

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAL DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"ANÁLISIS DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CATEQUILLA DEL CANTÓN CHIMBO Y VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXPUESTAS DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE DEL AÑO 2024"

AUTORES:

EDGAR JONATHAN CHOCHOS HERNANDEZ

JOEL CERVILIO DIAS TORO

TUTOR:

ING. GLORIA IÑIGUEZ

GUARANDA – ECUADOR
2024

TEMA

Análisis de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla del cantón Chimbo y vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas durante el periodo septiembre – diciembre del año 2024.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso por siempre haber estado presente iluminando mi camino con amor y alegría, a mis padres por su constante sacrificio en todo momento apoyándome hasta alcanzar este logro, a mis hermanos por siempre haberme apoyado moralmente y económicamente y confiado en mí, aconsejándome y llevándome por el camino del bien, a mi novia, amigos y amistades que un día me brindaron su apoyo, a mis docentes por brindarme de sus conocimientos y a la Universidad Estatal de Bolívar por permitirme forjarme con gratitud mi carrera profesional.

Chochos Hernandez Edgar Jonathan

En primer lugar quiero agradecer profundamente a mis padres, Francisco Dias y Yolanda Toro por haber sido un apoyo incondicional y su sacrificio constante para mi formación tanto académica como personal, a mis hermanos Andrea Dias, Emily Dias y Javier Dias por ser las personas que me han guiado por el camino del conocimiento, la perseverancia y el esfuerzo, a mis mejores amigos Leonardo Barragán, Anthony Zapata y Dona Ibarra quienes me han brindado su apoyo sus consejos en momentos difíciles, también extiendo mi mas sincero agradecimiento a mi tutor y pares de tesis por haberme guiado a cabalidad en el desarrollo de este proyecto de investigación y por último a la Universidad Estatal de Bolívar por haberme abierto las puertas para ser parte de esta prestigiosa institución y lograr alcanzar mi formación académica como profesional en Ingeniería en Riesgos de Desastres.

Joel Cervilio Dias Toro

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación le dedico a Dios quien me supo dar fuerzas, salud y vida y brindarme el conocimiento necesario para cumplir una meta más en mi vida.
A mis padres Ángel Chochos y María Hernández por haber sido uno de los pilares fundamentales en mi vida y brindarme su apoyo incondicional y guiarme por el camino del bien, a mis hermanos/as por siempre haber estado presente desde mi niñez en todo momento apoyándome y aconsejándome para poder cumplir mis sueños, a mi mejor amiga Marcela Guerrero por haber llegado a mi vida de una manera inesperada, a cuidar y sanar heridas que ella no ocasiono, por haberme apoyado y confiado en mí en todo momento, a mi novia Shirley Toalombo y amistades que siempre estuvieron presentes con su apoyo y confianza en el transcurso de la elaboración de mi proyecto de grado con gratitud y alegría en mi corazón, dedico este logro a todos ustedes.

Chochos Hernandez Edgar Jonathan.

Este proyecto de investigación quiero dedicarles a mis queridos padres Francisco Dias y Yolanda Toro quienes nunca me han dejado solo mi proceso de formación como ser humano y como un profesional, brindándome todo su cariño y apoyo en cada momento, inculcándome valores esenciales en mi vida como el respeto, la perseverancia y la empatía.
A mis hermanos Andrea Días, Emily Dias y Javier Dias, quienes le han dado vida a mi vida, enseñándome la importancia del amor, el respeto y la confianza, aprendiendo entre momentos de risas y felicidad lo maravilloso que es tenerlos a mi lado. A mi querida abuela Laura Toro quien, junto con risas y muestras enormes de cariño me ha hecho darme cuenta que con ella a mi lado, la vida duele menos. A mi querido sobrinito Ander Arboleda, quien me enseñó que cuando empieza una vida, llena de colores otras. A mis mascotas Fichis y Cloe que con ellas he aprendido que amar y ser paciente es una virtud.
A todos aquellos que siempre confiaron en mí y me extendieron su mano en momentos difíciles, este proyecto de investigación se los dedico a todos ustedes.

Joel Cervilio Dias Toro.

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

El suscrita Ingeniera Gloria Piedad Iñiguez, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN,** docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que el Sr. **EDGAR JONATHAN CHOCHOS HERNANDEZ,** portador de la cédula **020215865-5** y del Sr. **JOEL CERVILIO DIAS TORO,** portador de la cédula **025025905-8**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres,** modalidad presencial ,una vez revisado el documento **"ANÁLISIS DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CATEQUILLA DEL CANTÓN CHIMBO Y VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXPUESTAS DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE, 2024,** pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda,08 de abril del 2025.

Atentamente,

.....

Ing: Gloria Piedad Iñiguez

Tutor del proyecto de investigación.

DERECHOS DE AUTOR

UEB | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

BIBLIOTECA GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Chochos Hernandez Edgar Jonathan y Dias Toro Joel Cervilio portador/res de la Cédula de Identidad No 0202158655 y 0250259058 en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:"ANÁLISIS DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CATEQUILLA DEL CANTÓN CHIMBO Y VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXPUESTAS DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE, 2024, 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/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

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

Edgar Jonathan Chochos Hernandez

Edgar chochos
0202158655

Dias Toro Joel Cervilio

Joel Dias
0250259058

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

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

Guaranda, 24 de febrero de 2025.

El suscrito Ingeniera Gloria Piedad Iñiguez Jimenez. Directora del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "ANÁLISIS DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CATEQUILLA DEL CANTÓN CHIMBO Y VULNERABILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXPUESTAS DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE DEL AÑO 2024"; realizado por los señores: **Edgar Jonathan Chochos Hernandez y Joel Cervilio Dias Toro** 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. GLORIA PIEDAD IÑIGUEZ JIMENEZ

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

INDICE DE CONTENIDO

TEMA ii

AGRADECIMIENTO iii

DEDICATORIA iv

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR v

DERECHOS DE AUTOR vi

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR vii

INDICE DE CONTENIDO viii

INDICE DE TABLAS xiv

INDICE DE FIGURAS/GRAFICAS/IMÁGENES xvi

RESUMEN 1

ABSTRACT 2

INTRODUCCIÓN 3

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA 5

1.1. Planteamiento del problema 5

1.2. Formulación del problema 6

1.3. Justificación 6

1.4. Objetivos 8

1.4.1. Objetivo general 8

1.4.2. Objetivos específicos 8

1.5. Hipótesis 9

1.6. Matriz de operacionalización de variables 10

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 15

2. Marco referencial 15

2.1. Antecedentes 16

2.1.1. Contexto histórico 16

2.1.2. Mapa de ubicación 17

2.2. Antecedentes de la investigación 18

2.3. Bases teóricas 20

2.3.1. Amenaza 20

2.3.2. Planificación/ordenamiento territorial 20

2.3.3. Movimientos de masa 21

2.3.4. Tipos de movimientos en masa 21

2.3.5. Partes de un deslizamiento 24

2.3.6. Flujos 25

2.3.7. Derrumbes 27

2.3.8. Geología de la región 29

2.3.9. Factores que inciden en los deslizamientos 31

2.3.10. Cobertura vegetal: 32

2.3.11. Medidas de mitigación 32

2.3.12. Vulnerabilidad..... 32

2.3.13. La vulnerabilidad social 32

2.3.14. Infraestructuras 33

2.3.15. Medidas estructurales y no estructurales..... 33

2.3.16. Código de construcción 34

2.3.17. Vulnerabilidad infraestructural 34

2.4. Marco Legal 35

2.5. Glosario de términos..... 38

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... 42

3. Tipo de Investigación..... 42

3.1. Enfoque de la investigación 42

3.2. Métodos de Investigación..... 42

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 43

3.4. Universo, Población y Muestra 46

3.5. Procesamiento de la Información 46

Objetivo 1: Evaluar el nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo. 47

Objetivo 2: Definir el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas por el posible deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo 48

3.5.1. Indicador de vulnerabilidad ante amenaza de deslizamiento 48

3.5.2. Tabla de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de Vialidad..... 51

3.5.3. Tabla de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de Agua Potable. 53

Objetivo 3: Plantear medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo. 56

CAPÍTULO IV. RESULTADOS 57

4.1. Resultados del objetivo 1: Evaluar el nivel de amenaza del cerro Catequilla en el cantón Chimbo. 57

4.1.1. Precipitaciones – Isoyetas..... 58

4.1.2. Cobertura Vegetal 61

4.1.3. Pendiente 63

4.1.4. Resultados de la metodología de análisis de multicriterio Fuzzy y Saaty 65

4.1.5. Nivel de amenaza 66

4.2. Resultados del objetivo 2: Definir el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas por el posible deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo……..67

4.2.1. Ponderación general de la vulnerabilidad Infraestructural según la metodología del PNUD 68

4.2.2. Análisis de la vulnerabilidad física estructural de la amenaza de deslizamientos……...69

4.2.3. Calificación de vulnerabilidad física de redes vitales – Sistema de Vialidad…….73

4.2.3.1. Tramo de la vía entrada a Chimbo – Plaza La Merced de San José de Chimbo……..73

4.2.3.2. Tramo de la vía estatal “La Magdalena - El Torneado” 74

4.2.3.3. Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de Red Vial.. 75

4.2.4. Análisis de vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable 79

4.2.4.1. Red de captación del agua potable 79

4.2.4.2. Red de conducción del agua potable 81

4.3. Resultados del objetivo 3: Plantear medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo 84

4.3.1. Título 85

4.3.2. Justificación 85

4.3.3. Objetivos..... 86

4.3.3.1. Objetivo General 86

4.3.3.2. Objetivos específicos..... 86

4.3.4. Medias estructurales 87

4.3.5. Medias no estructurales 90

4.4. Comprobación de la Hipótesis..... 94

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 96

5. CONCLUSIONES 96

6. RECOMENDACIONES 97

7. BIBLIOGRAFÍA 98

8. ANEXOS 103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de la variable de deslizamientos. 10

Tabla 2: Matriz de operacionalización de la variable de vulnerabilidad. 13

Tabla 3: Matriz de normalización de Saaty. 47

Tabla 4: Indicador de vulnerabilidad ante amenaza de deslizamiento. 48

Tabla 5: Ponderación de la variable de Amenaza de deslizamiento. 50

Tabla 6: Niveles de vulnerabilidad de las viviendas por puntaje..... 50

Tabla 7: Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales - Sistemas de Vialidad. 51

Tabla 8: Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial 52

Tabla 9: Clasificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales - Sistema de Agua Potable. 53

Tabla 10: Niveles de vulnerabilidad de las redes vitales por puntajes..... 56

Tabla 11: Promedios mensuales de precipitaciones..... 59

Tabla 12: Promedios y sumas anuales de precipitación. 59

Tabla 13: Asignación de pesos por el tipo de cobertura vegetal..... 62

Tabla 14: Características de la pendiente en el cerro Catequilla. 63

Tabla 15: Matriz de normalización de Saaty. 65

Tabla 16: Matriz normalizada. 65

Tabla 17: Niveles de susceptibilidad del cerro Catequilla. 67

Tabla 18: Matriz de la ponderación general de la vulnerabilidad Infraestructural . 68

Tabla 19: Matriz de resumen de las viviendas expuestas a la vulnerabilidad física estructural de la amenaza de deslizamientos..... 70

Tabla 20: Calificación general de las viviendas expuestas a la vulnerabilidad física estructural de la amenaza de deslizamientos 71

Tabla 21: Calificación de vulnerabilidad física de la vía "entrada a Chimbo – Plaza La Merced" de San José de Chimbo 73

Tabla 22: Calificación de la vulnerabilidad física de la vía estatal La Magdalena - El Torneado 74

Tabla 23: Calificación de vulnerabilidad física de la vía estatal "La Magdalena - El Torneado". 75

Tabla 24: Vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial "entrada a Chimbo – Plaza La Merced" de San José de Chimbo. 76

Tabla 25: Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial "La Magdalena - El Torneado". 77

Tabla 26: Calificación de la vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable. 79

Tabla 27: Calificación del nivel de vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable captación. 80

Tabla 28: Ponderación de la red de conducción del agua potable. 81

Tabla 29: Puntuación del nivel de vulnerabilidad la red de conducción de agua potable. 82

Tabla 30: Matriz de medidas estructurales. 87

Tabla 31: Matriz de medidas no estructurales. 90

INDICE DE FIGURAS/GRAFICAS/IMÁGENES

Figura 1: Mapa de Ubicación del Cerro Catequilla. 17

Figura 2: Representación de desprendimientos o caídas..... 22

Figura 3: Representación de vuelcos o desplomes. 23

Figura 4: Representación de deslizamientos. 23

Figura 5: Representación de flujos..... 26

Figura 6: Mapa de ubicación del área de estudio del cerro Catequilla. 57

Figura 7: Gráfico estadístico de precipitaciones. 58

Figura 8: Mapa de precipitaciones en San José de Chimbo 60

Figura 9: Mapa de cobertura vegetal de San José de Chimbo..... 61

Figura 10: Mapa de pendientes..... 64

Figura 11: Mapa de susceptibilidad a deslizamientos..... 66

Figura 12: Gráfico estadístico de los datos de las viviendas vulnerables 71

Figura 13: Mapa ubicación geográfica de las infraestructuras expuestas en el cerro Catequilla ante un movimiento en masa. 72

Figura 14: Mapa de la ubicación geográfica de la exposición de la vulnerabilidad física de la red vial de primer ante un movimiento en masa en el cerro Catequilla 78

Figura 15: Mapa ubicación geográfica de la red de agua potable expuestas ante un movimiento en maza en el cerro Catequilla. 83

RESUMEN

Este estudio de investigación examina minuciosamente la amenaza que representa el Cerro Catequilla, localizado en el cantón Chimbo, y evalúa la vulnerabilidad de la infraestructura afectada entre septiembre y diciembre de 2024. La metodología empleada abarca un enfoque descriptivo, evaluativo y correlacional, integrando técnicas de análisis multicriterio, sistemas de información geográfica (SIG) y métodos específicos como el difuso, Saaty y PNUD.

La investigación señala los elementos geomorfológicos, hidrológicos, de vegetación y de origen humano que influyen en la amenaza, además de elaborar un mapa que muestra el riesgo de deslizamientos. Asimismo, se lleva a cabo una evaluación de la infraestructura expuesta, teniendo en cuenta su condición estructural, los materiales utilizados en su construcción y el entorno que la rodea, con el objetivo de clasificar su vulnerabilidad en categorías de baja, media y alta.

Los hallazgos evidencian una notable vulnerabilidad en diversas áreas del Cerro Catequilla, así como una considerable exposición a infraestructuras críticas. A partir de estos resultados, se sugieren estrategias para mitigar y reducir los riesgos con el fin de salvaguardar a la comunidad, minimizar el impacto económico y fortalecer la capacidad de respuesta local ante posibles adversidades. Este análisis es un recurso clave para la toma de decisiones respecto a la gestión de riesgos en el cantón Chimbo.

Palabras claves:

Amenaza, deslizamiento, riesgo, vulnerabilidad, infraestructuras.

ABSTRACT

This research study thoroughly examines the hazard posed by Cerro Catequilla, located in the Chimbo canton, and assesses the vulnerability of the affected infrastructure between September and December 2024. The methodology used encompasses a descriptive, evaluative, and correlational approach, integrating multicriteria analysis techniques, geographic information systems (GIS), and specific methods such as fuzzy mapping, Saaty, and UNDP.

The study identifies the geomorphological, hydrological, vegetation, and human-caused elements that influence the hazard, in addition to developing a map showing the landslide risk. An assessment of the exposed infrastructure is also carried out, taking into account its structural condition, the materials used in its construction, and the surrounding environment, with the goal of classifying its vulnerability into low, medium, and high categories.

The findings reveal significant vulnerability in various areas of Cerro Catequilla, as well as considerable exposure to critical infrastructure. Based on these results, strategies are suggested to mitigate and reduce risks in order to safeguard the community, minimize the economic impact, and strengthen local response capacity to potential adversities. This analysis is a key resource for decision-making regarding risk management in the Chimbo canton.

Keywords:

Threat, landslide, risk, vulnerability, infrastructure.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país caracterizado por su compleja geografía, que alberga una notable variedad de ecosistemas y presenta una considerable actividad tectónica debido a su ubicación en el Cinturón de fuego del Pacífico. Esta condición geodinámica lo hace susceptible a distintos fenómenos naturales como terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra. La interacción de estos factores geológicos, climáticos y actividades humanas ha aumentado la vulnerabilidad de algunas áreas, impactando de manera directa a las comunidades y a sus infraestructuras. Por ello, es fundamental estudiar las amenazas naturales, como los deslizamientos, para una adecuada planificación territorial y gestión de riesgos en el país.

La provincia Bolívar, localizada en la región interandina de Ecuador, se caracteriza por su topografía irregular y la presencia de suelos propensos a la erosión y a actividades de movimientos en masa. Las abundantes lluvias y las acciones humanas, como la tala de bosques y el crecimiento urbano, han incrementado los riesgos de deslizamientos en varias regiones de la provincia. La parte económica y social podría verse gravemente afectada por estos fenómenos naturales, lo que resalta la necesidad de establecer estrategias de mitigación y respuesta ante estas amenazas.

En el cantón Chimbo, en la provincia Bolívar, está marcado por su terreno montañoso y su alta susceptibilidad a movimientos de laderas, especialmente en áreas como el cerro Catequilla. Este cerro es de particular interés debido a su significativo riesgo de deslizamientos, influenciado por factores geomorfológicos, hidrológicos y humanos. Un análisis de la amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla posibilita identificar las áreas de mayor riesgo y valorar la vulnerabilidad de las infraestructuras locales, proporcionando

información esencial para la implementación de medidas preventivas y la protección de la comunidad frente a eventos adversos.

El objetivo del presente proyecto de investigación es examinar el riesgo que suponen los deslizamientos en el cerro Catequilla, que se encuentra en el Cantón Chimbo, así como la susceptibilidad de la infraestructura que se halla en esta área durante el periodo de septiembre a diciembre de 2024. Esta investigación se centra en la importancia de entender los peligros relacionados con los deslizamientos en una región que presenta una complejidad geográfica, donde distintos elementos, tanto naturales como provocados por el ser humano, aumentan la vulnerabilidad.

La finalidad de esta investigación es analizar el riesgo que constituye el Cerro Catequilla, identificar la vulnerabilidad de las infraestructuras en sus alrededores y sugerir acciones de mitigación que ayuden a las autoridades locales a llevar a cabo medidas preventivas. Utilizando un enfoque metodológico estricto que integra análisis multicriterio y herramientas de geoprocesamiento, este proyecto tiene como meta crear una base científica robusta para la gestión de riesgos en la zona de estudio, asegurar la seguridad pública y mantener la sostenibilidad de la infraestructura crítica.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Según la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC), los deslizamientos son desplazamientos de masa de roca, tierra y escombros que ocurren debido a la acción directa de la gravedad (IFRC, 2023). Estos fenómenos forman parte de la dinámica geológica del planeta y pueden verse afectados por la actividad humana, la lluvia o la acumulación de peso estático.

Los deslizamientos de tierra son considerados uno de los fenómenos geológicos más destructivos para la humanidad. Cada año, provocan la muerte de miles de personas y causan pérdidas materiales que ascienden a decenas de miles de millones de dólares. A pesar de la clara amenaza que representan los movimientos en masa, son pocas las personas que valoran su relevancia. La magnitud del impacto de los deslizamientos podría disminuir considerablemente si se lograra identificar el problema a tiempo y se llevaran a cabo estrategias efectivas de prevención y mitigación (Cargua et al., 2024).

El cerro Catequilla en el cantón Chimbo presenta un plano de deslizamiento muy pronunciado verticalmente, por lo que se puede deducir que el cerro Catequilla presenta un riesgo potencial de deslizamiento el cual amenaza a las infraestructuras cercanas debido a que este fenómeno podría resultar en daños materiales significativos e incluso poner en riesgo la seguridad de los ciudadanos. No obstante, hasta ahora no se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo que facilite entender con detalle la dinámica de estos deslizamientos, así como, la valoración de la estabilidad del talud, ni determinar de manera precisa el nivel de amenaza que representan para las infraestructuras existentes.

Al no existir información sólida relacionada al nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo y las posibles afectaciones en las infraestructuras, se torna necesario la creación de mapas de deslizamiento tiene como objetivo identificar las áreas con riesgo de deslizamiento, lo que facilita la evaluación del grado de amenaza para el análisis correspondiente de las posibles afectaciones de las infraestructuras aledañas al talud, el cual permitirá a las autoridades de turno tomar decisiones preventivas para la reducción del riesgo.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla y vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas?

1.3. Justificación

La presencia del Cerro Catequilla en el cantón Chimbo representa un riesgo latente para la ciudad. En este contexto, una comprensión integral de este fenómeno puede promover la implementación de estrategias de mitigación de riesgos ante peligros de deslizamientos, reduciendo exponencialmente la probabilidad de pérdidas sociales y económicas en el cantón de Chimbo a futuro. La vulnerabilidad de la infraestructura que rodea el Cerro Catequilla es evidente, y la materialización de esta amenaza, en caso de desastre, tendría consecuencias devastadoras, generando desequilibrio económico y social en el cantón. Asimismo, se discute la importancia de coordinar y proponer medidas y acciones preventivas a implementar ante un peligro de deslizamiento de esta magnitud.

Debido la escasa comprensión sobre la gestión de riesgos y la posibilidad de deslizamientos en la zona, resulta esencial establecer acciones que permitan mitigar esta problemática de manera efectiva. Por consiguiente, es crucial llevar a cabo un análisis

exhaustivo que tome en cuenta la amenaza de deslizamientos y la infraestructura como aspectos centrales para el desarrollo de la investigación.

El análisis del nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo se justifica principalmente debido a la necesidad de entender y mitigar el potencial riesgo de deslizamiento presente en el lugar, que podría afectar significativamente a las infraestructuras vulnerables aledañas, ya que estas se encuentran en un grado considerable de exposición a esta amenaza.

Al desarrollar el análisis de amenaza de deslizamiento del talud del cerro Catequilla del cantón Chimbo se tomarán en cuenta los diferentes fatores que influyen en la estabilidad del talud como, la cantidad de precipitación en la zona, la cobertura vegetal, la pendiente del terreno, la hidrología, factores antrópicos, entre otras, para una mejor comprensión de amenaza en la zona. De igual forma, el estudio de la vulnerabilidad de las infraestructuras existentes en el cantón frente a la amenaza de deslizamiento, reflejará información crucial para una mejor compresión de las posibles afectaciones a las infraestructuras. Por lo tanto, beneficiará al entorno social que residen en la localidad como las viviendas que están ubicadas más cerca del talud, locales comerciales, las vías que conecta Chimbo – Guaranda, Chimbo – San Miguel, la vía principal que conduce al Santuario de la Virgen del Guayco, la ruta el Torneado, transportistas, etc.

En consecuencia, de la posible ocurrencia del evento, podría afectar drásticamente a las infraestructuras, lo que da como resultado pérdidas humanas y afectación en la actividad económica del sector turístico, ya que esta es una zona donde se conecta el mirador del cantón Chimbo y el santuario del Guayco, por lo que la intervención de las autoridades locales permitirá aplicación de medidas de prevención y mitigación donde se pretende minimizar el riesgo para el bienestar social de la zona.

A causa de las características del proyecto, se estima factible llevar a cabo un análisis de riesgo de deslizamientos, el cual será fundamental para establecer el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura. La correcta implementación de este proyecto facilitará, además, la creación de estrategias para mitigar tanto el riesgo de deslizamientos existente en la zona de estudio como la vulnerabilidad de las estructuras afectadas. Esto ofrecerá a los especialistas una base sólida para realizar intervenciones de gestión efectivas y, en consecuencia, para disminuir el riesgo en el área analizada.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla del cantón Chimbo y la vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el nivel de amenaza del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.
- Definir el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas por el posible deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.
- Plantear medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

1.5. Hipótesis

El cerro Catequilla se encuentra en un nivel de amenaza de deslizamiento alto, por lo tanto, las infraestructuras aledañas se ven vulnerables frente a la amenaza de deslizamiento.

Variable de independiente: Nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla.

Variable dependiente: Vulnerabilidad de las infraestructuras aledañas.

1.6. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1: Matriz de operacionalización de la variable de deslizamientos.

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala	Técnicas o instrumentos
Amenaza de Deslizamientos	La amenaza de deslizamiento se refiere a la posibilidad de que ocurran deslizamientos en una ubicación específica, con características definidas de intensidad, magnitud y duración. Esta amenaza puede ser causada por fenómenos naturales como sismos, erupciones volcánicas e inundaciones. No obstante, las actividades humanas también pueden desencadenar deslizamientos, ya sea por el uso inapropiado del terreno o por la	Geomorfológica.	Pendiente del terreno.	● Escala ordinal.	● Uso de SIG. ● Modelos digitales de elevación. ● ArcGIS
		Cobertura vegetal	● Área urbana. ● Área erosionada. ● Bosque intervenido. ● Bosque natural. ● Cuerpos de agua. ● Cultivos de ciclo corto. ● Pasto cultivado. ● Pasto natural. ● Vegetación arbustiva.	Extensión Km^2	● Uso de ortofotos. ● Fotointerpretación ● Clasificación de la cobertura vegetal en ArcGIS.

	edificación de infraestructuras con diseños deficientes.	Hidrometeorológica.	Precipitaciones anuales.	● Promedios anuales – mm/año.	● Plataforma de información climática y meteorológica “NASA POWER” ● Interpolación de datos de precipitación en ArcGIS.
		Hidrológica.	Distancia de la pendiente con respecto a los ríos.	● Distancia ≤ 100 m → Muy alta susceptibilidad. ● Distancia entre 100 y 300 m → Alta susceptibilidad. ● Distancia entre 300 y 500 m → Moderada susceptibilidad. ● Distancia > 500 m → Baja susceptibilidad.	● Análisis espacial en SIG. ● Uso del método de distancia euclidiana. ● ArcGIS para el cálculo de la distancia. ● Análisis espacial con la red vial en la base de datos.

	Antrópica tecnológica.	Distancia de la pendiente con respecto a las vías.	• Distancia < 50 m → Alta proximidad a las vías. • Distancia entre 50 y 200 m → Proximidad media a las vías. • Distancia entre 200 y 500 m → Proximidad baja a las vías. • Distancia > 500 m → Sin influencia directa de las vías.

Nota: *Definición de la variable de amenaza de deslizamiento con sus dimensiones, indicadores, escalas y técnicas e instrumentos.*

Tabla 2: Matriz de operacionalización de la variable de vulnerabilidad.

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala	Técnicas o instrumentos
Vulnerabilidad de las infraestructuras	Se refiere la exposición o al nivel de propensión de las infraestructuras a experimentar daños o fallos frente a la ocurrencia de fenómenos naturales, tecnológicos o provocados por el ser humano, donde generalmente se ve afectado en factores físicos, técnicos, organizacionales o socioeconómicos. (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2007)	Física estructural	Sistema estructural. Tipo de materiales de paredes. Tipo de cubierta. Sistema de entrepisos. Número de pisos.	Valores posibles del indicador: 0,1,5,10	• Análisis de la información de las infraestructuras del catastro del cantón Chimbo. • Metodología del PNUD • Tablas de Exel para ponderación de datos.
		Funcional	Cobertura de servicios	>80% → Baja 50 al 80% → Moderada <50% → Alta	

		Sin servicio → N.A
	Dependencia de servicios.	Sin dependencia. → Baja
		Con dependencia. → Alta
	Redundancia.	Mas de una → Baja
		Una → Moderada
		Ninguna → Alta
	Capacidad de intervención en los servicios.	Personal calificado y equipamiento. → Baja
		Personal calificado sin equipamiento. → Moderada
		Sin personal ni equipamiento. → Alta

Nota: *Definición de la variable de vulnerabilidad de las infraestructuras con sus dimensiones, indicadores, escalas y técnicas e instrumentos.*

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2. Marco referencial

El cerro Catequilla está ubicado en el cantón de Chimbo, dentro de la provincia de Bolívar, Ecuador. Este cerro forma parte de la cordillera occidental de los Andes ecuatorianos. La geografía de la zona es montañosa y cuenta con pendientes abruptas, lo que puede generar deslizamientos, sobre todo en la época de lluvias (GAD del cantón Chimbo, 2020).

Coordenadas Geográficas:

Zona: 17 S

Hemisferio: Sur

Este: 719270,98 m

Norte: 9813975,71 m

Con una altitud relativa de 2450 msnm

El cerro Catequilla se encuentra al este del municipio de San José de Chimbo. Aquí se encuentran la carretera Guaranda-Babahoyo y la que conduce a la vía Torneado y el Santuario de Guayco, uno de los sitios más representativos del cantón de Chimbo por su gran importancia cultural e histórica. Debido a su proximidad a esta zona poblada y a la infraestructura local, una evaluación de deslizamientos es crucial para la seguridad y el desarrollo del municipio (GAD del cantón Chimbo, 2020).

2.1. Antecedentes

2.1.1. Contexto histórico

Los deslizamientos de tierra, así como otros fenómenos peligrosos como terremotos, incendios forestales, licuefacción del suelo e inundaciones, constituyen una amenaza permanente para la población y tienen un impacto negativo en el desarrollo económico. Debido a su geografía y ubicación, el cantón de Chimbo es considerado un área susceptible a desastres naturales.

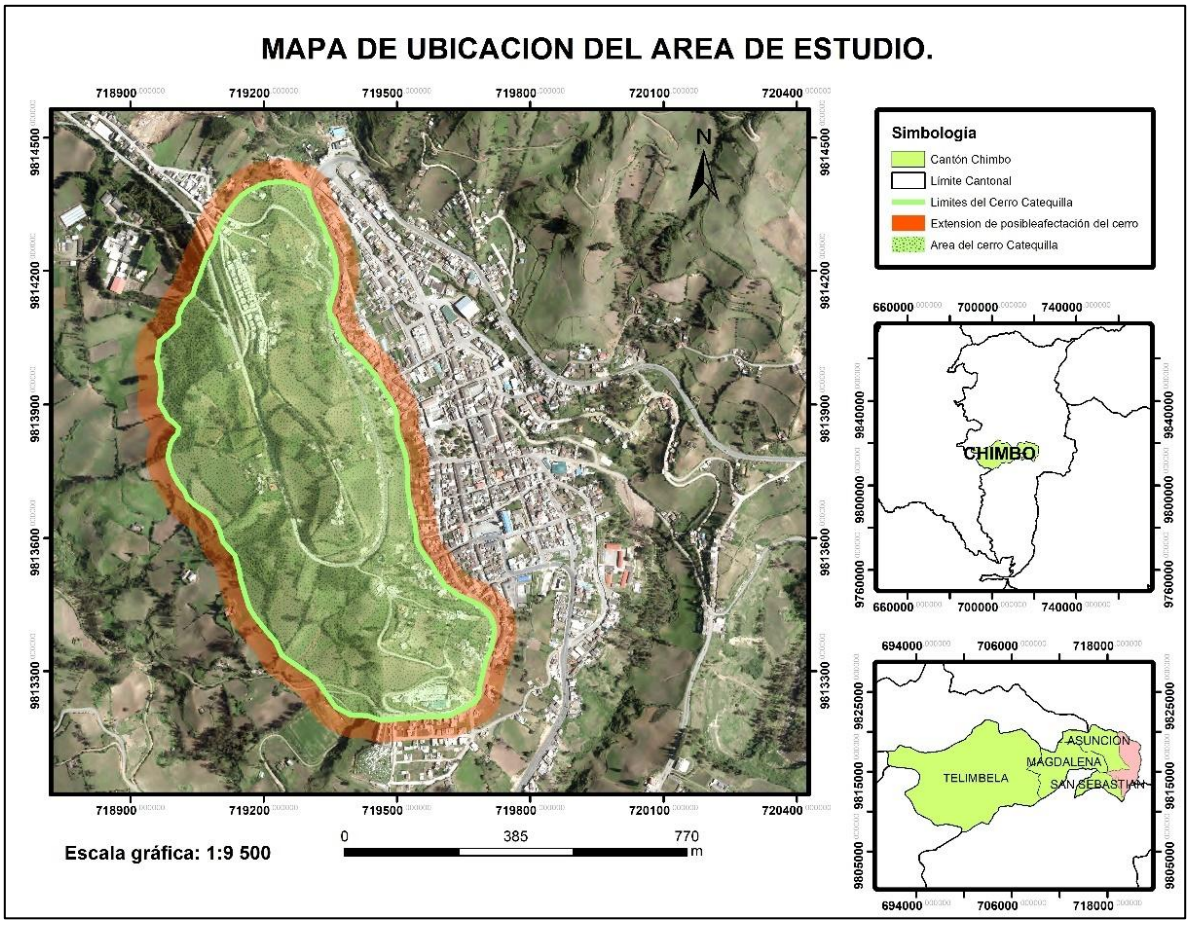
El cantón de Chimbo se localiza en una zona montañosa donde los habitantes se agrupan a la misma elevación. Esta sierra llega a alturas de hasta 3300 metros sobre el nivel del mar e incorpora montañas como el Cerro El Cuartel, Piedra Blanca, Parca Urcu, Loma Tigre, Trompa, Padre Urcu y Catequilla (GAD del cantón Chimbo, 2020).

De acuerdo con los datos disponibles, el cantón Chimbo se caracteriza por tener condiciones favorables para la aparición de deslizamientos. Entre los aspectos que contribuyen a esta amenaza se encuentran la heterogeneidad del terreno y la existencia de pendientes, lo cual puede ocasionar daños en la infraestructura y en las vías que recorren estas áreas de peligro. Adicionalmente, el cantón Chimbo cuenta con diversas fallas geológicas que complementan las características del tipo de suelo presente en la región (GAD del cantón Chimbo, 2020).

Uno de los eventos con mayores impactos negativos en el cantón de Chimbo es el deslizamiento de tierra ocurrido en el distrito de Tambán la noche del 22 de diciembre de 2021. El evento generó la creación de un socavón de aproximadamente 40 metros de profundidad y 120 metros de largo, destruyendo gran parte del distrito de Tambán (Quillupangui & Moreta, 2021).

2.1.2. Mapa de ubicación

Figura 1: Mapa de Ubicación del Cerro Catequilla.



Nota: *Ubicación del área de estudio, donde el color verde representa la cobertura del cerro Catequilla y el área de color naranja representa el área de la posible afectación a las infraestructuras.*

2.2. Antecedentes de la investigación

Un estudio realizado en Colombia por la Facultad de Ciencias y Humanidades y la Facultad de Ingeniería de la Universidad EAFTI, titulado "Evaluación del Riesgo de Deslizamientos Superficiales para Proyectos de Infraestructura: Caso de Estudio en el Distrito de El Cabuyal", presentó un análisis cuantitativo y una evaluación de los peligros, vulnerabilidades y riesgos asociados con posibles deslizamientos superficiales en una subcuenca del Valle de Aburrá en Colombia. Este proyecto incorporó un modelo TRIGRS que utilizó una simulación de Monte Carlo para estimar la probabilidad de falla en la subcuenca. Este análisis utilizó el nivel freático como factor desencadenante, lo cual, junto con la probabilidad de ocurrencia, permitió una evaluación integral de la amenaza. Los resultados obtenidos mostraron, desde una perspectiva económica, que las viviendas vulnerables enfrentan un alto riesgo anual de deslizamientos, considerando las pérdidas económicas basadas en el costo por metro cuadrado (Marín et al., 2018).

El propósito de los estudios geotécnicos consiste en establecer medidas correctivas para la estabilización de taludes en Guaranda. Este proyecto fue realizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón de Guaranda, en colaboración con estudiantes de la Universidad Estatal de Bolívar, específicamente del Programa de Ingeniería en Riesgo de Desastres. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó el criterio del factor de seguridad para identificar la vulnerabilidad de los taludes ante movimientos en masa y evaluar la factibilidad de su corrección en caso de un fallo. Asimismo, se aplicaron métodos adecuados, como el método de Bishop, que examina los taludes a través de un sistema circular de prevención de desastres (SPF). Este análisis toma en cuenta el impacto de las fuerzas entre segmentos y presenta el equilibrio de momentos con respecto al centro del perímetro de cada segmento, suponiendo que estos funcionan como fuerzas horizontales.

Este estudio se conecta con el proyecto actual, ya que resalta la relevancia de investigar exhaustivamente el entorno de un talud y sus características para implementar de manera efectiva las medidas de mitigación (Vallejo Ilijama, 2023).

La investigación titulada "Factores de Riesgo que Influyen en los Deslizamientos en el Distrito de Tambán del Cantón Chimbo durante 2021", elaborada por estudiantes de la Universidad Estatal de Bolívar, adoptó una metodología tanto descriptiva como correlacional para examinar los elementos que impactan los deslizamientos en la zona de estudio. Los hallazgos revelan que aspectos condicionantes como la geología, la geomorfología, la ingeniería geotécnica, la inclinación del terreno, el uso del suelo y la vegetación, junto con factores desencadenantes como las lluvias y la actividad sísmica, son fundamentales para la ocurrencia de deslizamientos. Además, resulta crucial identificar las áreas afectadas y la intensidad de la amenaza que representan los deslizamientos en la región, lo que a su vez contribuyó al diseño de estrategias de prevención y mitigación frente a esta problemática en el distrito de Tambán (Bayas Chacha & Bayas Manobanda, 2022).

El trabajo titulado "Evaluación de la Vulnerabilidad de Infraestructuras Críticas como Presas, Puentes y Carreteras ante Fenómenos Relacionados con El Niño-Oscilación del Sur en la Costa Ecuatoriana", adopta un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo. Se fundamenta en el análisis de información histórica, mapas de riesgo y modelos climáticos con el objetivo de medir la vulnerabilidad y la exposición de la infraestructura frente a eventos extremos. Se realizaron estudios de caso para detectar áreas críticas y se propusieron estrategias orientadas a la mitigación de riesgos y al refuerzo de la resiliencia (Gaibor et al., 2024).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Amenaza

Una amenaza se define como aquellos procesos, tanto externos como internos, que influyen en un sistema y que pueden tener su origen en factores naturales, antropogénicos o socio-naturales. Estos procesos se relacionan con el sistema y poseen el potencial de provocar cambios significativos, ya sea de manera gradual o abrupta. En este sentido, se hace referencia a las condiciones físicas que pueden generar consecuencias negativas o daños a las poblaciones y a los ecosistemas de los cuales dependen o en los que se sustentan. Es relevante señalar que la mayoría de las configuraciones ambientales o territoriales están expuestas a múltiples perturbaciones (amenazas) que interactúan entre ellas (Vera Rodríguez et al., 2017).

2.3.2. Planificación/ordenamiento territorial

El proceso mediante el cual las agencias gubernamentales identifican, analizan y establecen usos alternativos del suelo implica la evaluación de los objetivos económicos, sociales y ambientales a largo plazo, así como de los impactos en las diversas comunidades y partes interesadas. También implica la elaboración y publicación de planes que detallan los usos permitidos o aceptables (Amauri Eleazar Méndez Castro, 2018).

La planificación del uso del suelo puede ser clave en la preparación para desastres y en la mitigación del riesgo, ya que ayuda a evitar la edificación de viviendas e infraestructuras críticas en áreas susceptibles. Además, es fundamental tener en cuenta las vías de transporte, el abastecimiento de electricidad, el acceso al agua potable, el saneamiento y las instalaciones y servicios básicos (Amauri Eleazar Méndez Castro, 2018).

2.3.3. Movimientos de masa

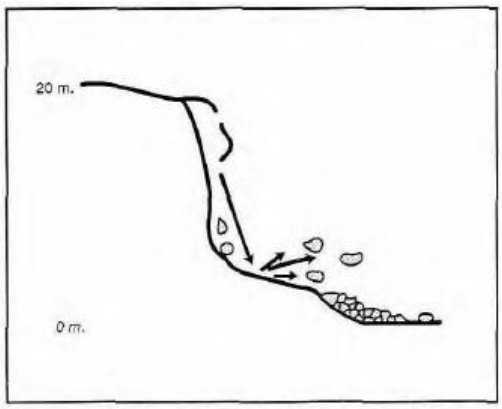
Los deslizamientos de terreno son desplazamientos que ocurren hacia abajo, impulsados por la fuerza de la gravedad. Estos fenómenos son afectados por múltiples elementos, entre los que se incluyen la acumulación de agua, sismos, sobrecarga, trabajos de excavación para edificar casas, así como la creación de caminos y senderos, por citar algunos (Alcaldía de Medellín, 2016).

2.3.4. Tipos de movimientos en masa

Desprendimientos o caídas

Los desprendimientos o caídas son movimientos en los que diversos materiales, como rocas, detritos o suelos, descienden en caída libre. Este fenómeno ocurre cuando el material se despega de una superficie inclinada, lo cual puede provocar que rebote, ruede, se deslice o fluya hacia la parte baja de la ladera. Es relevante destacar que los pequeños fragmentos generados por el interperismo no se consideran parte del material involucrado en este fenómeno. Los desplazamientos se dividen en tres categorías generales según el tipo de material: caídas o desprendimientos de detritos y caídas o desprendimientos de suelos. La rapidez con la que suceden estos movimientos puede ser elevada o incluso extremadamente alta, salvo en los casos en que la masa en movimiento sufre socavamientos o incisiones, ya que un desprendimiento o caída puede ser precedido por deslizamientos o volcadas que separan el material que se moviliza de la masa que se mantiene intacta (Cruden y Varnes, 1966). Estos eventos suelen ocurrir en laderas con inclinaciones pronunciadas, ya sean naturales o artificiales (Alcántara Ayala, 2000).

Figura 2: Representación de desprendimientos o caídas

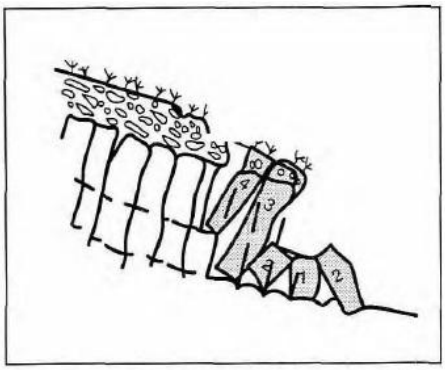


Fuente: *Desprendimientos o caídas. Tomado de (Alcántara Ayala, 2000)*

Vuelcos o desplomes

Un vuelco o colapso se refiere a la rotación de un fragmento de terreno, escombros o roca en torno a un eje o punto de pivote que está definido por su centro de gravedad. Este movimiento puede ser hacia adelante o hacia afuera, lo que conlleva una inclinación o un vuelco, aunque no necesariamente un colapso. Generalmente, ocurre en una o más superficies y en materiales que presentan un sistema de discontinuidades preferenciales, como juntas, grietas de tensión o superficies columnares. Se hace una distinción entre colapsos o desprendimientos de roca, deslizamientos de tierra o materiales sueltos, y suelos (Alcántara Ayala, 2000).

Figura 3: Representación de vuelcos o desplomes.

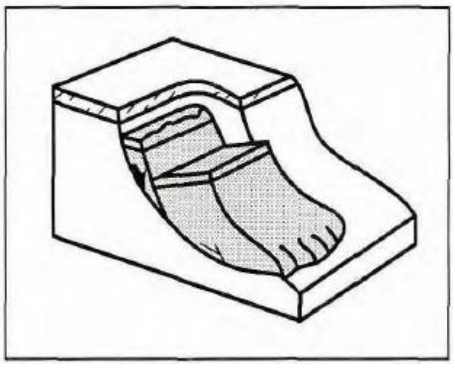


Fuente: *Vuelcos o desplomes. Tomado de (Alcántara Ayala, 2000)*

Deslizamientos

Los deslizamientos de tierra se definen como el movimiento de una masa de tierra, rocas o escombros sobre una superficie de falla claramente identificable. Con frecuencia, el primer signo de la posible ocurrencia de estos fenómenos es la aparición de grietas transversales, las cuales se localizan en la zona del talud principal. La naturaleza de la superficie de falla influye en el tipo de deslizamiento; por ejemplo, las superficies curvadas, cóncavas o en forma de cuchara están relacionadas con el movimiento de rotación, mientras que las superficies semiplanas o onduladas se vinculan a movimientos de traslación, y las superficies planas corresponden al movimiento plano (Alcántara Ayala, 2000).

Figura 4: Representación de deslizamientos.



Fuente: *Deslizamientos. Tomado de (Alcántara Ayala, 2000).*

Deslizamientos rotacionales.

En los deslizamientos rotacionales, los bloques que se encuentran en la parte superior tienden a inclinarse hacia atrás. La pendiente principal generalmente presenta una orientación vertical. La masa que ha sido desplazada se amontona en la parte baja de la pendiente, y su deformación interna se distingue por una inclinación bastante reducida. Los movimientos que ocurren tras el comienzo del deslizamiento pueden ocasionar un retroceso gradual de la sección superior (Alcántara Ayala, 2000).

Deslizamientos traslacionales

Los deslizamientos traslacionales tienen una profundidad menor en comparación con los rotacionales. Similar a los planos de falla, estos movimientos conllevan un desplazamiento que ocurre en paralelo a la superficie. La inclinación de la pendiente está determinada principalmente por las áreas débiles de los materiales que componen el terreno (Alcántara Ayala, 2000).

2.3.5. Partes de un deslizamiento

Corona: se hace referencia a la parte no afectada del talud que se encuentra en la parte superior del deslizamiento. Esto puede dar lugar a fisuras denominadas grietas de corona (Franco, 2008).

Escarpe principal: se trata de una superficie con una inclinación pronunciada que se encuentra en el borde del deslizamiento, y está formada por el material que ha sido desplazado del talud. Si esta inclinación se extiende más allá del material que se ha movido, se le conoce como superficie de falla.

Escarpe menor: se trata de una superficie con una inclinación pronunciada que se encuentra en el interior del material desplazado, y se origina a partir del movimiento diferencial que tiene lugar dentro de dicho material.

Punta de la superficie de ruptura: es el punto de intersección, a veces oculto, entre la parte inferior de la superficie de fractura y la superficie original del terreno.

Cabeza: se refiere a la sección superior del material desplazado que está en contacto con el talud principal.

Tope: se alude al lugar de mayor contacto entre el material movido y la ladera principal.

Cuerpo principal: hace referencia a la porción del material desplazado que está situada por encima de la superficie de fractura, es decir, entre el límite de la rotura principal y la extremidad de la superficie fracturada.

Flanco: hace referencia a uno de los laterales del deslizamiento.

Pie: esta es la sección del material desplazado que se localiza en la parte inferior, inclinada hacia abajo desde el extremo de la superficie de la falla.

Dedo: se designa así al margen del material desplazado que se encuentra más alejado del escarpe principal.

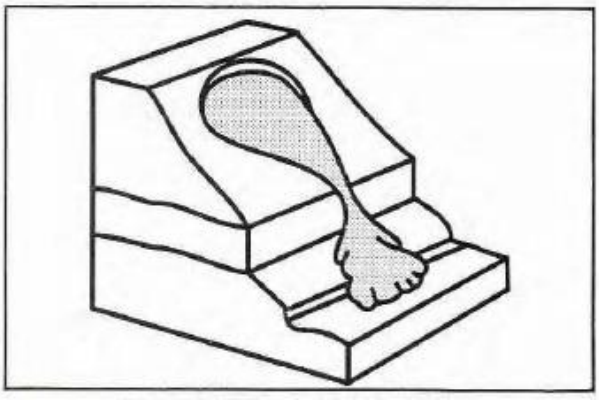
Punta: es el punto en el pie que se encuentra más distante del tipo del deslizamiento (Franco, 2008).

2.3.6. Flujos

Las corrientes son movimientos que se extienden de manera continua en el espacio, donde las superficies de cizallamiento están muy cerca unas de otras. Tienen una duración breve, lo que dificulta su observación. El comportamiento de estas corrientes es muy

similar al de un fluido viscoso, lo que provoca que la distribución de velocidades no sea uniforme y que el movimiento intergranular predominante dé lugar a la formación de lóbulos. Las corrientes pueden incluir una variedad de materiales y se clasifican en función de su composición. Así, se diferencian entre flujos de rocas, flujos de detritos y flujos de arena o suelo (Alcántara Ayala, 2000).

Figura 5: Representación de flujos.



Fuente: *Flujos. Tomado de (Alcántara Ayala, 2000)*

Flujos de lodo o tierra

Los deslizamientos de lodo presentan una gran cantidad de agua combinada con sedimentos arcillosos. Así, se puede concluir que su origen se debe a la influencia del suelo arcilloso (Yandry Maldonado, 2020).

Flujos de detritos o derrubios

En los flujos de detritos, la cantidad de agua combinada con arena, limo y arcilla es considerablemente elevada, lo que sugiere que se originaron a partir del impacto de rocas que han sido intensamente meteorizadas (Yandry Maldonado, 2020).

Flujos de bloques rocosos

En los flujos de rocas, el agua se combina con partículas del tamaño de grava y rocas más grandes, formando una mezcla con una base de arena, limo y arcilla, lo que

impacta las masas rocosas que están muy fracturadas y sometidas a procesos de meteorización (Yandry Maldonado, 2020).

2.3.7. Derrumbes

Los deslizamientos de tierra se relacionan con defectos en suelos y rocas, y se clasifican en deslizamientos rotacionales y planos, según la configuración de la superficie de la falla (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

Derrumbes planares

Los deslizamientos de tipo plano se refieren al movimiento de uno o más segmentos de tierra o roca a lo largo de una superficie de fractura claramente delineada. Estos fenómenos pueden suceder de forma gradual o de manera súbita (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

En los deslizamientos planos que se producen en masas rocosas, uno o varios bloques se desplazan ladera abajo a lo largo de una o varias superficies planas. Asimismo, puede presentarse una falla en cuña en la intersección de dos planos, la cual está formada por uno o más bloques, que pueden ser de tamaño pequeño o grande (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

Las avalanchas de rocas tienen el potencial de provocar daños significativos, sobre todo en áreas montañosas, donde las grandes avalanchas de este tipo generan efectos muy perjudiciales y, en numerosas ocasiones, resulta imposible evitar su ocurrencia (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

Los deslizamientos planares suelen ocurrir en:

- Rocas sedimentarias donde la inclinación sea igual o inferior a la inclinación de la ladera.

- Discontinuidades tales como fracturas, foliaciones o diaclasas que generan puntos vulnerables extensos y continuos que atraviesan la superficie del talud.
- Puntos de cruce de juntas o discontinuidades que generan la ruptura de un bloque en forma de cuña (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

Por lo general, las fracturas de tracción con ligeros desplazamientos ocurren en las etapas tempranas del colapso. Más tarde, se pueden notar escarpes recientes, formados por los bloques tras su desplazamiento. En determinadas ocasiones, este movimiento resulta en la pérdida de vegetación del área del deslizamiento, dejando los escombros visibles en la parte inferior del talud (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

Derrumbes rotacionales

Los deslizamientos rotacionales tienden a suceder de manera gradual y presentan un movimiento similar al de una cuchara. El material comienza a aflojarse a lo largo de una superficie curva debido al giro. Se producen fisuras en el punto más alto de la zona inestable y surgen protuberancias en la parte inferior de la masa que se desliza. Con el tiempo, la masa se mueve de manera notable, dejando una inclinación en la parte superior (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

La razón fundamental de esta clase de deslizamiento es el incremento en la inclinación del talud, junto con las fuerzas de meteorización y filtración. Aunque los efectos no son devastadores, el desplazamiento puede ocasionar daños significativos a las edificaciones situadas sobre o alrededor de la masa que se desliza. Al detectarse las primeras señales de fallo, es posible estabilizar los taludes (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

En las etapas iniciales del deslizamiento, se originan fisuras por tensión. Tras un colapso parcial, surgen múltiples pequeñas depresiones y escarpes. Al momento del colapso total, se pueden observar en la superficie fisuras profundas y concéntricas por tensión, junto a varios escarpes, así como una considerable cantidad de material suelto en la base del talud (Llaven Uhlig Mario Ernesto, 2017).

2.3.8. Geología de la región

La geología desempeña un papel crucial en la estabilidad de las laderas, y existen diversos elementos geológicos que demuestran el riesgo de deslizamientos de tierra (Mac Arthur García Peña, 2021).

El relieve y la topografía son influenciados por la geología de la región, lo que facilita la evaluación de la vulnerabilidad a movimientos en el ámbito regional. En teoría, los deslizamientos pueden presentarse en cualquier configuración de relieve si se cumplen las condiciones necesarias. No obstante, la experiencia adquirida al trabajar y observar diferentes tipos de relieve ha corroborado que los deslizamientos se producen con mayor frecuencia en ciertos casos. A continuación, se ofrece una breve descripción de las características de estos tipos de relieve (Mac Arthur García Peña, 2021).

Taludes escarpados: En terrenos montañosos, los deslizamientos de tierra pueden suceder en cualquier tipo de material geológico. No obstante, la razón más habitual de los derrumbes en inclinaciones pronunciadas es el deslizamiento de suelo coluvial o residual a lo largo de la superficie de contacto con la roca. El material que ha sido meteorizado o que está suelto no puede sostener la misma inclinación que la roca, por lo que una lluvia intensa o un corte en la base de la ladera pueden ocasionar el deslizamiento de la masa que está por encima (Mac Arthur García Peña, 2021).

Áreas de concentración de drenaje y filtración: Es fundamental realizar un estudio minucioso de la red de drenaje y las zonas de concentración hídrica. Pueden producirse filtraciones y deslizamientos de tierra en zonas bajo embalses, canales de riego o depresiones con agua estancada. Es fundamental ser consciente del riesgo potencial que representan las zonas de drenaje superficial, especialmente las rocas porosas y fracturadas (Mac Arthur García Peña, 2021).

Áreas de concentración de fracturas: Los deslizamientos en laderas pueden ser provocados de manera estructural por superficies débiles como fallas, diaclasas, planos de deposición y foliación. Estas estructuras tienen la capacidad de segmentar un macizo rocoso en varias unidades independientes que pueden comportarse de forma autónoma entre sí (Mac Arthur García Peña, 2021).

Así, el macizo rocoso no debe ser visto como un entorno homogéneo, sino como un conjunto de bloques separados. Esos puntos vulnerables permiten el paso del agua y fomentan el crecimiento de la vegetación, lo que, a su vez, debilita los bloques y disminuye su resistencia a los deslizamientos. Por esta razón, es crucial prestar atención particular a las áreas donde las diaclasas están más juntas, sobre todo en los lugares donde se cruzan y fragmentan el macizo en pequeños bloques, incrementando así su inestabilidad (Mac Arthur García Peña, 2021).

La erosión

La erosión puede ser causada por influencias naturales y humanas. Las influencias naturales pueden incluir la escorrentía, las aguas subterráneas, las olas, las corrientes y el viento (Mac Arthur García Peña, 2021).

La erosión humana incluye todas las actividades que aumentan la velocidad del agua, particularmente en pendientes no protegidas, como la tala de árboles u otra

vegetación que contribuye a la fijación del suelo y a mejorar la estabilidad de las pendientes (Mac Arthur García Peña, 2021).

La erosión puede provocar la pérdida de la capacidad portante de edificios, superficies de carreteras, terraplenes y otras estructuras de ingeniería. Las pendientes inestables son más comunes en terrenos montañosos, lo que puede provocar la pérdida de carreteras u otras estructuras (Mac Arthur García Peña, 2021).

La sedimentación y la erosión aluvial son otros efectos importantes de la erosión en lagos o embalses, que aumentan la turbidez del agua y suponen una amenaza para la vida acuática, contaminan el agua potable y reducen la capacidad de almacenamiento de los embalses y, por tanto, su vida útil (Mac Arthur García Peña, 2021).

Efectos de los deslizamientos

Estos deslizamientos generan alteraciones notables en el terreno, tales como fisuras, hundimientos e incluso deslizamientos masivos de tierra o roca, los cuales pueden causar la destrucción o deterioro de infraestructuras públicas, viviendas y cultivos, además de obstruir el flujo de ríos o arroyos (Alcaldía de Medellín, 2016).

2.3.9. Factores que inciden en los deslizamientos

Precipitaciones

La precipitación sucede cuando el aire se enfría, favoreciendo así la creación de un mayor número de nubes. Las gotas de agua o los cristales de hielo crecen hasta alcanzar un tamaño específico que les permite descender hacia la superficie de la Tierra. Es posible que algunas de estas gotas se evaporen y regresen a la atmósfera antes de tocar el suelo (Estilita Ruiz Romera & Miren Martínez Santos, 2015).

2.3.10. Cobertura vegetal:

La cobertura del suelo abarca principalmente toda clase de vegetación y superficies terrestres, como árboles, praderas, tierras agrícolas, áreas urbanas y terrenos no cultivados. Por otro lado, el uso del suelo se relaciona con la administración y utilización de diversas áreas, incluyendo viviendas, infraestructuras y métodos agrícolas (Espejo Delgado & Sarmiento López, 2020).

2.3.11. Medidas de mitigación

Las estrategias de mitigación hacen alusión a la puesta en práctica de acciones de intervención enfocadas directamente en disminuir o suavizar el riesgo presente. Esto implica que, en numerosas ocasiones, no se puede ejercer control sobre los riesgos. Por ende, la meta es disminuir su efecto a un nivel que se considere tolerable (Robles Romero, 2018).

2.3.12. Vulnerabilidad

Situaciones establecidas por elementos o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que incrementan la susceptibilidad de un individuo, comunidad, recursos o sistemas ante el impacto de los riesgos (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020).

2.3.13. La vulnerabilidad social

El concepto de vulnerabilidad social se compone de dos elementos explicativos. En primer lugar, se relaciona con la inestabilidad y el abandono que sienten las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida, a causa del efecto de eventos económicos

o sociales traumáticos. En segundo lugar, abarca la forma en que estas comunidades, familias e individuos administran sus recursos y las estrategias que emplean para hacer frente a las repercusiones de dichos eventos (Pizarro Hofer, 2001).

2.3.14. Infraestructuras

La infraestructura abarca todos los cimientos y las labores de movimiento de tierra necesarias para la edificación de una carretera o una vía férrea. Esto incluye presas, zanjas, estructuras ingenieriles y pasos a nivel (Guajardo Soto, 2023).

Infraestructura física:

Se refiere a estructuras que vinculan diversos puntos de interés, como ciudades y puertos, y facilitan la provisión de servicios esenciales requeridos para el adecuado funcionamiento de comunidades y localidades. Dentro de esta categoría, se incluyen sistemas de transporte tanto aéreos como terrestres, tales como las redes de carreteras y ferroviarias. También abarcan servicios públicos como las redes eléctricas, el abastecimiento de agua potable, las telecomunicaciones, el saneamiento, los puertos, así como sistemas de alcantarillado, gasoductos y otros elementos necesarios para su producción y distribución, entre otros (Marco Uriel Cerón López, 2018).

2.3.15. Medidas estructurales y no estructurales

• Las medidas estructurales abarcan cualquier tipo de edificación física que tenga como objetivo disminuir o prevenir los efectos potenciales de las amenazas, así como la implementación de técnicas de ingeniería o tecnologías que permitan mejorar la resiliencia y fortaleza de las estructuras o sistemas frente a estas amenazas (Comunidad Andina, 2018).

• Las medidas no estructurales son aquellas que no implican una construcción física y se fundamentan en el uso de conocimientos, prácticas o precauciones para mitigar los riesgos de desastres y sus efectos. Esto se logra principalmente mediante la implementación de políticas y leyes, la sensibilización del público, así como la capacitación y educación (Comunidad Andina, 2018).

2.3.16. Código de construcción

Un grupo de regulaciones, códigos y directrices relacionadas que tienen como finalidad regular diferentes aspectos del diseño, la construcción y los materiales, así como las modificaciones y el uso de edificaciones, todo ello orientado a asegurar la seguridad y el bienestar de los individuos, abarcando la resistencia ante colapsos y daños (Comunidad Andina, 2018).

2.3.17. Vulnerabilidad infraestructural

La vulnerabilidad se relaciona con las propiedades que pueden obstaculizar el correcto funcionamiento de una infraestructura frente a una amenaza. Estas propiedades pueden derivar de los métodos empleados en su diseño y edificación, así como de las condiciones externas ligadas a su utilización, operación y mantenimiento, o de modificaciones en el entorno externo que puedan comprometer su operatividad (United Nations Development Programme Regional Office, 2023).

2.4. Marco Legal

Este proyecto de investigación se sustenta en:

Constitución de la república del Ecuador – 2008

La constitución de la república del Ecuador garantiza la implementación la gestión en todos los niveles de reducción de riesgos de desastres, con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad a través de la prevención y mitigación de eventos peligrosos. En este contexto, se destacan artículos que subrayan la relevancia de la gestión de riesgos tanto a nivel nacional como en cada territorio del país.

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente, a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar las condiciones de vulnerabilidad (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El estado ejercerá la rectoría a través de organismo técnico establecido en la ley. Tendrán como funciones principales, entre otras:

1.- Identificar los riesgos existentes y potenciales, internas y externos que afecten al territorio ecuatoriano.

2.- Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

3.- Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

4.- Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, información sobre ellos, incorporar acciones tendientes a reducirlos.

5.- Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar a los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastres.

6.- Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

7.- Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión del riesgo (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiará, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito geográfico (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Cuando de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindaran el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC (2015)

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

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC se procedió a elaborar en el año 2011 mediante un Comité Ejecutivo de la NEC liderado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI y contó con la participación de académicos y técnicos de instituciones de educación superior, Ministerios y la Cámara de la Construcción, entre otras. Fue oficializada el contenido de la norma NEC a través del MIDUVI mediante Acuerdo Ministerial No. 0028 de 19 de agosto de 2014 publicado en el Registro Oficial No. 319 de 26 de agosto de 2014. Se realizó la actualización de la norma NEC mediante Acuerdo Ministerial número 0047 del 10 de enero de 2015 publicado en el Registro Oficial No 413, la misma que actualmente está en vigencia (Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC, 2015). La NEC tiene por objeto "mejorar la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible" (NEC, 2015).

2.5. Glosario de términos

Amenaza: Un fenómeno, material, acción humana o situación riesgosa que puede ocasionar mortalidad, lesiones u otros efectos adversos para la salud, así como perjuicios a la propiedad, pérdida de medios de subsistencia y servicios, alteraciones sociales y económicas, o deterioro del medio ambiente (UNISDR, 2009).

Amenazas naturales: Se trata de fenómenos relacionados con la atmósfera, el agua, la geología o incendios que, debido a su localización, fuerza y periodicidad, pueden afectar de manera adversa a ciertos sectores de la sociedad, así como a sus actividades y las infraestructuras presentes (Soares et al., 2014).

Código de construcción: Un grupo de disposiciones o directrices vinculadas a estándares que buscan regular diversas facetas del diseño, la edificación, los materiales, las modificaciones y el uso de las estructuras, con el fin de asegurar la seguridad y el bienestar de las personas, incluyendo la capacidad de resistir colapsos y daños (UNISDR, 2009).

Deslizamientos: Se trata del desplazamiento hacia abajo de un volumen de tierra o roca a lo largo de una inclinación, que se produce principalmente en una superficie de fractura o falla (punto débil en el terreno) (Servicio Geológico Nacional, 2003).

Desprendimientos: Los deslizamientos de tierra, también conocidos como sumideros, implican el descenso de diferentes materiales, tales como rocas, escombros o tierra. Este fenómeno ocurre cuando el material se desprende de una superficie con inclinación, lo que puede resultar en que dichos elementos reboten, rueden, deslicen o fluyan cuesta abajo (Alcántara Ayala, 2000).

Desastre: Una alteración significativa en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona un elevado número de fallecimientos, pérdidas e impactos en los ámbitos material, económico y ambiental, superando la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para abordar la situación utilizando sus propios recursos (UNISDR, 2009).

Exposición: Estado de la población, la infraestructura, la vivienda, las habilidades de producción y otros activos materiales y humanos en áreas en riesgo, considerando la dimensión ambiental de los ecosistemas naturales y socionaturales (Comunidad Andina, 2018).

Geología: La geología es la disciplina que analiza la composición, la estructura, la dinámica y la historia de nuestro planeta, abarcando sus recursos naturales, como la energía, los minerales y el agua. También se ocupa de los procesos que influyen en su superficie y, por lo tanto, en el entorno (Universidad del País Vasco, 2015).

Geomorfología: La geomorfología es una disciplina que pertenece tanto a la geología como a la geografía, y se encarga de analizar las configuraciones de la superficie terrestre con el fin de entender su origen, las transformaciones que ha sufrido y su comportamiento en la actualidad (Etecé, 2020)**.**

Hidrología: La hidrología es una rama de la geociencia que se ocupa del agua, su presencia, distribución, circulación y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, la atmósfera y la superficie de la Tierra (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2019).

Infraestructuras vitales: Un conjunto de infraestructuras, instalaciones, redes y otros elementos que ofrecen servicios fundamentales para el funcionamiento social y económico de una comunidad o sociedad (Asamblea General, 2016).

Medidas estructurales: Cualquier edificación diseñada para minimizar o prevenir los efectos de los riesgos, así como la implementación de métodos de ingeniería para asegurar la fortaleza y la capacidad de recuperación de las estructuras o sistemas frente a dichos peligros (UNISDR, 2009).

Medidas no estructurales: Cualquier acción que no implique trabajos de construcción y que aproveche conocimientos, prácticas o acuerdos preexistentes para mitigar riesgos y sus efectos, especialmente a través de políticas y normativas, así como promoviendo una mayor sensibilización pública, capacitación y educación (UNISDR, 2009).

Mitigación: Disminuir o atenuar las consecuencias negativas de un acontecimiento riesgoso a través de la puesta en práctica de estrategias tanto estructurales como no estructurales (Comunidad Andina, 2018).

Precipitación: Agua que proviene de la atmósfera y se deposita en forma sólida o líquida sobre la superficie de la Tierra (ASALE & RAE, 2021).

Resiliencia: La habilidad de un sistema, comunidad o sociedad que enfrenta un riesgo para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos de forma adecuada y eficiente, abarcando también la preservación y restauración de sus estructuras y funciones fundamentales (UNISDR, 2009).

Susceptibilidad: Es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema que es capaz de ser expuesto a una amenaza y potencialmente afectado por la ocurrencia de un evento peligroso (Comunidad Andina, 2018).

Talud: Una inclinación, ya sea de origen natural o creado por el ser humano, es una superficie que se sitúa en un ángulo respecto al plano horizontal del terreno. Puede ser de carácter temporal o permanente, dependiendo de su finalidad, y comúnmente está

compuesta por el mismo material que el suelo, la pared o la roca circundante (Ingeoexpert, 2024).

Vulnerabilidad: Las particularidades y situaciones de una comunidad, sistema o activo que los convierten en susceptibles a los impactos adversos de una amenaza (UNISDR, 2009).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación que busca el análisis de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla del cantón Chimbo y vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas, muestra un tipo de investigación no experimental debido a que no se manipulan variables directamente en el caso del nivel de amenaza de deslizamiento y la vulnerabilidad de las infraestructuras son fenómenos que ya existen y no serán modificados por el investigador.

3.1. Enfoque de la investigación

En el presente proyecto se aplica un enfoque de investigación mixto ya que se emplean métodos cualitativos y cuantitativos.

Desde un panorama cualitativo, se realiza un análisis visual sobre las características de las infraestructuras expuestas y a su vez la calificación de su nivel de vulnerabilidad. A su vez, desde la perspectiva cuantitativa se analizan los factores que inciden en los deslizamientos a partir de datos históricos. La composición de estos métodos permite la comprensión detallada de la amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla y la vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas.

3.2. Métodos de Investigación

Método analítico

Este es un método clave para el entender la naturaleza del proyecto tanto en la parte de la evaluación de la amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla y a su vez, determinar

el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas en base a los datos recolectados tanto a nivel cualitativo como cuantitativo.

Exploratorio: Consiste en analizar los factores existentes que propician que se dé un deslizamiento del cerro Catequilla, de igual forma las viviendas vulnerables al posible movimiento en masa y evaluar con la información bibliografía existente.

Descriptiva: Teniendo en cuenta que existen varios factores que inciden de manera directa en los deslizamientos, esta investigación se tiene como finalidad poder describir todas las características de los factores que influyen en el posible acontecimiento del evento de deslizamiento mediante el uso de las variables de pendiente, cobertura vegetal, superficie terrestre (representado con un MDT), ríos y vías, con la finalidad de determinar cómo influyen en la materialización del evento.

De campo: Se basa en la movilización al sitio de estudio con el objetivo de desarrollar un análisis en el área en cuanto a la amenaza de deslizamientos sobre la geomorfología, cobertura vegetal, hidrometeorología y factores antrópicos. De igual forma respecto realizar un análisis respecto a la vulnerabilidad de las infraestructuras en la parte física estructural y funcional, con el fin de comprobar la información oficial recopilada.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

En el presente proyecto de investigación se emplearon diversas técnicas de recopilación de información como:

Fuentes Primarias:

- Imágenes satelitales.
- Fotografías.
- Inspecciones de las infraestructuras.

Fuentes Secundarias:

- Libros
- Artículos de Revistas Académicas
- Shapes (Shp).
- Geoportales con información actualizada.
- Datos de estaciones meteorológicas.
- Revisiones de Literatura.
- Tesis y Disertaciones.

Instrumentos

- Apuntes.
- Computadora portátil.
- Software de procesamiento de texto (Word).
- Software de procesamiento de datos estadísticos (Exel).
- Geoportales de obtención de datos geográficos.
- Google Earth.
- Cámara fotográfica.
- ArcGIS 10.8.

A continuación, se describe las metodologías que se utilizaran para cada objetivo específico:

Objetivo 1: Evaluar el nivel de amenaza del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

El mapa de deslizamientos fue elaborado utilizando el método de análisis multicriterio Fuzzy y Saaty, el cual se basa principalmente en datos provenientes de un modelo digital de elevación, así como en información sobre el uso y la cobertura del suelo, isoyetas, pendientes, vías y ríos.

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), introducido por Thomas Saaty en 1980, es un enfoque cuantitativo para la toma de decisiones multicriterio que permite establecer escalas de prioridad fundamentadas en el juicio de expertos, a través de comparaciones por pares utilizando una escala de preferencia. Esta escala facilita la incorporación de juicios sobre factores intangibles dentro de un modelo de decisión y refleja la dominancia o preferencia de una alternativa sobre otra en relación con un atributo específico. (Torres Arias & Vásquez Franco, 2015).

Para determinar las áreas pertenecientes a cada categoría por nivel de amenaza en el mapa final es (Baja → verde oscuro, Media → verde claro, Alta →anaranjado, Muy alta→ rojo)

Objetivo 2: Definir el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas por el posible deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

Se llevó a cabo la utilización de la metodología de PNUD la cual sirve para evaluar las características de las infraestructuras para determinar su susceptibilidad ante fenómenos naturales mediante recolección de datos catastrales como el tipo de estructura (como hormigón, madera, etc.), el material de la construcción, el número de pisos, el año de construcción y el estado de conservación. Estos factores se califican asignando

puntuaciones en función de la amenaza, a partir de estas puntuaciones se calcula el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones entre alto, medio y bajo.

Objetivo 3: Plantear medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

Se utiliza el método descriptivo para el desarrollo de las medidas de reducción del riesgo conjuntamente con la metodología evaluativa para su correcta implementación,

3.4. Universo, Población y Muestra

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se ha considerado al cerro Catequilla como el área de estudio con una total aproximado de 490970.50 m2, realizando el análisis de amenaza de deslizamiento y por lo tanto también la vulnerabilidad de las infraestructuras como viviendas, vías y la red de agua potable, por lo general para la denominación de la muestra se llevó a cabo la recolección de información en campo obteniendo un numero de 87 viviendas, con lo cual tenían relación con las variables establecidas según la metodología del PNUD, de la misma manera se evidencia el estudio de 2 tramos de la vía de primer orden, y redes del agua potable.

3.5. Procesamiento de la Información

Se emplearon diferentes herramientas para el procesamiento de la información, destacando los sistemas de información geográfica (SIG) con el software ArcGIS 10. 8 para geoprocesamiento. Se llevaron a cabo evaluaciones y análisis de datos espaciales del cantón Chimbo, obtenidos de geoportales como SIGTierras, la plataforma de datos climáticos y meteorológicos NASA POWER, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, así como del geoportal IGM, con el fin de elaborar un mapa de amenaza de deslizamientos en el cerro Catequilla y así establecer el nivel de riesgo. Además, se utilizaron formularios de

inspección de infraestructura a través de Google Forms, lo que facilitó una mejor organización de la información. Asimismo, se aplicaron tablas de ponderación siguiendo la metodología del PNUD, optimizando así el procesamiento y la organización de los datos relacionados con la infraestructura.

Objetivo 1: Evaluar el nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

La consecución de este objetivo se llevó a cabo a través de la metodología de evaluación del riesgo de deslizamientos, en lo cual se tomó en cuenta la metodología de análisis de multicriterio Fuzzy y Saaty, así con ello conseguir el desarrollo del mapa de deslizamientos con su análisis jerárquico multicriterio.

La metodología de análisis de multicriterio Fuzzy y Saaty es un método cualitativo que consiste en tomar decisiones generando escalas de prioridades, para esto se utilizó como base la siguiente tabla de multicriterio:

Tabla 3: Matriz de normalización de Saaty.

Matriz de normalización de Saaty					
	Pendiente	**Isoyetas**	**Cobertura vegetal**	**Vías**	**Ríos**
Pendiente	1				
Isoyetas		1			
Cobertura vegetal			1		
Vías				1	
Ríos					1
Suma					

Fuente: *"Curso Internacional de geografía aplicada sobre: Cartografía de pronta respuesta en apoyo al proceso de toma de decisiones en desastres naturales" por el Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas (2018), p. 17.*

Para el desarrollo del mapa según la metodología debemos obtener los datos del Modelo digital de elevación, uso y cobertura de suelo, isoyetas, pendiente, vías y ríos,

teniendo como resultado un mapa que categorice la susceptibilidad en alto, medio y bajo, donde se puede identificar las zonas con mayor nivel de amenaza a deslizamientos.

Objetivo 2: Definir el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas por el posible deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo

Se aplicó la metodología del PNUD, que implica el estudio de las vulnerabilidades relacionadas con la infraestructura y la vulnerabilidad física de las redes esenciales, como los sistemas de suministro de agua potable, considerando las variables de los indicadores que se detallan a continuación:

3.5.1. Indicador de vulnerabilidad ante amenaza de deslizamiento

Tabla 4: Indicador de vulnerabilidad ante amenaza de deslizamiento.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INFORMACION DE CATASTRO	Amenaza de deslizamiento
Sistema estructural	Hormigón armado	5
	Estructura metálica	5
	Estructura de madera	10
	Estructura de caña	10
	Estructura de pared portante	10
	Mixta madera/hormigón	10
	Mixta metálica/hormigón	10
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	5
	Pared de bloque	5
	Pared de piedra	10
	Pared de adobe	10
	Pared de tapial/bahareque/madera	10
Tipo de cubierta	Cubierta metálica	NA
	Losa de hormigón armado	NA
	Vigas de madera y zinc	NA
	Caña y zinc	NA
	Vigas de madera y teja	NA
Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	NA
	Vigas y entramado madera	NA

	Entramado de madera/caña	NA
	Entramado metálico	NA
	Entramado hormigón/metálico	NA
Número de pisos	1 piso	10
	2 pisos	5
	3 pisos	1
	4 pisos	1
	5 pisos o mas	1
Año construcción	antes de 1970	10
	entre 1971 y 1980	5
	entre 1981 y 1990	1
	entre 1991 y 2010	0
Estado de conservación	Bueno	0
	Aceptable	1
	Regular	5
	Malo	10
Características del suelo bajo la edificación	Firme, seco	0
	Inundable	10
	Ciénega	10
	Húmedo, blando, relleno	5
Topografía del sitio	A nivel, terreno plano	1
	Bajo nivel calzada	10
	Sobre nivel calzada	1
	Escarpe positivo o negativo	10
Forma de la construcción	Regular	0
	Irregular	NA
	Irregularidad severa	10

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 31.*

Valores posibles de los indicadores para la ponderación de la variable de Amenaza de deslizamientos

Tabla 5: Ponderación de la variable de Amenaza de deslizamiento.

Variable	Valores posibles del indicador	Ponderación	Valor máximo
Sistema estructural	0, 1, 5, 10	0.8	8
Material de paredes	0, 1, 5, 10	0.8	8
Número de pisos	0, 1, 5, 10	0.8	8
Año de construcción	0, 1, 5, 10	0.8	8
Estado de conservación	0, 1, 5, 10	0.8	8
Característica suelo	0, 1, 5, 10	2	20
Topografía del sitio	0, 1, 5, 10	4	40
		Valor mínimo = 0	100

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 34.*

Los predios deben ser calificados en su nivel de vulnerabilidad, de acuerdo a los puntajes obtenidos anteriormente.

Cada predio podrá tener un máximo de 100 puntos. A mayor puntaje, mayor vulnerabilidad estructural del predio. Partiendo de esta condición se procedió a calificar a cada predio en función de la cantidad de puntos obtenidos.

Tabla 6: Niveles de vulnerabilidad de las viviendas por puntaje.

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

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 36.*

3.5.2. Tabla de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de Vialidad.

Para la calificación de las redes vitales de los sistemas viales y agua potable, se aplicó la tabla de calificación de vulnerabilidad física de en base a la identificación del estado donde debe ser categorizado dependiendo el indicador.

Tabla 7: Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales - Sistemas de Vialidad.

FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Amenaza Deslizamientos	Valores	Ponderador de deslizamientos	Valor Máximo
Red Vial	Estado de revestimiento	Bueno	0	0, 1, 5, 10	2	20
		Regular	5			
		Malo	10			
	Mantenimiento	Planificado	0	0, 1, 5, 11	4	40
		Esporádico	5			
		Ninguna	10			
	Estándares de diseño y construcción	Aplica la normativa MOP 2002	1	0, 1, 5, 12	4	40
		Versión anterior al 2002	5			
		No aplica normativa	10			
						100

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 54*

Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial

Tabla 8: Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial

Factor De Vulnerabilidad Funcional	**Variable De Vulnerabilidad**	**Indicadores**	**Vulnerabilidad funcional**
Red Vial	Dependencia	Sin dependencia	Baja
		Con dependencia	Alta
	Redundancia	Mas de una	Baja
		Una	Moderada
		Ninguna	Alta
	Capacidad de intervención	Personal calificado y equipamiento	Baja
		Personal calificado sin equipamiento	Moderada
		Sin personal ni equipamiento	Alta

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 77*

3.5.3. Tabla de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de Agua Potable.

Tabla 9: Clasificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales - Sistema de Agua Potable.

FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	Amenaza Deslizamientos	Valores	Ponderador Deslizamientos	Valor Máximo
Agua Potable CAPTACIÓN	Estado actual	Bueno	5	0,1,5,10	1	10
		Regular	5			
		Malo	10			
	Antigüedad	0 a 25 años	1		1,5	15
		25 a 50 años	5			
		mayor a 50 años	10			
	Mantenimiento	Planificado	1		2	20
		Esporádico	5			
		Ninguna	10			
	Material de construcción	PVC	1		2,5	25
		Hormigón armado	1			
		Asbesto cemento	5			
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	10			
	Estándares de diseño y construcción	antes de IEOS	1		3	30
		entre el IEOS y la norma local	5			
		luego de la norma local	10			

Agua Potable CONDUCCIÓN	Estado actual	Bueno	1	0,1,5,10	1	10
		Regular	5			
		Malo	10			
	Antigüedad	0 a 25 años	1		1,5	15
		25 a 50 años	5			
		Mayor a 50 años	10			
	Mantenimiento	Planificado	1		2,5	25
		Esporádico	5			
		Ninguna	10			
	Material de construcción	PVC	5		2	20
		Hormigón armado	1			
		Asbesto cemento	5			
		Tierra	10			
	Estándares de diseño y construcción	Antes de IEOS	1		3	30
		Entre el IEOS y la norma local	5			
		Luego de la norma local	10			
Agua Potable TRATAMIENTO	Estado actual	Bueno	1	0,1,5,10	1	10
		Regular	5			
		Malo	10			
	Antigüedad	0 a 25 años	1		2	20
		25 a 50 años	5			
		mayor a 50 años	10			
	Mantenimiento	Planificado	1		1	10
		Esporádico	5			
		Ninguna	10			
	Material de construcción	Hormigón armado	5		3	30
		Asbesto cemento	1			

		Mampostería de ladrillo	5		
		Mampostería de piedra	10		
	Estándares de diseño y construcción	antes de IEOS	1	3	30
		entre el IEOS y la norma local	5		
		luego de la norma local	10		
					100

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 49, 50, 51.*

Una vez realizado la calificación de las redes vitales del sistema de agua potable, se procedió a calificar a cada red en función de la cantidad de puntos obtenidos según la siguiente tabla:

Tabla 10: Niveles de vulnerabilidad de las redes vitales por puntajes

Nivel de vulnerabilidad	**Puntaje**
Bajo	0 a 25 puntos
Medio	26 a 75 puntos
Alto	Más de 75 puntos

Fuente: *"Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal", por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2011), p. 55.*

Objetivo 3: Plantear medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

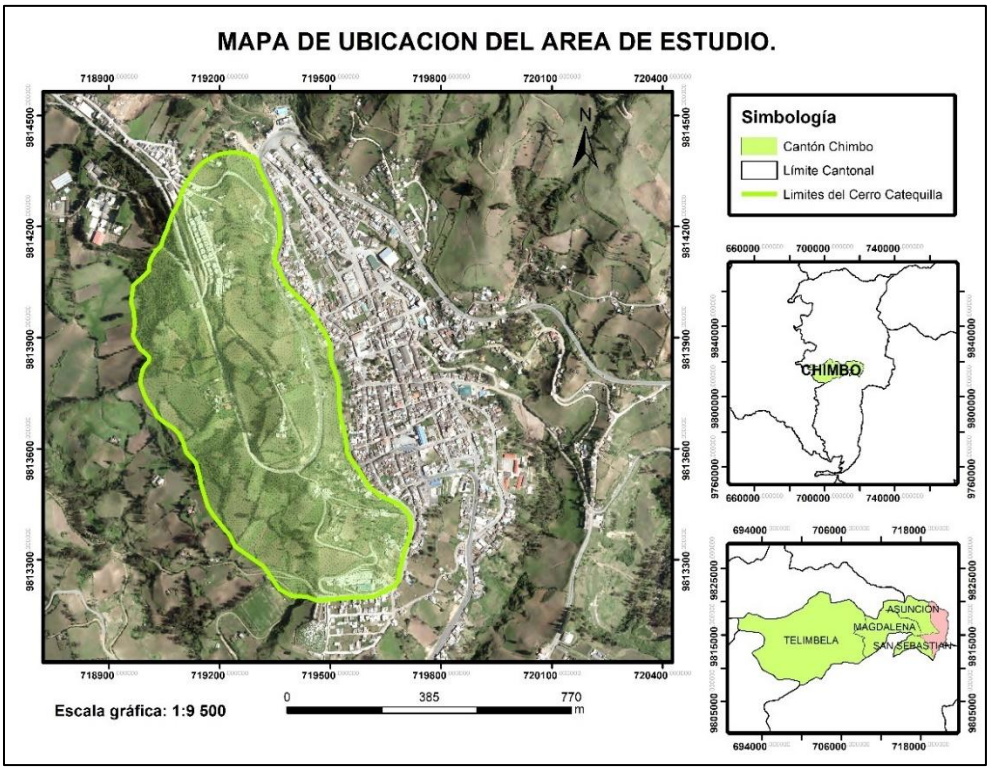
A partir de los hallazgos obtenidos en los objetivos 1 y 2, realizamos una evaluación de la amenaza de deslizamientos y del nivel de vulnerabilidad de la infraestructura, utilizando una metodología de tipo descriptiva. Es posible especificar las acciones de mitigación de riesgos necesarias para salvaguardar la vida y los bienes de la comunidad en la zona de estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo 1: Evaluar el nivel de amenaza del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

El cerro Catequilla, con una superficie aproximada de 490.970,50 m² y una altitud relativa de 2.450 metros sobre el nivel del mar, se ubica al oeste del pueblo de San José de Chimbo. Gran parte de sus laderas está cubierta de vegetación agrícola y ganadera, y también existen zonas en expansión urbana. Este cerro colinda al oeste con la Carretera Estatal La Magdalena, también conocida como "Carretera del Guayco" o "Carretera del Torneado". Para mayor claridad, el área de estudio se muestra en la Figura 6.

Figura 6: Mapa de ubicación del área de estudio del cerro Catequilla.



Nota: *Ubicación del área de estudio, donde el color verde representa la cobertura del cerro Catequilla.*

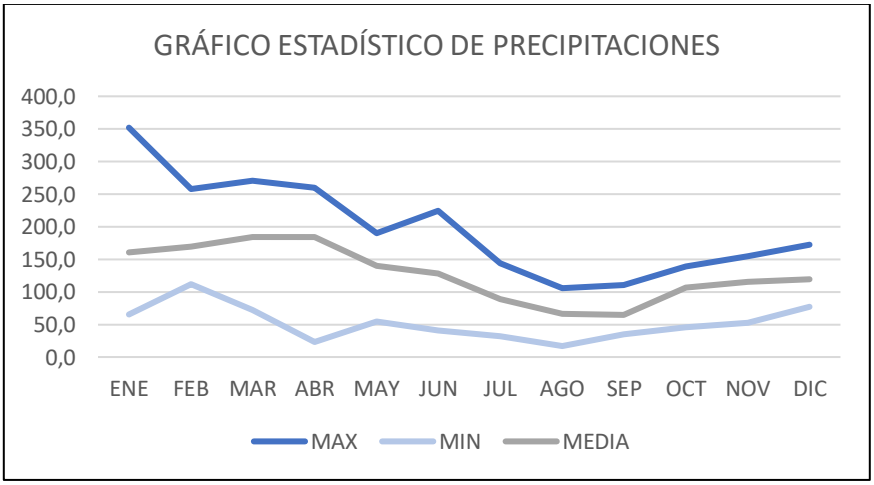
Para la evaluación del nivel de amenaza del cerro Catequilla aplicando la metodología de análisis de multicriterio Fuzzy y Saaty, se recopiló información de precipitaciones, pendiente, cobertura vegetal, ríos, vías y el MDT de San José de Chimbo para la elaboración del mapa de deslizamientos.

4.1.1. Precipitaciones – Isoyetas

Mediante la plataforma climática y meteorológica "NASA Power" se recopilaron datos de valores mínimos, máximos y promedios anuales de precipitaciones, seleccionando de manera estratégica 10 puntos alrededor de la zona de estudio, donde se lograron obtener los datos de precipitación promedio desde el año 2017 hasta el año 2022.

Las cifras indican que toda la zona de investigación presenta una precipitación mínima anual promedio de 627,0 mm, una máxima de 2380,7 mm al año y una media de 1525,8 mm por año. Según estos valores extremos, las lluvias más fuertes ocurren principalmente en el invierno, específicamente entre diciembre y junio.

Figura 7: Gráfico estadístico de precipitaciones.



Nota: *Gráfico de los promedios mensuales de los valores de precipitación desde el año 2017 al año 2022.*

Tabla 11: Promedios mensuales de precipitaciones

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Max	351,9	257,6	270,0	259,9	190,2	224,6	143,9	105,6	110,8	139,1	154,8	172,2
Min	65,8	111,8	71,9	23,3	54,5	40,6	32,4	16,9	35,0	45,6	52,1	77,1
Media	160,2	169,3	183,8	184,1	140,0	128,3	89,0	66,3	64,7	106,3	115,1	118,8

Nota: *Tabla de los promedios mensuales de los valores de precipitación desde el año 2017 al año 2022.*

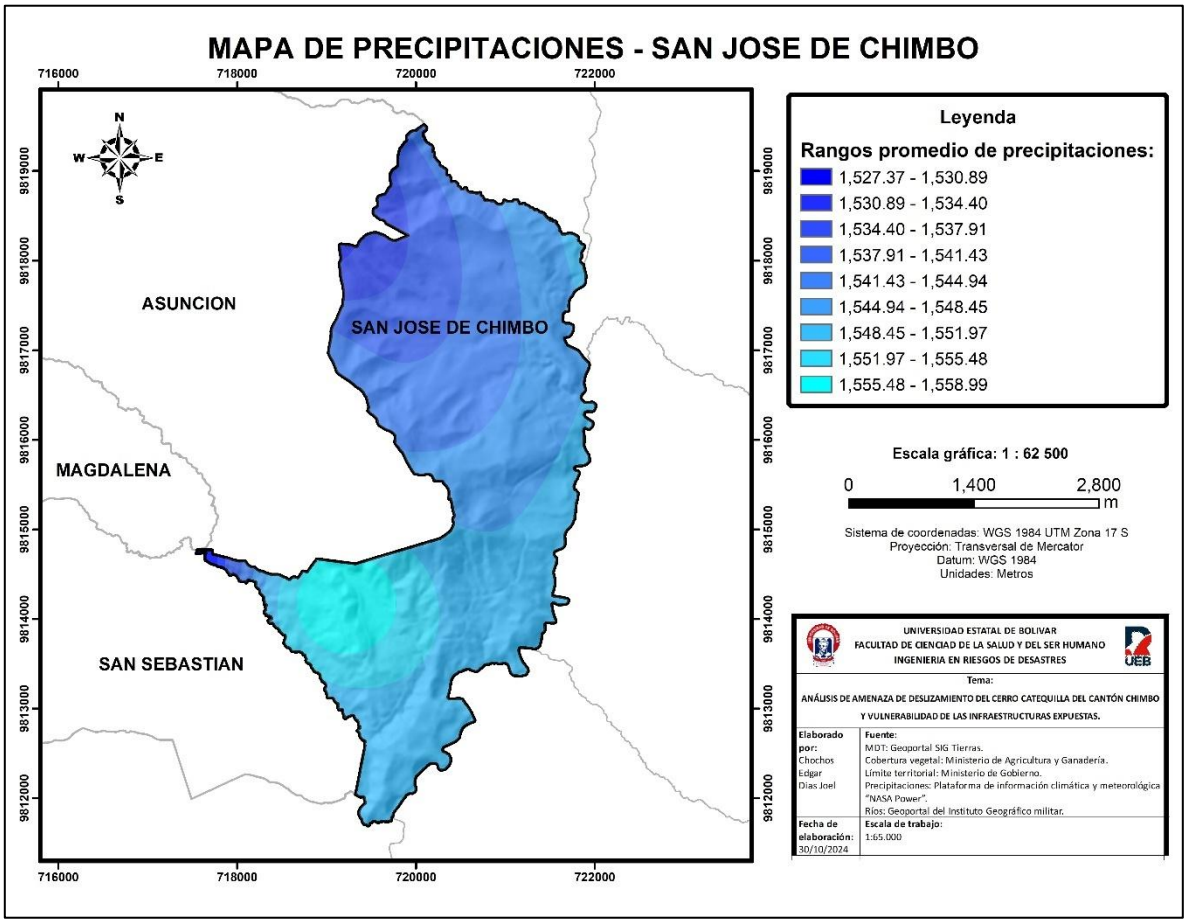
Tabla 12: Promedios y sumas anuales de precipitación.

	Promedio de precipitación anual	Suma de precipitaciones anuales
Max	198,4	2380,7
Min	52,3	627,0
Media	127,2	1525,8

Nota: *Promedios y sumas anuales de los valores máximos, mínimos y medios de precipitación.*

Mediante una interpolación en el software ArcGis, se logró representar los datos anuales de precipitación donde se obtuvo el siguiente mapa:

Figura 8: Mapa de precipitaciones en San José de Chimbo



Nota: *Mapa de precipitaciones en San José de Chimbo, desarrollado a partir de la interpolación de datos extraídos de la plataforma climática "NASA POWER".*

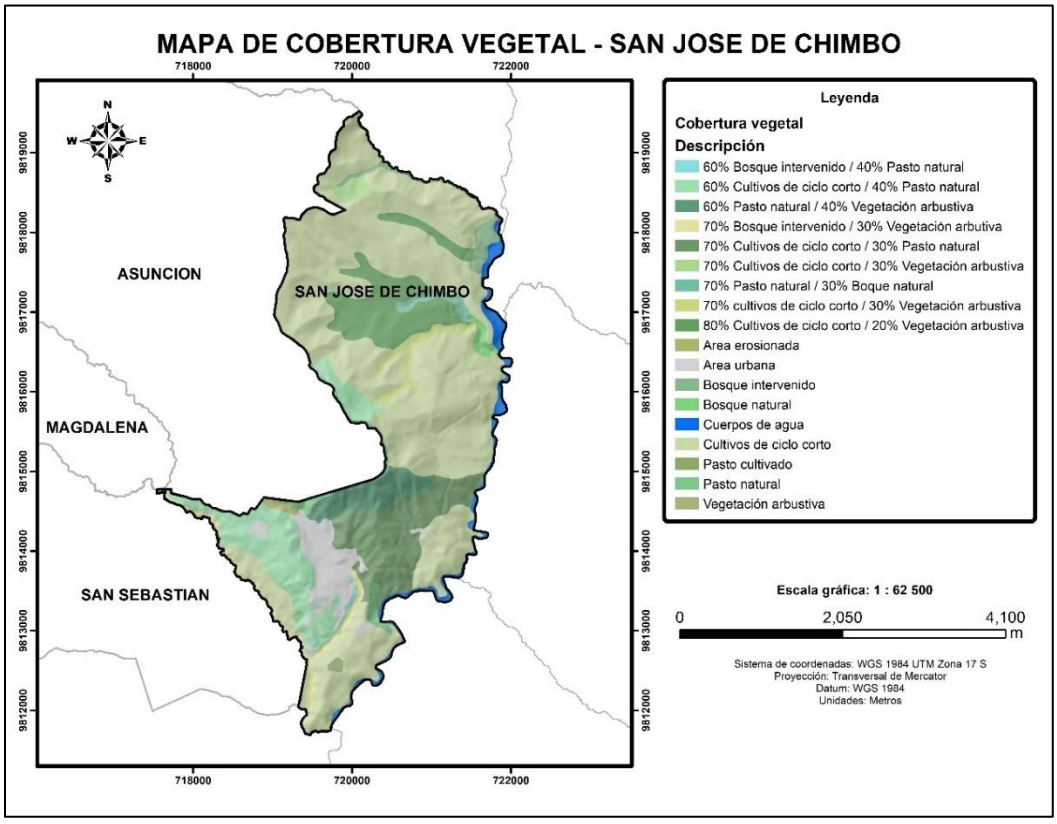
El mapa muestra una reclasificación de los rangos promedio de precipitaciones en San José de Chimbo a partir de la interpolación de los valores de precipitaciones anuales registrados en cada uno de los diez puntos tomados como referencia, donde se logra evidenciar que las precipitaciones totales promedio van desde 1527 mm hasta 1559 mm al año.

4.1.2. Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal en las laderas es un factor que influye considerablemente en los deslizamientos, ya que su presencia reduce la probabilidad de deslizamientos al saturar las laderas con poca agua. Esto indica que la cobertura vegetal, al igual que otros factores, es un elemento crucial en los movimientos en masa.

La cobertura vegetal del cerro Catequilla está comprendida en su mayoría por cultivos de ciclo corto y pasto natural, gran parte de su área es usada para procesos agrícolas, especialmente cultivos de maíz los cuales se encuentran en las laderas más pronunciadas del cerro, como se observa en la figura 9.

Figura 9: Mapa de cobertura vegetal de San José de Chimbo



Nota: *Mapa de cobertura vegetal en San José de Chimbo en base a los shapes obtenidos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.*

A partir de la segmentación y clasificación de la cobertura vegetal por su tipo, se asignó valores correspondientes a los pesos de 1 a 5, tomando en cuenta las características y la vulnerabilidad de dichas coberturas de suelo.

Tabla 13: Asignación de pesos por el tipo de cobertura vegetal

Tipo de cobertura vegetal	Peso
60% Bosque intervenido / 40% Pasto natural	3
60% Cultivos de ciclo corto / 40% Pasto natural	4
60% Pasto natural / 40% Vegetación arbustiva	3
70% Bosque intervenido / 30% Vegetación arbustiva	3
70% Cultivos de ciclo corto / 30% Pasto natural	4
70% Cultivos de ciclo corto / 30% Vegetación arbustiva	4
70% Pasto natural / 30% Boque natural	2
70% cultivos de ciclo corto / 30% Vegetación arbustiva	4
80% Cultivos de ciclo corto / 20% Vegetación arbustiva	5
Área erosionada	5
Área urbana	5
Bosque intervenido	3
Bosque natural	1
Cuerpos de agua	1
Cultivos de ciclo corto	5
Pasto cultivado	4
Pasto natural	2
Vegetación arbustiva	3

Nota: *Clasificación de la cobertura vegetal con su respectivo peso en base al tipo de cobertura vegetal.*

4.1.3. Pendiente

Debido a su ubicación geográfica en una región montañosa, el cantón de Chimbo presenta una geomorfología irregular caracterizada por laderas con pendientes variables. Esta topografía indica que los procesos de desplazamiento masivo de tierra son más comunes en el cantón de Chimbo.

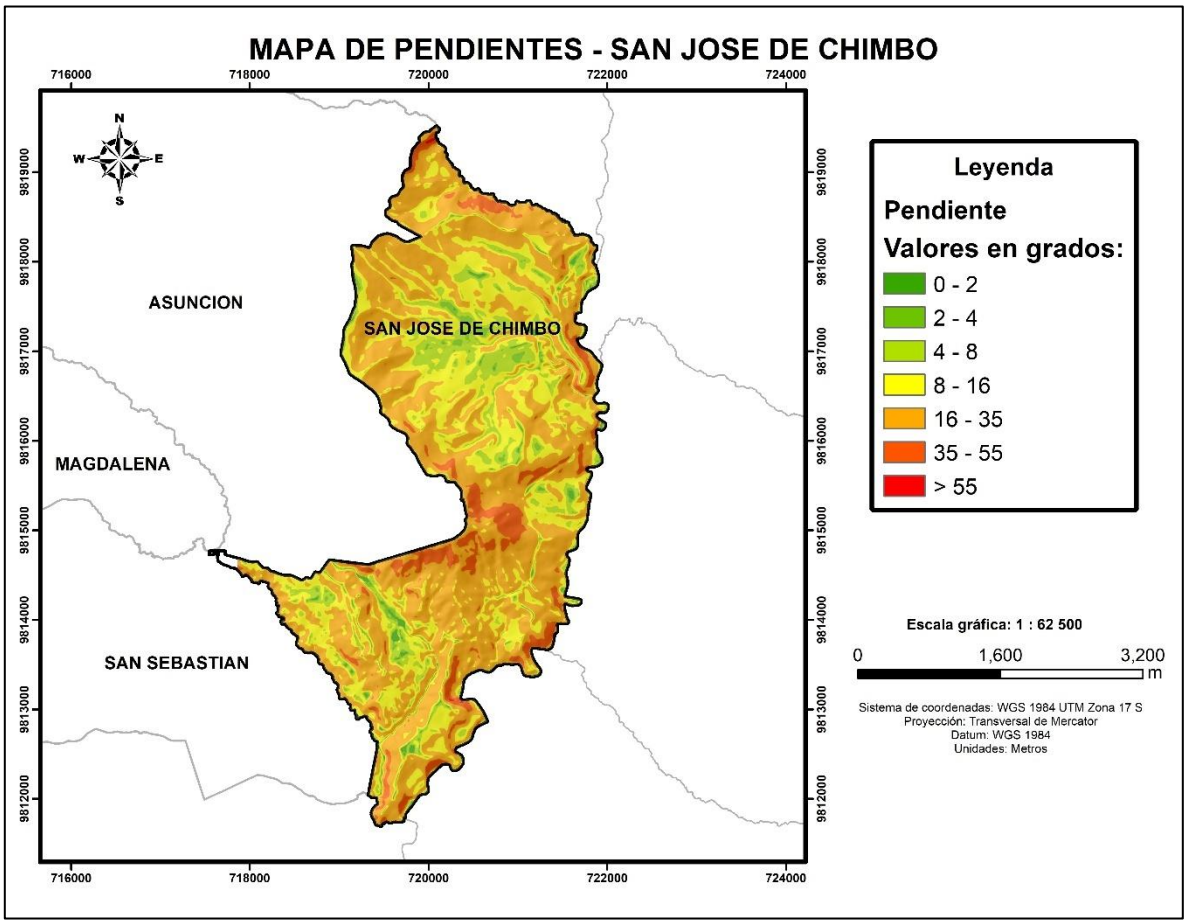
Para la calificación de las pendientes según el método del umbral geomorfológico de ARAYA – VERGARA & BORGEL (1972), YOUNG (1972) y FERNANDO (1993) se realizó una reclasificación en ArcGIS ingresando valores que van desde pendientes horizontales, suaves, moderadas, fuertes, moderadamente escarpadas, muy escarpadas y acantiladas.

Tabla 14: Características de la pendiente en el cerro Catequilla.

Grados de Pendiente	**Tipo de pendiente**	**Área m2**	**Porcentaje %**
0° - 2°	Horizontales	1117.385	0.23
2° - 4°	Suaves	4761.311	0.97
4° - 8°	Moderadas	21538.8	4.39
8° - 16°	Fuertes	103109.3	21.00
16° - 35°	Moderadamente escarpadas	343022.4	69.87
35° - 55°	Muy escarpadas	17421.29	3.55
	Total	490970.486	**100**

Nota: *Matriz de caracterización de la pendiente en base al método del umbral geomorfológico de ARAYA – VERGARA & BORGEL (1972), YOUNG (1972) y FERNANDO (1993).*

Figura 10: Mapa de pendientes



Nota: *Mapa de pendientes de San José de Chimbo con sus valores clasificados en grados.*

En el cerro Catequilla, las pendientes más predominantes son moderadamente escarpadas las cuales componen el 69.87% del área de estudio, que se caracterizan por ser laderas con pendientes entre 16° a 35°, seguido por pendientes fuertes que conforman el 21% del área de estudio las cuales van desde los 8° a 16°, el 4.39% representa pendientes moderadas con valores entre 4° a 8°, el 3.55% representa pendientes muy escarpadas cuyos grados de inclinación se encuentran entre los 35° a 55°, las pendientes suaves ocupan el 0.97% del territorio que van desde 2° a 4° y las pendientes horizontales que abarca el 0.23% del área de estudio que se caracteriza por pendientes que van de 0° a 2°.

4.1.4. Resultados de la metodología de análisis de multicriterio Fuzzy y Saaty

A partir de un proceso jerárquico de Saaty se determinó la importancia de cada variable en el presente estudio aplicando la tabla de normalización Saaty dando como consiguiente la siguiente tabla:

Tabla 15: Matriz de normalización de Saaty.

Matriz de normalización de Saaty					
	Pendiente	**Isoyetas**	**Cobertura vegetal**	**Vías**	**Ríos**
Pendiente	1.00	3.00	5.00	3.00	3.00
Isoyetas	0.33	1.00	7.00	3.00	9.00
Cobertura vegetal	0.20	0.14	1.00	5.00	7.00
Vías	0.33	0.33	0.20	1.00	3.00
Ríos	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00
Suma	**1.98**	**4.59**	**13.34**	**12.33**	**23.00**

Nota: *Tabla de jerarquización de las variables por su importancia por su importancia en relación a cada variable.*

En base a la jerarquización y a la ponderación de los datos, se obtuvo el promedio de cada uno de las variables de la matriz de Saaty.

Tabla 16: Matriz normalizada.

	Matriz normalizada					**Promedio**
Pendiente	0.51	0.65	0.37	0.24	0.13	0.38
Isoyetas	0.17	0.22	0.52	0.24	0.39	0.31
Cobertura vegetal	0.10	0.03	0.07	0.41	0.30	0.18
Vías	0.17	0.07	0.01	0.08	0.13	0.09
Ríos	0.06	0.02	0.01	0.03	0.04	0.03

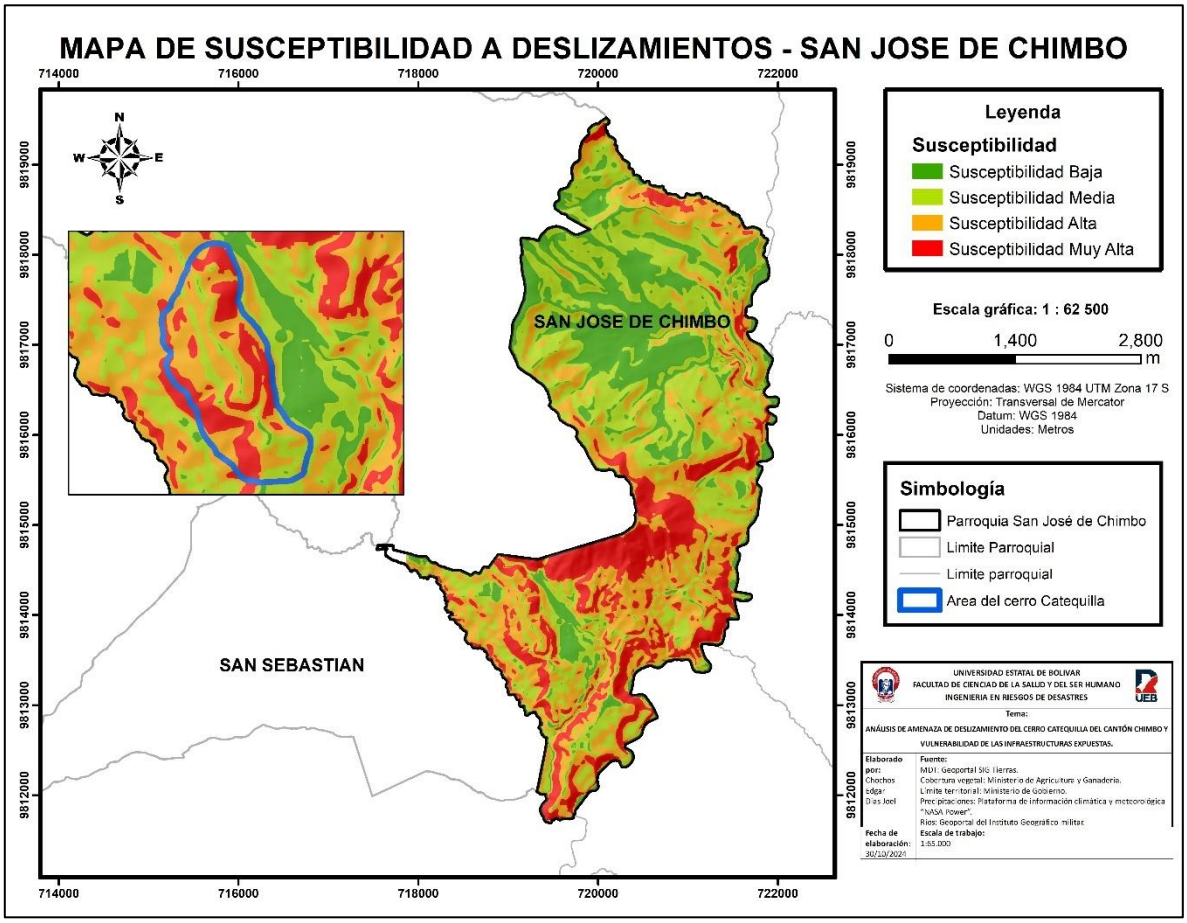
Nota: *Matriz normalizada y promediada de los valores jerarquizados.*

SQL o fórmula resultante para el cálculo del ráster: Pendiente * 0.38 + Isoyetas * 0.31 + Cobertura vegetal * 0,18 + Vías * 0,09 + Ríos * 0.03.

A partir del cálculo de normalización de cada variable donde se identificó su relación teniendo en cuenta si es directa o inversamente proporcional, se introdujo el SQL resultante en la herramienta de “Raster Calculator” donde los valores que son multiplicados

por cada una de las coberturas normalizadas corresponden a los valores propios obtenidos de la matriz de Saaty. Dando como resultado mapa de susceptibilidad a deslizamientos (figura 11).

Figura 11: Mapa de susceptibilidad a deslizamientos



Nota: *Mapa final de susceptibilidad de deslizamiento categorizado en nivel de susceptibilidad baja, media, alta, muy alta.*

4.1.5. Nivel de amenaza

En base al desarrollo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos del cerro Catequilla, se evidenció que el nivel de susceptibilidad a deslizamientos que más predomina en la zona es Susceptibilidad Alta con un 46.07% del área de estudio lo que equivale a 226194 m2, seguido por un nivel de Susceptibilidad Muy Alta con una cobertura

del 35.10% lo que representa 172344 m2 de su área, continuo a esto se logra apreciar que la Susceptibilidad Media abarca un 18.07% lo que equivale a 88708.2 m2 de su área y finalmente se evidenció que el nivel de Susceptibilidad Baja es del 0.76% lo que representa una extensión de 3724.65 m2.

Una vez obtenido los resultados de susceptibilidad a deslizamientos, se determinó que el nivel de Susceptibilidad predominante en el área de estudio va desde Susceptibilidad Alta – Muy Alta, por consiguiente, el cerro Catequilla se sitúa en un nivel de amenaza Alto, lo que se puede apreciar en la figura 11.

Tabla 17: Niveles de susceptibilidad del cerro Catequilla.

Calificación	Área m2	Porcentaje %
Susceptibilidad Baja	3724.65	0.76
Susceptibilidad Media	88708.20	18.07
Susceptibilidad Alta	226194.00	46.07
Susceptibilidad Muy Alta	172344.00	35.10
Total	**490970.85**	**100**

Nota: *Calificación del nivel de susceptibilidad de deslizamiento con su porcentaje y área en m2 de cobertura del cerro Catequilla.*

4.2. Resultados del objetivo 2: Definir el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas por el posible deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo

Según la metodología del PNUD, en la zona baja del cerro Catequilla se encuentran identificadas la mayor cantidad de viviendas vulnerables a la susceptibilidad de deslizamientos, se llevó a cabo el levantamiento de información identificando diferentes tipos de predios según las variables estudiadas.

4.2.1. Ponderación general de la vulnerabilidad Infraestructural según la metodología del PNUD

Se ha desarrollado una matriz general de la vulnerabilidad físicas de las viviendas identificadas en la zona de estudio, obteniendo un total de 87 viviendas con respecto a las variables de vulnerabilidad infraestructural como el sistema estructural, tipos de materiales en paredes, número de pisos, año de construcción, estado de conservación, características del suelo bajo la edificación, topografía del sitio, forma de construcción, obteniendo como resultado una ponderación de vulnerabilidad de 72 puntos de todas las viviendas, respecto a la metodología del PNUD, la cual podemos observar en la siguiente tabla.

Tabla 18: Matriz de la ponderación general de la vulnerabilidad Infraestructural

Variable de vulnerabilidad	Información de catastro	Núm. casas	Porcentaje (%)
Sistema estructural	Hormigón armado	21	24
	Estructura metálica	0	0
	Estructura de madera	29	33
	Estructura de caña	0	0
	Estructura de pared portante	0	0
	Mixta madera/hormigón	34	39
	Mixta metálica/hormigón	3	3
	Total de casa	**87**	**100**
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	20	23
	Pared de bloque	36	41
	Pared de piedra	0	0
	Pared de adobe	16	18
	Pared de tapial/bahareque/madera	15	17
	Total de casa	**87**	**100**
Número de pisos	1 piso	14	16
	2 pisos	56	64
	3 pisos	15	17
	4 pisos	1	1
	5 pisos o mas	1	1
	Total de casa	**87**	**100**
Año construcción	antes de 1970	6	7
	entre 1971 y 1980	23	26

	entre 1981 y 1990	28	32
	entre 1991 y 2010	30	34
	Total de casa	**87**	**100**
Estado de conservación	Bueno	21	24
	Aceptable	43	49
	Regular	15	17
	Malo	8	9
	Total de casa	**87**	**100**
Características del suelo bajo la edificación	Firme, seco	87	100
	Inundable	0	0
	Ciénega	0	0
	Húmedo, blando, relleno	0	0
	Total de casa	**87**	**100**
Topografía del sitio	A nivel, terreno plano	32	37
	Bajo nivel calzada	24	28
	Sobre nivel calzada	17	20
	Escarpe positivo o negativo	14	16
	Total de casa	**87**	**100**
Forma de la construcción	Regular	64	74
	Irregular	0	0
	Irregularidad severa	23	26
	Total de casa	**87**	**100**

Nota: *Tabla general de la vulnerabilidad Infraestructural según la metodología del PNUD.*

4.2.2. Análisis de la vulnerabilidad física estructural de la amenaza de deslizamientos

Se realizó la calificación de los predios ante la amenaza de deslizamiento identificados en la tabla general según los indicadores de la metodología del PNUD, con la finalidad de ponderar los datos los cuales se pueden evidenciar en los anexos, de manera que se logre obtener el total del nivel de vulnerabilidad.

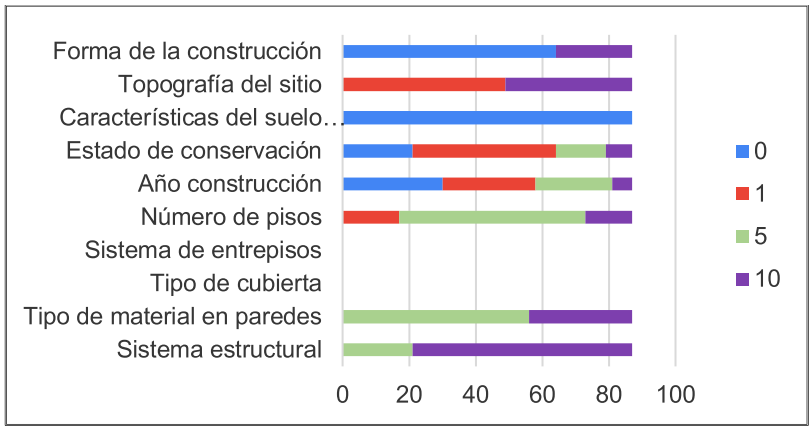
Tabla 19: Matriz de resumen de las viviendas expuestas a la vulnerabilidad física estructural de la amenaza de deslizamientos

Nivel de vulnerabilidad	Numero de edificaciones	Porcentaje
Alto	6	7%
Medio	35	40%
Bajo	46	53%
Total	87	100%

Nota: *Tabla de resumen de las viviendas con su índice de vulnerabilidad en base a la calificación de cada vivienda por su nivel de vulnerabilidad según la metodología del "PNUD".*

Según los datos obtenidos en base a la matriz para el análisis de vulnerabilidad física, indica una evaluación detallada de las infraestructuras en condición de vulnerabilidad, centrándose en diversos aspectos claves que afectan su integridad y funcionamiento, se han identificado varios indicadores críticos, como el sistema estructural con el predio "mixta madera/hormigón" con 8 puntos, material de paredes con el predio "Pared de adobe" con 8 puntos, número de pisos con el predio "2 pisos" con 4 puntos, año de construcción con el predio "entre 1971 y 1980" con 4 puntos , estado de conservación con el predio "malo" con 8 puntos, característica suelo con el predio "firme, seco" con 0 puntos, cabe recalcar que el resultado de este indicador nos refleja de esta manera ya que las características del suelo de la zona de estudio son terrenos inclinados y no tienen ninguna relación con los demás predios, al comparar los indicares se puede determinar el que más se destaca es la topografía del sitio con el predio "bajo el nivel de la calzada" con 40 puntos.

Figura 12: Gráfico estadístico de los datos de las viviendas vulnerables



Nota: *Gráfico estadístico de los datos recolectados de las viviendas vulnerables inspeccionadas.*

El gráfico refleja un análisis fundamental donde los aspectos estructurales y materiales de una construcción son considerados esenciales (Forma de la construcción, Sistema estructural y Materiales en paredes). Mientras tanto, factores como el tipo de cubierta y los sistemas de entrepisos tienen menor trascendencia, sugiriendo que no impactan directamente en la evaluación de la amenaza de deslizamientos.

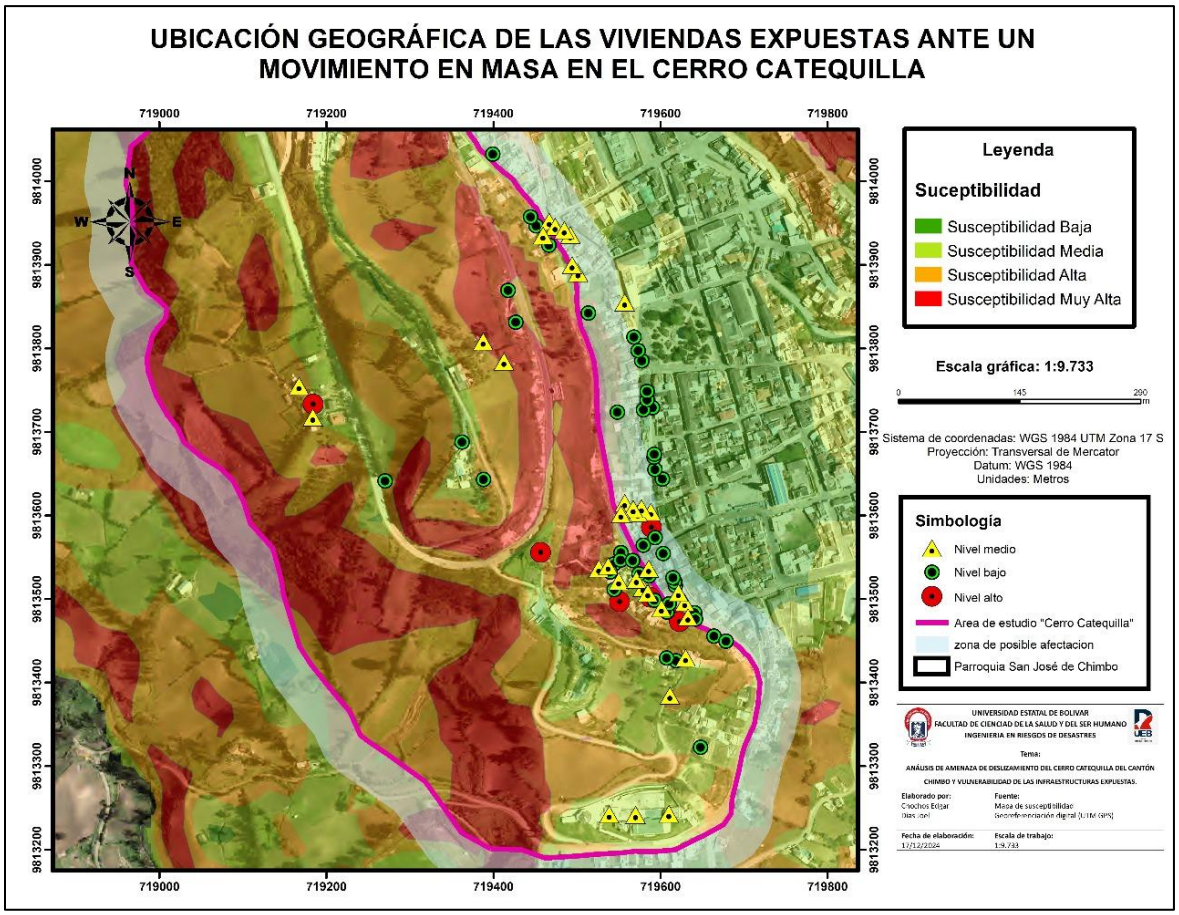
Tabla 20: Calificación general de las viviendas expuestas a la vulnerabilidad física estructural de la amenaza de deslizamientos

Nivel de vulnerabilidad	**Puntaje**
Bajo	0 a 33 puntos
Medio	34 a 66 puntos
Alto	Más de 66 puntos

Nota: *Tabla de calificación general de las viviendas expuestas a la vulnerabilidad física según la metodología del "PNUD"*

Estos indicadores proporcionan una visión detallada de la condición de las infraestructuras, permitiendo identificar mediante los indicadores la razón por el cual se encuentran en un nivel de vulnerabilidad del área evaluada, se obtuvo como resultado un puntaje de 72 puntos, lo cual según la tabla de puntuación refleja un nivel de vulnerabilidad alto ya que excede los 66 puntos.

Figura 13: Mapa ubicación geográfica de las infraestructuras expuestas en el cerro Catequilla ante un movimiento en masa.



Nota: *Mapa ubicación geográfica de las infraestructuras expuestas en el cerro Catequilla ante un movimiento en masa con su respectiva calificación del nivel de vulnerabilidad representado por colores según la metodología del "PNUD".*

El mapa muestra la ubicación geográfica de las infraestructuras vulnerables en San José de Chimbo, mediante la combinación de los resultados del mapa de susceptibilidad a deslizamientos específicamente en el área de estudio "Cerro Catequilla", el cual se basa en un análisis de susceptibilidad a intervalos destacando que el mayor número de viviendas vulnerables se encuentran dentro del nivel alto con una calificación mayor a 66 puntos mediante el desarrollo de la tabla general de la vulnerabilidad Infraestructural según la metodología del PNUD.

4.2.3. Calificación de vulnerabilidad física de redes vitales – Sistema de Vialidad

4.2.3.1. Tramo de la vía entrada a Chimbo – Plaza La Merced de San José de Chimbo

Este tramo de la vía es un sector muy transitado donde se observa la entrada y salida de vehículos pesados, lo que determina que es un factor crucial para el desgaste significativo de la vía, el MTOD mediante información proporcionada por el ingeniero Milton Taris encargado de la viabilidad de primer orden de la provincia Bolívar, ha dado a conocer que en temporadas pasadas se ha presenciado deslizamientos por diferentes tipos de factores como precipitación, vibración de los vehículos pesados, actividad humana entre otros, en diferentes tramos de la vía ocasionando congestión vehicular, lo cual también ha producido un desgaste vial el cual debilita la carpeta asfáltica poniendo en sí vulnerable la vía.

Tabla 21: Calificación de vulnerabilidad física de la vía "entrada a Chimbo – Plaza La Merced" de San José de Chimbo

Factor De Vulnerabilidad	Variable De Vulnerabilidad	Indicadores	Amenaza Deslizamientos	valores	Ponderador Deslizamientos	Valor Máximo	Valor total
Red Vial	Estado de revestimiento	Bueno	0	0,1,5,10	2	20	10
		Regular	5				
		Malo	10				
	Mantenimiento	Planificado	0		4	40	0
		Esporádico	5				
		Ninguna	10				
		Aplica la normativa	1		4	40	4

	Estándares de diseño y construcción	MOP 2002				
		Versión anterior al 2002	5			
		No aplica normativa	10			
					100	Total 14

Nota: *Tabla de calificación de vulnerabilidad física de la vía entrada a Chimbo – Plaza La Merced de San José de Chimbo*

4.2.3.2. Tramo de la vía estatal "La Magdalena - El Torneado"

Se determina que este sector se ha evidenciado un desgaste de la capa asfáltica en diferentes partes de la zona de estudio evidenciando fisuras y hundimientos, lo cual se determina que tiene una vulnerabilidad media según la tabla de calificación del sistema de vialidad de la metodología del PNUD.

Tabla 22: Calificación de la vulnerabilidad física de la vía estatal La Magdalena - El Torneado

Factor De vulnerabilidad	Variable De Vulnerabilidad	Indicadores	Deslizamientos	valores	Ponderador Deslizamientos	Valor Máximo	Valor total
Red Vial	Estado de revestimiento	Bueno	0	0,1,5,10	2	20	10
		Regular	5				
		Malo	10				
	Mantenimiento	Planificado	0		4	40	20
		Esporádico	5				
		Ninguna	10				
	Estándares de diseño y construcción	Aplica la normativa MOP 2002	1		4	40	4

	Versión anterior al 2002	5		
	No aplica normativa	10		
			100	Total 34

Nota: *Tabla de calificación de la vulnerabilidad física de la vía estatal La Magdalena - El Torneado*

Estos indicadores proporcionan una visión detallada de la condición de la infraestructura vial, obtuvimos como resultado una ponderación de 24 puntos calificando el total de las dos vías de primer orden, lo cual según la tabla de puntuación nos refleja un nivel de vulnerabilidad bajo ya que se encuentra en un rango de 0 a 25 puntos.

Tabla 23: Calificación de vulnerabilidad física de la vía estatal "La Magdalena - El Torneado".

Nivel de vulnerabilidad	Puntaje
Bajo	0 a 25 puntos
Medio	26 a 75 puntos
Alto	Más de 75 puntos

Nota: *Tabla de calificación de la vía estatal "LA Magdalena – El Torneado" expuesta a la vulnerabilidad física de deslizamiento según la metodología del "PNUD"*

4.2.3.3. Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de Red Vial

Dependencia

- Señalética iluminada
- Uso de geotextil

Tabla 24: Vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial "entrada a Chimbo – Plaza La Merced" de San José de Chimbo.

Factor De Vulnerabilidad Funcional	Variable De Vulnerabilidad	Indicadores	Vulnerabilidad Funcional
Red Vial	Dependencia	Sin dependencia	Baja
		Con dependencia	Alta
	Redundancia	Mas de una	Baja
		Una	Moderada
		Ninguna	Alta
	Capacidad de intervención	Personal calificado y equipamiento	Baja
		Personal calificado sin equipamiento	Moderada
		Sin personal ni equipamiento	Alta

Nota: *Tabla de calificación de la vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial "entrada a Chimbo – Plaza La Merced" de San José de Chimbo.*

Alternativas de funcionamiento

Al producir un evento dentro del tramo de las vías primarias que conectan con la ciudad y sus barrios se puede identificar que existen vías de segundo y tercer orden, lo cual facilitara a la movilidad de distintos vehículos.

Capacidad de control

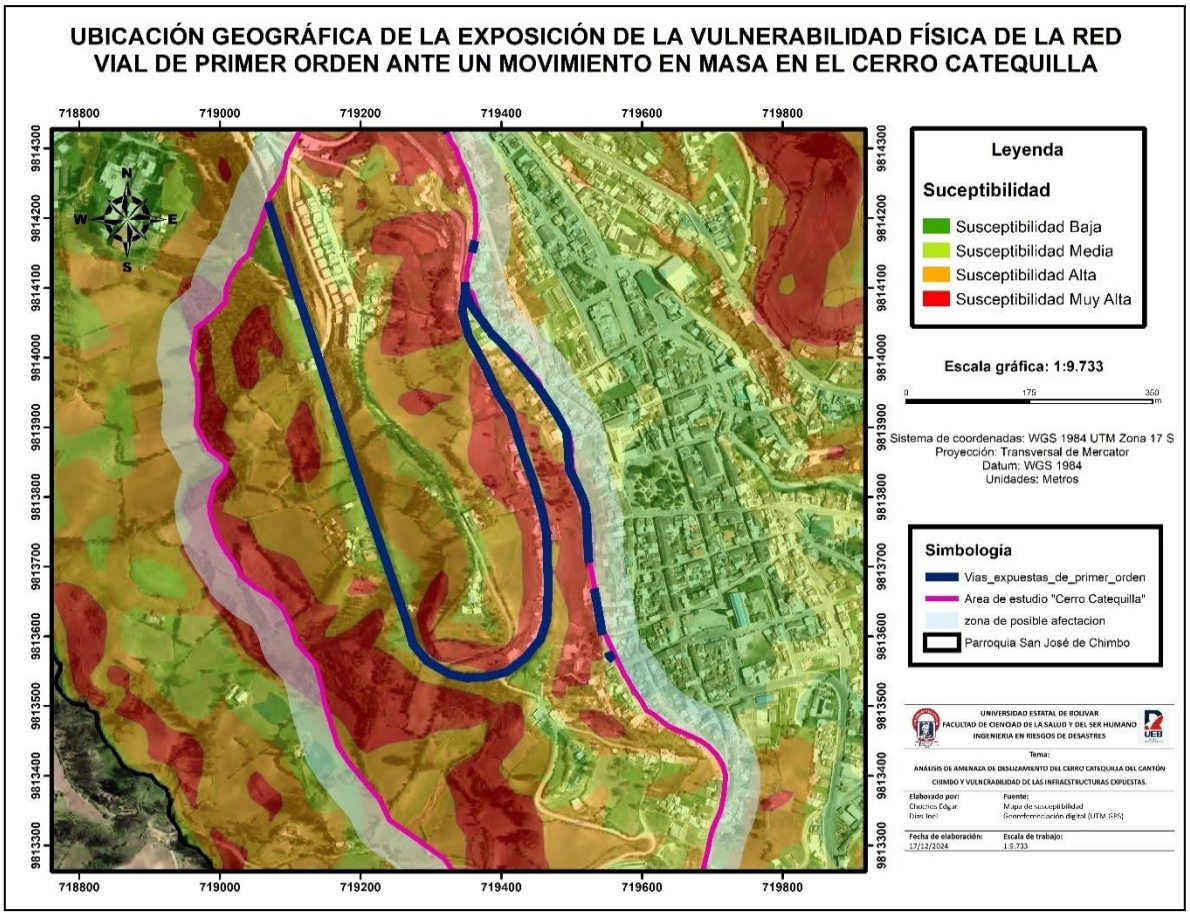
La MTOP tiene la capacidad de intervenir al mantenimiento y apertura de las vías de primer orden conjuntamente con sus técnicos y trabajadores.

Tabla 25: Calificación de vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial "La Magdalena - El Torneado".

Factor De Vulnerabilidad Funcional	Variable De Vulnerabilidad	Indicadores	Vulnerabilidad funcional
Red Vial	Dependencia	Sin dependencia	Baja
		Con dependencia	Alta
	Redundancia	Mas de una	Baja
		Una	Moderada
		Ninguna	Alta
	Capacidad de intervención	Personal calificado y equipamiento	Baja
		Personal calificado sin equipamiento	Moderada
		Sin personal ni equipamiento	Alta

Nota: *Tabla de calificación de la vulnerabilidad funcional del Sistema de red vial "La Magdalena - El Torneado".*

Figura 14: Mapa de la ubicación geográfica de la exposición de la vulnerabilidad física de la red vial de primer ante un movimiento en masa en el cerro Catequilla



Nota: *Mapa de ubicación geográfica de la exposición de la vulnerabilidad física de la red vial de primer orden ante un movimiento en masa del cerro Catequuilla.*

El mapa representa de manera gráfica la vulnerabilidad física de la red vial de primer orden ubicada geográficamente en el área de estudio del "Cerro Catequilla", combinando información con el resultado del mapa de susceptibilidad a deslizamientos y el desarrollo de la tabla de calificación de vulnerabilidad física de la red vial de primer orden del cantón chimbo, se puede evidenciar que las vías de primer orden que conducen hacia la plaza central y tamban se encuentran dentro del nivel de susceptibilidad media con un total de ponderación de 26 a 75 puntos.

4.2.4. Análisis de vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable

4.2.4.1. Red de captación del agua potable

Tabla 26: Calificación de la vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable.

Factor De Vulnerabilidad	Variable De Vulnerabilidad	Indicadores	Deslizamientos	Valores	Ponderador Deslizamientos	Valor Máximo	Valor Total
Agua Potable CAPTACIÓN	Estado actual	Bueno	5	0,1,5,10	1	10	5
		Regular	5				
		Malo	10				
	Antigüedad	0 a 25 años	1		1,5	15	1,5
		25 a 50 años	5				
		mayor a 50 años	10				
	Mantenimiento	Planificado	1		2	20	10
		Esporádico	5				
		Ninguna	10				
	Material de construcción	PVC	1		2,5	25	2,5
		Hormigón armado	1				
		Asbesto cemento	5				
		Mampostería de piedra y mampostería de ladrillo	10				
	Estándares de diseño y construcción	antes de IEOS	1		3	30	15
		entre el ieos y la norma local	5				
		luego de la norma local	10				
							Total=34

Nota: *Tabla de Calificación de la vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable según la metodología del "PNUD".*

La estructura física de la red de captación del agua potable de la cabecera cantonal de San José de Chimbo según el Lic. Manuel Mesías Allan Baño, gerente de la empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado del cantón chimbo (EP-MAPA-CCH), determinó que la estructura fue construida hace más de 30 años, el mismo que con pasar el tiempo ha sido restructurada y mejorada en diferentes ocasiones.

Esta red de captación se alimenta del río Guapungoto. Según las instrucciones del ingeniero, su captación de agua es ineficiente, por lo que fue necesario construir un pequeño muro de piedra para su recolección y evitar desviaciones del río. De acuerdo con las especificaciones detalladas del ingeniero, se elaboró la siguiente tabla de ponderación de vulnerabilidad a deslizamientos, considerando las siguientes variables: estado actual, antigüedad, mantenimiento, materiales de construcción, diseño y estándares de construcción.

El tanque de captación del sector "Guapungoto" tiene como resultado una ponderación de 34 puntos calificando el total de ponderación de cada indicador, lo cual según la tabla de puntuación nos refleja un nivel de vulnerabilidad medio ya que se encuentra en un rango de 26 a 75 puntos.

Tabla 27: Calificación del nivel de vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable captación.

Nivel de vulnerabilidad	**Puntaje**
Bajo	0 a 25 puntos
Medio	26 a 75 puntos
Alto	Más de 75 puntos

Nota: *Tabla Calificación del nivel de vulnerabilidad física de redes vitales – agua potable captación según la metodología del "PNUD".*

4.2.4.2. Red de conducción del agua potable

La red de conducción está instalada por tuberías PVC desde el 2008 donde se readecuo partes del sistema y también fue instalada tuberías de acero donde existía antecedentes de afectación.

La tabla revela una evaluación detallada de la red de conducción del agua potable, centrándose en diversos aspectos clave que afectan su integridad y funcionamiento. Se han identificado varios indicadores críticos como, estado actual, antigüedad, mantenimiento, material de construcción, estándares de diseño y construcción.

Tabla 28: Ponderación de la red de conducción del agua potable.

Factor De Vulnerabilidad	Variable De Vulnerabilidad	Indicadores	Deslizamientos	Valores	Ponderador	Valor Máximo	Valor Total
Agua Potable CONDUCCIÓN	Estado actual	Bueno	1	0, 1, 5, 10	1	10	1
		Regular	5				
		Malo	10				
	Antigüedad	0 a 25 años	1		1, 5	15	7,5
		25 a 50 años	5				
		mayor a 50 años	10				
	Mantenimiento	Planificado	1		2, 5	25	12, 5
		Esporádico	5				
		Ninguna	10				
	Material de construcción	PVC	5		2	20	10
		Hormigón armado	1				
		Asbesto cemento	5				
		Tierra	10				

	Estándares de diseño y construcción	antes de IEOS	1	3	30	15
		entre el ieos y la norma local	5			
		luego de la norma local	10			
					Total	**46**

Nota: *Tabla de ponderación de la red de conducción del agua potable vulnerable frente a la amenaza de deslizamientos según la metodología del "PNUD".*

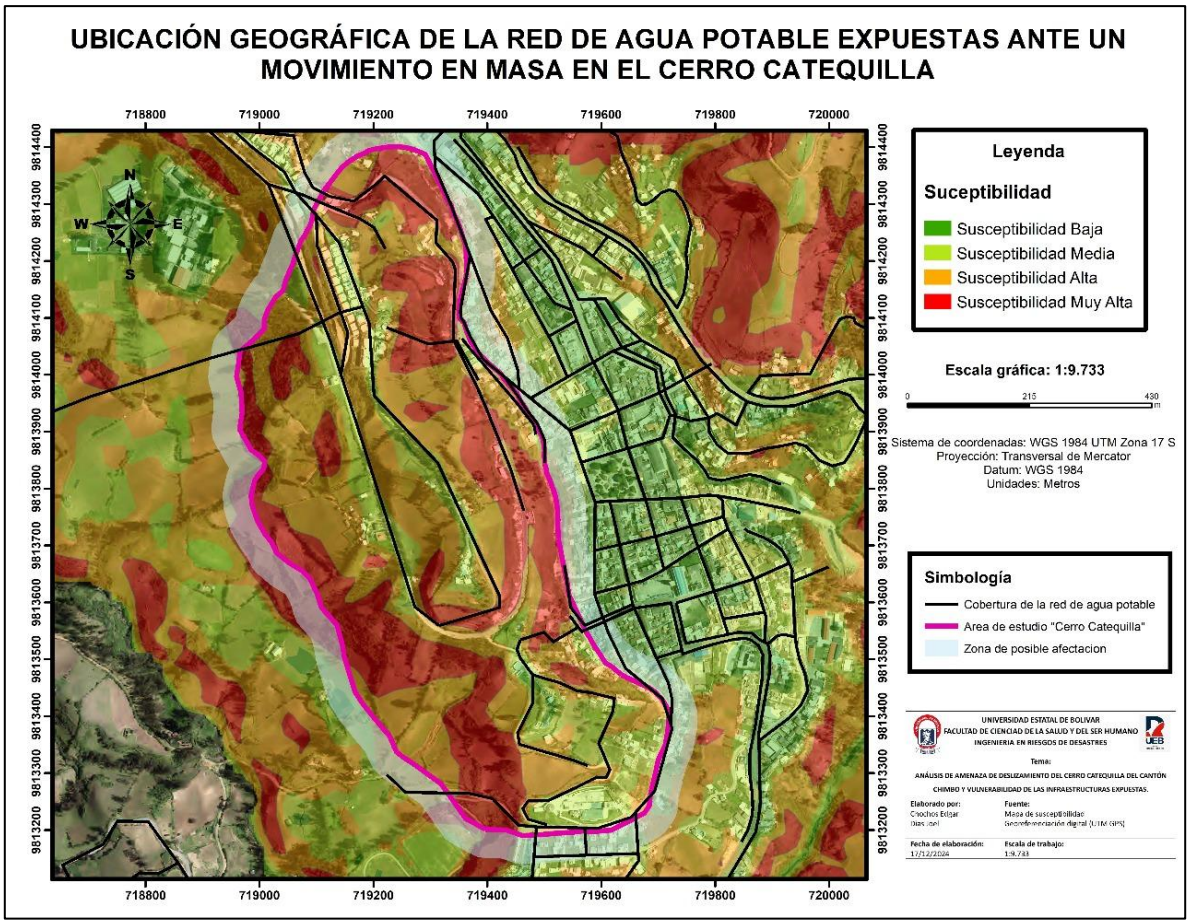
La red de conducción del agua potable del cantón Chimbo, tiene como resultado una ponderación de 46 puntos, lo que indica un nivel de vulnerabilidad medio según la tabla de puntuación ya que se encuentra en un rango de 26 a 75 puntos.

Tabla 29: Puntuación del nivel de vulnerabilidad la red de conducción de agua potable.

Nivel de vulnerabilidad	**Puntaje**
Bajo	0 a 25 puntos
Medio	26 a 75 puntos
Alto	Más de 75 puntos

Nota: *Tabla de puntuación del nivel de vulnerabilidad de la red de conducción de agua potable frente a la amenaza de deslizamientos según la metodología del "PNUD".*

Figura 15: Mapa ubicación geográfica de la red de agua potable expuestas ante un movimiento en maza en el cerro Catequilla.



Nota: *Mapa ubicación geográfica de la red de agua potable vulnerables ante la amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla.*

En el mapa se logra apreciar la correlación entre los resultados del mapa de susceptibilidad a deslizamientos en los tres niveles de calificación “alto, medio, bajo” y la red de distribución de agua potable del canto chimbo, permitiéndonos evidenciar dentro de los límites de estudio, áreas con mayor nivel de riesgo que afectaría al sistema de agua potable, mediante el desarrollo de la tabla de la vulnerabilidad física de redes vitales – Agua potable de la metodología del PNUD, se obtiene un resultado con un nivel de vulnerabilidad medio ya que se encuentra en un rango de 26 a 75 puntos .

4.3. Resultados del objetivo 3: Plantear medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo

A través de la elaboración de un mapa de amenazas de deslizamientos, junto con una evaluación de peligros y un análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura, se lograron identificar las áreas susceptibles a deslizamientos, así como la infraestructura que es especialmente vulnerable. Esto facilitó la formulación de propuestas de mitigación de riesgos en el cantón Chimbo, con el fin de salvaguardar a la población y, por ende, proteger sus bienes. El peligro que representa un deslizamiento procedente del cerro Catequilla tiene el potencial de ocasionar daños significativos en las viviendas, así como en las redes de abastecimiento de agua, los sistemas de captación de agua y la red vial, lo que podría derivar en repercusiones tanto económicas como sociales. Por todo lo anterior, es fundamental llevar a cabo medidas que ayuden a disminuir el riesgo asociado a un posible deslizamiento en el cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

Debido a las características geomorfológicas, climáticas y antropogénicas que generan un alto riesgo de deslizamientos, la implementación de medidas de mitigación es crucial. La estabilidad del terreno, la vulnerabilidad de la infraestructura circundante y las intensas temporadas de lluvias aumentan la probabilidad de deslizamientos, que pueden causar pérdidas humanas, económicas y sociales.

Para desarrollar este objetivo se utilizó una tabla en la que se lista la medida, objetivo, estrategias, actividades, indicadores, medios de verificación y responsables.

4.3.1. Título

Medidas de reducción del riesgo inherente de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

4.3.2. Justificación

La propuesta de medidas para reducir el riesgo y disminuir la vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas en el cerro Catequilla, ubicado en el cantón Chimbo, cobra una gran relevancia ante la permanente amenaza de deslizamientos en la región. Las condiciones geológicas y geomorfológicas del cerro, sumadas a factores climáticos como las intensas precipitaciones, aumentan considerablemente la probabilidad de estos eventos, poniendo en peligro la seguridad de la población, así como de las viviendas, las vías de comunicación y los sistemas de agua.

La alta vulnerabilidad de las infraestructuras ante este tipo de fenómenos tiene un impacto negativo en la movilidad, el acceso a servicios básicos y la seguridad de los habitantes, lo que repercute directamente en su calidad de vida. Las viviendas que se sitúan en zonas de pendiente, las carreteras afectadas por hundimientos y erosión, y los sistemas de agua que enfrentan rupturas o bloqueos son algunos de los aspectos críticos que demandan acciones urgentes para evitar daños mayores.

4.3.3. Objetivos

4.3.3.1. Objetivo General

Plantear medidas de reducción del riesgo inherente a deslizamientos del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

4.3.3.2. Objetivos específicos

Describir detalladamente las medidas estructurales y no estructurales para reducir riesgo de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo.

.

4.3.4. Medias estructurales

Tabla 30: Matriz de medidas estructurales.

Medidas	**Problemática**	**Actividades de investigación**	**Descripción de la actividad**	**Medios de verificación**	**Responsables involucrados**
Construcción de terrazas.	Pendiente pronunciada.	- Identificar la pendiente pronunciada. - Identificar el tipo de suelo. - Investigar el tipo de terraza que se construirá.	- Selección de áreas críticas. - Diseño e implementación de terrazas.	Reportes técnicos, fotografías.	GAD Municipal del cantón Chimbo.

Instalación de drenajes superficiales y subterráneos.	Aumento excesivo de la erosión en épocas invernales.	- Identificación de las zonas con mayor erosión. - Planificación para la construcción de los drenajes.	- Diseño de drenajes adecuados. - Instalación y mantenimiento de sistemas de drenaje superficial y subterráneo.	Metros lineales de drenaje instalados.	GAD Municipal del cantón Chimbo.
Aplicación de anclajes y mallas metálicas.	Desprendimiento de rocas y Terrenos inestables.	- Evaluación del terreno. - Diseñar el tipo de anclaje necesario.	- Identificación de áreas inestables. - Instalación de mallas y anclajes.	Metros lineales de drenaje instalados.	GAD Municipal del cantón Chimbo.
Cimentación profunda.	- Infraestructuras poco resistentes a movimientos de suelo.	- Estudios geotécnicos. - Seleccionar el tipo de cimentación.	Control y ejecución.	Informes, planos y control de calidad de materiales.	GAD Municipal del cantón Chimbo (Departamento de planificación y gestión de riesgos).

Reforzamiento del sistema vial con anclajes.	Infraestructura vial vulnerable a movimientos de suelo	- Análisis de estabilidad. - Diseño de anclajes. - Instalación de anclajes.	- Instalar barras de anclaje en zonas críticas. - Realizar pruebas de carga y resistencia para validar su efectividad.	Informes, planos, cálculos y control de calidad.	GAD Municipal del cantón Chimbo (Departamento de planificación y gestión de riesgos).
Utilización de materiales resistentes en las redes de distribución de agua.	La presión y el movimiento del suelo provocan rupturas en las tuberías subterráneas.	Determinar el tipo de tubería más acorde a la necesidad.	Instalación de los materiales resistentes en el sistema de distribución de agua.	Certificación de materiales y registro de pruebas.	- GAD Municipal del cantón Chimbo. - Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Chimbo.

Nota: *Matriz de medidas estructurales para la reducción de la amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla y de la vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas.*

4.3.5. Medias no estructurales

Tabla 31: Matriz de medidas no estructurales.

Medidas	Problemática	Actividades de investigación	Descripción de la actividad	Medios de verificación	Responsables involucrados
Reforestación con especies nativas	- Impacto ambiental. - Perdida de vegetación	- Identificación de las zonas con terreno apto para la siembra. - Preparación del terreno - Clasificación de plantas - Clasificación de plantas	- Identificación de zonas críticas de deslizamientos - Siembra de especies nativas - Monitoreo del crecimiento y cobertura vegetal.	- Informes técnicos de intervención. - Reportes fotográficos. - Mapas de cobertura vegetal.	- GAD Municipal del cantón Chimbo. - Ministerio del Ambiente.

Prohibición de actividades agrícolas y ganaderas intensivas en áreas de alta susceptibilidad	- Terreno débil - Perdida de cubierta vegetal	- Identificar las zonas susceptibles. - Emitir una ordenanza municipal para la prohibición del terreno	- Elaboración de normativa local para restringir las actividades agrícolas intensivas. - Inspección periódica de las zonas afectadas. - Socialización con la comunidad sobre el impacto de estas actividades. - Inspección periódica de las zonas afectadas.	- Ordenanzas municipales emitidas. - Actas de socialización. - Informes de inspección.	- GAD Municipal del cantón Chimbo. - Ministerio del Ambiente.

Regulación de construcciones nuevas en zonas de riesgo y cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)	- Terrenos susceptibles. - Pendientes pronunciadas.	- Identificar las zonas susceptibles. - Emitir una ordenanza municipal para la prohibición del terreno.	- Identificación y delimitación de zonas de alta susceptibilidad. - Implementación de requisitos de construcción según la NEC. - Supervisión y aprobación de permisos de construcción.	- Ordenanzas y reglamentos municipales. - Informes de permisos de construcción aprobados. - Inspecciones técnicas.	- GAD Municipal del cantón Chimbo. - Ministerio del Ambiente.
Mantenimiento periódico de las vías.	Riesgo de colapso de vías por deslizamiento.	Análisis del estado de las vías y su estabilidad.	- Inspección de las vías para evaluar su estado físico y estructural.	- Informe técnico detallado sobre el estado y estabilidad de las vías.	- GAD Municipal del cantón Chimbo. - Ministerio de transporte y obras públicas.

Monitoreo y control de redes de agua.	La rotura de tuberías por movimientos del suelo pérdida de agua y daño estructural.	Identificar puntos críticos de riesgo de rotura.	Crear un sistema de alerta por fallas o roturas en las tuberías.	Evaluación periódica de la red de agua.	- GAD Municipal del cantón Chimbo. - Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Chimbo.

Nota: *Matriz de medidas no estructurales para la reducción de la amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla y de la vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas.*

4.4. Comprobación de la Hipótesis

Comprobación de la Hipótesis

Para realizar la correlación de contingencia entre el nivel de amenaza y la vulnerabilidad de las infraestructuras en, se necesita construir una tabla de contingencia cruzada con frecuencias absolutas entre ambas variables categorizadas (por ejemplo: amenaza baja, media, alta, muy alta y vulnerabilidad baja, media, alta). A partir de los siguientes datos:

Nivel de amenaza de deslizamiento del cerro Catequilla en el cantón Chimbo (Objetivo 1)

Según la tesis, el cerro Catequilla tiene la siguiente distribución por nivel de susceptibilidad a deslizamientos:

Nivel de Susceptibilidad	Área (m^2)	Porcentaje
Baja	3.724,65	0,76%
Media	88.708,20	18,07%
Alta	226.194,00	46,07%
Muy alta	172.344,00	35,10%

Conclusión: El cerro se encuentra predominantemente en un nivel de amenaza alta.

Nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras expuestas (Objetivo 2)

Nivel de Vulnerabilidad	Nº de Viviendas	Porcentaje
Baja	46	53%
Media	35	40%
Alta	6	7%

Conclusión: La mayoría de viviendas están en nivel de vulnerabilidad baja o media

CORRELACIÓN DE CONTINGENCIA

$$C = \sqrt{\frac{x2}{n + x2}}$$

$$C = \sqrt{\frac{2.1459}{87 + 2.1459}} = \sqrt{\frac{2.1459}{89.1459}} = \sqrt{0.02407} = 0.155$$

x^2 es el estadístico chi-cuadrado obtenido de la tabla de contingencia.

n es el total de observaciones (en este caso, 87 viviendas).

- **Chi-cuadrado (χ^2)**: 2.1459
- **Coeficiente de Contingencia (C)**: 0.155
- **Valor p**: 0.709

El coeficiente C **varía entre 0 y un valor menor que 1**.

En este caso, **0.155 indica una correlación baja o débil** entre el nivel de amenaza y la vulnerabilidad de las infraestructuras.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES

Con base en el resultado del objetivo uno evaluar el nivel de amenaza del Cerro Catequilla en el cantón Chimbo mediante el método de análisis multicriterio Fuzzy y Saaty y su clasificación, a través del mapa de vulnerabilidad final, se determinó que el sector estudiado presenta una vulnerabilidad alta con un porcentaje de 46.07% y cubre un área total de 226,194.00 m2, lo que indica que existe un riesgo significativo de deslizamiento del Cerro Catequilla en la localidad de San José de Chimbo.

Se examinaron elementos expuestos como edificaciones residenciales, vías principales y redes de abastecimiento de agua potable. El grado de vulnerabilidad se determinó utilizando la metodología del PNUD. Se encontró que las 87 viviendas inspeccionadas tuvieron una puntuación superior a 66 puntos, específicamente 72 puntos, lo que indica una vulnerabilidad alta para todas las viviendas. En cuanto al grado de vulnerabilidad de la infraestructura vial, la ponderación de los valores totales de las vías principales resulta en una puntuación de 48 puntos, lo que refleja una vulnerabilidad media, y la ponderación de la red de abastecimiento de agua potable resulta en una puntuación de 46 puntos, lo que refleja una vulnerabilidad media. Esto permite concluir que la vulnerabilidad de la infraestructura alrededor del Cerro Catequilla oscila entre media y alta.

Se han identificado medidas clave para reducir el riesgo de deslizamientos en el cerro Catequilla. Las estrategias propuestas incluyen medidas estructurales como la estabilización de taludes mediante la construcción de terrazas, drenaje y el reforzamiento de infraestructura vulnerable. También se han propuesto medidas no estructurales, como la reforestación con especies nativas para reducir la saturación hídrica del suelo, la regulación

de nuevas construcciones en zonas de alto riesgo y el cumplimiento la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para minimizar el riesgo en las zonas más propensas a deslizamientos.

6. RECOMENDACIONES

Dado que se pudo identificar que la zona de estudio es altamente susceptible a deslizamientos, se recomienda la aplicación de medidas de prevención, para evitar la ocurrencia del evento y proteger la seguridad de la población.

Con base al estudio realizado sobre la vulnerabilidad infraestructural, se recomienda el cumplimiento de las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC), y la regulación de construcciones de nuevas edificaciones en zonas susceptibles a deslizamientos.

Para la aplicación de las medidas propuestas se sugiere la elaboración de un estudio que complemente al estudio presentado el cual determine los factores condicionantes y detonantes que influyan en la susceptibilidad del talud y de qué manera influyen en el nivel de vulnerabilidad de las infraestructuras.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Medellín. (2016). *Movimientos en masa*. Alcaldía de Medellin. https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_8/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2016/CartillaMovMasa.pdf

Alcántara Ayala, I. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones geográficas, 41*, 7-25.

Amauri Eleazar Méndez Castro. (2018). *Zonas de riesgo o zonas vulnerables.* https://es.linkedin.com/pulse/zonas-de-riesgo-o-vulnerables-amauri-eleazar-m%C3%A9ndez-castro

ASALE, R.-, & RAE. (2021). *Precipitación | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. https://dle.rae.es/precipitación

Asamblea General. (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción de riesgos de desastres* [Informe Técnico]. Naciones Unidas. https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportspanish.pdf

Bayas Chacha, K. A., & Bayas Manobanda, W. D. (2022). *Factores de riesgo que inciden en los deslizamientos en el barrio Tambán perteneciente al cantón Chimbo, en el periodo 2021*. https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/4165

Cargua, C. J., Espin, R., Valencia, B. G., Simbaña, M., Araujo, S., Cornejo, C., & Ocampos, A. (2024). Landslides susceptibility analysis employing analytical hierarchy process on an amazonian roadway in Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida, 39*(1), 117-138. https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.07

Comunidad Andina. (2018). *Glosario de términos y conceptos de la gestión de riesgos de desastres para los países miembros de la Comunidad Andina* (Decisión 825) [Guía Institucional]. Comunidad Andina. https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2018619133838GlosarioGestionDeRiesgoSGCA.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la república del Ecuador*. 186.

Espejo Delgado, N. C., & Sarmiento López, A. (2020). *Incidencia de la dinámica de las coberturas vegetales en la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el Municipio de Mocoa, Putumayo* [Pontificia Universidad Javeriana]. https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.42621

Estilita Ruiz Romera & Miren Martínez Santos. (2015). *Hidrología Aplicada* [Informe Técnico]. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/47722/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_2.pdf

Etecé. (2020). Geomorfología—Concepto, objeto de estudio, importancia y ramas. *https://concepto.de/*. https://concepto.de/geomorfologia/

Franco, P. S. (2008). *Diplomado de Gestión Integral de Riesgos*.

GAD del cantón Chimbo. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Chimbo 2019—2023* [Técnico].

Gaibor, D. S. P., Jiménez, J. F. M., & Vélez, J. L. P. (2024). Análisis de la vulnerabilidad de infraestructuras críticas como represas, puentes y carreteras ante eventos asociados al fenómeno de: El Niño – Oscilación Sur en la Costa ecuatoriana. *AlfaPublicaciones*, *6*(1.1), Article 1.1. https://doi.org/10.33262/ap.v6i1.1.454

Guajardo Soto, G. (2023). ¿Qué es la infraestructura? Orígenes, giros y continuidades del concepto. *ARQ (Santiago), 114*, 4-15. https://doi.org/10.4067/S0717-69962023000200004

IFRC. (2023, septiembre 19). *Deslizamiento de tierras | IFRC*. https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/que-es-desastre/deslizamiento-tierras

Ingeoexpert. (2024, noviembre 28). ¿Qué es un talud y cuál es su función? *Ingeoexpert*. https://ingeoexpert.com/2024/11/28/que-es-un-talud-y-cual-es-su-funcion/

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2019, junio 21). *¿Qué es Hidrología?* http://181.209.158.184/

Llaven Uhlig Mario Ernesto. (2017). *Caracterización de deslaves en el tramo carretero Yajalón – la ventana del km. 3+900 al km. 7+400* [Informe Técnico]. https://www.cecodes.net/files/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20deslaves%20en%20el%20tramo%20carretero%20Yajal%C3%B3n%20%E2%80%93%20la%20ventana%20del%20km.%203+900%20al%20km.%207+400.pdf

Mac Arthur García Peña. (2021). *Estabilidad de taludes* [Infiorme Académico]. https://www.docsity.com/es/docs/estabilidad-de-taludes-16/7775191/

Marco Uriel Cerón López. (2018). *La infraestructura y su relación con el desarrollo económico de un país: Caso de América Latina y el Caribe* [Informe Técnico]. Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/15802/1/tesis.pdf.pdf

Marín, R. J., Guzmán-Martínez, J. C., Carvajal, H. E. M., García-Aristizábal, E. F., Cadavid-Arango, J. D., Agudelo-Vallejo, P., Marín, R. J., Guzmán-Martínez, J. C., Carvajal, H. E. M., García-Aristizábal, E. F., Cadavid-Arango, J. D., & Agudelo-Vallejo, P.

(2018). Evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales para proyectos de infraestructura: Caso de análisis en vereda El Cabuyal. *Ingeniería y Ciencia*, *14*(27), 153-177. https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.7

NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción* [Norma técnica]. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Pizarro Hofer, R. (2001). *La vulnerabilidad social y sus desafíos: Una mirada desde América Latina*. CEPAL.

Quillupangui, S., & Moreta, S. Q., Modesto. (2021, diciembre 23). *Tambán se hunde por una falla geológica*. El Comercio. https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/tamban-falla-geologica-hundimiento-heridas.html

Robles Romero, C. S. (2018). *"Análisis de riesgos por deslizamientos en la administración zonal los Chillos: Estrategias de prevención y mitigación"*. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/21567

Servicio Geológico Nacional. (2003). *Deslizamientos*. https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2020). *Lineamientos para incluir la gestión del riesgo de desastres en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)* [Guía Técnica]. https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/09/Caja-de-herramientas-Riesgos.pdf

Soares, D., Murillo, D., Romero, R., & Millán, G. (2014). Amenazas y vulnerabilidades: Las dos caras de los desastres en Celestún, Yucatán. *Desacatos. Revista de Ciencias Sociales*, *44*. https://doi.org/10.29340/44.454

Torres Arias, J. J., & Vásquez Franco, Á. L. (2015). *Una introducción al proceso de jerarquía analítica AHP*. Sello Editorial de la Universidad de Medellín. https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2731

UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres* [Guía Técnica]. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

United Nations Development Programme Regional Office. (2023). *Terminología del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres de la UNDRR*. UNDRR. https://lexicon.cdri.world/topic/67

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2007, agosto 30). *Definition: Vulnerability | UNDRR*. https://www.undrr.org/terminology/vulnerability

Universidad del País Vasco. (2015). *¿Qué es la Geología? - Geologia.eus - UPV/EHU*. Geologia.eus. https://www.ehu.eus/es/web/geologia/zer-da-geologia

Vallejo Ilijama, M. T. (2023). *Gestión Interinstitucional entre el Gobierna Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda y la UEB. Estudios Geotécnicos para establecer medidas correctivas pare estabilización de taludes en la ciudad de Guaranda.* https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/6486

Vera Rodríguez, J. M., Albarracín Calderón, A. P., Vera Rodríguez, J. M., & Albarracín Calderón, A. P. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *27*(2), 109-136. https://doi.org/10.18359/rcin.2309

Yandry Maldonado. (2020, julio 31). *▷ Deslizamientos y tipos de deslizamientos [ejemplos]*. https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/

8. ANEXOS

Anexo 1



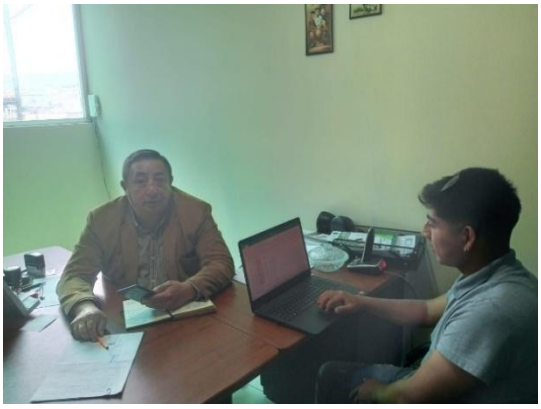
Nota: *Recopilación de información en el MTOP de la provincia Bolívar, para el análisis de las vías de primer orden del cantón chimbo*

Anexo 2



Nota: *Visualización del estado de las viviendas en la zona media "Cerro Catequilla"*

Anexo 3



Nota: *Recopilación de información en la empresa pública municipal del agua potable y alcantarillado del cantón Chimbo de la provincia Bolívar, para el análisis de la vulnerabilidad de las redes de agua potable del cantón chimbo*

Anexo 4



Nota: *Visualización del estado de las viviendas en la zona baja del "Cerro Catequilla*

Anexo 5



Nota: *Visualización del estado de las viviendas en la zona alta del "Cerro Catequilla*

Anexo 6



Nota: *Talud del cerro Catequilla*

Anexo 7

VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
680.8	428	445	344.4	188.2	199.4	44.8	25	31.1	67.3	79.2	146
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
315.4	238.7	250.6	250.5	190.4	227.4	154.9	114.6	119.6	147.1	163.2	175.1
351.9	**257.63**	**270**	**259.89**	**190.18**	**224.6**	**143.9**	**105.64**	**110.8**	**139.1**	**154.8**	**172.19**

Nota: *Tabla de valores máximos de precipitación en San José de Chimbo desde el año 2017 al 2022, obtenido desde la plataforma "NASA POWER".*

Anexo 8

VALORES MINIMOS DE PRECIPITACION											
Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Aug**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
88.9	153	54.2	16.3	26.1	22	13.6	6.8	8.6	20.4	22.7	26.5
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
63.2	107	73.9	24.1	57.7	42.7	34.5	18	37.9	48.4	55.4	82.7
65.77	**112**	**71.9**	**23.32**	**54.54**	**40.6**	**32.41**	**16.9**	**34.97**	**45.6**	**52.13**	**77.08**

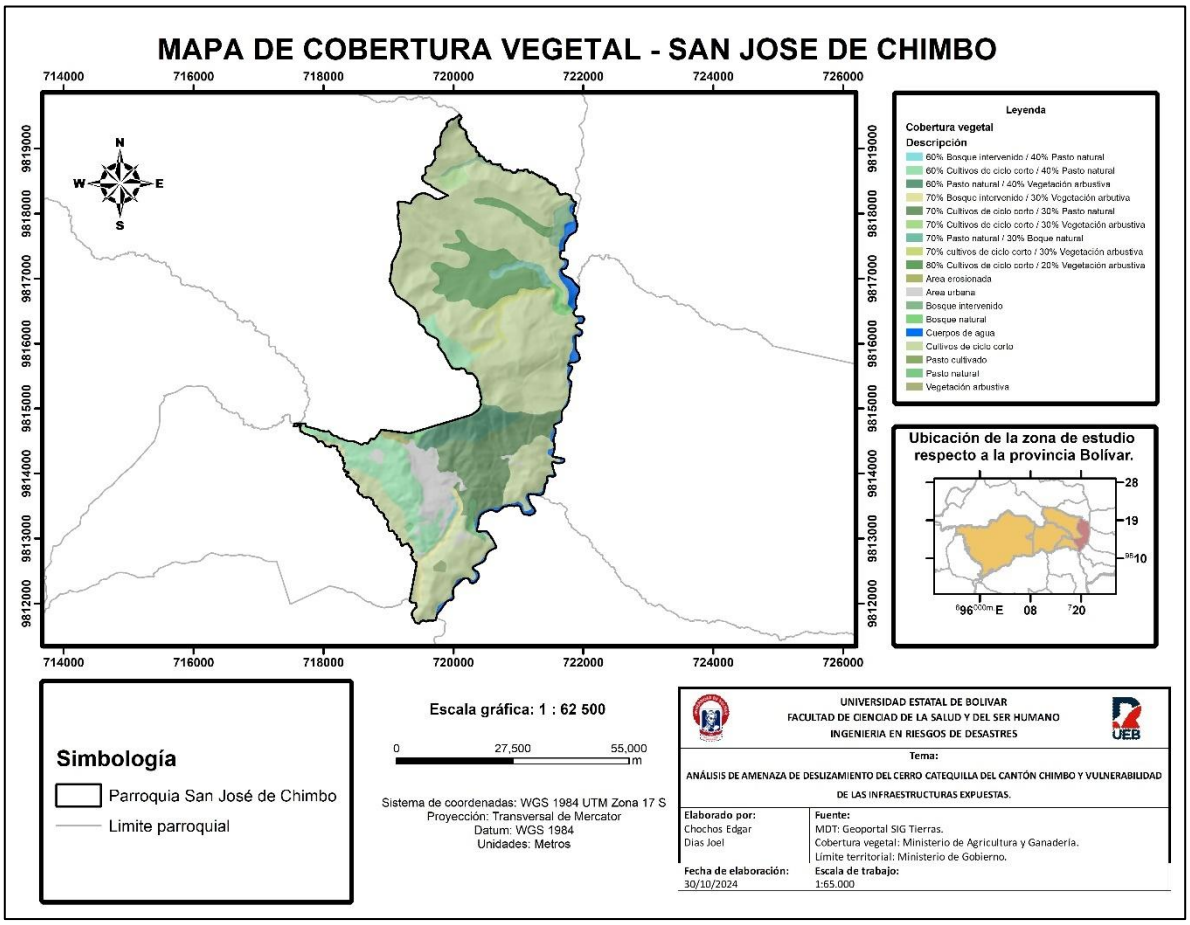
Nota: *Tabla de valores mínimos de precipitación en San José de Chimbo desde el año 2017 al 2022, obtenido desde la plataforma "NASA POWER".*

Anexo 9

VALORES MEDIOS DE PRECIPITACION											
Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Aug**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
213.6	233.6	233	189	95.3	57.1	25	16.3	17.4	34.2	41.1	69.6
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
154.3	162.1	178	183.5	145	136.2	96	71.9	69.9	114.3	123.3	124.3
160.2	**169.3**	**184**	**184.1**	**140**	**128.3**	**89**	**66.3**	**64.7**	**106.3**	**115.1**	**118.8**

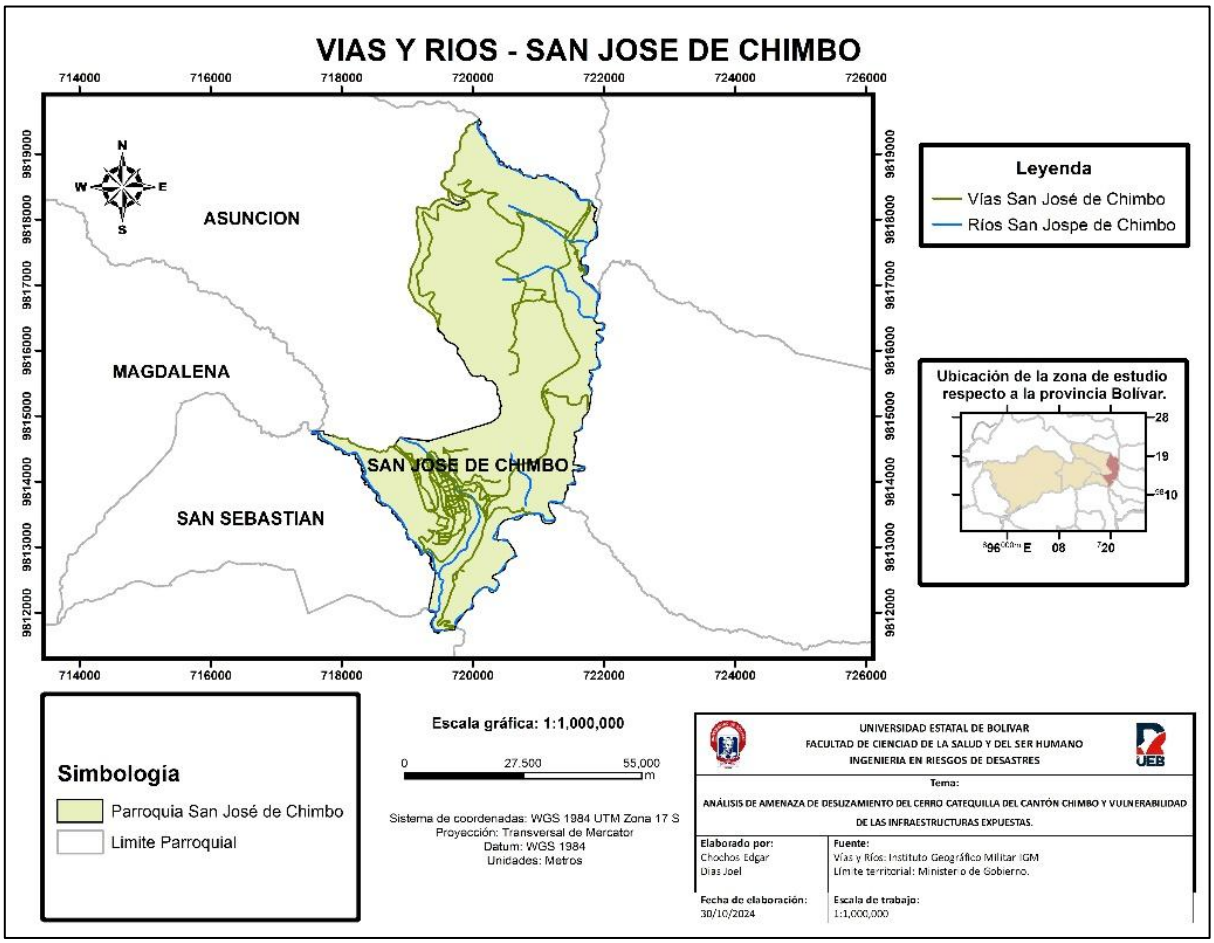
Nota: *Tabla de valores medios de precipitación en San José de Chimbo desde el año 2017 al 2022, obtenido desde la plataforma "NASA POWER".*

Anexo 10



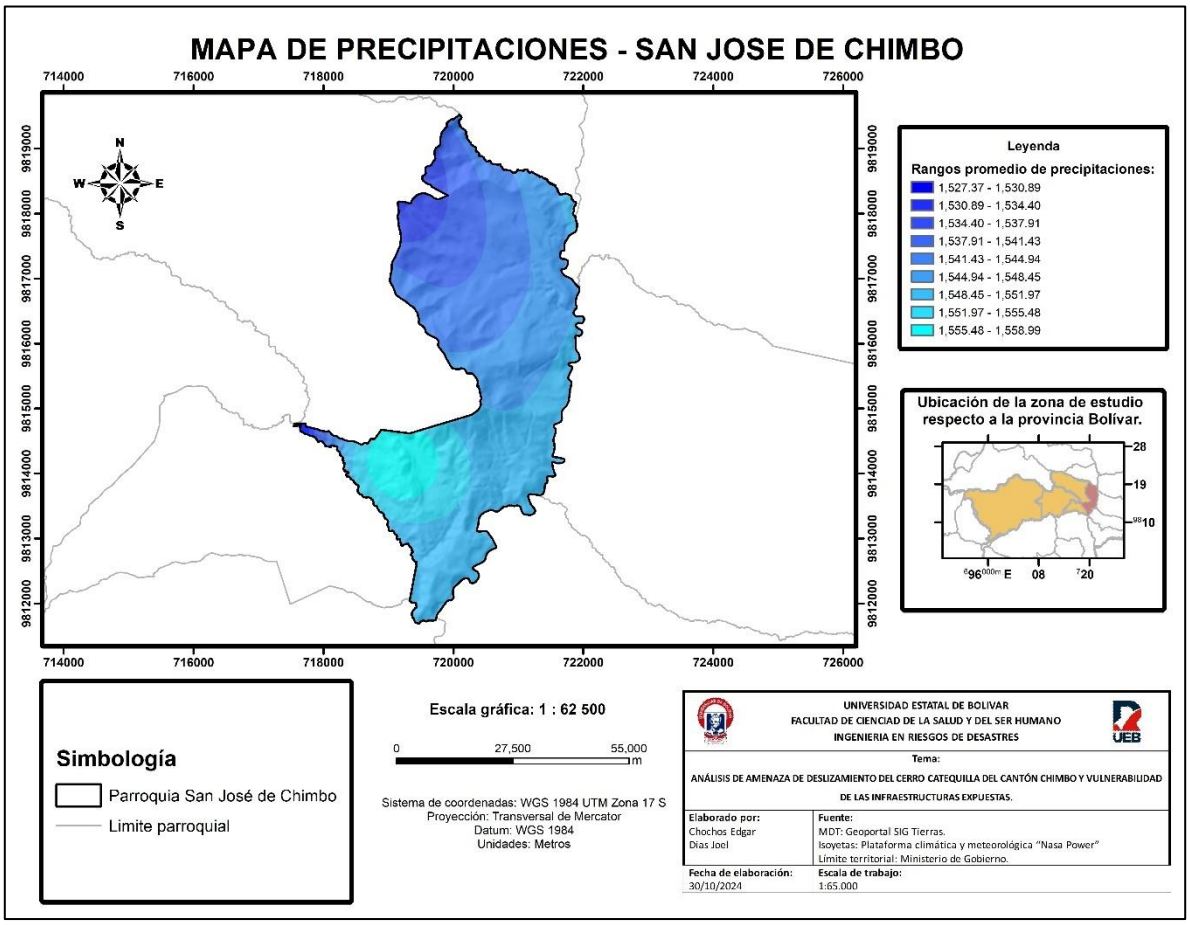
Nota: *Mapa de la cobertura vegetal de San José de Chimbo obtenido desde el Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.*

Anexo 11



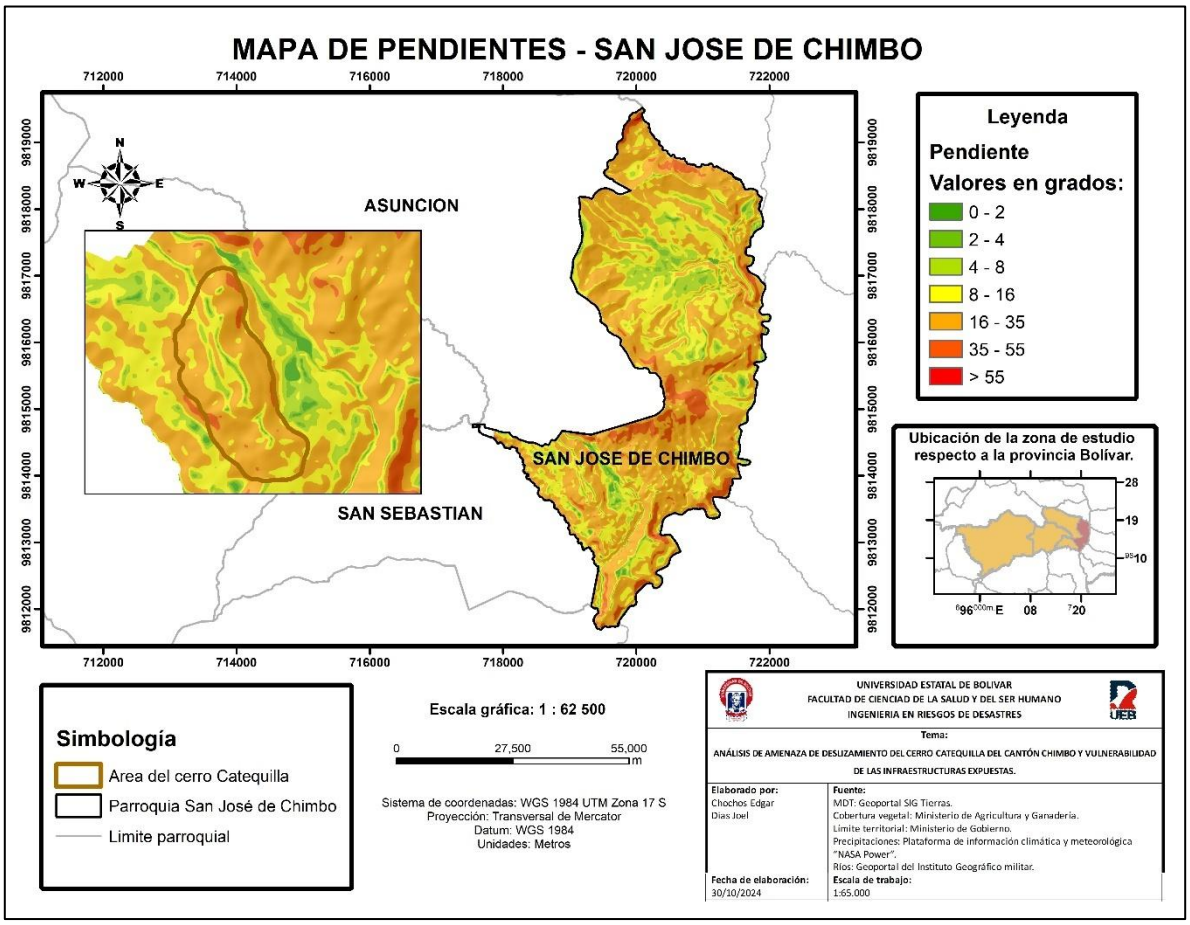
Nota: *Mapa de las vías y ríos de San José de Chimbo obtenido desde el Geoportal del Instituto Geográfico Militar.*

Anexo 12



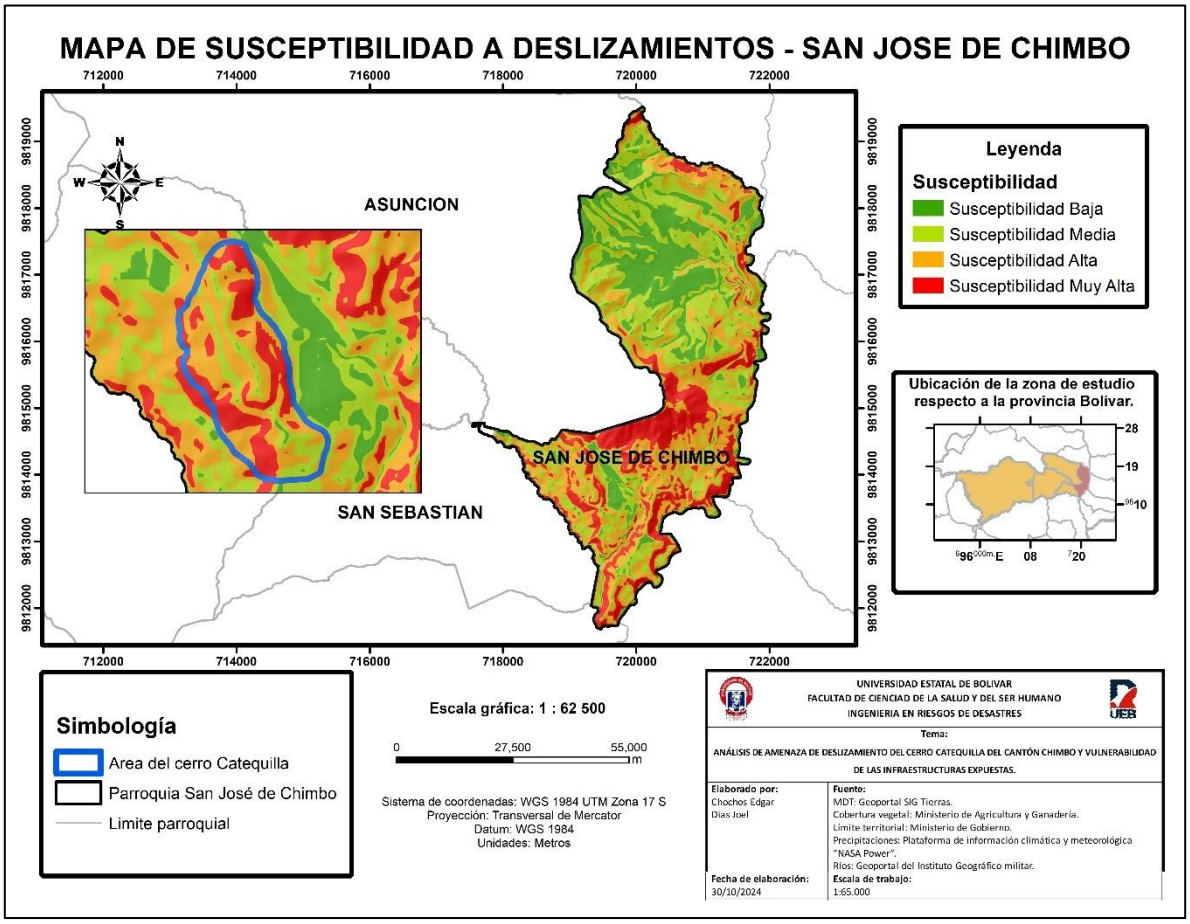
Nota: *Mapa de la precipitación de San José de Chimbo elaborada mediante la interpolación de los datos extraídos desde la plataforma climática y meteorológica "NASA Power".*

Anexo 13



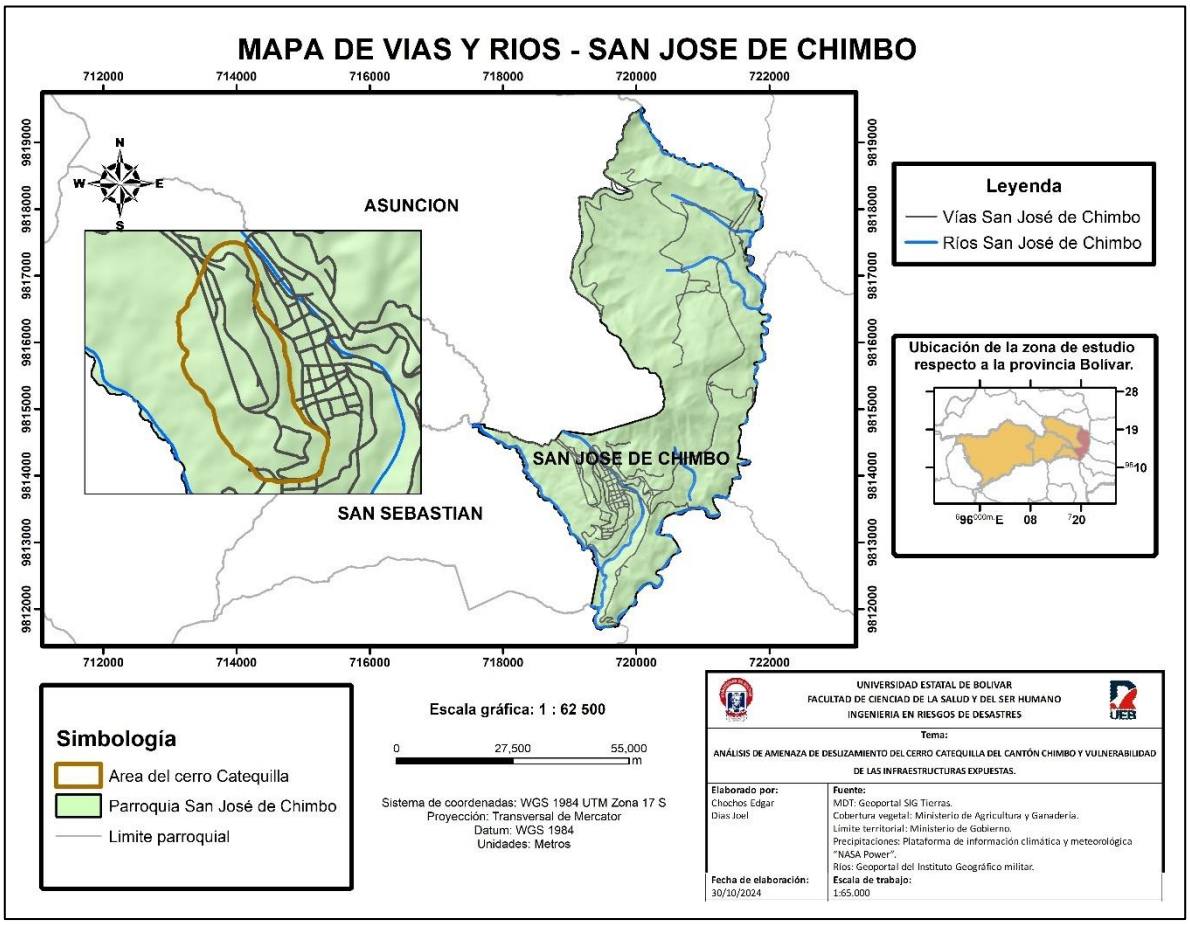
Nota: *Mapa de pendiente de San José de Chimbo siguiendo el método del umbral geomorfológico.*

Anexo 14



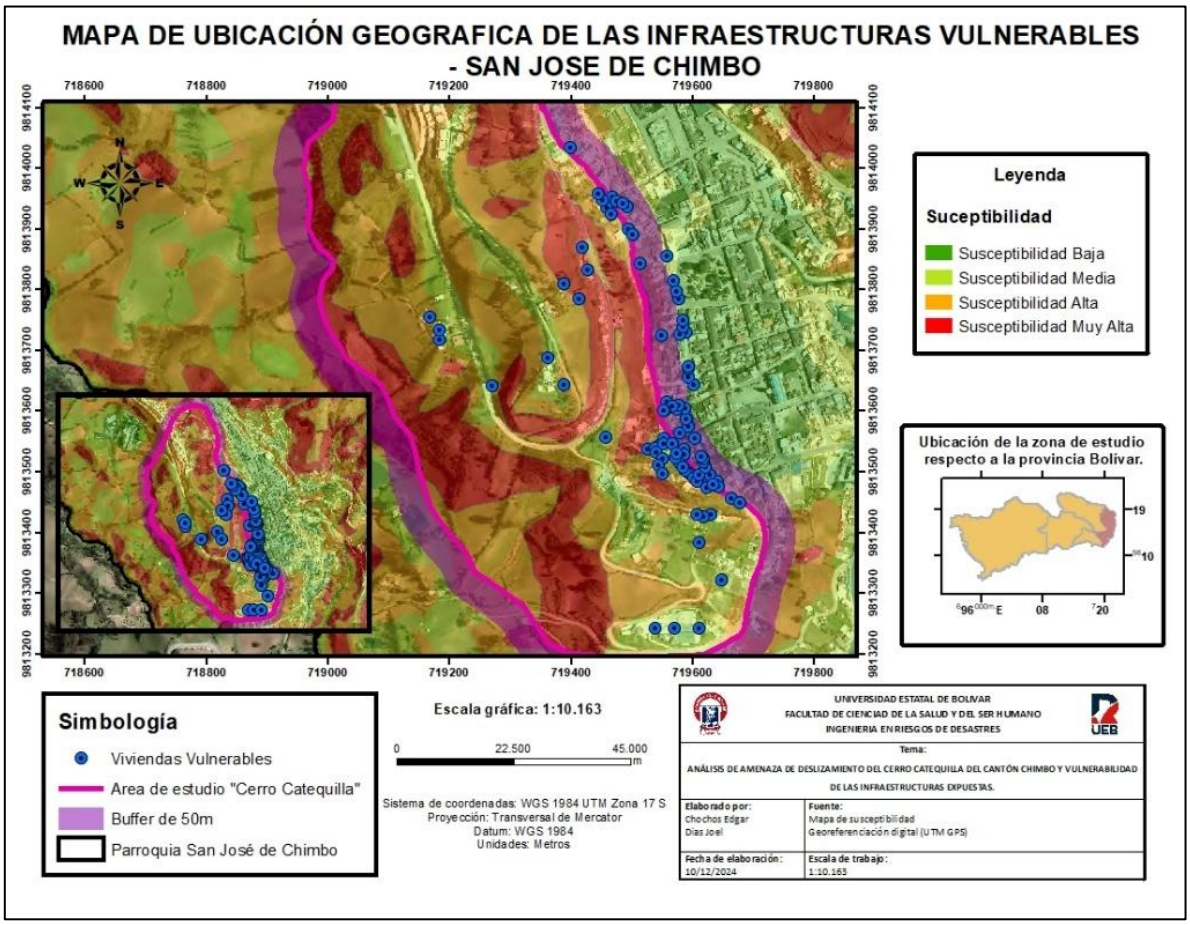
Nota: *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos de San José de Chimbo según la metodología de Fuzzy y Saaty.*

Anexo 15



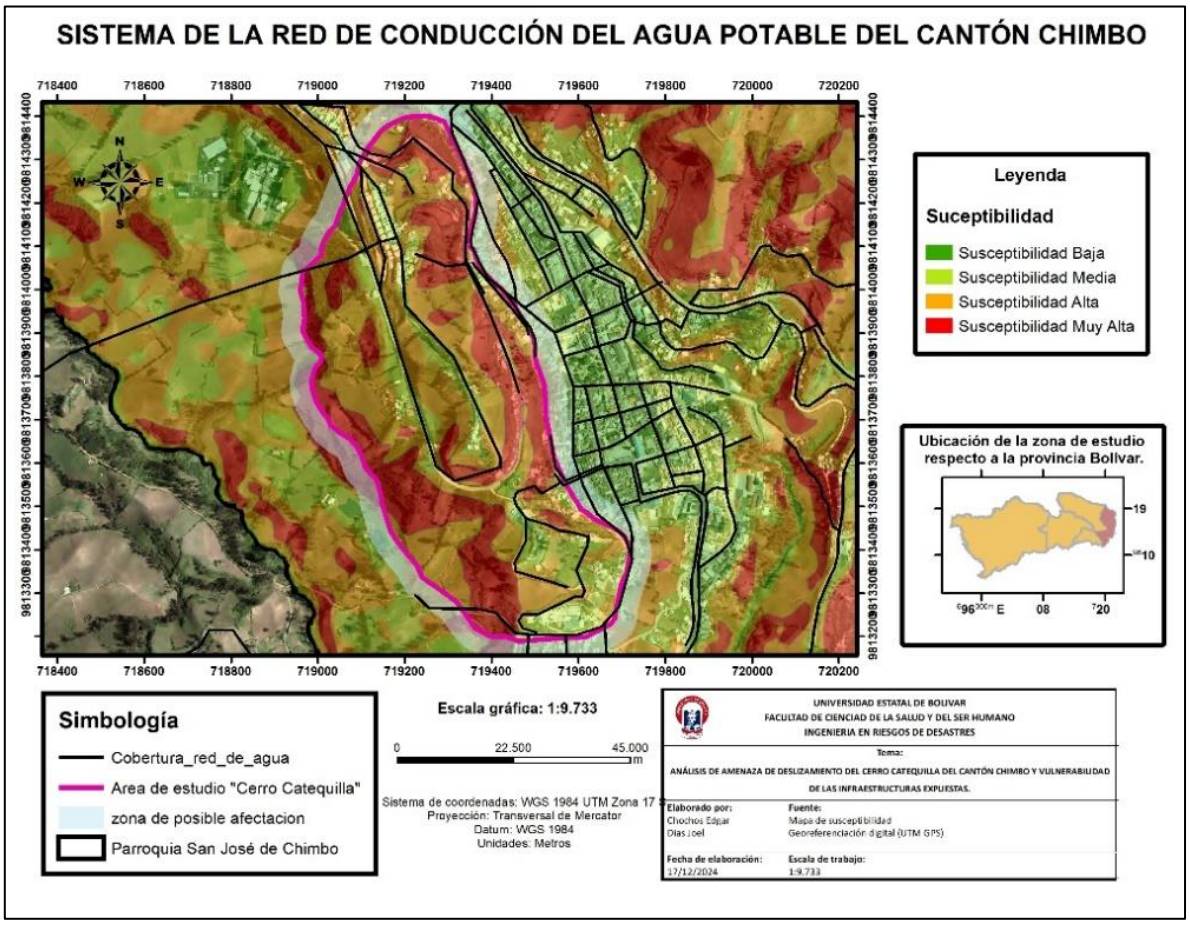
Nota: *Mapa de vías y ríos de San José de Chimbo obtenido del geoportal del Instituto Geográfico Militar.*

Anexo 16



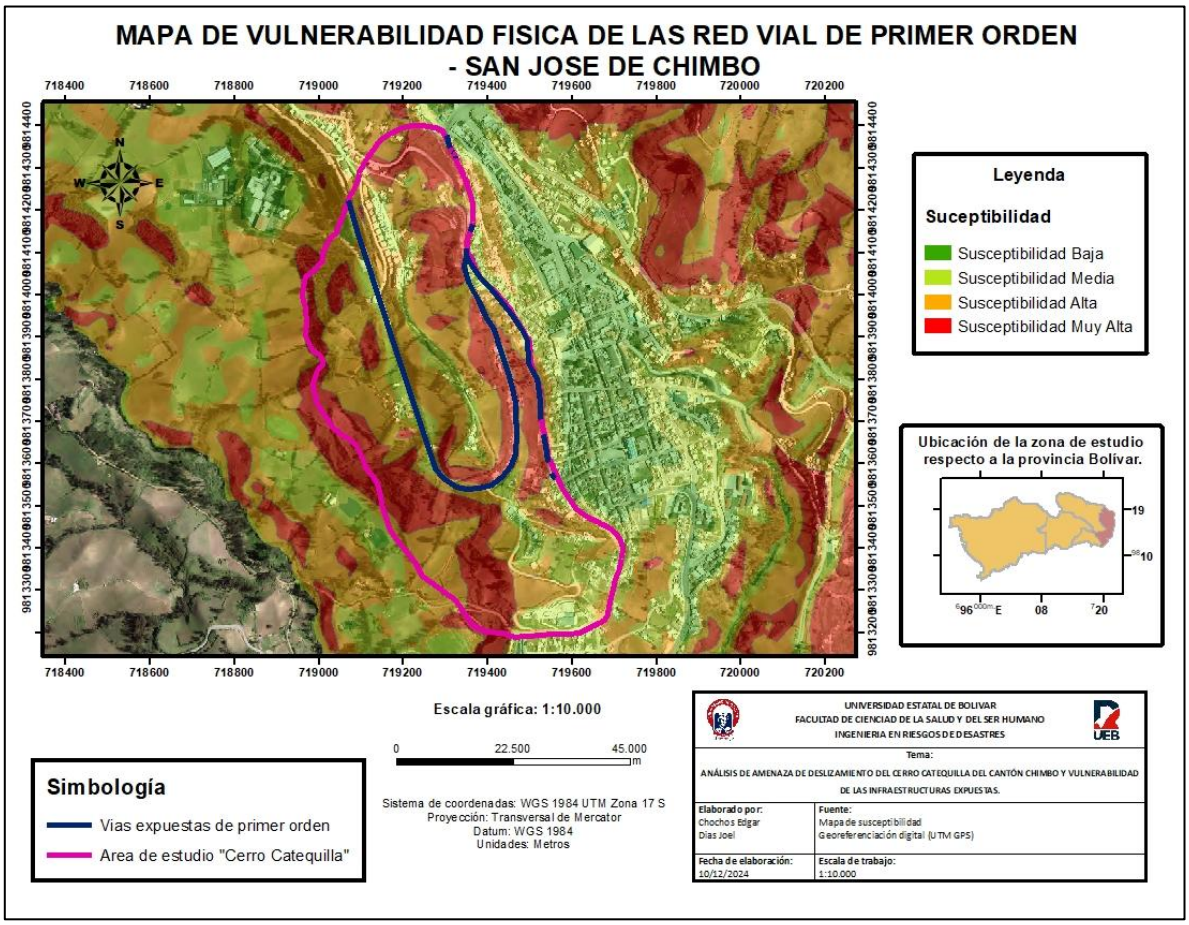
Nota: *Mapa de ubicación geográficas de las infraestructuras vulnerables de San José de Chimbo*

Anexo 17



Nota: *Mapa del sistema de la red de conducción del agua potable del cantón Chimbo*

Anexo 18



Nota: *Mapa de vulnerabilidad física de la red vial de primer orden de San José de Chimbo*

Anexo 19

DATOS GENERALES		CONDICIONES GENERALES DE LA EDIFICACIÓN							VALOR DE INDICADOR							PESO DE PONDERACIÓN							VALORES MAXIMOS							VULNERABILIDAD FÍSICA	
Coordenadas	Numero de viviendas	Sistema Estructural	Material en paredes	Número de pisos	Rango de año de construcción	Estado de conservación	Caracteristicas bajo el suelo	Topografia del sitio	SISTEMA ESTRUCTURAL (1)	TIPO DE MATERIAL EN PAREDES (2)	NÚMERO DE PISOS (5)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN (6)	ESTADO DE CONSERVACIÓN (7)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BAJO LA	TOPOGRAFÍA DEL SITIO (10)	SISTEMA ESTRUCTURAL (1)	TIPO DE MATERIAL EN PAREDES (2)	NÚMERO DE PISOS (5)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN (6)	ESTADO DE CONSERVACIÓN (7)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BAJO LA	TOPOGRAFÍA DEL SITIO (10)	SISTEMA ESTRUCTURAL (1)	TIPO DE MATERIAL EN PAREDES (2)	NÚMERO DE PISOS (5)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN (6)	ESTADO DE CONSERVACIÓN (7)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BAJO LA	TOPOGRAFÍA DEL SITIO (10)	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE VULNERABILIDAD
719557.019E 9813615.234N	1	Hormigón armado	Pared de bloque	5 pisos o mas	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	5	5	1	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	0,8	0	40	50	Medio
719532.57 9813261.12 N	2	Mixta metálica/hormigón	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio
719546.96E 9813272.87 N	3	Mixta metálica/hormigón	Pared de bloque	3 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	5	1	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	0	0,8	0	40	54	Medio
719563.09E 9813271.18 N	4	Hormigón armado	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	5	5	5	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	4	0	0,8	0	40	53	Medio

719668.40E 9813325.13 N	5	Hormigón armado	Pared de bloque	1 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	5	5	10	0	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	8	0	0,8	0	4	21	Bajo
719611.44E 9813386.66 N	6	Hormigón armado	Pared de ladrillo	3 piso	entre 1991 y 2010	Regular	Firme, seco	Bajo nivel calzada	5	5	1	0	5	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	4	0	40	53	Medio
719632.208E 9813428.194N	7	Hormigón armado	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	5	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	4	0,8	0,8	0	40	54	Medio
719619.89E 9813422.10	8	Hormigón armado	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Regular	Firme, seco	Sobre nivel calzada	5	5	5	0	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	4	0	4	0	4	20	Bajo
719103.147E 9813421.365N	9	Hormigón armado	Pared de bloque	3 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Sobre nivel calzada	5	5	1	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	0	0	4	13	Bajo
719473.14E 9813555.94 N	10	Estructura de madera	Pared de ladrillo	1 piso	entre 1981 y 1990	Malo	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	5	10	1	10	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	0,8	8	0	40	69	Alto
719520.46E 9813543.87 N	11	Hormigón armado	Pared de ladrillo	3 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	5	5	1	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	0,8	0	40	50	Medio
719544.315E 9813541.948N	12	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	3 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	1	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	0,8	0,8	0	4	18	Bajo

719536.15E 9813532.60 N	13	Hormigón armado	Pared de ladrillo	1 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	5	5	10	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	8	0	0,8	0	40	57	Medio
719539.653E 9813532.397N	14	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	5	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	4	22	Bajo
719563.84E 9813518.71 N	15	Hormigón armado	Pared de bloque	1 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	5	5	10	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	8	0	0,8	0	40	57	Medio
719557.365E 9813515.314N	16	Hormigón armado	Pared de bloque	1 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	5	5	10	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	8	0,8	0,8	0	4	22	Bajo
719568.16E 9813501.93 N	17	Estructura de madera	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1981 y 1990	Malo	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	10	5	1	10	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	0,8	8	0	40	69	Alto
719560.167E 9813567.392.N	18	Hormigón armado	Pared de bloque	3 piso	entre 1981 y 1990	Bueno	Firme, seco	Sobre nivel calzada	5	5	1	1	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	8	0,8	0	0	4	14	Bajo
719552.08E 9813546.74 N	19	Estructura de madera	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1981 y 1990	Regular	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	10	5	1	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	0,8	4	0	4	29	Bajo
719569.229 E 9813560.10 N	20	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1981 y 1990	Malo	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	10	5	1	10	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	0,8	8	0	4	33	Bajo

719570.767 E 9813550.116 N	21	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	10	5	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	0,8	0,8	0	4	26	Bajo
719581.595 E 9813523.824 N	22	Estructura de madera	Pared de tapial/bahareque/madera	1 piso	antes de 1970	Malo	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	10	10	10	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	8	8	8	0	4	44	Medio
718586.014.E 9813527.938N	23	Hormigón armado	Pared de bloque	3 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	5	5	1	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	0	0	4	13	Bajo
719586.034 E 9813516.890 N	24	Estructura de madera	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1981 y 1990	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	1	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	4	0	4	25	Bajo
719594.669 E 9813502.383 N	25	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	1 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	10	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	0,8	0,8	0	4	26	Bajo
719587.558 E 9813502.327 N	26	Mixta madera/ hormigón	Pared de ladrillo	1 piso	entre 1981 y 1990	Malo	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	10	1	10	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	0,8	8	0	40	69	Alto
719600.93 E 9813488.938 N	27	Hormigón armado	Pared de bloque	3 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Bajo nivel calzada	5	5	1	0	0	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	0	0	40	49	Medio
719607.554 E 9813484.329 N	28	Hormigón armado	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	5	5	5	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	4	0	0	0	4	16	Bajo

719640.76 E 9813483.633 N	29	Mixta madera/ hormigón	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	5	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0	0	4	20	Bajo
719670.182 E 9813458.024 N	30	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	3 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	1	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	0,8	0,8	0	4	18	Bajo
719668.658 E 9813446.692 N	31	Hormigón armado	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	5	5	5	0	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	4	0	0,8	0	4	17	Bajo
719644.927 E 9813476.273	32	Mixta madera/ hormigón	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	0	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0,8	0	4	21	Bajo
719633.655 E 9813497.989 N	33	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Malo	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	10	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	8	0	4	36	Medio
719610.11 E 9813494.313 N	34	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	4	0	4	32	Bajo
719623.805 E 9813513.123 N	35	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Malo	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	10	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	8	0	4	36	Medio
719617.475 E 9813516.028 N	36	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	4	0	4	32	Bajo

719614.362 E 9813519.26 N	37	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	4	0	4	32	Bajo
719613.228 E 9813520.024 N	38	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	4	0	4	32	Bajo
719606.965 E 9813556.34 N	39	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo
719571.028 E 9813523.186 N	40	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio
719574.362 E 9813529.509 N	41	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1981 y 1990	Regular	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	10	5	1	5	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	0,8	4	0	40	65	Medio
719588.38 E 9813512.927	42	Hormigón armado	Pared de ladrillo	4 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Bajo nivel calzada	5	5	1	0	0	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	0,8	0	0	0	40	49	Medio
719622.045 E 9813467.814 N	43	Mixta madera/ hormigón	Pared de ladrillo	3 piso	antes de 1970	Malo	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	1	10	10	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	8	8	0	40	69	Alto
719631.446 E 9813475.966 N	44	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio

719597.049E 9813564.383N	45	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	5	5	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	4	4	4	0	4	32	Bajo
719593.732E 9813588.551N	46	Mixta madera/ hormigón	Pared de tapial/bahareque/madera	1 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	10	10	5	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	8	4	0,8	0	40	69	Alto
719588.255E 9813604.643N	47	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio
719572.885E 9813602.847N	48	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	5	5	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	4	0	40	64	Medio
719577.127E 9813608.767N	49	Estructura de madera	Pared de bloque	1 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	10	5	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	4	0,8	0	40	65	Medio
719567.176E 9813607.817N	50	Estructura de madera	Pared de adobe	1 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	10	0	0	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	0	0	0	40	60	Medio
719554.304E 9813601.463N	51	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	0	0	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0	0	40	56	Medio
719552.556E 9813601.485N	52	Estructura de madera	Pared de bloque	3 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	1	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	0	0,8	0	40	54	Medio

719602.106E 9813643.659N	53	Estructura de madera	Pared de tapial/bahareque/madera	3 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	10	1	0	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	8	0,8	0	0,8	0	4	22	Bajo
719593.203E 9813655.161N	54	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	1	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	4	22	Bajo
719592.234E 9813669.926N	55	Mixta madera/hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	1	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0	0	4	21	Bajo
719592.315E 9813673.279N	56	Mixta madera/hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	1	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0	0	4	21	Bajo
719590.202E 9813729.038N	57	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	antes de 1970	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	10	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	8	4	0	4	32	Bajo
719551.727E 9813732.513N	58	Estructura de madera	Pared de bloque	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo
719570.721E 9813723.55N	59	Hormigón armado	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	5	5	5	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	4	0	0	0	4	16	Bajo
719590.349E 9813740.09N	60	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	antes de 1970	Regular	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	10	5	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	8	4	0	4	32	Bajo

719590.322E 9813750.347N	61	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo
719600.518E 9813780.074N	62	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	antes de 1970	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	10	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	8	0,8	0	4	29	Bajo
719596.593E 9813782.425N	63	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	antes de 1970	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	10	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	8	0,8	0	4	29	Bajo
719587.775E 9813806.377N	64	Estructura de madera	Pared de adobe	3 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo
719557.163E 9813855.243N	65	Estructura de madera	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	0	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0,8	0	4	21	Bajo
719557.163E 9813855.243N	66	Estructura de madera	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1981 y 1990	Regular	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	5	5	1	5	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	4	0	40	61	Medio
719494.766E 9813936.222N	67	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1991 y 2010	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	0	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0,8	0	40	57	Medio
719477.334E 9813966.454N	68	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	5	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	40	61	Medio

719478.096E 9813961.808N	69	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio
719487.245E 9813950.395N	70	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio
719452.344E 9813934.75N	71	Estructura de madera	Pared de bloque	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	5	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	40	61	Medio
719506.359E 9813896.854N	72	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	2 piso	entre 1981 y 1990	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	5	1	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0,8	0,8	0	40	58	Medio
719498.926E 9813889.7N	73	Mixta madera/ hormigón	Pared de bloque	3 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Bajo nivel calzada	10	5	1	5	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	4	0,8	0	40	58	Medio
719472.641E 9813926.025N	74	Estructura de madera	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	5	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0	0	4	20	Bajo
719455.763E 9813952.441N	75	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo
719437.325E 9813964.889N	76	Mixta madera/ hormigón	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo

719392.173E 9814026.779N	77	Mixta madera/ hormigón	Pared de adobe	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	5	5	1	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	4	25	Bajo
719424.838E 9813868.397N	78	Hormigón armado	Pared de bloque	3 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	10	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	0,8	0	0	0	4	17	Bajo
719430.288E 9813840.807N	79	Hormigón armado	Pared de ladrillo	1 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	5	5	10	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	4	4	8	0	0	0	4	20	Bajo
719410.992E 9813790.236N	80	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1971 y 1980	Aceptable	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	5	5	5	1	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	0,8	0	40	61	Medio
719387.673E 9813808.501N	81	Estructura de madera	Pared de adobe	2 piso	entre 1971 y 1980	Regular	Firme, seco	Escarpe positivo o negativo	10	5	5	5	5	0	10	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	4	4	0	40	64	Medio
719363.917E 9813693.229N	82	Mixta madera/ hormigón	Pared de ladrillo	1 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	10	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	0	0	0	4	24	Bajo
719387.85E 9813643.071Np	83	Estructura de madera	Pared de ladrillo	2 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	Sobre nivel calzada	10	5	5	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	4	0	0	0	4	20	Bajo
719263.645E 9813643.617N	84	Mixta metálica /hormigón	Pared de ladrillo	1 piso	entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, seco	A nivel, terreno plano	10	5	10	0	0	0	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2	4	8	4	8	0	0	0	4	24	Bajo

| | | |

Anexo 20:

Variable de vulnerabilidad	Información de catastro	Núm. casas	Amenaza de deslizamiento	Total, viviendas	Valores
Sistema estructural	Hormigón armado	21	5	87	8
	Estructura metálica	0	5		
	Estructura de madera	29	10		
	Estructura de caña	0	10		
	Estructura de pared portante	0	10		
	Mixta madera/hormigón	34	10		
	Mixta metálica/hormigón	3	10		
Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	20	5	87	8
	Pared de bloque	36	5		
	Pared de piedra	0	10		
	Pared de adobe	16	10		
	Pared de tapial/bahareque/madera	15	10		
Número de pisos	1 piso	14	10	87	4
	2 pisos	56	5		
	3 pisos	15	1		
	4 pisos	1	1		
	5 pisos o mas	1	1		
Año construcción	antes de 1970	6	10	87	4
	entre 1971 y 1980	23	5		
	entre 1981 y 1990	28	1		
	entre 1991 y 2010	30	0		
Estado de conservación	Bueno	21	0	87	8
	Aceptable	43	1		
	Regular	15	5		

	Malo	8	10		
Características del suelo bajo la edificación	Firme, seco	87	0	87	0
	Inundable	0	10		
	Ciénega	0	10		
	Húmedo, blando, relleno	0	5		
Topografía del sitio	A nivel, terreno plano	32	1	87	40
	Bajo nivel calzada	24	10		
	Sobre nivel calzada	17	1		
	Escarpe positivo o negativo	14	10		
Forma de la construcción	Regular	64	0	87	N/A
	Irregular	0	NA		
	Irregularidad severa	23	10		
				Valor mínimo = 0	Total=72

Nota: *Tabla general de calificación de vulnerabilidad de las viviendas.*