad.	Puntos de escorrentía controlados en T3, T4, T5 y T6.

Estructural	Pendientes y taludes inestables.	Estabilización de taludes mediante perfilado técnico e instalación de muros de contención, terrazas, mallas, anclajes u otras soluciones según lo determine el estudio técnico.	Alta	GAD provincial, técnicos geotécnicos, obras públicas.	Número de taludes críticos con diseño e intervención técnica.
Ambiental	Erosión superficial y pérdida de cobertura protectora.	Reintroducción de especies nativas y protección del suelo y gestión de la actividad humana en pendientes.	Alta	GAD parroquial, MAATE, comunidad, instituciones educativas.	Área revegetada o protegida en puntos críticos.
No estructural	Alta percepción de deslizamientos y caída de material.	Las delimitaciones de la zona de peligro y el registro de eventos comunitarios están subsumidos tanto con señalización positiva como negativa.	Alta	GAD parroquial, comunidad, gestión de riesgos.	Señales instaladas y ficha comunitaria de eventos actualizada.
No estructural / comunitaria	Falta de monitoreo local.	Establecer supervisión comunitaria para el monitoreo de grietas, medición de humedad, monitoreo de escombros, monitoreo de obstrucciones	Alta	Comités comunitarios, GAD parroquial, líderes locales.	Registro mensual de observaciones y alertas comunitarias.

		en el drenaje y monitoreo de deformidades en la vía.			
No estructural / institucional	Cierre de vía afecta ingresos y acceso a servicios.	Creación de un plan comunitario de movilidad y respuesta ante desafíos en la vía.	Alta	GAD parroquial, transportistas, comunidad, instituciones locales.	Plan de movilidad elaborado y socializado.
Socioeconómica	Alta dependencia económica de agricultura y ganadería.	Fomentar el crecimiento de otros cultivos destinando fuerza de trabajo preferentemente local.	Media-alta	MAG, GAD parroquial, asociaciones productivas, comunidad.	Número de familias vinculadas a alternativas productivas.
Socioeconómica / comunitaria	Baja capacidad de ahorro o apoyo ante emergencias.	Buscar el establecimiento de mecanismos locales de respuesta rápida, fondos solidarios y redes de apoyo comunitario.	Alta	Comunidad, GAD parroquial, organizaciones locales.	Fondo o red de apoyo conformada y reglamentada.
No estructural	Falta de capacitación en emergencias.	Desarrollar talleres comunitarios en actuaciones ante deslizamientos, rutas seguras, señales de alerta y primeros pasos de respuesta.	Muy alta	Gestión de riesgos, GAD parroquial, instituciones educativas, comunidad.	Número de talleres ejecutados y familias capacitadas.

No estructural / familiar	Ausencia de planes familiares de emergencia.	El diseño y la socialización de planes familiares de emergencia para el caso de deslizamientos.	Muy alta	Comunidad, GAD parroquial, líderes barriales, instituciones educativas.	Porcentaje de familias con plan familiar elaborado.
Institucional	Débil articulación institucional.	Crear un grupo local para la supervisión de problemas viales y comunitarios.	Media-alta	GAD parroquial, GAD municipal, GAD provincial, comunidad.	Mesa instalada y actas de seguimiento semestral.

Nota. Elaboración propia.

Las estrategias priorizan primero el control de drenaje y la protección de taludes en T4, T5, T6 y T8, clasificados con riesgo alto; luego consideran T1 y T9, también con riesgo alto por la vulnerabilidad agregada del tramo. La selección final requiere verificación de campo y diseño geotécnico.

4.4.4. Estrategias por horizonte temporal

Para ayudar en la operacionalización de las estrategias, se han diferenciad y clasificado las acciones que deben llevarse a cabo de inmediato, a corto plazo y a mediano plazo. Esta diferenciación permite distinguir las acciones que se pueden realizar con los recursos básicos disponibles a nivel comunitario e institucional, y las que demandan estudios técnicos, asignaciones presupuestarias y contratación especializada.

Tabla 45. *Plan de acción temporal para la gestión del riesgo*

Horizonte temporal	**Estrategias principales**	**Alcance esperado**
Inmediato: 0 a 3 meses	Limpieza de canales y alcantarillas; señalización provisional de puntos críticos; identificación comunitaria de agrietamiento, obstrucciones y caída de material; socialización de rutas de huida.	Se busca reducir las condiciones inmediatas de exposición durante lluvias y mejorar la capacidad de alerta local.
Corto plazo: 3 a 12 meses	Actividades como la realización de talleres comunitarios; la elaboración de planes familiares; la conformación de brigadas comunitarias; el registro de eventos; un mantenimiento programado del drenaje; la delimitación de zonas de atención prioritaria.	Fortalecer la preparación comunitaria, la organización local y el seguimiento preventivo de sectores críticos.
Mediano plazo: 1 a 3 años	Estudios técnicos de estabilización; construcción de obras de drenaje permanentes; muros o estructuras de contención donde corresponda; revegetación de laderas; fortalecimiento de cadenas productivas.	Se busca disminuir la vulnerabilidad económica. Asimismo, se busca reducir la susceptibilidad física.
Largo plazo: más de 3 años	Integración de puntos críticos en la planificación territorial; actualización del plan comunitario (de contingencia); gestión de	Consolidar la gestión de riesgo en la planificación local y fomentar la resiliencia territorial.

	financiamiento; institucionalización del monitoreo vial y comunitario.

Nota. Elaboración propia.

La secuencia temporal permite comenzar por acciones de bajo costo y alta utilidad en cuanto a los impactos: limpieza de drenajes, señalización, capacitación, etc. Luego, están los recursos organizativos en el ámbito comunitario, es decir, la planificación familiar. Se requieren estudios técnicos y disposición institucional a mediano y largo plazo en aquellos sectores donde la modelación GEO5 ha evidenciado condiciones de inestabilidad bajo el escenario saturado.

4.4.5. Estrategias específicas por dimensión del riesgo

La gestión del riesgo en el tramo Moraspamba – Tablas Chico requiere intervenir tanto la amenaza como la vulnerabilidad. Por esta razón, las estrategias se agrupan en dimensiones física, ambiental, social, económica e institucional.

Tabla 46. *Estrategias por dimensión del riesgo*

Dimensión	**Estrategia específica**	**Resultado esperado**
Física / geotécnica	Estabilizar taludes críticos, mantenimiento de cortes y controlar erosiones, revisar técnicamente situaciones con FS bajo.	Reducir la probabilidad de falla en puntos críticos.
Hidrológica	Mejorar el drenaje y control de las aguas de escorrentía	Se debe reducir la infiltración y la presión en los taludes.
Ambiental	Es necesario revegetar los taludes y mantener siempre cubierta la zona de protección. Controlar actividades que pueden debilitar el suelo.	Aumentar la protección natural de los terrenos y disminuir su erosión.
Social	Entrenamiento de su comunidad, brigadas locales, simulacros y señalización de rutas seguras.	Mejorar la preparación y respuesta de la población.
Familiar	Preparación de la familia ante emergencias y armados de mochilas básicas de respuesta.	Incrementar la capacidad de autoprotección familiar.
Económica	Se diversifican los ingresos, fortalecen la comercialización y se establecen redes de apoyo.	Reducir la dependencia económica exclusiva de la vía

		y mejorar recuperación postevento.
Institucional	Mesa encargada del riesgo del sistema de gestión y sus actividades.	Fortalecer la gobernanza local del riesgo.

Nota. Elaboración propia.

Los indicadores propuestos permiten monitorear el avance de cada estrategia, por ejemplo, el número de drenajes mantenidos, talleres realizados, hogares con plan familiar y puntos críticos con evaluación geotécnica. La frecuencia de seguimiento se plantea antes y durante la temporada lluviosa o con periodicidad semestral o anual, según la acción. Son metas de seguimiento propuestas y no resultados ya alcanzados.

4.4.6. Indicadores de seguimiento y evaluación

Para verificar la aplicación de las estrategias se plantean indicadores de seguimiento. Estos permiten medir avances y facilitar la toma de decisiones por parte de los actores locales.

Tabla 47. *Indicadores de seguimiento de las estrategias propuestas*

Estrategia	**Indicador**	**Frecuencia de verificación**
Mantenimiento de drenajes	Número de cunetas, alcantarillas y pasos de agua limpiados o rehabilitados.	Antes y durante la temporada lluviosa.
Monitoreo comunitario	Total de informes sobre fisuras, caída de materiales, obstrucciones o daños vehiculares	Mensual y después de lluvias intensas.
Señalización preventiva	Número de señales situadas en lugares de riesgo.	Semestral.
Capacitación comunitaria	Cantidad de talleres ejecutados y cantidad de familias participantes.	Semestral.
Plan familiar de emergencia	Proporción de familias que tiene un plan familiar socializado.	Anual.
Estabilización de taludes	Número de puntos críticos con evaluación técnica, diseño o intervención ejecutada.	Anual.
Revegetación	Área intervenida con especies protectoras o nativas.	Semestral.

Redes de apoyo comunitario	Número de familias vinculadas a redes de apoyo o fondos solidarios.	Anual.
Plan de movilidad ante cierres	Documento de ruta alternativa o protocolo comunitario elaborado y socializado.	Anual o después de eventos.

Nota. Elaboración propia.

Los indicadores buscan transformar las estrategias en acciones evaluables. Asimismo, permite realizar una práctica evaluación del avance de las obras, detectar posibles retrasos y adecuar las medidas según la evolución de los movimientos en masa. El monitoreo debe enfocarse en los meses de lluvias, ya que fue identificado que la saturación del terreno fue uno de los principales detonantes de inestabilidad.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

La evaluación de los nueve puntos críticos identificó la pendiente, la configuración de las laderas y la variabilidad de los materiales —con predominio de arenas mal gradadas en la clasificación granulométrica— entre las condiciones que favorecen la susceptibilidad. La lluvia y la saturación pueden actuar como desencadenantes: 54 de los 70 hogares encuestados (77,1 %) señalaron su influencia y 42 (60,0 %) reportaron deslizamientos frecuentes o muy frecuentes. En el modelo de talud infinito, el factor de seguridad disminuyó en los nueve puntos al pasar del escenario seco al saturado; por ejemplo, en T5 pasó de 0,81 a 0,50 para 1,5 m de espesor. El resultado respalda atender el agua y el drenaje junto con las condiciones de pendiente y suelo. La observación registró cobertura vegetal variable, pero no cuantificó deforestación; por tanto, no se establece esta como causa demostrada. Los parámetros de resistencia fueron referenciales, de modo que los factores de seguridad representan escenarios y requieren validación mediante ensayos locales.

Las respuestas de los 70 hogares describen limitaciones de preparación y recursos ante una posible interrupción vial. El índice formativo completo tuvo una media de 0,842 (DE = 0,105; IC 95 %: 0,817–0,865), y su clasificación absoluta ubicó a 68 hogares (97,1 %) en nivel alto, con efecto techo; por ello, los terciles relativos (25, 22 y 23 hogares) solo ordenan posiciones dentro de esta muestra. Asimismo, 51 hogares (72,9 %) anticiparon una afectación económica alta por el cierre, 56 (80,0 %) reportaron no contar con ahorros o apoyo de emergencia, y 69 (98,6 %) no habían recibido capacitación. Solo 2 familias (2,9 %) declararon contar con un plan de emergencia; 68 no lo tenían o no lo conocían. El análisis de entropía describe la diversidad de respuestas y no mide por sí solo la gravedad de la vulnerabilidad. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas del índice reducido por exposición declarada ($p = 0,515$); este resultado no demuestra igualdad ni causalidad.

La integración de la susceptibilidad física y la vulnerabilidad agregada del tramo situó a T4, T5, T6 y T8 en la prioridad territorial más alta; T1 y T9 también quedaron en nivel de riesgo alto, mientras T2, T3 y T7 se clasificaron en nivel medio. Esta jerarquización permite orientar inspecciones y estudios, pero no representa una clasificación de los hogares por sector porque la encuesta no está vinculada geográficamente con los puntos críticos. La combinación de escenarios menos estables bajo saturación y las brechas declaradas de preparación sustenta una propuesta con dos líneas complementarias: verificar y mejorar el drenaje y las condiciones de los taludes mediante estudios técnicos, y fortalecer la respuesta

de las familias con capacitación y planes de emergencia. Su implementación debe coordinarse con las autoridades competentes y validarse en campo antes de definir obras.

5.2. RECOMENDACIONES

Realizar una verificación geotécnica y de drenaje en T4, T5, T6 y T8, con atención prioritaria a la escorrentía y la saturación observadas y modeladas. Completar levantamientos topográficos y ensayos de resistencia al corte, y confirmar la correspondencia entre muestras y taludes antes de diseñar obras. Incorporar medidas de protección de cobertura donde la inspección confirme erosión o pérdida vegetal; no atribuir ni intervenir sobre una supuesta deforestación sin evidencia local.

Coordinar entre la comunidad y las instituciones responsables un protocolo de movilidad y comunicación para cierres viales, y actualizar el diagnóstico con hogares georreferenciados y registros de accesibilidad y afectación económica. La priorización deberá considerar que 51 hogares anticiparon una afectación económica alta y 56 reportaron no contar con ahorros o apoyo de emergencia, sin extrapolar estos datos a puntos críticos individuales. Revisar periódicamente las condiciones de la vía y comunicar rutas o alternativas verificadas.

Desarrollar talleres prácticos sobre señales de inestabilidad, actuación segura, rutas de evacuación y comunicación durante emergencias, y acompañar a cada familia en la elaboración y socialización de su plan. Esta acción responde a que 69 de 70 hogares no habían recibido capacitación y solo 2 declararon tener un plan familiar. Registrar la participación, los planes elaborados y los simulacros realizados; revisar estos avances antes de la temporada lluviosa junto con la inspección comunitaria de drenajes y cambios visibles en la vía.

REFERENCIAS

Albarracin, D., & Aucay, A. (2024). *Análisis De La Susceptibilidad a Deslizamientos MedianteTécnicas Geomáticas Del Cantón Santa Isabel, Provincia DelAzuay, 5–10.*

Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del ecuador.*

Asamblea Nacional. (2010). *CODIGO ORGANICO ORGANIZACION TERRITORIAL AUTONOMIA DESCENTRALIZACION, 1–174.*

Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente.*

Asamblea Nacional. (2024). *RIESGO DE DESASTRES, 1–48.*

British Geological Survey. (2020). *Understanding landslides. British Geological Survey.*

Cardona A, O. (2001). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Centro de Estudios Sobre Desastres y Riesgos, 1–18.* Obtenido de http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf

Cardona, O. (2010). Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión de Riesgos. Programa para América Latina Y el Caribe. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 32. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 32*.

Carreño, M., Cardona, O., & Barbat, A. (2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Monografía CIMMNE IS-52, 166. https://doi.org/10.13140/2.1.1658.4003.* Obtenido de https://doi.org/10.13140/2.1.1658.4003

CEPAL. (2019). *Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe. Instituto Latinoamericano y Del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), 59.*

Chiriboga-Pinos, J., Gaibor-Velasco, N., & Monteros-Pazmiño, D. (2024). Vulnerabilidad y Desarrollo en Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, 9(5), 639–647. https://doi.org/10.33386/593dp.2024.5.2603. *593 Digital Publisher CEIT, 9(5), 639*. doi:10.33386/593dp.2024.5.2603

Collin, J., Leshchinsky, D., & Hung, C. (2005). *Soil slope and embankment design: Reference manual. National Highway Institute, Federal Highway Administration.*

Crozier, M. (1996). *Landslides, cauces, consequences, & Environment. New Hampsire.*

Cruden, D. (1996). *Cruden,D.M.,Varnes, D.J.,1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board, 247(January 1996), 36–57.*

Daniel Noboa Azín. (2024). *Reglamento ley para la gestión integral del riesgo de desastres.*

FAO. (2015). *MARCO DE ACCIÓN PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA NUTRICIÓN EN CRISIS PROLONGADAS PROLONGADA.*

FAO. (2020). *S COMITÉ FORESTAL EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO 2020: MENSAJES PRINCIPALES Resumen, 1–7.*

Gonzáles, C., Velasco, J., & Miranda, J. (2024). *Crecimiento resiliente para un futuro mejor. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento - Banco Mundial, 1–176.*

Guzzetti, F., Peruccacci, S., & Rossi, M. (2007). *RAINFALL THRESHOLDS FOR THE INITIATION OF.*

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodologia de la investigación: las rutas cuantativa, cualitativa y mixta. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES.*

Highland, L., & Bobrowsky, P. (2008). *The landslide handbook: A guide to understanding landslides (U.S. Geological Survey Circular 1325). U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/circ/1325/.* Obtenido de https://pubs.usgs.gov/circ/1325/

INEC. (2022). *2022 CPV Nacional Densidad Poblacional.* Obtenido de https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/2022_CPV_NACIONAL_DENSIDAD_POBLACIONAL.xlsx

Iverson, M. (2000). Landslide triggering by rain infiltration, 36(7), 1897–1910.

Jurado, J., & Quinche, E. (2023). Consideraciones geológicas del movimiento en masa en el barrio La Merced de Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador. Revista Científica GeoLatitud, 6(2), 99–106. *Revista Científica GeoLatitud, 6(2), 99*.

Kerlinger, F. (1979). *Investigación del Comportamiento.*

Lavell, A., Mansilla, E., & Smith, D. (2003). *La Gestión Local del Riesgo Nociones y Precisiones en torno al Concepto y la Práctica. Centro de Coordinación Para La Prevención de Los Desastres Naturales En America Central-CEPREDENAC, 101.* Obtenido de http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/brasil

Lavell. A. (2003). *© CEPREDENAC - PNUD 2003 , Derechos Reservados ISBN : Diagramación y diseño de portada : Marco Luque Impresión : Tiraje :.*

Miele, P., Di Napoli, M., Guerriero, L., Ramondini, M., Sellers, C., Annibali Corona, M., & Di Martire, D. (2021). Landslide awareness system (Laws) to increase the resilience and safety of transport infrastructure: The case study of pan-American highway

(Cuenca–Ecuador). Remote Sensing, 13(8). https://doi.org/10.3390/rs13081564. *Remote Sensing, 13*. doi:10.3390/rs13081564

Nacional, A. (2021). *LEY ORGÁNICA REFORMATORIA DEL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE Y DEL CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN.*

Naciones Unidas/CEPAL. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. Publicación de las Naciones Unidas.*

NASA Langley Research Center. (2026). *POWER: Prediction of Worldwide Energy Resources — Daily Point Data. https://power.larc.nasa.gov.* Obtenido de https://power.larc.nasa.gov

New York State Department of Transportation. (2014). *Geotechnical Design Manual: Chapter 10. Slope stability analysis. NYSDOT.*

Obregón, C., & Lara, J. (2013). EL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA: UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO. (Spanish). Landslide Susceptibility Map: A Tool for Sustainable Land Management. (English), 64(25), 49–64. *(English), 64(25), 49*.

Open-Meteo. (2026). *Historical Weather API (ERA5 reanalysis). https://open-meteo.com.* Obtenido de https://open-meteo.com

Ortiz, J. (2023). *ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE INUNDACIONES EN EL CANTÓN CALUMA, PROVINCIA BOLÍVAR.*

Paucar, A., & Vallejo, M. (2025). *Vulnerabilidad de edificaciones y socioeconómica de familias ante deslizamiento a escala local . Caso comunidad Pircapamba , cantón Guaranda , Vulnerability of buildings and socioeconomic conditions of families to landslides at a local scale : the case of, 18, 91–107.*

Paz Paredes, J. (2021). *Vulnerabilidad socioeconómica ante amenazas hidrometereológicas. Revista Científica UISRAEL, 8(1e), 55–65. https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1e.2021.522.* Obtenido de https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1e.2021.522

PNUD. (2004). *La reducción de riesgos de desastres. Un desafio para el desarrollo.* Obtenido de http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/crisis-prevention-and-recovery/reduction_risques_catastrophes.html

PNUD. (2022). *Tiempos inciertos, vidas inestables: configurar nuestro futuro en un mundo en transformación.*

Prajapati, A., Roshni, T., & Berndtsson, R. (2024). Journal of Hydrology : Regional Studies Entropy based approach for precipitation monitoring network in. Journal of Hydrology: Regional Studies, 51(August 2023), 101623. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101623. *Journal of Hydrology: Regional Studies, 51(August 2023), 101623*. doi:10.1016/j.ejrh.2023.101623

Rehman, H., Knadel, M., Kayabali, K., & Arthur, E. (2019). *Estimating Atterberg Limits of Fine-Grained Soils by Visible–Near-Infrared Spectroscopy.*

Ruiz-Alencastro Christopher Joan. (2024). *Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Económicas Carrera de Estadística Análisis del desempleo en el ecuador en el período 2017 . Trabajo de titulación – Opción : Proyecto de Investigación presentado para obtener el grado académico de Ingen.*

Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador. (2023). *No Title.* Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2025). *SitRep No. 07: Lluvias, del 01 de enero de 2025 al 03 de febrero de 2025 (Informe de situación nacional). https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2025/02/SitRep-No-07-Lluvias-01012025-al-03022025.pdf.* Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2025/02/SitRep-No-07-Lluvias-01012025-al-03022025.pdf

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2025). *SitRep No. 35: Lluvias, del 01 de enero de 2025 al 30 de abril de 2025: Bolívar (Informe de situación provincial). https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2025/05/SITREP-Nro.-35-Lluvias_Bolivar-01012025-al-30042025.pdf.* Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2025/05/SITREP-Nro.-35-Lluvias_Bolivar-01012025-al-30042025.pdf

Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27(3), 379–423. https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x. *The Bell System Technical Journal, 27(3), 379*. doi:10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Sidle, R., Bougeret, J., Bebout, G., Fesen, C., Friedrichs, C., Haese, R., & … Wang, C. (2006). *Processes , Prediction , and Land Use American Geophysical Union.*

SNGR. (2024). *SitRep No. 34 – Lluvias, (34), 1–5.*

SNGRYE. (2021). *LINEAMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ECUADOR.*

Thiel, S. (2014). *Research Methods in Public Administration and Public Management: An introduction.*

U.S. Army Corps of Engineers. (2003). *Engineering and design: Slope stability (EM 1110-2-1902). Department of the Army.*

U.S. Geological Survey. (2004). *Landslide types and processes. USGS Fact Sheet 2004-3072.*

U.S. Geological Survey. (2018). *Overview of rainfall-induced landslides. https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/science/overview-rainfall-induced-landslides.* Obtenido de https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/science/overview-rainfall-induced-landslides

U.S. Geological Survey. (2024). *Landslide basics. https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/science/landslide-basics.* Obtenido de https://www.usgs.gov/programs/landslide-hazards/science/landslide-basics

U.S. Geological Survey. (2026). *Earthquake Catalog, FDSN Event Web Service. https://earthquake.usgs.gov/fdsnws/event/1/.* Obtenido de https://earthquake.usgs.gov/fdsnws/event/1/

UNISDR. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Resolución Aprobada Por La Asamblea General El 3 de Junio de 2015, 26.* Obtenido de http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2024). *National disaster risk assessment: A guide for national practitioners. https://www.undrr.org/publication/national-disaster-risk-assessment-guide-national-practitioners.* Obtenido de https://www.undrr.org/publication/national-disaster-risk-assessment-guide-national-practitioners

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo del principio de máxima entropía

Formula.

Paso 1 $$H = -\sum p_i \ln(p_i)$$

$$\mathrm{Pi} = \frac{\mathrm{Fi}}{\mathrm{N}}$$

$$\mathrm{Pi} = \frac{27}{7} = 0{,}3857$$

Paso 2

$$\mathrm{In(pi)}$$

$$\mathrm{In}(0.3857) = -0.953$$

Paso 3

$$\mathrm{Pi\ In(pi)}$$

$$0.3857 \text{ x } (-0.953) = -0.367$$

Paso 4 suma.

$$-0.367 + (-0.365) + (-0.330) + (-0.188) = 1.250$$

Entropía Máxima.

$$\mathrm{Hmax} - \mathrm{In}(4) = 1.386$$

Entropía Normalizada.

$$\mathrm{H_n}\frac{1.250}{1.386} = 0.902$$

Estadístico	**Resultado**
H corregida	Se presenta por pregunta; no se suman valores entre preguntas
Preguntas múltiples	P8 sobre obras y P1 sobre fuentes de ingreso: excluidas del cálculo de entropía
Interpretación	Hn describe diversidad de respuestas; no mide vulnerabilidad individual

Pregunta	**Variable**	**Categorías**	**H corregida**	**H máxima**	**H normalizada**	**IC 95 %**	**IC 95 %**	**Dispersión**

						inferior	**superior**	
1.000	P1_Observa_deslizamientos	4.000	1.273	1.386	0.903	0.799	0.959	Alta
2.000	P2_Pendientes_Laderas_Inestables	3.000	0.883	1.099	0.791	0.654	0.890	Alta
3.000	P3_Señales_de_inestabilidad	2.000	0.082	0.693	0.108	0.108	0.255	Baja
4.000	P4_Influencia_lluvias	2.000	0.545	0.693	0.776	0.592	0.913	Alta
5.000	P5_Cortes_talud	3.000	0.875	1.099	0.783	0.640	0.882	Alta
6.000	P6_Sistema_drenaje	3.000	0.911	1.099	0.816	0.657	0.922	Alta
7.000	P7_Escala_general_riesgo	3.000	0.852	1.099	0.763	0.674	0.995	Alta
10.000	P2_Ingresos_suficientes_necesidades	4.000	1.179	1.386	0.835	0.805	0.999	Alta
11.000	P3_Afectación_economica	3.000	0.717	1.099	0.640	0.483	0.822	Alta
12.000	P4_Acceso_servicios_basicos	2.000	0.082	0.693	0.108	0.108	0.316	Baja
13.000	P5_Vivienda_zonainestables	3.000	0.970	1.099	0.870	0.730	0.949	Alta
14.000	P6_Ahorros_emergencia	3.000	0.597	1.099	0.530	0.390	0.750	Media
15.000	P7_Capacitación_emergencias	2.000	0.082	0.693	0.108	0.108	0.316	Baja
16.000	P8_Conocimiento_riesgo	3.000	0.717	1.099	0.639	0.569	0.979	Alta
17.000	P9_Plan_familiar	3.000	0.816	1.099	0.729	0.669	0.999	Alta

Como resultado del principio de máxima entropía muestra que el comportamiento de las reacciones es mayoritariamente heterogéneo debido al predominio de valores altos de entropía normalizada. Esto indica que la población encuestada tiene diferentes percepciones, opiniones o circunstancias sin una sola tendencia en la mayoría de los sujetos evaluados. Sin embargo, también se encuentran algunos casos con baja entropía, lo que indica que existe un alto grado de acuerdo en algunos aspectos concretos, estando la mayoría de los encuestados claramente de acuerdo en la misma respuesta. Estos puntos suelen reflejar una realidad más precisa o problemas evidentes en el contexto analizado. Por otro lado, los niveles medios representan situaciones intermedias donde hay una tendencia dominante pero no absoluta, lo que indica que aún existen diferencias significativas entre los participantes.

En general, los resultados sugieren que la población no es completamente homogénea, sino que tiene diversidad en sus circunstancias, conocimientos o percepciones, aunque con algunos temas específicos donde hay claridad y acuerdo general. Esto es fundamental para la toma de decisiones porque significa que las intervenciones deben diferenciarse y adaptarse en lugar de generalizarse a toda la población.

Anexo 2. Informe de los resultados de laboratorio de humedad natural

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR — DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II. Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2026
		Pagina	Página 1 de 2

INFORME Nº 1015-2026

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	María Natividad Chávez Chela - Alicia Piedad Aguiza Tixilema
Muestra	Muestra de suelo de Moraspamba, Monjas, Padre Hurco y Tablas Chico
Código asignado UEB	INV-659, INV-660, INV-661, INV-662, INV-663, INV-664, INV-665, INV-666
Estado de la muestra	Fresco, húmedo
Envase de recepción	Fundas ziploc
Análisis requerido(s)	Determinación de porcentaje de humedad
Fecha de recepción	04/03/2026
Fecha de análisis	04/03/2026
Fecha de informe	20/07/2026
Técnico (s) asignado	MIPV

RESULTADOS OBTENIDOS

Código	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultados	Promedio
INV-659	Moraspamba (712747; 9823240),	Porcentaje de humedad	%	Horno, estufa	24,30	24,39
					24,66	
					24,20	
INV-660	Moraspamba (710842; 9824916)				21,06	20,76
					20,71	
					20,50	
INV-661	Moraspamba (710821; 9824887)				26,46	26,01
					25,31	
					26,27	
INV-662	Monjas Padre Urco (709005; 9825643)				38,97	38,28
					37,56	
					38,32	
INV-663	Tablas Chico (706748; 9826419)				36,01	36,03
					36,05	
					36,03	
INV-664	Tablas Chico El Tope (706160; 9826643)				58,08	57,83
					57,77	
					57,65	
INV-665	Tablas Chico El Tope (706132; 9826649)				24,58	24,50
					24,42	
					24,50	
INV-666	Tablas Chico El Tope (706028; 9826629)				72,13	71,60
					71,27	
					71,39	

Datos	Elaborado por	Revisado por:
Firma		
Nombre y Apellido	Blg. Manuela Paredes Villena	Ing. Favian Bayas Morejón, PhD
Cargo	TÉCNICO DOCENTE	DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN

Anexo 3. Evidencia fotográfica





Nota: Aplicación de encuestas a las familias del sector Moraspamba



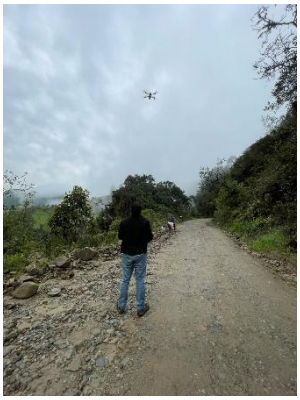


Nota: Aplicación de encuestas a las familias del sector Moraspamba-Padre Urco





Nota: Aplicación de encuestas a las familias del sector Tablas chico

Nota: Levantamiento fotogramétrico mediante vuelos de dron en los puntos críticos identificados del tramo vial.





Nota: Recolección de muestras de suelo en los puntos de estudio.



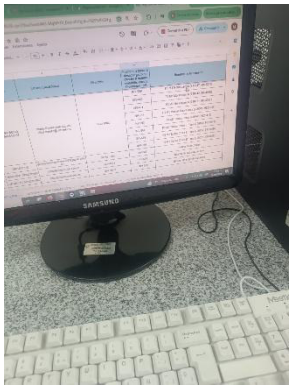


Nota: Realización del ensayo de granulometría de las muestras de suelo.





Nota: Realización del ensayo de plasticidad de las muestras de suelo.

Nota: Realización del ensayo de humedad natural de las muestras de suelo.