



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO**

TÍTULO DEL PROYECTO DE GRADO:

**“ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN EL
DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES,
PROVINCIA BOLÍVAR”**

AUTOR(ES):

GEOMAYRA PIEDAD MELÉNDEZ CARRASCO

MAYRA MARIBEL TOALOMBO TACURI

TUTOR:

ING. LUIS VILLACÍS TACO

GUARANDA – ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Para mi hija Paula Rafaela Artieda Meléndez quien fue la persona que en el trascurso de su corta edad tuvo que aprender a ser la princesa valiente y saber que a veces mamá no podía estar con ella, fiel testigo de cómo el esfuerzo de varios años ahora están reflejados en este trabajo de investigación, ha sido mi inspiración para no rendirme, la única que sabe todo lo que tuvimos que pasar para llegar hasta donde ahora estamos.

Geomayra Meléndez

Este trabajo principalmente dedico a Dios por derramar muchas bendiciones sobre mi familia por darnos salud y vida ya que ha sido fundamental para mi formación académica.

A mis padres Ángel Toalombo y a mi querida madre Dolores Tacuri, quienes ha creído en mí siempre, por su amor infinito por haberme dado su apoyo incondicional, comprensión, a mis hermanos Xavier, Neiser, Diego, Evelyn por su afecto cariño quienes con sus consejos siempre fueron mi apoyo mi inspiración y mi fortaleza.

Mayra Toalombo

AGRADECIMIENTO

Como no agradecer a quienes nunca dejaron que en el lapso del camino me rinda, agradezco por todo el amor y el apoyo que me brindan día a día mis padres Pablo Meléndez y Piedad Carrasco, mis herman@s que celebran cada logro de la familia como si fuera suyo. “Que sería de mí si no les tuviera “.

Mi agradecimiento para todos quienes fueron luz en mi camino sobrin@s, cuñad@s buenos amig@s y a mi compañero de vida de 10 años Alvaro, quienes siempre estuvieron a mi lado en los momentos difíciles.

Por último, agradezco al Ing. Luis Villacís tutor del proyecto de investigación quien con sus conocimientos, constancia y dedicación supo guiarnos en todo este proceso.

Sin duda han marcado mi vida de buenos momentos.

Geomayra Meléndez

Agradezco a Dios, al ser divino por darme la vida y regalarme cada maravilloso día, para cumplir cada una de mis metas.

A mi madre por todo su amor, comprensión, y sacrificio a lo largo de mis estudios.

Mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, por haber aceptado ser parte de ella y abrirme sus puertas para poder estudiar mi carrera, gracias a cada docente quienes con sus enseñanzas contribuyeron la base de mi vida profesional.

Finalmente agradezco al ing. Luis Villacís Taco, en calidad de tutor, por guiarme durante todo el desarrollo de la tesis, con sus valiosos conocimientos y paciencia para poder culminar con éxitos este trabajo.

Mayra Toalombo

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

Guaranda, 01 de noviembre de 2022.

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC., Director de Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN EL DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA BOLÍVAR.”; realizado por las señoritas: **Geomayra Piedad Melendez Carrasco y Mayra Maribel Toalombo Tacuri** 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, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.



ING. LUIS VILLACIS TACO MSC.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO



Notaria Tercera del Cantón Guaranda
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario

...rio

Nº ESCRITURA 20220201003P02727

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

MAYRA MARIBEL TOALOMBO TACURI y GEOMAYRA PIEDAD MELÉNDEZ CARRASCO

INDETERMINADA

DE: 2 COPIAS L.L.

Factura: 001-001-000012485



En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día treinta de noviembre del dos mil veintidós, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen la señoritas MAYRA MARIBEL TOALOMBO TACURI soltera, celular 0981490450; y, GEOMAYRA PIEDAD MELÉNDEZ CARRASCO soltera, 0983452603 domiciliadas en esta ciudad de Guaranda, por sus propios derechos, obligarse a quienes de conocerlas doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruidos por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertidos de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declaran lo siguientes "Previo a la obtención de Ingenieras en Administración para Desastres y Gestión del Riego, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN EL DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA BOLÍVAR" es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autoras". Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que la hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a las comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellos se ratifican y firman conmigo se incorpora al protocolo de esta Notaria la presente escritura, de todo lo cual doy fe.-

MAYRA MARIBEL TOALOMBO TACURI

C.C. 025006981-2

GEOMAYRA PIEDAD MELÉNDEZ CARRASCO

C.C. 0202319901

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



DERECHOS DEL AUTOR



Nosotras, **MELÉNDEZ CARRASCO GEOMAYRA PIEDAD**, portadora de la cedula de identidad N°020231990-1 y **TOALOMBO TACURI MAYRA MARIBEL**, portadora de la cedula de identidad N°025006981-2, en calidad de autoras del estudio de caso: **“ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN EL DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA BOLÍVAR”**, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenece o partes de lo que contiene esta obra con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos como autoras nos corresponde con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido con los artículos 5, 6, 8; 19 y los demás participantes de la Ley de propiedad intelectual y su reglamento.

Así mismos autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar para que realizase la digitación y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

MELÉNDEZ CARRASCO GEOMAYRA PIEDAD

C.I. 020231990-1

TOALOMBO TACURI MAYRA MARIBEL

C.I. 025006981-2

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE	5
RESUMEN EJECUTIVO	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I.....	17
1.1. PROBLEMA	17
Planteamiento del problema	17
Formulación del problema.....	18
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivo específico.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	20
1.5. LIMITACIONES.....	21
CAPÍTULO II	22
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. MARCO REFERENCIAL	22
2.1.1. Localización del área de estudio.....	22
2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.2.1. A nivel internacional	27
2.2.2. A nivel nacional	28
2.3. BASES TEÓRICAS	31

2.4. MARCO LEGAL	41
2.5. GLOSARIO DE TÉRMINOS	43
2.6. SISTEMA DE VARIABLES	45
2.7. Operacionalización de variables	46
CAPÍTULO III	49
3. MARCO METODOLÓGICO	49
3.1. Tipo de investigación.....	49
3.2. Nivel de investigación	50
3.3. Población	51
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	53
3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos.....	55
CAPÍTULO IV	59
4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	
59	
4.1. Resultados según el primer objetivo.....	59
4.2. Resultados según el segundo objetivo.....	71
4.3. Resultados según el tercer Objetivo	90
CAPÍTULO V	94
5.1. Conclusiones.....	94
5.2. Recomendaciones	96
Anexos	97
Bibliografía.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población del cantón Chillanes, urbano y rural.....	24
Tabla 2. Proyección de la población cantonal urbana de Chillanes.	25
Tabla 3. Densidad relativa del ángulo de fricción interna.....	36
Tabla 4. Densidad del suelo	36
Tabla 5. Relación de la resistencia al corte no drenado y ángulo de fricción	37
Tabla 6. Operacionalización de la variable independiente.....	46
Tabla 7. Operacionalización de la variable dependiente	48
Tabla 8. Muestra de la población	52
Tabla 9. Elementos expuestos sistema estructural	56
Tabla 10. Tabla de frecuencia y porcentaje.....	57
Tabla 11. Nivel de vulnerabilidad de las zonas inestables del cerro Cuchicahua	69
Tabla 12. Sistema estructural de edificaciones	71
Tabla 13. Elementos expuestos	72
Tabla 14. Género de los elementos expuestos.....	73
Tabla 15. Género	75
Tabla 16. Edades	76
Tabla 17. Conocimientos de la ubicación del cerro Cuchicahua	77
Tabla 18. Conocimientos sobre el problema del cerro Cuchicahua	78
Tabla 19. Problema del cerro Cuchicahua.....	79
Tabla 20. Afectación del cerro según la población	80
Tabla 21. Como actuar para salvaguardar la vida de la población.....	81
Tabla 22. Conocimientos en medidas de prevención y mitigación.....	82
Tabla 23. Afectación según la población	83

Tabla 24. Preparación para afrontar un deslizamiento84

Tabla 25. Afectación de la vía principal.....85

Tabla 26. Zonas seguras del cantón.....86

Tabla 27. Identificación de los 4 tramos de vías afectadas por deslizamientos88

Tabla 28. Medidas estructurales de prevención y mitigación90

Tabla 29. Medidas no estructurales de prevención y mitigación92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la cabecera cantonal de Chillanes.....	22
Figura 2. Mapa de ubicación de los límites del cerro Cuchicahua.....	23
Figura 3. <i>Deslizamiento de tipo rotacional</i>	33
Figura 4. Deslizamiento de tipo traslacional.....	34
Figura 5. Picnómetro.....	40
Figura 6. Sectores censales INEC.....	52
Figura 7. Deslizamiento, punto 1.....	60
Figura 8. Muestra de suelo, punto 1.....	60
Figura 9. Grietas, punto 2.....	61
Figura 10. Muestra de suelo, punto 2.....	61
Figura 11. Parte alta del cerro Cuchicahua punto 3.....	62
Figura 12. Muestra de suelo, punto 3.....	62
Figura 13. Resultados de la densidad del suelo.....	63
Figura 14. Resultados de la textura del suelo.....	64
Figura 15. ALPSRP272497140 imagen del satélite.....	65
Figura 16. ALPSRP272497150 imagen del satélite.....	65
Figura 17. Unión de las imágenes.....	66
Figura 18. Contorno del mapa.....	66
Figura 19. Mapa de pendientes.....	67
Figura 20. Resultado del área de contribución.....	67
Figura 21. Resultado del q/T.....	68
Figura 22. Mapa de identificación de zonas inestables del cerro Cuchicahua.....	68
Figura 23. Mapa de inestabilidad frente al casco urbano.....	70

Figura 24. Mapa de la vía principal del cantón Chillanes87

Figura 25. Resultado de los 4 tramos de la vía principal del cantón Chillanes.....87

Figura 26. Deslizamiento del punto 188

Figura 27. Deslizamiento del punto 489

Figura 28. Mapa de identificación de los elementos expuestos89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución de la población total del cantón Chillanes, según el año 2010.....	24
Gráfico 2. Tasa de crecimiento poblacional del Cantón Chillanes.	25
Gráfico 3. Elementos expuestos sistema estructural	56
Gráfico 4. Porcentaje de ubicación del cerro.	57
Gráfico 5. Sistema estructural de edificaciones	71
Gráfico 6. Elementos expuestos	73
Gráfico 7. Género de la población.....	74
Gráfico 8. Género	75
Gráfico 9. Edades	76
Gráfico 10. Conocimiento de la ubicación del cerro Cuchicahua	77
Gráfico 11. Conocimientos sobre el problema del cerro Cuchicahua	78
Gráfico 12. Problema del cerro Cuchicahua	79
Gráfico 13. Afectación del cerro según la población	80
Gráfico 14. Como actuar para salvaguardar la vida de la población.....	81
Gráfico 15. Conocimientos en medidas de prevención y mitigación.....	82
Gráfico 16. Afectación según la población.	83
Gráfico 17. Preparación para afrontar un deslizamiento.	84
Gráfico 18. Afectación en la vía principal.	85
Gráfico 19. Zonas seguras del cantón.	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestras de suelo de los 3 puntos	97
Anexo 2. Ensayos del laboratorio	98
Anexo 3. Elementos expuestos	99
Anexo 4. Encuesta a los pobladores.....	100
Anexo 5. Identificación de los problemas del cerro Cuchicahua.....	101
Anexo 6. Instituciones públicas de los elementos expuestos.....	102
Anexo 7. Matriz de los elementos expuestos	104
Anexo 8. Encuesta para la población	106

TEMA

**ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN EL
DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES,
PROVINCIA BOLÍVAR.**

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación que se denomina Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar, se realizó utilizando las metodologías cualitativas, cuantitativas, descriptiva, transversal, no experimental y de campo en el cual tuvo como objetivo identificar los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua.

Así mismo, se aplicó la metodología en función de la ley Mohr-Coulomb, que se desarrolla mediante el modelo de SHALSTAB, el cual está enfocado en análisis de taludes, para ello, se realizaron tres extracciones de muestras de suelo del cerro Cuchicahua, los cuales permitieron determinar la textura y la densidad real del suelo a través del uso del laboratorio de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, los resultados demuestran que el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua es de inestabilidad crónica convirtiéndole en un riesgo potencial para la población que en caso de materializarse dicho deslizamiento de grandes magnitudes afectaría al centro cantonal.

Posteriormente para caracterizar los elementos expuestos se aplicó fichas de campo y encuestas que fueron aplicados a los tres sectores censales de la parte alta del casco urbano del cantón de acuerdo a la cartografía del INEC 2010, siendo un total de 1317 habitantes.

Finalmente, se planteó medidas estructurales y no estructurales de prevención y mitigación, con fin de fortalecer la capacidad de respuesta de la población ante el riesgo de deslizamiento.

Palabras claves: Nivel de vulnerabilidad, deslizamientos, prevención, mitigación, Shalstab, Mohr-Coulomb, Talud.

INTRODUCCIÓN

Ecuador por ser parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, se encuentra localizado en una zona de intensa actividad sísmica, tectónica y volcánica, lo que ha provocado deformaciones superficiales traducidas en procesos de geodinámica externa que, relacionados a factores climáticos, sísmicos y antrópicos, dando lugar a procesos intensos de erosión, movimientos en masa e inundaciones recurrentes que han causado ingentes pérdidas socio - económicas y vidas humanas. (Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos, 2019, pg, 3)

El cantón Chillanes se encuentra expuesto a amenazas de origen natural y antrópico las cuales vienen generando grandes pérdidas en la población desde hace varios años, un caso particular es el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua, el cual se encuentra a 480m aproximadamente de la vía principal de ingreso al cantón y a una distancia de 1257m aproximadamente del parque central, en caso de materializarse dicho deslizamiento afectaría en grandes proporciones al área consolidada del centro cantonal interrumpiendo el desarrollo de actividades en la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, manufactura y comercio.

El temor de ser afectado por el deslizamiento del cerro Cuchicahua es preocupante para los habitantes de cantón Chillanes que han sido identificados “en riesgo”, ya que presenta una alta vulnerabilidad por la construcción informal de viviendas en zonas de riesgos, la expansión agrícola y la falta de preparación de los moradores ante la ocurrencia de un desastre.

En tal sentido la presente investigación pretende analizar la estabilidad del talud del cerro Cuchicahua utilizando la metodología en función de la ley Mohr-Coulomb, que se desarrolla mediante el modelo de SHALSTAB, partiendo del análisis y características de los factores de riesgo que estarían influyendo en la amenaza, principalmente en función de la pendiente y el tipo de roca que presenta el cerro, posteriormente se determinarán los probables elementos expuestos

ante la amenaza de deslizamiento para finalmente plantear medidas de prevención y mitigación, con fin de fortalecer la capacidad de respuesta de la población ante el riesgo de deslizamiento.

CAPÍTULO I

1.1. PROBLEMA

Planteamiento del problema

Los deslizamientos son fenómenos gravitacionales provocados por los efectos de los sismos, erupciones volcánicas y lluvias intensas entre otros factores. Estos pueden ocurrir en cuestión de pocos segundos o mantenerse en acción lenta por una semana o, incluso, más tiempo lo cual genera el interés investigativo por la problemática que está presente dentro de la población del cantón (García, 2005).

En la última temporada de lluvias ocurridas en la provincia Bolívar, sobre todo en el cantón Chillanes, se ha notado una sobresaturación del suelo originando grietas de diferentes dimensiones en el cerro Cuchicahua, las cuales fueron evidenciadas por los moradores del sector, por lo que se ven en la necesidad de informar mediante redes sociales de este riesgo potencial.

Mediante el aviso de la ciudadanía, las autoridades competentes realizan una inspección del lugar constatando la presencia de grietas de diferentes dimensiones de profundidad que van desde los 50 cm hasta los 110 cm, de acuerdo a los técnicos del GADMCH la tensión generada en el suelo se ha ido separando de manera constante y produciendo un distanciamiento de hasta 15 cm entre las paredes del suelo. La grieta principal o la más visible ya ha generado una forma continua, lo cual conlleva a presentar un posible plano de falla, el mismo podría tener una menor resistencia a la tracción en comparación al empuje generado por el agua (presencia de agua en varios puntos de la zona afectada), esta presencia de agua es más evidente en el talud adyacente de la vía (altura aproximada de 1 metro) en el cual se presencian de hasta 4 afloramientos de agua, con una distancia de 50 metros aproximadamente, en este lugar también se pudo realizar la medición del caudal,

teniendo un promedio de 400 cc/s; sin embargo eso no significa que sea todo el caudal que circula por esta zona, incluso se evidencia un ojo de agua dentro de la mencionada falla.

Todo esto ha llevado a solicitar evaluaciones técnicas especializadas de geólogos y geotécnicos del SNGRE, sin embargo, se delegó solo a una ingeniera para que atienda el requerimiento, la cual, después de la inspección realizada presenta un informe de recomendaciones para que el GADMCH atienda la problemática con el fin de minimizar el riesgo de desastre en la zona.

La población ha observado el primer efecto derivado del cerro Cuchicahua el cual fue el deslizamiento en la vía principal frente a la gasolinera Petróleos y Servicios que se encuentra ubicada a la entrada de cantón. Por esto es necesario identificar los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento, relacionando a los problemas de inestabilidad de talud, pérdida de vidas humanas, infraestructura y actividad agrícola, debido a la ocurrencia del evento adverso que tiene el potencial de causar daños cuantiosos al lugar d estudio.

El cerro Cuchicahua no cuenta con evaluaciones técnicas a detalle de los riesgos que se presentan en la zona por parte de GADMCH y SNGRE.

Formulación del problema

¿Cuáles son los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Identificar los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar.

1.2.2. Objetivo específico

- Analizar la estabilidad del cerro Cuchicahua utilizando la metodología en función de la ley Mohr-Coulomb.
- Caracterizar los elementos expuestos ante el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua.
- Diseñar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realiza debido a la presencia de distintas grietas con afloramientos de agua en la parte alta de cerro Cuchicahua, convirtiéndole en un riesgo potencial para la población, ya que no existen estudios de riesgos que permitan minimizar los posibles daños en la zona.

Con el fin de conocer cómo interactúan los factores de riesgo en el deslizamiento es necesario implementar estudios técnicos para comprender las causas del porque se desestabiliza el talud, generando así el riesgo de deslizamiento en el cerro Cuchicahua.

El estudio de los factores de riesgo se realizará con fin de fortalecer la capacidad de respuesta del GADMCH lo que permite una mejor toma de decisiones para precautelar la vida de las personas que están expuestas a este evento adverso, al implementar medidas de prevención y mitigación ayudará a disminuir los efectos negativos al momento de que se materialice el evento.

Por esta razón es importante estudiar los factores de riesgo de deslizamiento para que el GADMCH tenga una mejor percepción del evento adverso permitiéndole implementar lugares seguros para la población afectada y así no exista pérdidas cuantiosas, el estudio que se realiza permitirá mediante las acciones del GAD que los habitantes conozcan la magnitud del deslizamiento y estén preparados para evacuar a lugares que están destinados como zonas seguras, esto no solo ayudará a tener una mejor respuesta en el cantón en caso de suscitar un evento, si no también mejorará los conocimientos en Gestión de Riesgos en la Universidad Estatal de Bolívar al aplicar nuevas metodologías que son viables y efectivas ya que permiten un mejor análisis al combinar aplicaciones tecnológicas con el análisis de campo.

Adicionalmente, el Estado ante el tema de riesgos dentro de la Constitución de la República del Ecuador (2008), reconoció la necesidad de “garantizar la protección de las personas y colectividades de los efectos negativos de desastres” por medio del desarrollo de políticas,

estrategias y normas que promuevan capacidades orientadas a “identificar, analizar, prevenir y mitigar el riesgo” y en ese sentido con la presente investigación se pretende cumplir con este precepto constitucional.

1.5. LIMITACIONES

Durante la realización de la investigación se descubrieron las siguientes limitaciones:

- No existen estudios de riesgo del cerro Cuchicahua.
- El cantón Chillanes no cuenta con un plan de prevención o contingencia.
- No existe información del cerro Cuchicahua en páginas oficiales del GAD.
- No cuentan con cartografía del lugar.
- Inexistencia de estudios geológicos a detalle.

CAPÍTULO II

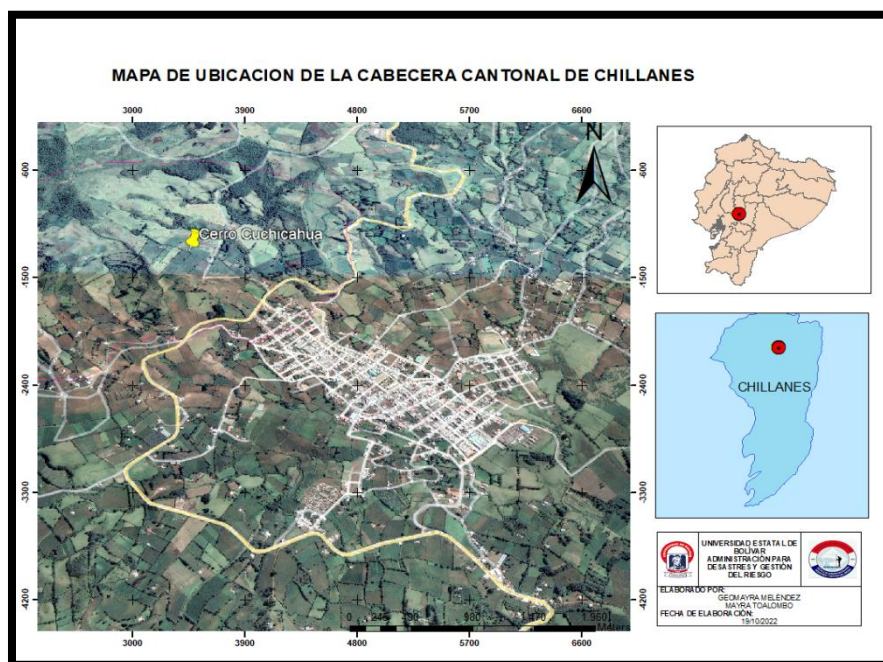
2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO REFERENCIAL

2.1.1. Localización del área de estudio

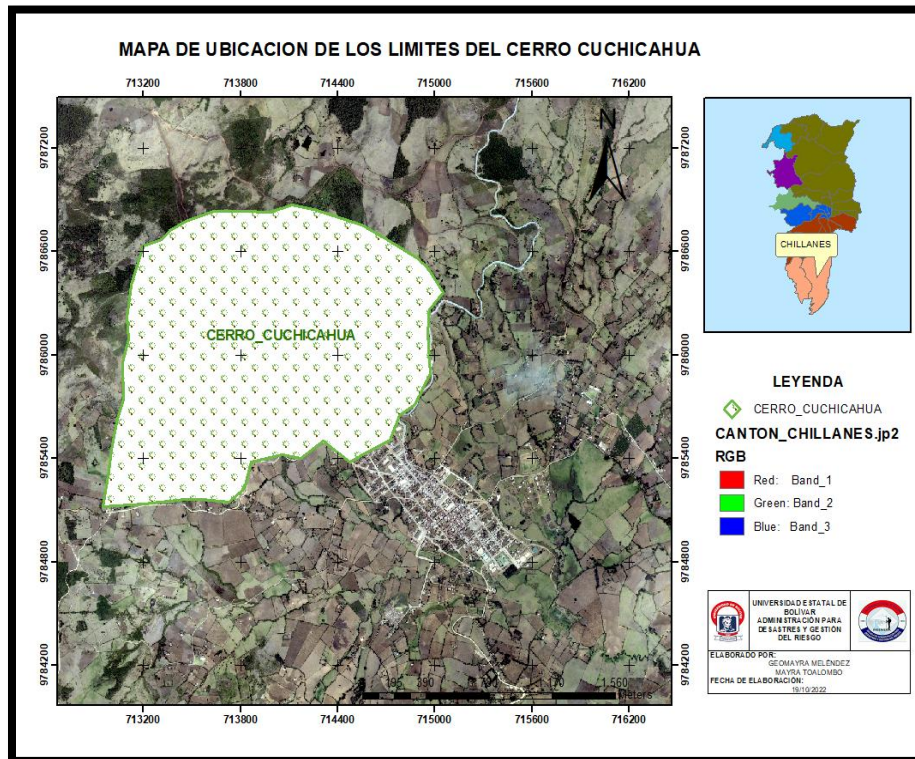
El cantón Chillanes fue fundado el 1 Julio de 1967, localizado al sur de la provincia Bolívar, en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, sus límites son: al norte el cantón San Miguel de Bolívar; al sur el cantón Antonio Elizalde (Boca) de la provincia del Guayas; al este los cantones Colta, Pallatanga, Alausí y Cumandá de la provincia de Chimborazo; y al Oeste el cantón Babahoyo y Montalvo, provincia de los Ríos. Chillanes cuenta con una parroquia rural que se denomina San José del Tambo y la cabecera cantonal (Chillanes, 2019).

Figura 1. Mapa de ubicación de la cabecera cantonal de Chillanes



Fuente: Google Earth, ArcGis

Figura 2. Mapa de ubicación de los límites del cerro Cuchicahua



Fuente: ArcGIS 10.5

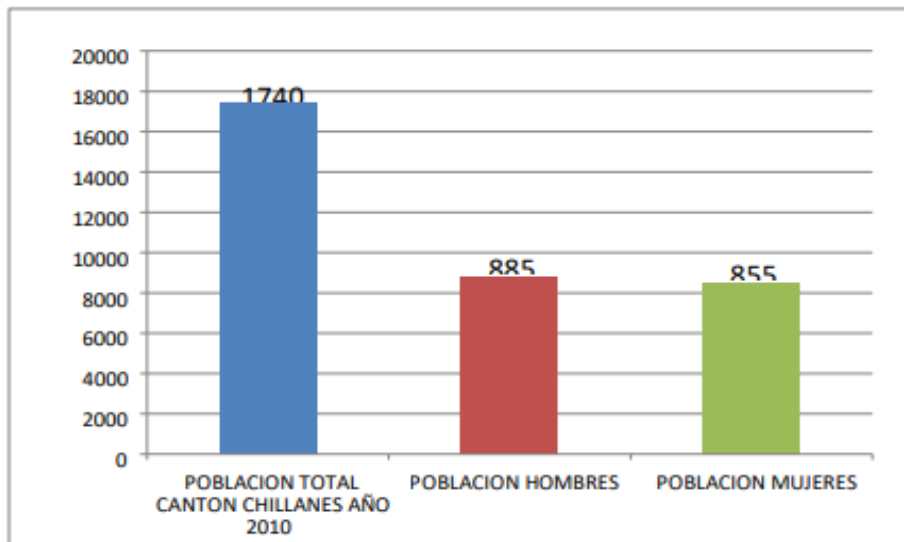
Debido a la geomorfología que presenta el territorio del cantón Chillanes, conformada por cerros de mediana altura con fuertes pendientes, las rocas presentan un comportamiento mecánico corriente, que, en combinación con otros factores como la deforestación, la pendiente y los severos fenómenos meteorológicos afectan el territorio del cantón conforman las causas fundamentales para el desarrollo de los deslizamientos (Chillanes, 2019).

Población

El cantón Chillanes, según los datos que proporciona el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para el año 2010, que se observa en el gráfico número 1, cuenta con 17.406 habitantes. La población masculina es mayor que la población femenina, hombres y mujeres se distribuyen de manera casi equitativa ya que su diferencia no es significativa, así: 8.555 habitantes

son mujeres es decir el 49,15% del total de la población; y 8.851 habitantes son hombres es decir el 50,85% del total de la población del cantón (Chillanes, 2019).

Gráfico 1. Distribución de la población total del cantón Chillanes, según el año 2010.



Fuente: INEC, 2010
Elaborado: GADMCH

En el cantón Chillanes predomina el sector rural, con un total de 17.406 habitantes, 2.681 (15,40%) en el área urbana, y 14.725 (84,60%) en el área rural, según lo que se observa en la tabla número 1, la mayor parte de la población de Chillanes se encuentra ubicada en el sector rural y de esta manera se determina que la mayor actividad productiva se desarrolla a través de la agricultura (Chillanes, 2019).

Tabla 1. Población del cantón Chillanes, urbano y rural

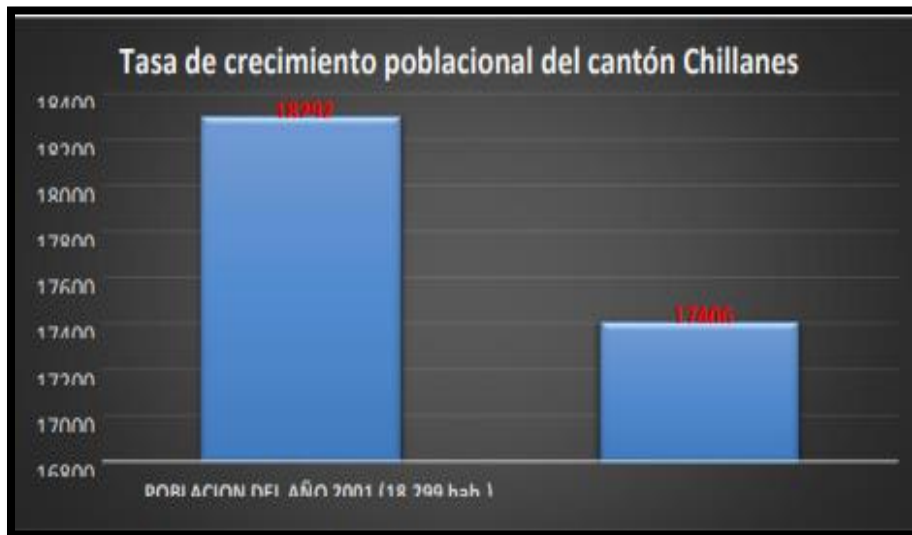
Área	Hombres	Mujeres	Total	Porcentaje
Urbano	1.289	1.392	2.681	15%
Rural	7.562	7.163	14.725	85%
Total	8.851	8.555	17.406	100%

Fuente: INEC. Censo Nacional año 2010
Elaboración: GADMCH. Componente Asentamientos humanos y Conectividad

TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACION.

De acuerdo con la información que se aprecia en el gráfico número 2, Chillanes tiene una tasa de crecimiento de -0.88% en el período comprendido entre los años 2001 al año 2010, debido básicamente al movimiento emigratorio que se da desde el sector rural Chillanense hacia otros lugares (Chillanes, 2019).

Gráfico 2. Tasa de crecimiento poblacional del Cantón Chillanes.



Fuente: INEC. Censos de población y vivienda 2001 y 2010

Elaborado: GADMCH-Componente Socio Cultural

Según lo que se observa en la tabla número 2, la tasa de crecimiento en el área urbana del cantón Chillanes de manera proyectada entre los años 2008 al año 2025 es de 2,5% en dicho período, debido básicamente a que la población rural encuentra mejores condiciones de vida en el sector urbano por lo que migra hacia estos sectores (Chillanes, 2019).

Tabla 2. Proyección de la población cantonal urbana de Chillanes.

		Años									
Cantón		2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2025
Chillanes		20,03	20,41	20,71	21,01	21,31	21,61	21,89	22,16	22,41	22,53

Fuente: Censos de población del cantón, INEC

Elaborado: GADMCH

Factores climáticos

Clima

El cantón Chillanes goza de gran variedad de climas que van desde el frío del Puntzucama páramos, hasta el cálido de las zonas subtropicales. Las condiciones fisiográficas características del cantón permiten la aparición de varios microclimas en los que varía la temperatura y precipitaciones en cortas distancias y que determinan la diferencias en los tipos de suelos (Chillanes, 2019).

Tipos de suelos

De conformidad a la geología del cantón Chillanes, la composición litológica es diversa y ha dado origen a una gran variedad de tipos de suelos, cuya composición física, química y textura está caracterizada por los factores climáticos (Chillanes, 2019).

Debido a la distribución territorial y condiciones topográficas, fisiográficas y morfológicas los suelos del cantón se clasifican de la siguiente manera:

- **Suelos de textura franca:** Suelos amarillos, profundos a moderadamente profundos.
- **Suelos arcillosos:** Son suelos rojos, profundos a moderadamente profundos.
- **Suelos arcillo-arenosos:** Suelos rojizos, profundos a moderadamente profundos.
- **Suelos arenosos y pedregosos:** Están localizados principalmente en pequeñas terrazas aledañas a los cauces de los ríos Chimbo y Sicoto.

2.2.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación se considerará estudios similares, los que se detallan a continuación: debido a que no existen investigación sobre este estudio por tal razón se realiza la presente investigación.

2.2.1. A nivel internacional

Maldonado, (2021). **Identificación de zonas de riesgo por deslizamientos de laderas debido a la saturación de suelos en la microcuenca Mariño Abancay.** El presente trabajo ha sido desarrollado para identificar las zonas de riesgo por deslizamientos de laderas debido a la saturación del suelo generadas por las precipitaciones pluviales en la microcuenca del río Mariño, ubicado en la provincia de Abancay y departamento de Apurímac, en donde se analiza e identifica el problema de los movimientos de masa a través de un enfoque integrador entre las condiciones de saturación y los deslizamientos de tierra, evaluándose la estabilidad de taludes por el modelo de estabilidad de la pendiente infinita utilizando el programa SINMAP (Mapeo del Índice de Estabilidad), siendo este la aplicación de un método determinístico y probabilístico en el entorno de un sistema de información geográfica, para lo cual se recopiló los datos geotécnicos y geohidráulicos disponibles para el área de estudio con el fin de crear un mapa de susceptibilidad al peligro de deslizamientos de tierra. El análisis se realizó a escala regional a través de un sistema de información geográfica obteniendo información detallada a través de imágenes satelitales para obtener las características geotécnicas e hidrológicas con una evaluación de campo. Para la validación de presente estudio, el modelo de SINMAP fue calibrado en base a la literatura de los valores obtenidos y un inventario detallado de deslizamientos de tierra superficial ocurridos durante los últimos 60 años, siendo el escenario simulado con ocho regiones de calibración o usos del suelo, la simulación tuvo bastante éxito describiendo los deslizamiento de tierra por falla de taludes en la zona de estudio, identificando al 70,69% de los deslizamientos de tierra, de un total de 58 deslizamientos inventariados en áreas clasificadas como inestables. La fiabilidad de la simulación fue evaluada por medio de un modelo de clasificación del análisis de la curva ROC con un 96,7% de precisión global.

Según (Albornoz, 2018), menciona que la **Evaluación de la susceptibilidad de remociones en masa en las laderas del Fiordo Comau, región de los Lagos, Chile**. Dentro de esta investigación se identifican y analizan las condiciones de susceptibilidad asociada a procesos de remociones en masa en las laderas el Fiordo Comau, Región de los Lagos. La configuración de este paisaje de los Andes de Chiloé, de los fiordos, canales y mar interior son la respuesta de una condición tectónica asociada regionalmente a la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui. La presencia de remociones en masa es el resultado de las condiciones de estabilidad de las laderas frente a procesos hidrometeorológicos extremos y sísmicos que provocan ruptura de equilibrio de las formas de relieve existentes. Estos definieron los factores condicionantes de procesos de remociones en masa en las laderas del fiordo aplicando un modelo cualitativo a través de una modelación de SIG y terreno, permitiendo identificar las áreas sujetas a los distintos niveles de amenazas de remociones en masas. Chile proyecta construir la continuación de la Carretera Austral Ruta CH-7 en esta zona, principalmente la ladera Este del fiordo. Como resultados analizados, en esta ladera se localizan los sectores con mayor presencia de remociones en masa y podrían afectar su funcionamiento.

2.2.2 A nivel nacional

Según los autores (Pachay, García, & Zevallos, 2021), afirman que la **Determinación de zonas susceptibles ante movimientos en masa utilizando metodología INSAR, Análisis Morfométrico y el Índice de Estabilidad (Mohr-Coulomb)**. Plantea como objetivo de esta investigación determinar las zonas susceptibles ante movimientos en masa en el campus de la Universidad Técnica de Manabí, utilizando tres métodos para mejorar los criterios de análisis de determinación de la estabilidad de los sitios previamente obtenidos. En primer lugar, se utilizó la metodología Insar (Radar interferométrico de apertura sintética), mediante la cual se determinaron las deformaciones del terreno en milímetros desde el 6 de noviembre del 2015 hasta el 22 de septiembre del 2020. Posteriormente, se incorporaron los parámetros morfométricos al análisis

como son el Flujo de Acumulación (FCC), el Índice Topográfico de Humedad (TWI) y el factor de Longitud y Magnitud de la Pendiente (Factor LS). Luego, se insertó el Índice de Estabilidad (Mohr-Coulomb) para determinar el estado del talud adyacente al campus universitario. Finalmente, se establecieron relaciones entre las metodologías ya mencionadas y su efectividad en la determinación espacial de este tipo de susceptibilidad. Los resultados indicaron que las colinas y el sitio en que se encuentra el campus universitario son altamente erosivos y propensos a movimientos en masa, por lo que se requiere elaborar estudios geológicos-geotécnicos-geofísicos a profundidad, especialmente en las zonas de mayor susceptibilidad para la posible toma de medidas de reducción de este tipo de peligro.

(Córdova & Choez, 2021), en su investigación manifiestan que el **Estudio de diseño para estabilizar los deslizamientos en el barrio Tambán cantón Chimbo, manifiesta que Tambán se encuentra ubicado en el cantón Chimbo, provincia de Bolívar, Ecuador.** La aparición de grietas y asentamientos en la infraestructura de la zona evidencian la presencia de un deslizamiento, el cual resulta complejo ya que incluye zonas que se desestabilizan aún sin la presencia de factores detonantes. El objetivo de este trabajo es estudiar y diseñar las soluciones de estabilización que eviten una mayor afectación en la vía Chimbo – El Cristal, redes de alcantarillado y demás infraestructura, que involucran la seguridad y economía de la población. Algunos métodos de estabilización como muros de gaviones han sido aplicados sin éxito alguno ya que los deslizamientos continúan. Para dar solución al problema se planteó la implementación de pantallas de anclajes continuos inyectados, conformación de una berma y talud de corte, e impermeabilización de la cancha con geomembrana. Estas soluciones de estabilización permiten que el FS pase de 0.71 a 1.97 cuando se presentan precipitaciones y sismos de alta intensidad, el cual no se considera elevado debido a las características complejas del deslizamiento.

(Hernández, 2020), en su tesis dice que la **Susceptibilidad a Deslizamientos en el Valle de Joa**. Se enfocó en el estudio de susceptibilidad a deslizamientos dentro del Valle de Joa el cual se encuentra ubicado en el cantón Jipijapa de la provincia de Manabí. El objetivo principal de la investigación fue evaluar las zonas susceptibles y de riesgo a deslizamientos en el Valle utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para esto se empleó la metodología Mora Varhson, la cual incluye los Sistemas de Información Geográfica, lo que unido a la observación científica permitió identificar el grado de susceptibilidad de la zona estudiada. Se estableció que en el 70% del territorio ocupado por el Valle de Joa la susceptibilidad alcanzó un grado Ato y el 30% restante se divide entre media y baja susceptibilidad, según los factores biofísicos estudiados (pendiente, cobertura vegetal, precipitación, suelos) cada uno de estos factores fueron ponderados de manera cualitativa (colores) y cuantitativa (números 5-20). Esta ponderación ayudó a realizar los mapas temáticos y, a su vez, llegar al mapa final de susceptibilidad el cual generó un resultado real y claro del índice de susceptibilidad a deslizamientos en el valle de Joa.

(Pinos, 2021), **Evaluación de susceptibilidad por remoción de masa en la vía Santa Rosa de agua Clara – Chillanes, Comuna Nuevo Porvenir, cantón Chillanes, Provincia Bolívar**. La finalidad de este estudio fue evaluar la susceptibilidad a fenómenos de remoción de masas en la vía Santa Rosa de Agua Clara- Chillanes a la altura de la comuna Nuevo Porvenir. Por medio de la compilación y análisis bibliográfico, trabajo de campo, laboratorio y el procesamiento de datos se realizó el inventario de fenómenos, donde se determinaron un total de 8 puntos afectados, de los cuales 6 puntos corresponden a deslizamientos rotacionales, un punto a deslizamiento compuesto y uno clasificados como flujo de tierra. Se empleó el método de calicata para el muestreo del suelo, los estudios realizados en laboratorio corroboraron la información obtenida en campo, identificando el suelo como una arcilla con alta plasticidad. La evaluación multicriterio es el método empleado para determinar el grado de susceptibilidad por remoción de

masas, para esto se consideraron como factores condicionantes la pendiente, geomorfología y litología, mientras que los factores detonantes de relevancia para la zona de estudio son las precipitaciones y la actividad sísmica. Se realizaron los mapas correspondientes a cada uno de los criterios y se ponderaron según su grado de importancia, posteriormente en SIG, mediante la herramienta algebra de mapas, se sumaron los criterios ponderados, obteniendo como resultados el mapa final de susceptibilidad en el tramo de la vía que corresponde a la comuna Nuevo Porvenir, la clasificación se dividió en: Baja, Media y Alta donde destaca la susceptibilidad Alta, al ser una zona compuesta en su totalidad por laderas con pendientes de 35° a 55° de inclinación y precipitaciones altas en épocas lluviosas., los resultados obtenidos en este estudio deben ser considerados en futuros proyectos de estabilidad de taludes y riesgos geológicos que se realicen en el cantón Chillanes.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. Factores de riesgo

2.3.2. Riesgo

(Alpizar , 2009), manifiesta que el término riesgo es atinente a muchos campos y disciplinas del conocimiento, constituye la probabilidad de pérdidas y daños ocasionados por la interacción de una amenaza o peligro con una situación de vulnerabilidad. El riesgo será entendido como la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro; pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre.

2.3.2.1. Amenaza

Para la presente investigación la amenaza será entendida como el factor de origen natural o humano, al que está expuesto una comunidad, que puede poner en peligro la vida, los bienes o incluso el funcionamiento del propio sistema (SNGR, 2014).

Clasificación de las amenazas

Amenazas naturales. - Estos fenómenos son normales, completamente naturales y representan la historia de formación de la tierra y la dinámica geológica, geomorfológica, climática y oceánica.

Amenazas socio-naturales. - Se acentúan por algún tipo de intervención humana sobre la naturaleza, y pueden ser confundidas con eventos exclusivamente naturales. Las más comunes son las inundaciones, deslizamientos, hundimientos, sequias (desertificación), erosión costera, incendios rurales y agotamiento de acuíferos.

Amenazas antrópico-contaminantes. – Están construidas sobre elementos de la naturaleza (aire, agua, tierra) que están relacionados con los procesos de contaminación derivados de derrames, dispersiones o emisiones de sustancias químico-tóxicas hacia el aire, tierra y agua, como es el caso del petróleo, plaguicidas, gases tóxicos producto de la combustión, los clorofluorocarbonos y la contaminación nuclear

Amenazas antrópico-tecnológicas. – Son fallas dentro de estos procesos, sea por negligencia, falta de controles adecuados o la imprevisión de la ciencia, generan una serie de amenazas que afectan no solo a extensiones territoriales limitadas sino también puede generar un impacto en gran número de pobladores debido a la densidad de la ocupación humana en zonas circundantes a la fuente de la amenaza.

2.3.2.2. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define como las debilidades o deficiencias que pueden ser de carácter ambiental o ecológico, demográfico o social, económico, entre otros., todos aquellos aspectos relacionados con la fragilidad de los elementos expuestos y de sus actividades o relaciones que facilitan la ocurrencia de un evento difícil de absorber. (Quishpe, 2017, pág, 16).

2.3.2.3. Deslizamiento

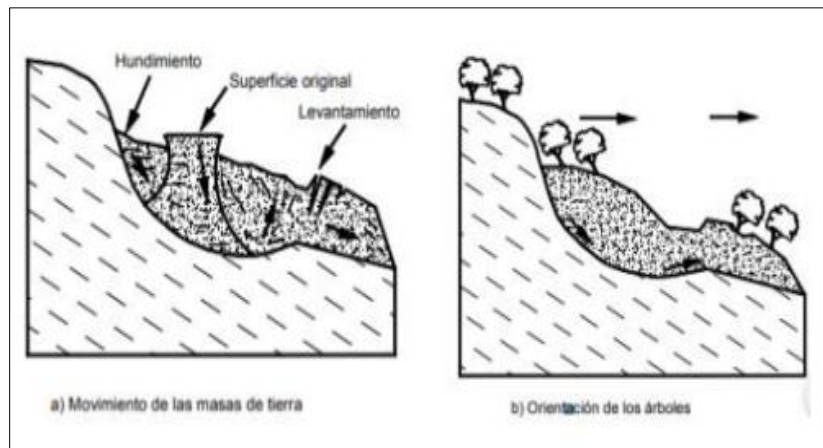
En el trabajo investigativo de Lara & Sepúlveda (2008), el movimiento de ladera abajo de masas de suelo o roca a través de superficies de cizalle definidas. Este movimiento no ocurre a lo largo de toda la superficie de ruptura simultáneamente, sino más bien comienza en zonas donde se generan fallas locales, a menudo evidenciadas por grietas de tensión en la superficie original a lo largo de la cual se formará el escarpe principal del deslizamiento.

Los deslizamientos se pueden clasificar en rotacional y traslacional.

2.3.2.3.1. Deslizamiento rotacional

La superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie transversal al deslizamiento, la superficie del deslizamiento ocurre internamente en el material inestable (Cedeño & Vela, 2020).

Figura 3. *Deslizamiento de tipo rotacional*

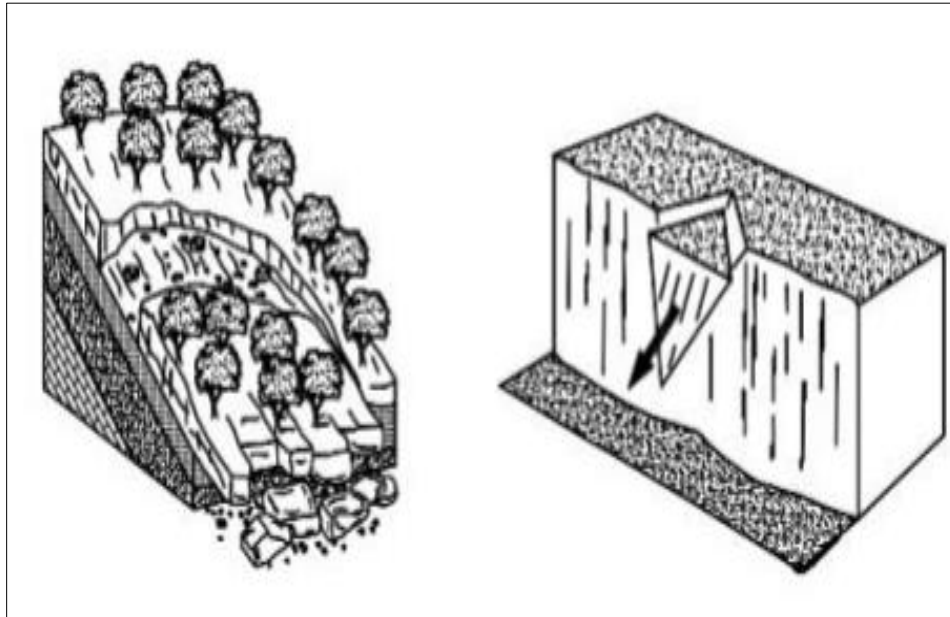


Fuente: Análisis Geotécnico, J. Suarez

2.3.2.3.2. Deslizamiento traslacional

La masa se desliza hacia afuera o hacia abajo a lo largo de una superficie que puede ser más o menos plana o un poco ondulada, movimientos controlados por las fracturas de rocas y la resistencia de los materiales, movimiento lento (Cedeño & Vela, 2020).

Figura 4. *Deslizamiento de tipo traslacional*



Fuente: Análisis Geotécnico, J. Suarez.

2.3.2.4. Cartografía de pronta respuesta: Modelo de deslizamiento en función de la ley de Mohr-Coulomb

Movimientos gravitacionales de ladera: Estabilidad de laderas

Los fenómenos torrenciales y gravitatorios que ocurren en la alta cuenca en ambientes de montaña constituyen fuentes de sedimentos de importancia para el desarrollo y evolución de los torrentes y cursos coluviales que representa el 90% de la totalidad de la red hidrográfica.

Como retículo coluvial se entiende aquella porción de la red hidrográfica que se desarrolla en la parte superior de la cuenca, caracterizada por incisiones más o menos evidentes en el substrato, causadas principalmente por la concentración del escurrimiento superficial.

La cuenca hidrográfica puede dividirse en dos sistemas: el retículo hidrográfico y las subcuencas de cabecera. Preliminarmente puede decirse que las subcuencas de cabeceras son las productoras de sedimentos, mientras que en el retículo predominan los procesos de transporte y sedimentación.

2.3.2.4.1. SHALSTAB. Modelo de estabilidad de taludes

SHALSTAB se basa en una forma de pendiente infinita de la ley de falla de Mohr-Coulomb en la que el componente cuesta abajo del peso del suelo justo en el fallo, t , es igual a la fuerza de resistencia causada por la cohesión (cohesión del suelo y / o fuerza de la raíz), C , y por la resistencia a la fricción debido a la tensión normal efectiva en el plano de falla. (Dietrich & Montgomery, 1998)

2.3.2.4.2. Evaluación de susceptibilidad ante movimientos en masa mediante el modelo SHALSTAB

Para el caso de la evaluación de la susceptibilidad ante movimientos en masa, se recurre al modelo SHALSTAB desarrollado en la Universidad de California en Berkley liderado por (Montgomery & Dietrich, 1994) desarrollaron el modelo Shalstab con base SIG que trabaja con unidades de celdas raster. El modelo considera una ladera infinita con un estrato estable de bajo espesor. El estado límite se evalúa con la ley de Mohr-Coulomb. Se asume como despreciable la cohesión del suelo o se la compensa con un mayor valor de ángulo de fricción interna. El modelo entrega como resultado el grado de saturación interna (h/z) necesario para desestabilizar la ladera.

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

En donde h representa la altura del nivel freático sobre la superficie de deslizamiento, z la profundidad del suelo, ρ_s y ρ la densidad del suelo y del agua respectivamente, $\tan \theta$ la pendiente de la ladera y finalmente, ϕ el ángulo de fricción interna, que es medida de la cohesión.

Tabla 3. Densidad relativa del ángulo de fricción interna

DENSIDAD RELATIVA ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA				
Arena	Arcilla	Limos	Granito	Rocas metamórficas
muy suelta < 30 suelta 30-32 media 32-35 densa 35-38 muy densa > 38	25	15-20	40-45	25-35

Fuente: Tabla de equivalencia según ley Mohr Coulomb

Tabla 4. Densidad del suelo

DENSIDAD DEL SUELO		
Arenoso	Arcilloso	Orgánico
1600-2000 kg/m ³	1460-1650 kg/m ³	250 kg/m ³

Fuente: Estabilidad de ladera

Esta fórmula permite definir dos estados límites. Cuando h/z es negativo la ladera resulta inestable para cualquier grado de saturación y viene llamada “incondicionalmente inestable”.

En cambio, cuando h/z es mayor que uno se llama “incondicionalmente estable” porque aún en caso de saturación la ladera es estable. Para definir las situaciones intermedias es necesario agregar el modelo hidrológico. Se debe entender la resistencia al corte de un suelo para poder analizar problemas de estabilidad de suelos tales como capacidad de soporte, estabilidad de taludes y empuje de tierras sobre estructuras de contención.

Se asume como despreciable la cohesión del suelo o se la compensa con un mayor valor de ángulo de fricción interna. El modelo entrega como resultado el grado de saturación interna (h/z) necesario para desestabilizar la ladera.

Tabla 5. Relación de la resistencia al corte no drenado y ángulo de fricción

RELACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO Y EL ÁNGULO DE FRICCIÓN					
Arenas			Limos o arcillas		
Nspt	ϕ	Densidad relativa	Nspt	Su(kg/cm²)	Consistencia
			<2	0-0,12	muy blanda
0-4	<30	Muy suelta	2-4	0,12-0,25	Blanda
4-10	30-32	Suelta	4-8	0,25-0,5	Media
10-30	32-35	Media	8-15	0,5-1	Firme
30-50	35-38	Densa	15-30	1-2	Muy firme
>50	>38	Muy densa	>30	>2	Duro

Fuente: Estabilidad de ladera (Shalstab)

2.3.2.5. Tipo de suelo

El suelo varía de acuerdo a características físicas y biológicas, las cuales permiten o no la realización de ciertas actividades económicas, como lo es la agricultura. Por ello, es necesario tener presente las características del suelo antes de plantar, construir o llevar a cabo cualquier actividad que lo involucre directamente (twenergy, 2020).

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, la cual se forma a partir de la desintegración de las rocas o de materia orgánica. Como mencionamos antes, dependiendo del área en la que nos encontremos los tipos de terreno pueden variar.

Suelos arenosos:

Son los tipos de tierras o suelos que están constituidos por partículas muy pequeñas, minerales no metálicos y textura granular. Además, con poca estructura cuyo tamaño es entre 0,063 y 2 mm y se caracterizan por un contenido de más del 70% de arena en su primera capa de profundidad, son ácidos, cálidos, pobres en nutrientes, no retienen el agua, son secos y no son aptos para la agricultura (Pineda, 2020).

Suelos calizos:

Otros tipos de tierra que no se recomiendan para tareas de agricultura son los suelos calizos. Estos, a diferencia de los anteriores, se caracterizan por tener altos niveles de sales calcáreas en su composición (twenergy, 2020).

Suelos arcillosos:

Tal como sucedía con los suelos arenosos, los arcillosos se caracterizan por el nivel de arcilla que los componen. Suelen ser de color rojizo, aunque también pueden encontrarse en tonalidades amarillentas (twenergy, 2020).

2.3.2.6. Pendiente

Es muy importante debido a que es el grado de inclinación del terreno respecto a la horizontal, en zonas altas o fuertes de pendientes presentan mayor susceptibilidad o inestabilidad a movimientos en masa, la pendiente se expresa en porcentaje.

La pendiente nos permite identificar suelos irregulares y accidentados con porcentajes de inclinación considerables del terreno, este factor la presencia de cierta pendiente es necesaria para que ocurran movimientos gravitacionales afectando el desarrollo del perfil, la profundidad del suelo e influyendo en la capacidad de resistencia y cohesión de los mismos. (Civil, 2011).

2.3.2.7. Ángulo de fricción

El ángulo de fricción crítico ϕ_c es un parámetro del suelo porque es un valor que una vez alcanzado no varía durante el proceso de deformación o de carga. El ϕ_c es una relación de los esfuerzos principales en el estado crítico y es importante para los modelos constitutivos, ya que define el estado crítico o último propio de cada material.

El estado crítico o último de un material está definido como la fase en la cual el material continúa de formándose indefinidamente sin presentarse cambios en el esfuerzo efectivo aplicado y en el volumen.

Tradicionalmente se considera el ángulo de fricción crítico igual que el ángulo de reposo ($\phi_c = \phi_{rep}$). El ϕ_c se obtiene de ensayos triaxiales monotónicos o de ensayos de corte simple. El ϕ_{rep} se obtiene a partir de diferentes métodos; uno de los métodos aplicables a materiales granulares es la construcción de una pila por medio de un embudo. ϕ_c es remplazado por ϕ_{rep} dado lo dispendioso y complejo de los ensayos necesarios para determinar ϕ_c comparados con los métodos para obtener ϕ_{rep} y la similitud de los resultados obtenidos (Herle y Gudehus, 1999). Esta simplificación se hace debido a que uno de los objetivos de los modelos constitutivos es obtener los parámetros del suelo de la forma más sencilla posible. Sin embargo, investigaciones previas demuestran que factores como rugosidad de la base, tamaño de la pila, tamaño y distribución de las partículas, densidad de la pila, efectos dinámicos, entre otros, influyen significativamente en el valor de ϕ_{rep} (Guzmán, Lizcano, & Arcesio, 2008).

2.3.2.8.Densidad real

La densidad real se refiere a la densidad de la totalidad de las partículas del suelo. Se expresa como la relación entre la masa de partículas sólidas y el volumen del sólido, excluyendo, por lo tanto, los espacios porosos. Las unidades más comunes de expresión son $g\ cm^{-3}$ y $Mg\ m^{-3}$.

Su valor se relaciona con la porosidad y densidad aparente. Es poco variable y en suelos minerales oscila alrededor de $2,65\ g.cm^{-3}$ (es la densidad del cuarzo). Al aumentar el contenido de materia orgánica se reduce la densidad real de los suelos.

Para la determinación de la densidad real debe conocerse la masa de suelo y el volumen del mismo. La primera es determinada por pesada; el volumen real es un valor más complicado de establecer pues debe eliminarse totalmente el aire del suelo. La determinación es a través de la psicometría, el procedimiento significa la aplicación del principio de Arquímedes, es decir, determina que volumen de agua desplazan los sólidos al ser sumergidos.

El método más común es el uso del picnómetro. Este es un frasco aforado que se cierra mediante un tapón provisto de un capilar asegurando el volumen constante en el interior del aparato. El volumen del suelo se mide en función del volumen de agua desplazada (Pellegrini, 2019).

Figura 5. Picnómetro



Fuente: Apunte de Edafología, 2019

Se pesa en balanza de precisión 10 g de suelo tamizado por 2 mm, seco en estufa. Se designa como m_1 . Luego, se llena con agua destilada un picnómetro de 50 cm³, se tapa, se seca bien y se pesa en balanza de precisión; esta pesada se denomina m_2 . Finalmente, se vacía el picnómetro y se introducen los 10 g de suelo pesado anteriormente (m_1), completar el volumen de agua destilada y tapar con cuidado de no dejar burbujas de aire en su interior. Secar y pesar nuevamente obteniéndose m_3 .

$$D = \frac{m}{v}$$

m_1 : 20 g de muestra seca v : volumen de la muestra en el interior del picnómetro expresado por la diferencia de masa entre $(m_1 + m_2) - m_3$. Reemplazando:

$$Dr = \frac{m_1}{(m_1 + m_2) - m_3}$$

El valor promedio de la densidad real en suelos minerales es de 2,65 g cm³, densidad del cuarzo, uno de los minerales más abundante del suelo.

2.4.MARCO LEGAL

Dentro del marco jurídico del Ecuador existe diferentes articulados relacionados con la Gestión de riesgos dentro del territorio ecuatoriano, tiene un enfoque de preparación y respuesta ante la posible ocurrencia de eventos adversos debido a las amenazas naturales o antrópicas que enfrenta el territorio ecuatoriano, se identifican los principales lineamientos legales destinados a considerar para el desarrollo de la investigación.

Constitución de la República del Ecuador.

“**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 la condición de vulnerabilidad” (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 del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar

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, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y 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 de riesgo.

“**Art. 390.-** Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad” (Ecuador, 2008).

- **Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)**

Art. 54.- Se debe regular y controlar las construcciones dentro de cada una de las circunscripciones cantonales, con énfasis en la prevención de riesgos y desastres.

Art. 57.- Se debe expedir ordenanzas de construcción que estén relacionadas directamente con la especificación de las normas técnicas y legales de construcción, que permitan la mitigación

y reparación de edificios públicos y privados. (Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización, 2019)

Art. 140.- Gestionar de forma eficiente y articulada en todos los niveles de gobierno, los aspectos vinculados de la gestión de riesgo, dentro de los cuales se incluya la prevención, reacción, mitigación y reconstrucción, que permitan enfrentar los riesgos de origen natural o antrópico que puedan afectar a los territorios y sus infraestructuras físicas.

Art. 466.- El ordenamiento territorial debe estar relacionado directamente con el ordenamiento de ciudades y zonas de gran importancia para la economía, salud, educación, entre otros. Debe realizarse una evaluación de riesgos de desastres. (Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización, 2019)

- **Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021**

Lineamientos territoriales para la cohesión territorial con sustentabilidad ambiental y gestión de riesgos.

Lineamiento B15: Promover medidas que permitan desarrollar resiliencia en los pobladores ante los efectos negativos de las amenazas de origen natural, lo cual permita mejorar la capacidad de respuesta de las ciudades. (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2021)

2.5. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Afloramientos: “Ascenso de agua de niveles más profundos. Esta agua sustituye al agua superficial, más cálida, que ha sido desplazada por la acción del viento.” (Raia, 2011)

Amenaza: Es el riesgo o posible peligro que una situación puede causar daño a un objeto o una circunstancia específica el cual puede conllevar afectaciones.

Barreno: “Herramienta utilizada para perforar el terreno en operaciones de sondeo, para voladuras, o para la instalación de anclajes.” (ABC, 2022)

Clima: “Conjunto de fenómenos atmosféricos (temperatura, presión, lluvia y viento) que caracterizan un lugar por largos periodos de tiempo. El clima determina el tipo de vegetación y la fauna predominante.” (Secretaria de Cultura, 2019)

Deforestación: Eliminación de vegetación (árboles) por completo, para dar espacio a algo más en su lugar. La principal causa de la deforestación es la agricultura insostenible e ilegal, nuevas infraestructuras (Hancock, 2019).

Deslizamiento: “Estos fenómenos son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta” (Washington, 1996).

Elementos expuestos: “Es la población, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.”

Grietas: “Las grietas asociadas al hundimiento regional en zonas de transición son particularmente problemáticas debido a que presentan un escalón y son difíciles de controlar.” (Sanchez & Auvinet, 2021)

Inestabilidad de Suelo: Según (Schmalbach, 2003) “Un talud se hace inestable en el momento en que la masa de suelo se moviliza producto de los esfuerzos actuantes sobre ella superiores a su resistencia al corte.”

Mitigación: “Es la aplicación de acciones para reducir la vulnerabilidad frente a ciertas amenazas.” (UNICEF, 2006)

Pendiente de terreno: “Es una forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie.” (Hunter, 1998)

Picnómetro: “Recipiente de vidrio calibrado que se emplea para determinar la densidad de partículas sólidas de suelos conformados por partículas menores que 5 mm.” (Geotechnical Consulting, 2022)

Precipitación: “Es un factor importante en la observación del clima y de los fenómenos atmosféricos” (Fernandes, 2022)

Prevención: “Se refiere a la aplicación de medidas para evitar que un evento se convierta en un desastre.” (UNICEF, 2006)

Talud: “Tangente del ángulo que forma el paramento de un corte con respecto a la vertical.” (ABC, 2022)

Vegetación: Cobertura de plantas (flora) salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente sobre la superficie del suelo y un medio acuático, también la cubierta vegetal. La distribución en la tierra depende de los factores del Clima y del Suelo (EcuRed, 2020)

2.6. SISTEMA DE VARIABLES

Variable independiente: Factores de riesgo

Variable dependiente: Susceptibilidad a deslizamiento

2.7. Operacionalización de variables

Variable independiente: Factores de riesgo

Tabla 6. Operacionalización de la variable independiente

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO
			Cuantitativa	
Factores de riesgo, las fuentes o condiciones internas o del entorno generadoras de eventos en las que se originan las pérdidas por riesgo (MinEducación , 2013)	Tipo de suelo	Textura de suelo	Franco Arenoso Arcilloso Limo	Método de los Bouyoucos
	Densidad real de suelo seco	Varían según la proporción de los elementos que constituyen el suelo, en tanto tienen diferentes densidades en kg/m ³	Arenoso 1600-2000kg/m ³ Arcilloso 1460-1650kg/m ³ Orgánico 250kg/m ³	Método del picnómetro
	Pendiente	Ángulo	Pendiente <8° Pendiente entre 8° a 16° Pendiente entre 16° y 35°	Modelo digital de elevación, ArcGis

			Pendiente > 35° según (van Zuidam, 1986)	
	Ángulo de fricción	Condición dada de esfuerzo de ruptura de un material sólido.	Arena muy suelta < 30 Suelta 30-32 Arcilla 25 Limos 15-20 Granito 40-45 R. metamórficas 25-35	Tabla de equivalencia según la ley de Morh Coulomb

Elaborado por: Meléndez, G. y Toalombo, M.

Variable dependiente: Susceptibilidad a deslizamiento

Tabla 7. Operacionalización de la variable dependiente

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO
Un deslizamiento de tierra es un movimiento, hacia abajo de una ladera, de una masa de suelo o roca el cual ocurre principalmente sobre una superficie de ruptura o falla (debilidad del terreno). (NACIONAL, s.f.)	Zonas estables, inestables	Estabilidad, inestabilidad de pendientes	Crónico inestable Alto inestable Medio inestable Bajo inestable Poco inestable Estable	Programa ArcView Shalstab ArcGis 10.5
	Tipo de deslizamiento	Deslizamiento traslacional Deslizamiento rotacional	Dimensión de masa deslizante Alto Medio Bajo	Evaluación de riesgos

Elaborado por: Meléndez, G. y Toalombo, M.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Cualitativa:

La investigación cualitativa por definición se orienta a la producción de datos descriptivos, como son las palabras y los discursos de las personas, quienes los expresan de forma hablada y escrita, además, de la conducta observable (Cuento, 2020).

La investigación sigue un enfoque de tipo cualitativa ya que con ella se identificará los factores de riesgos como la textura predominante del lugar de estudio, que influyen en el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua, esto permite diseñar medidas de prevención y mitigación.

Cuantitativa:

Según (Miler, 2011), esta investigación permite evaluar los datos de manera científica o de forma numérica con ayuda de la estadística. Es necesario que dentro de los elementos de la investigación exista una relación y que se pueda delimitar y saber dónde se inicia el problema y cuál es la dirección.

La investigación es de tipo cuantitativa puesto que con ella se procederá a calcular los valores de la densidad del suelo, ángulo de fricción según las tablas de equivalencia de la ley Mohr Coulomb, la densidad real del suelo, los porcentajes de personas encuestadas según cada pregunta y el número de elementos expuestos al riesgo de deslizamiento.

3.2. Nivel de investigación

Descriptiva:

(Miler, 2011), dice que este tipo de investigación se basa en la descripción, registro, análisis e interpretación, mediante análisis. En este nivel de investigación se ven y se analizan las características y propiedades para que con un poco de criterio se las pueda clasificar, agrupar o sintetizar, para luego poder profundizar más en el tema. En la investigación descriptiva se trabaja sobre la realidad de los hechos y su correcta interpretación.

Esta investigación es descriptiva ya que por medio de ella se puede identificar y describir los factores de riesgo que intervienen en la desestabilización del talud dándole paso al deslizamiento del cerro Cuchicahua, además no se está realizando ninguna manipulación de las variables sino caracterizándolas.

Transversal:

Esta investigación es utilizada para observar y analizar un momento exacto de la investigación en un periodo de tiempo, para abarcar diversos grupos o muestras de estudio. (QuestionPro, 2022)

Esta investigación es de tipo transversal ya que los datos recopilados se evaluarán en un periodo determinado de tiempo.

Diseño de investigación

No experimental:

La investigación es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Basada fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para proceder a analizarlos (Dzul, s.f.)

En esta investigación se identifica las variables de estudio, siendo la variable independiente los factores de riesgo y la variable dependiente los deslizamientos con el objetivo de conocer la interacción de dichas variables en la desestabilización del talud.

De campo:

Se apoya en información del objeto de estudio o de los involucrados en él, a partir de indagación de campo como en la investigación. (Miler , 2011)

Se utilizará esta metodología de campo, porque se basa en la extracción de toma de muestras de suelo, encuesta para la evaluación de los conocimientos de la población en cuanto al cerro, ficha de la matriz de los elementos expuestos al riesgo de deslizamiento y recorrido por el sector de estudio para la identificación de zonas en riesgo.

3.3. Población

TAMAÑO DE LA MUESTRA

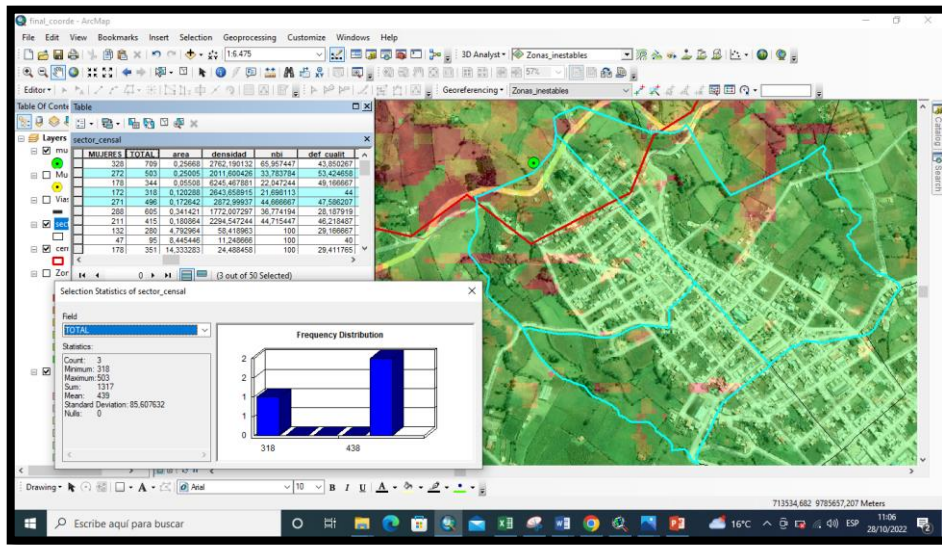
Para poder determinar el tamaño de la muestra de estudio se aplicará la fórmula para poblaciones conocidas que en este caso será el número total de los 3 sectores censales según el shapefile del INEC las cuales se determinaron según la perspectiva de riesgo en caso de materializarse el deslizamiento.

Fórmula

$$n = \frac{Z^2 * Npq}{e^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Para la presente investigación se tomará en cuenta a 3 sectores censales de la parte alta del casco urbano del cantón de acuerdo a la cartografía censal del INEC, siendo un total de 1317 habitantes.

Figura 6. Sectores censales INEC



Fuente: ArcGIS, Shapefile INEC

Tabla 8. Muestra de la población

Nomenclatura	Descripción	Cantidad
N	Tamaño de la población o universo	1.317
e ²	Error muestral	(0,05) ²
Z	Nivel de confianza	80% - 1,28
P	Probabilidad a favor	50%
Q	Probabilidad en contra	50%

Fuente: Autoras

$$n = \frac{Z^2 * Npq}{e^2(N - 1) + Z^2pq}$$

$$n = \frac{(1,28)^2 * 1.317 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2(1.317 - 1) + (1,28)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{539,44}{3,6996}$$

$$n = 145,8 = 146$$

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Objetivo 1: Para este objetivo fue necesario la extracción de 3 muestras de suelo con ayuda de un barreno para determinar el tipo y la densidad real del suelo datos necesarios para empezar a trabajar con SHALSTAB por lo tanto se inicia buscando la cartografía del modelo digital de elevación (MDE) tipo raster que será descargado de la página web Alaska Satellite Facility perteneciente a la NASA, de esta página fueron descargadas dos imágenes satelitales del cantón Chillanes, dando paso a unir las imágenes mediante el software ArcMap lo que permitirá cargar el raster en el programa ArcView, para continuar ingresando datos necesarios para obtener el resultado de inestabilidad del cerro Cuchicahua.

Objetivo 2: Para el desarrollo de este objetivo que es caracterizar los elementos expuestos ante el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua, se diseñará y validará una matriz de los elementos expuestos al deslizamiento la cual se llenará mediante una salida del campo en la posible zona de afectación.

(Anexo N°7 modelo de la matriz de los elementos expuestos)

La matriz de elementos expuestos tendrá distintas opciones como:

- Dirección
- Tipo de vivienda
- N° de habitantes
- Red vial
- Red eléctrica
- Alcantarillado
- Agua potable
- Internet

Aparte se diseñará un instrumento de recolección de datos la cual será una encuesta dirigida para los 3 sectores censales según el INEC de la parte alta del casco urbano del cantón.

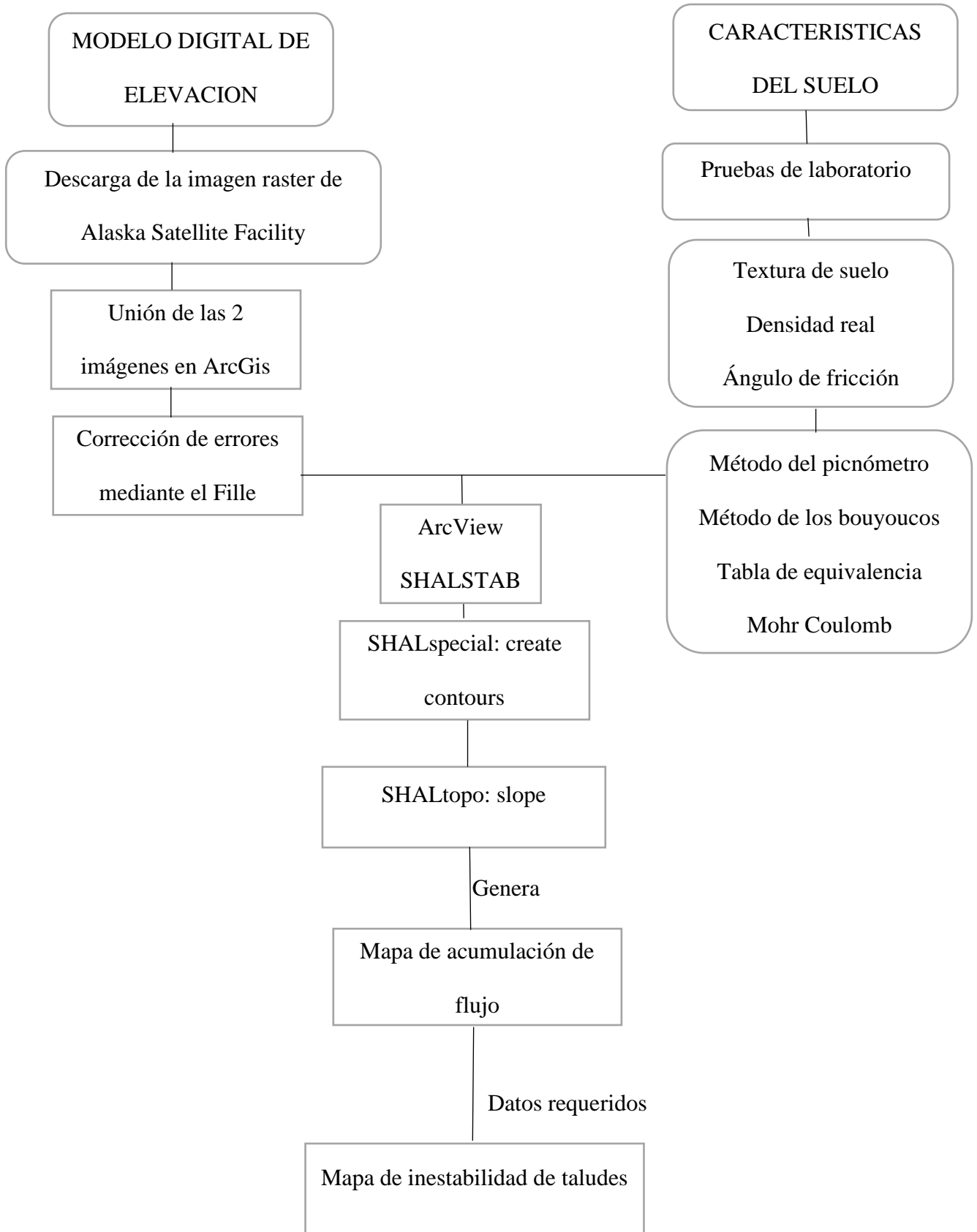
Con el objetivo de obtener datos sobre los conocimientos de las personas, el riesgo de deslizamiento en el cerro, su afectación, medidas de prevención y mitigación, esta encuesta se compone de 10 preguntas. (Anexo N° 8 modelo de la encuesta).

Objetivo 3: Para este objetivo que es diseñar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua se tomará en cuenta los resultados del objetivo 1 y objetivo 2 que permitirán elaborar las respectivas medidas de prevención y mitigación mejorando la estabilidad del talud y la capacidad de respuesta tanto de la población como de las autoridades del cantón Chillanes.

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Objetivo 1. Analizar la estabilidad del talud del cerro Cuchicahua

utilizando la metodología en función de la ley Mohr-Coulomb.



Objetivo 2. Caracterizar los elementos expuestos ante el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua.

Al recopilar la información de la matriz de elementos expuestos de los 3 sectores censales según el INEC, se procede a ingresar los datos en la hoja de cálculo la que permite identificar exactamente los daños que ocasionaría el deslizamiento.

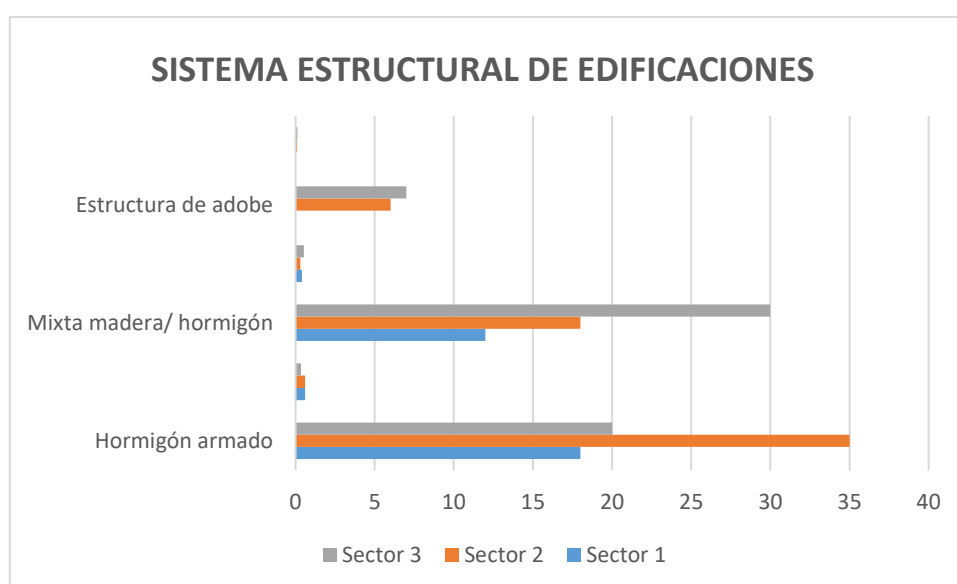
Ejemplo de la matriz de elementos expuestos:

Tabla 9. Elementos expuestos sistema estructural

SECTORES	SISTEMA ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES							
	Hormigón armado		Mixta madera/hormigón		Estructura de adobe		Total	
Sector 1	18	60%	12	40%	0	0	30	100
Sector 2	35	60%	18	30%	6	10%	59	100
Sector 3	20	35%	30	53%	7	12%	57	100
Total	73	52%	60	41%	13	7%	146	100

Nota: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua

Gráfico 3. Elementos expuestos sistema estructural



Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua

Una vez recopilada la información en campo por medio de la encuesta, los datos serán ingresados en la hoja de cálculo Excel, donde se procede a encontrar la frecuencia y porcentajes de cada indicador, para luego implementar las tablas y gráficos correspondientes a cada análisis.

Ejemplo de cómo se calcula la frecuencia y porcentajes:

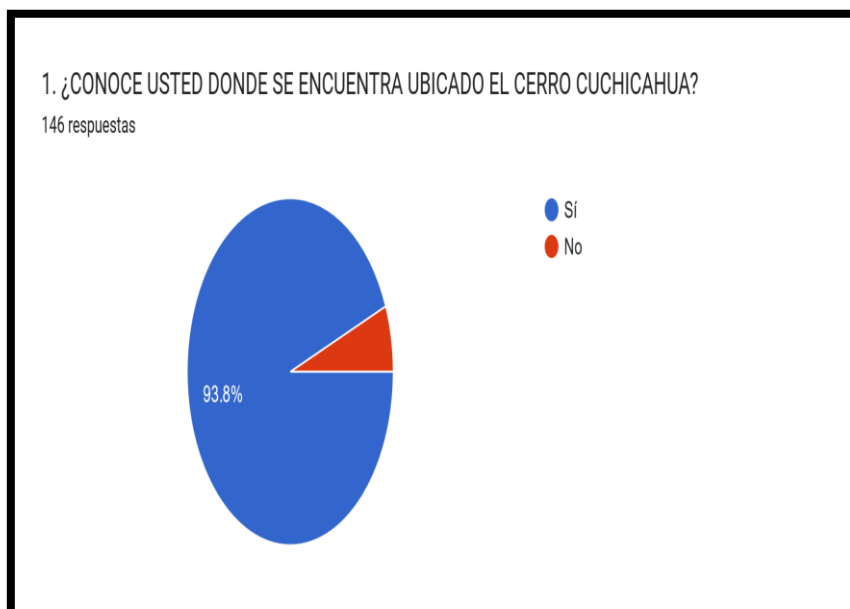
Pregunta: ¿Conoce usted donde se encuentra ubicado el cerro Cuchicahua?

Tabla 10. Tabla de frecuencia y porcentaje

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	137	93,8%
NO	9	6,2%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 4. Porcentaje de ubicación del cerro.



Fuente: Encuestas aplicadas a la población que componen los 3 sectores censales del INEC.

Objetivo 3. Diseñar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua.

Una vez procesados los datos de los anteriores objetivos se obtendrá una mejor percepción de los factores que influyen en el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua, al identificar los elementos de la población que estarían expuestos al riesgo e identificando el nivel de conocimientos de la población ante el riesgo de deslizamiento es posible diseñar medidas de prevención y mitigación según los conocimientos de las investigadoras y expertos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1. Resultados según el primer objetivo

Analizar la estabilidad del talud del cerro Cuchicahua utilizando la metodología en función de la ley Mohr-Coulomb

Trabajo de campo

Para iniciar con este objetivo fue necesario la extracción de 3 muestras de suelo del cerro Cuchicahua las cuales permitirán determinar la textura y la densidad real del suelo a través del uso del laboratorio de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, siendo estos datos necesarios para trabajar con el modelo de shalstab.

Punto 1.

En acompañamiento de técnicos del GADMCH se acudió al cerro Cuchicahua para las respectivas tomas de muestras, el lugar donde fue extraída la primera muestra presenta un deslizamiento de grandes proporciones por lo que hace que su acceso sea más difícil, con ayuda de un barreno fue posible la extracción de la muestra de suelo, punto 1 con la coordenada - 79.067833, -9.934862, recolectando aproximadamente 500g de tierra en una funda ziploc. debidamente rotulada.

Figura 7. *Deslizamiento, punto 1*



Fuente: Autoras

Figura 8. *Muestra de suelo, punto 1*



Fuente: Autoras

Punto 2

Este lugar se encuentra en la parte media del cerro con coordenadas -79.073994, -1.934256 en el sitio existe la presencia de grietas de diferentes dimensiones, cultivos de maíz, frejol, tomate y mora por lo que fue necesario extraer con un machete alrededor de 15 cm de vegetación para poder introducir el barreno y sacar los 500g de tierra los cuales fueron colocados en la funda ziploc con su rotulación.

Figura 9. *Grietas, punto 2*



Fuente: Autoras

Figura 10. *Muestra de suelo, punto 2*



Fuentes: Autoras

Punto 3

Para la extracción de la tercera muestra con la coordenada -79.080815, -1.9228794 fue necesario ascender hasta la parte alta del cerro, en este lugar existe vegetación, cultivos de mora por lo que fue necesario extraer con el machete 15 cm de suelo para luego introducir el barreno y extraer 500g de tierra para su debido almacenamiento en la funda ziploc.

Figura 11. *Parte alta del cerro Cuchicahua punto 3*



Fuente: Autoras

Figura 12. *Muestra de suelo, punto 3*



Fuente: Autoras

Ensayos de laboratorio.

Una vez extraídas las muestras de suelo y rotuladas con sus debidos nombres en los 3 puntos, se procede acudir al laboratorio de investigación y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

Bajo la supervisión de la Bióloga Paredes encargada del departamento de suelos se tuvo la oportunidad de ser parte de cada proceso que se realizó en el laboratorio para la extracción de los resultados requeridos, la metodología del Picnómetro ayuda a determinar la densidad real del suelo y la metodología de bouyoucos la cual permite determinar la textura del suelo, cada muestra tiene 3 réplicas de análisis con el propósito de mejorar esta investigación.


Determinación de la densidad real del suelo seco – método del Picnómetro.


Figura 13. Resultados de la densidad del suelo

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR		DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>		Código	FPG12-01
INFORME DE RESULTADOS				Versión	1	Año	2022
				Página	Página 1 de 2		
				INFORME N° 141-2022			
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
Solicitante	Geomayra Meléndez- Mayra Toalombo						
Muestra	Suelo Cerro Cuchicahua						
Código asignado UEB	INV 247- INV 248- INV 249						
Estado de la muestra	Sólido						
Envase de recepción	Funda ziploc						
Análisis requerido(s)	Determinación de textura y densidad real						
Fecha de recepción	07/10/2022						
Fecha de análisis	11-12/10/2022						
Fecha de informe	13/10/2022						
Técnico (s) asignado	MIPV						
RESULTADOS OBTENIDOS							
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultado	Promedio	
INV 247	Deslizamiento/G asolinera-R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	1,499	1.467	
	Deslizamiento/G asolinera-R2				1,439		
	Deslizamiento/G asolinera-R3				1,463		
INV 248	Grietas- R1				2,471	2.435	
	Grietas- R2				2,407		
	Grietas- R3				2,427		
INV 249	Antenas- R1				1,491	1.353	
	Antenas- R2				1,302		
	Antenas- R3				1,267		

Determinación de textura – método de Bouyoucos

Figura 14. Resultados de la textura del suelo

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.		Código	FPG12-01	
INFORME DE RESULTADOS				Versión	1	
				Año	2022	
				Página	Página 2 de 2	
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 247	Cerro Cuchicahua - Deslizamiento /Gasolinera	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	60	Franco arcillo arenoso
				Lino	16	
				Arcilla	24	
INV 248	Cerro Cuchicahua - Grietas			Arena	70	Franco Arenoso
				Lino	14	
				Arcilla	16	
INV 249	Cerro Cuchicahua- Antenas			Arena	77	Franco Arenoso
				Lino	12	
				Arcilla	11	



Firmado electrónicamente por:
EDGAR MARCELO VILCACUNDO CHAMORRO

Ing. Marcelo Vilcacundo
Director DIVIUEB

Práctica.

Una vez extraídos los resultados del laboratorio de la textura de suelo y de la densidad real se procede a descargar dos imágenes raster (MDT) modelo digital de terreno de la página web Alaska Satellite Facility perteneciente a la NASA con el código ALPSRP272497140 y ALPSRP272497150 con una resolución de 12,5m del sensor de ALOS PALSAR.

Figura 15. ALPSRP272497140 imagen del satélite



Fuente: Plataforma Alaska Satellite Facility (NASA).

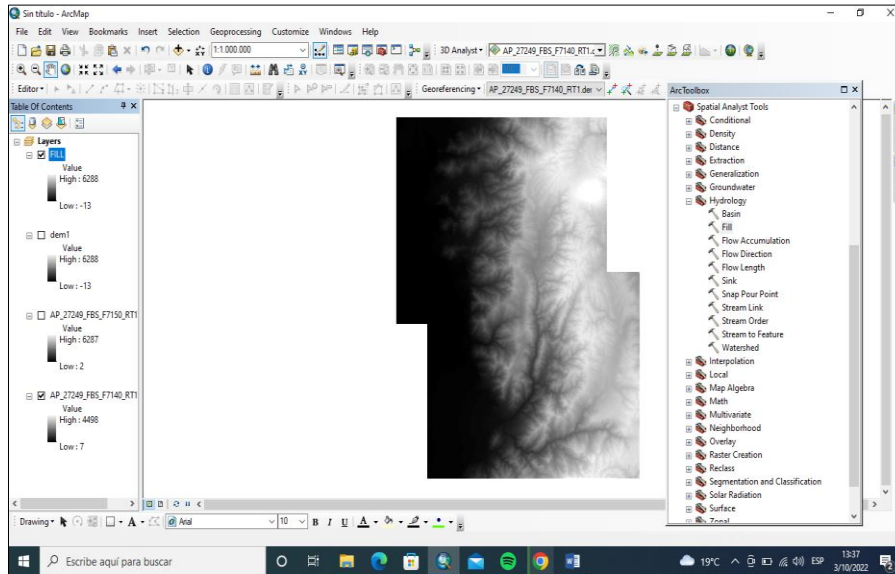
Figura 16. ALPSRP272497150 imagen del satélite



Fuente: Plataforma Alaska Satellite Facility (NASA).

Con las dos imágenes descargadas se procede a insertar al software de ArcGIS 10.5 el cual nos permitirá unir las imágenes por medio de la herramienta ArcToolbox, seguido de la herramienta Mosaic To New Raster dando como resultado una sola imagen.

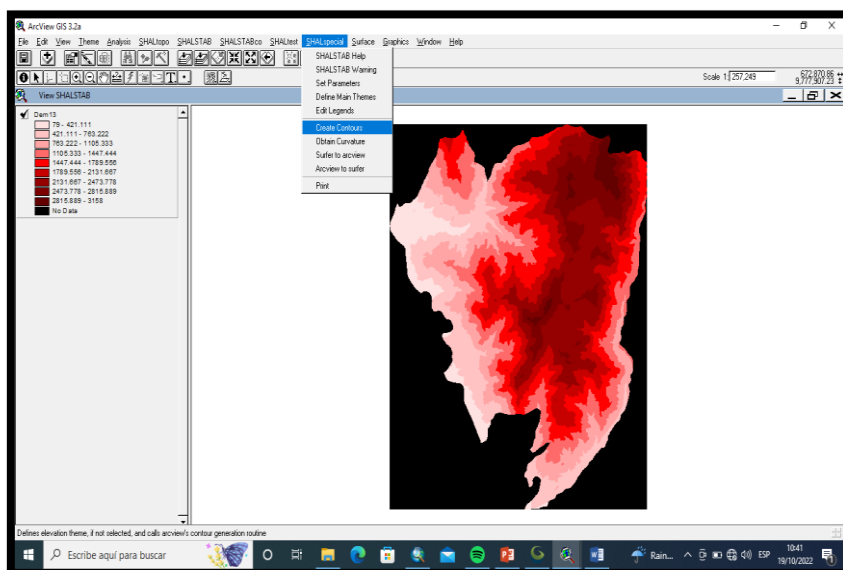
Figura 17. Unión de las imágenes



Fuente: Autores

Como se puede observar en la figura N° 18 al escoger la herramienta SHALspecial da como resultado las curvas de nivel que se trabajó con 10m según el intervalo.

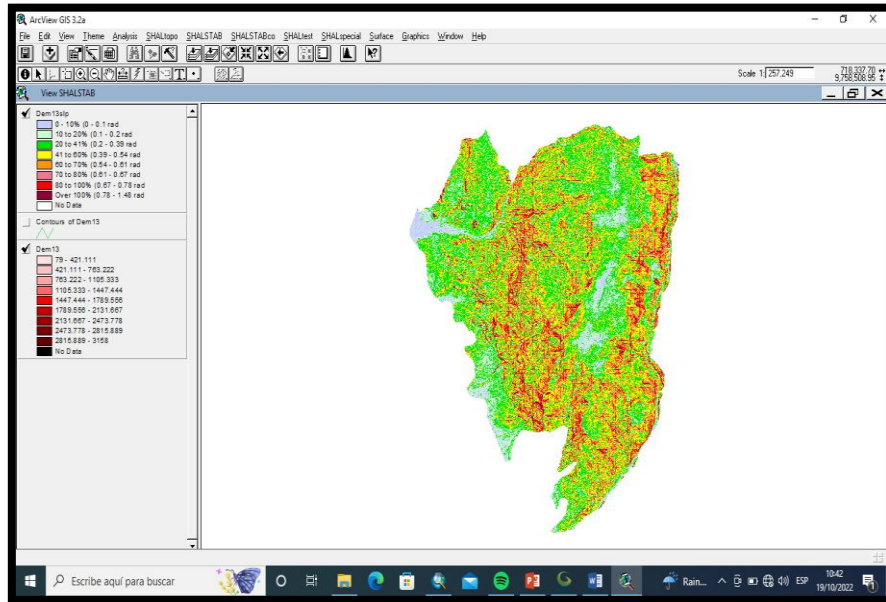
Figura 18. Contorno del mapa



Fuente: Autores

Una vez que se utiliza la herramienta SHALtopo da como resultado un mapa de pendientes que se puede observar en la figura N°19.

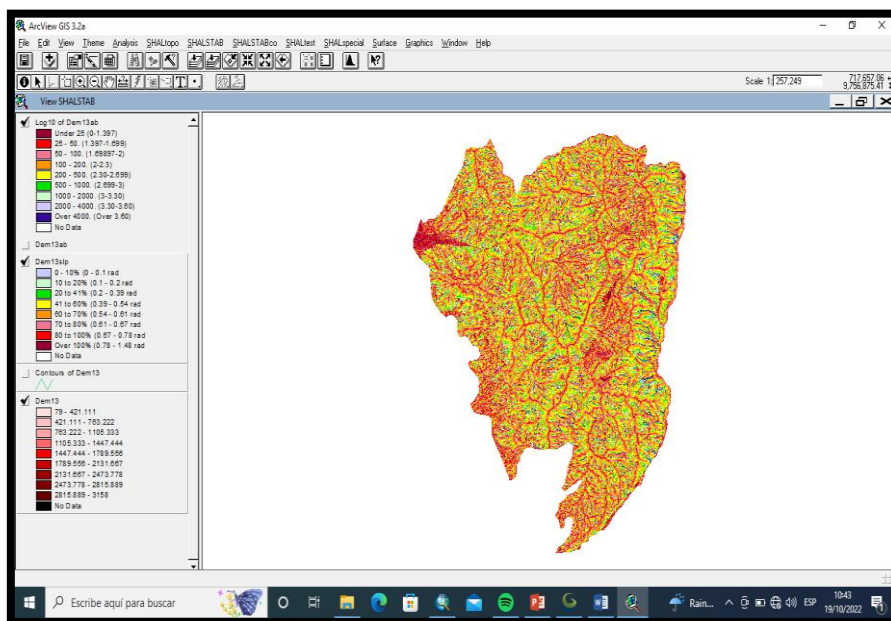
Figura 19. Mapa de pendientes



Fuente: Autores

Como se puede observar en la figura N° 20 al escoger la herramienta SHALtopo se obtiene como resultado el área de contribución.

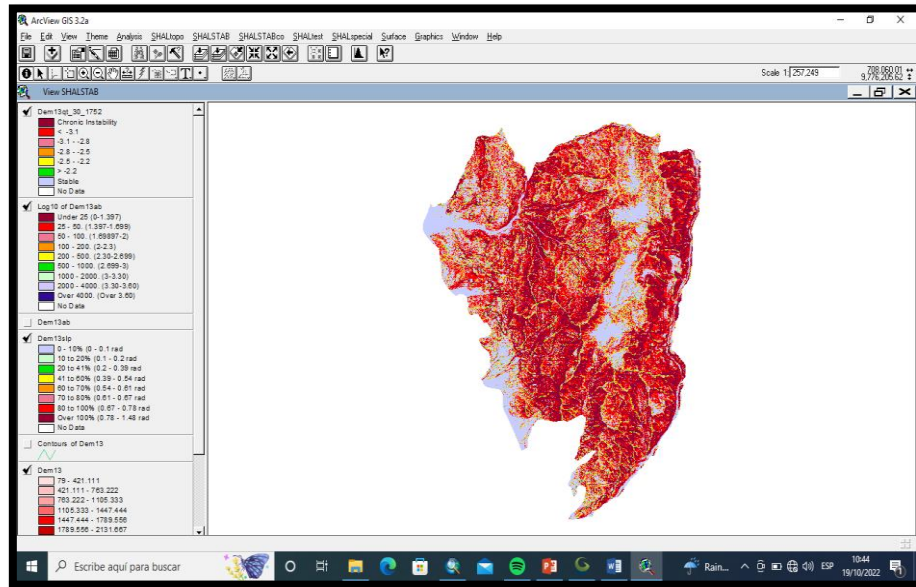
Figura 20. Resultado del área de contribución.



Fuente: Autores

Para terminar el resultado del mapa utilizamos la herramienta SHALSTAB, dando como resultado el q/T de todo el cantón Chillanes, donde se puede observar las zonas estables e inestables.

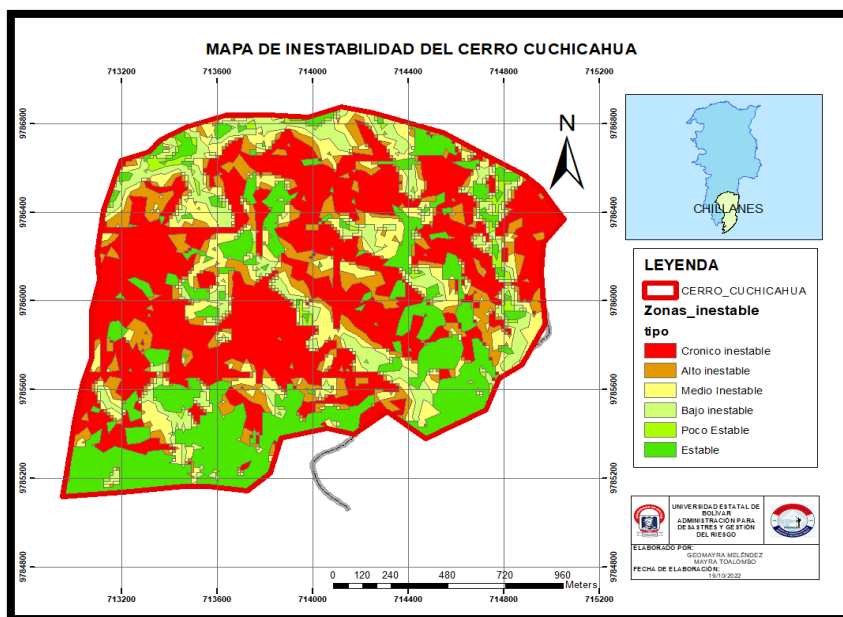
Figura 21. Resultado del q/T



Fuente: Autores

Posteriormente se realizó el corte para el cerro Cuchicahua, mediante el cual se pudo determinar y cuantificar los grados de inestabilidad presentes en el área de estudio.

Figura 22. Mapa de identificación de zonas inestables del cerro Cuchicahua



Fuente: ArcView, ArcGis, Autores

Tabla 11. Nivel de vulnerabilidad de las zonas inestables del cerro Cuchicahua

ZONAS INESTABLES	ÁREA HA	%
Crónico inestable	108	40.44
Alto inestable	35	13.10
Medio inestable	36	13.48
Bajo inestable	24	8.98
Poco estable	4	1.49
Estable	60 HA	22.47

Fuente: ArcGis 10.5

Elaborado: Meléndez G, Toalombo M, 2022

Según los mapas obtenidos mediante SHALSTAB, existen varias zonas del cerro Cuchicahua que presentan mayor valor de inestabilidad, como se puede observar en la figura N°23, el punto 1 resalta como una zona inestable, este lugar fue donde se tomó la primera muestra de suelo el cual presenta un deslizamiento de grandes proporciones que afectó a la vía principal y la gasolinera del cantón Chillanes.

La muestra de suelo punto 2 se encuentra en el lugar donde prevalecen las grietas de diferentes tamaños, este sitio en el resultado resalta con un valor de inestabilidad.

En el punto 4 se toma una imagen evidenciando un deslizamiento cerca de la vía principal haciendo validar una vez más la metodología implementada puesto que en el resultado ese lugar es inestable.

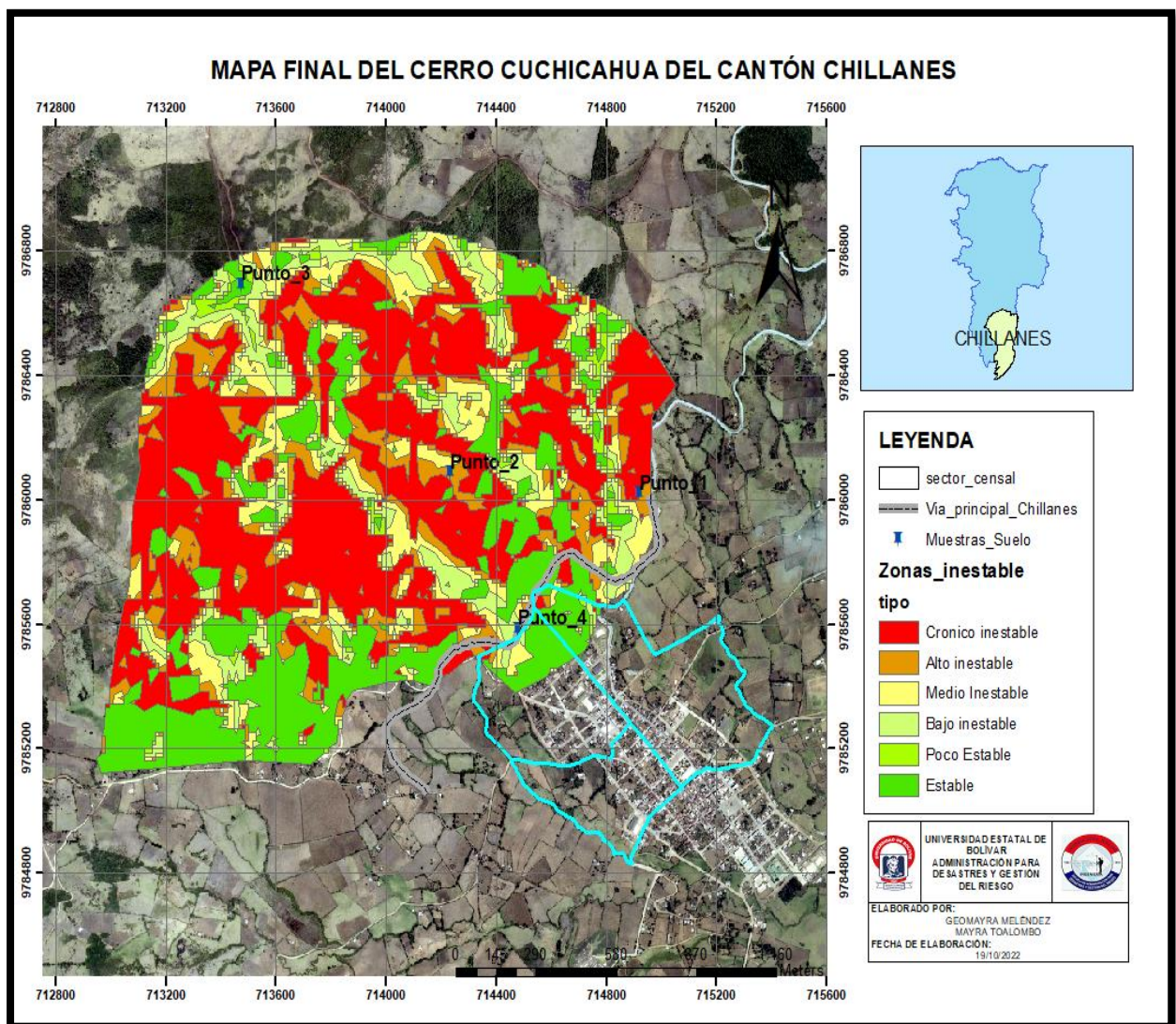
Los factores que interviene en el deslizamiento del cerro Cuchicahua son la textura del suelo, la densidad real y el ángulo de fricción datos importantes para desestabilizar el talud.

Según las áreas de afectación como se puede observar en la tabla N° 11 la mayor proporción que ocupa dentro del cerro es el nivel crónico inestable con el 108 Ha, mientras que el nivel alto inestable es de 35 Ha, por otro lado, el medio inestable es de 36 Ha, además el

bajo inestable tiene un área de 24 Ha, siendo el nivel poco estable el que tenga menos Ha en el resultado con el 4 y solo 60 Ha del cerro es estable.

Finalmente se muestra la ubicación del cerro Cuchicahua frente al casco urbano del cantón Chillanes donde serán identificados y caracterizados los elementos expuestos del segundo objetivo.

Figura 23. Mapa de inestabilidad frente al casco urbano.



Fuente: ArcView, ArcGis, Autores

4.2. Resultados según el segundo objetivo

Caracterizar los elementos expuestos ante el riesgo de deslizamiento del cerro

Cuchicahua.

Se obtuvo datos del Shapefile 2020 según el INEC, donde se puede determinar los sectores censales del cantón Chillanes, de la cual se pudo delimitar los 3 sectores con las que se va a trabajar para los elementos expuestos y la encuesta.

Por medio de la matriz de los elementos expuestos se obtienen los siguientes resultados:

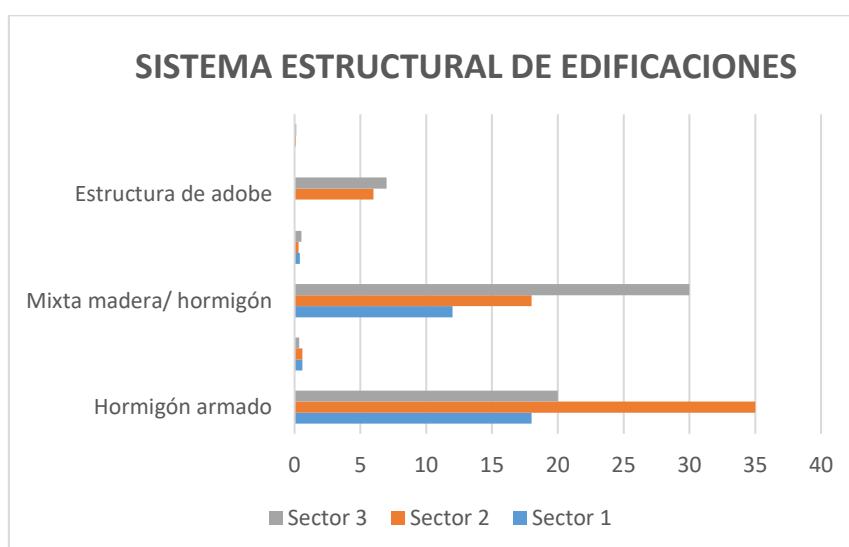
Tabla 12. *Sistema estructural de edificaciones*

SECTOR	SISTEMA ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES						
	Hormigón armado		Mixta madera/hormigón		Adobe		Total
Sector 1	18	60%	12	40%	0	0	30
Sector 2	35	60%	18	30%	6	10%	59
Sector 3	20	35%	30	53%	7	12%	57
Total	73	52%	60	41%	13	7%	146

Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua

Elaborado por: Meléndez G; Toalombo M, 2022.

Gráfico 5. *Sistema estructural de edificaciones*



Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua

Elaborado por: Meléndez G; Toalombo M, 2022.

Análisis e interpretación

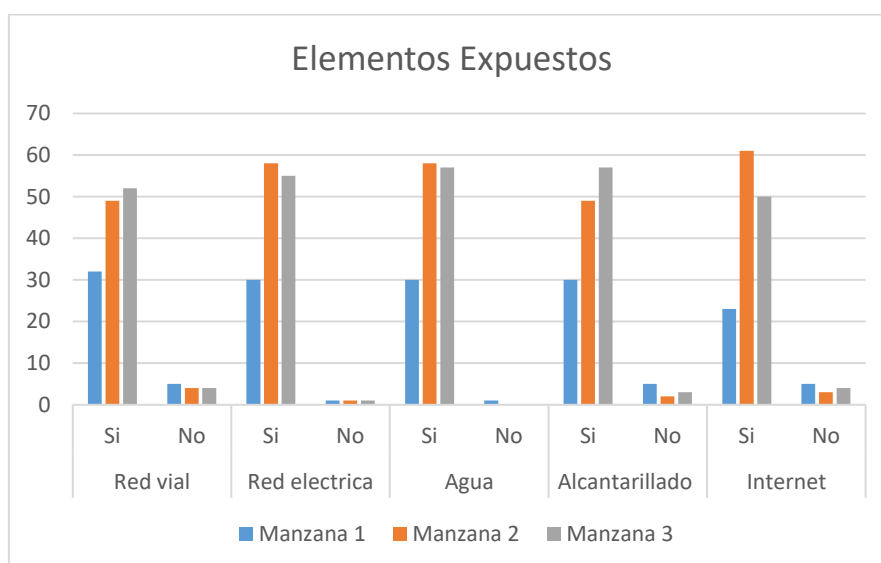
Las sectores que se presenta en la tabla N° 12 y gráfico N° 6 se observa que dentro las 146 viviendas que representa el 100%, en la sector 1; 18 viviendas son de hormigón armado en la cual representa el 60% y 12 viviendas son mixta (madera/ hormigón) en la cual representa el 40%, en la sector 2; 35 viviendas son de hormigón armado el cual representa el 60% mientras que 18 viviendas son de tipo mixta (madera/hormigón) que representa 30% seguido de 6 estructuras de adobe que representa el 10%, en la sector 3; 20 viviendas son de hormigón armado con el 35% mientras que 30 viviendas son mixta (madera/hormigón) que representa el 53% y 7 viviendas son de estructura de adobe que representa el 12%.

Tabla 13. *Elementos expuestos*

Sector	Elementos Expuestos									
	Red vial		Red eléctrica		Agua		Alcantarillado		Internet	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Sector 1	32	5	30	1	30	1	30	5	23	5
Sector 2	49	4	58	1	58	-	49	2	61	3
Sector 3	52	4	55	1	57	-	57	3	50	4
Total	133	13	143	3	145	1	136	10	134	12
Suma total	146		146		146		146		146	

Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua
Elaborado por: Meléndez G; Toalombo M,2022.

Gráfico 6. Elementos expuestos



Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua

Elaborado por: Meléndez G; Toalombo M,2022.

Análisis

En la tabla de N° 13 y gráfico N° 7 que representa los 3 sectores de la población encuestadas, más del 80% de viviendas cuentan con todos los servicios básicos como red vial, red eléctrica, agua, alcantarillado e internet son pocas las personas que carecen de estos servicios en el cantón.

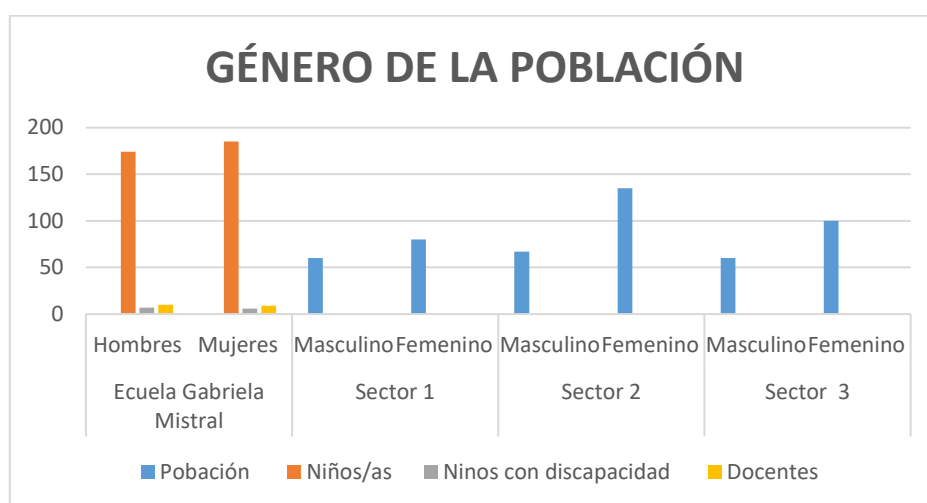
Tabla 14. Género de los elementos expuestos

ELEMENTO EXPUESTO POBLACIÓN								
Escuela Gabriela Mistral			Sector 1		Sector 2		Sector 3	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Población			60	80	67	135	60	100
Niños/as	174	185						
Niños con discapacidad	7	6						
Docentes	10	9						
Total	191	200	60	80	67	135	60	100
Suma total	391		140		202		160	
Total de la población							893	

Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua

Elaborado por: Meléndez G; Toalombo M,2022.

Gráfico 7. Género de la población



Fuente: Ficha de campo aplicado en los 3 sectores del cerro Cuchicahua
Elaborado por: Meléndez G; Toalombo M, 2022.

Análisis e interpretación

En la tabla de N° 14 y gráfico N° 8 podemos observar el número total de personas que habitan siendo estas 893 en las 146 viviendas que fueron tomadas en cuenta para estimar los elementos expuestos. Dentro de estos sectores se encuentra la escuela Gabriela Mistral con un total de 391 personas entre estudiantes, niños con capacidades especiales y docentes.

ANÁLISIS GENERAL

Con base a los resultados obtenidos de los elementos expuestos mediante la matriz que fue aplicada en los 3 sectores según INEC de la parte alta del cantón Chillanes se puede concluir que de las 146 viviendas el sistema de edificación que predomina es de hormigón armado, la mayor parte de la población cuentan con red vial, red eléctrica, agua, alcantarillado e internet.

Al momento de recolectar la información se pudo constatar la presencia de la Unidad Educativa Gabriela Mistral, la planta de tratamiento de agua, la defensoría del pueblo, el registro civil, la iglesia y el GADCH que son instituciones primordiales para el desarrollo de la localidad las cuales serían afectadas en caso de materializarse un deslizamiento de grandes proporciones.

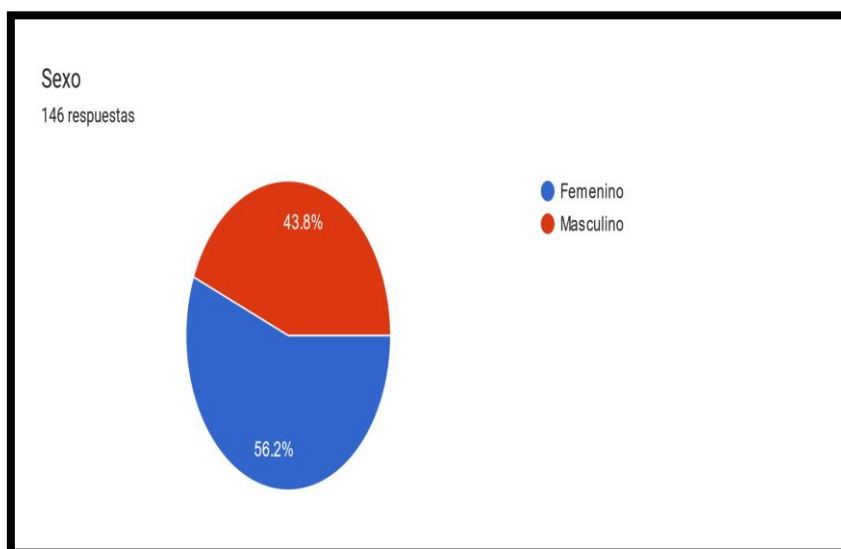
A través de la encuesta aplicada la población se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 15. Género

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Femenino	82	56,2%
Masculino	64	44,5%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 8. Género



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

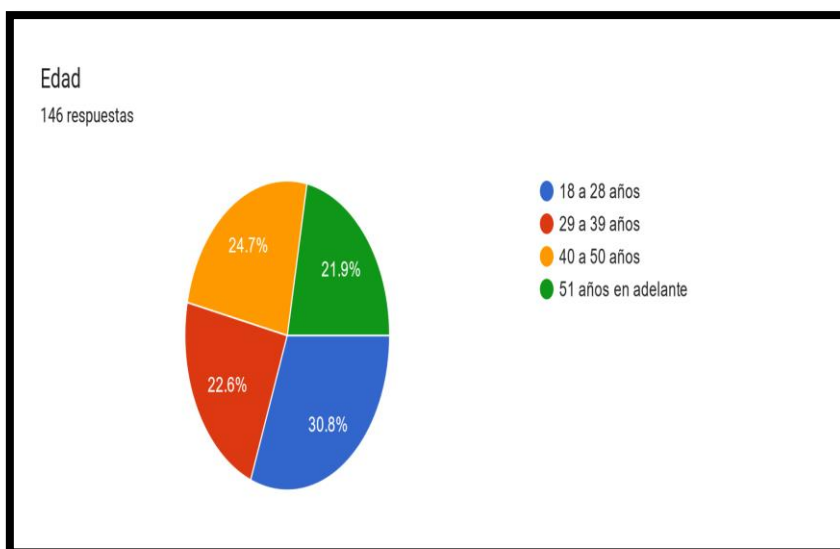
Según los resultados obtenidos en el gráfico se observa que el sexo femenino representa el 56,2%, mientras que el 43,8% representa el sexo masculino del total de encuestados.

Tabla 16. Edades

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
18 a 28 años	45	30,8%
29 a 39 años	33	22,6%
40 a 50 años	36	24,7%
51 años en adelante	32	21,9%
TOTAL	146	100%

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 9. Edades



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

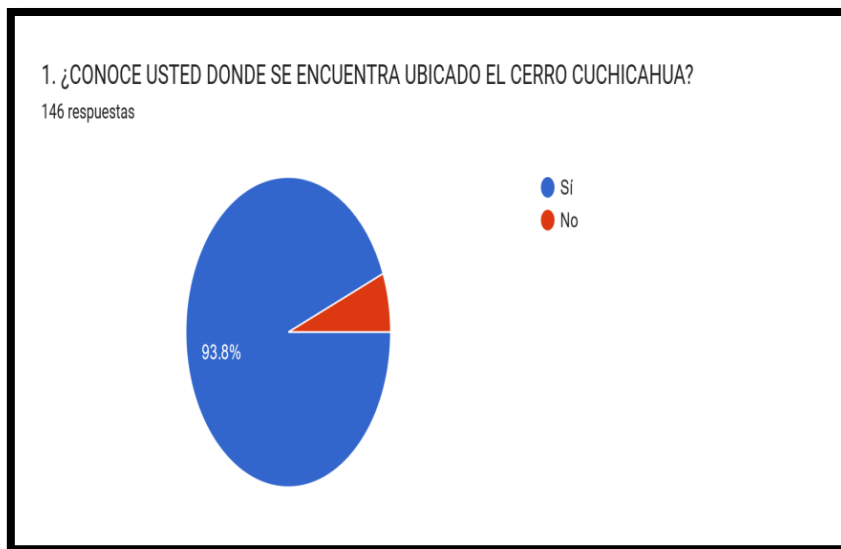
Podemos observar que la mayor parte de la población encuestada se encuentra en la edad de 18 a 28 años con el 30,8%, seguido de la población que esta entre la edad de 29 a 39 años con el 22,6%, los pobladores de 40 a 50 años se encuentran en el 24,7% y solo el 21,9% tiene más de 51 años de edad.

Tabla 17. Conocimientos de la ubicación del cerro Cuchicahua

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	137	93,8%
NO	9	6,2%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 10. Conocimiento de la ubicación del cerro Cuchicahua



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

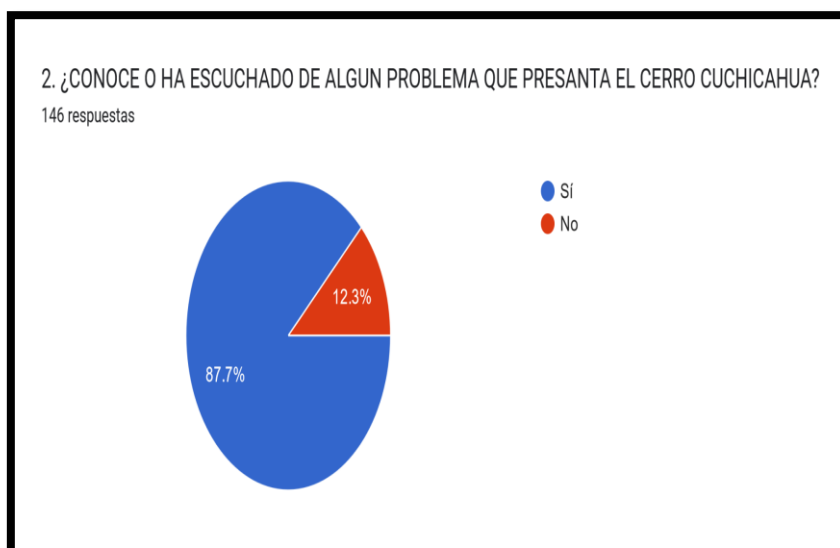
Como se observa en el gráfico el 93,8% siendo un total de 137 personas tienen claro donde se ubica el cerro Cuchicahua mientras que el 6,2% de la población no sabe dónde se encuentra ubicado el cerro.

Tabla 18. Conocimientos sobre el problema del cerro Cuchicahua

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	128	87,7%
NO	18	12,3%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 11. Conocimientos sobre el problema del cerro Cuchicahua



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

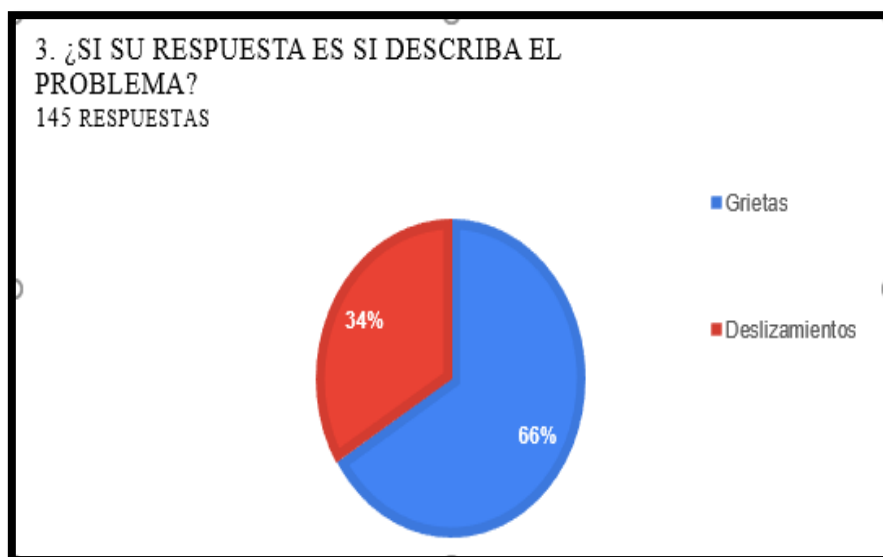
En el gráfico se puede observar que 128 personas con el 87,7% de la población tiene un nivel alto de conocimiento sobre el problema que presenta el cerro, mientras que 18 personas con el 12,3% de los encuestados no saben qué problema tiene el cerro.

Tabla 19. Problema del cerro Cuchicahua

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
GRIETAS	97	66%
DESLIZAMIENTOS	49	34%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 12. Problema del cerro Cuchicahua



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

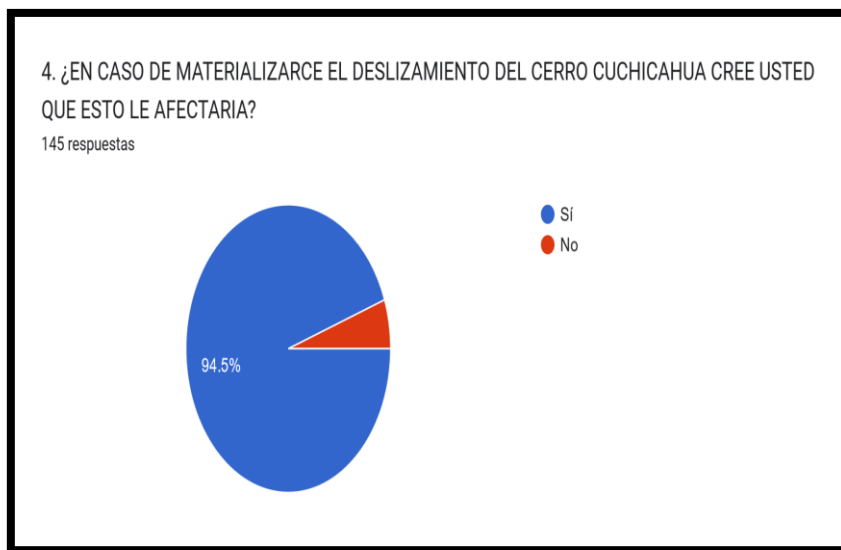
Se puede observar que de los 146 encuestados el 66% de la población manifiesta que las grietas son el principal problema del cerro Cuchicahua, mientras que el 34% afirma que existe diferentes deslizamientos en el cerro.

Tabla 20. *Afectación del cerro según la población*

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	137	94,5%
NO	8	5,5%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 13. *Afectación del cerro según la población*



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

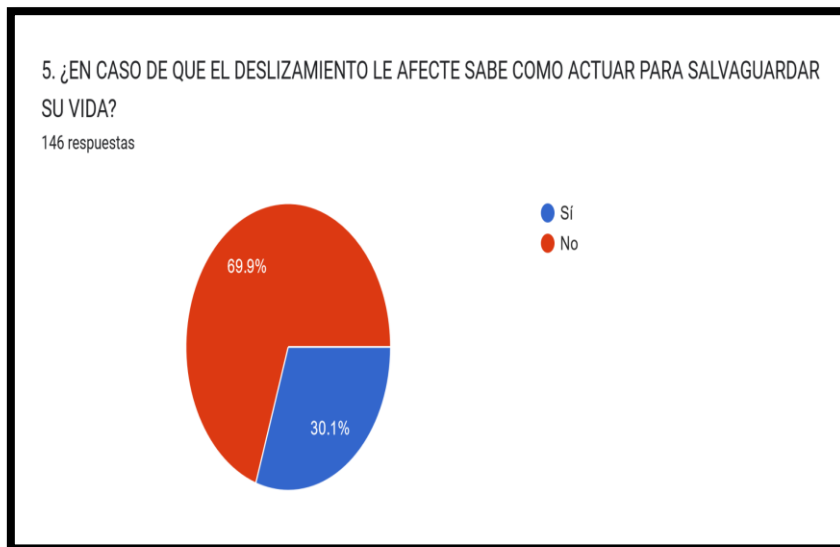
Como se muestra en el gráfico el 94,5% de la población piensa que, en caso de materializarse el deslizamiento, esto les afectaría y apenas el 5,5% manifiesta que el deslizamiento no les afectaría.

Tabla 21. Como actuar para salvaguardar la vida de la población

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NO	102	69,9%
SI	44	30,1%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 14. Como actuar para salvaguardar la vida de la población



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

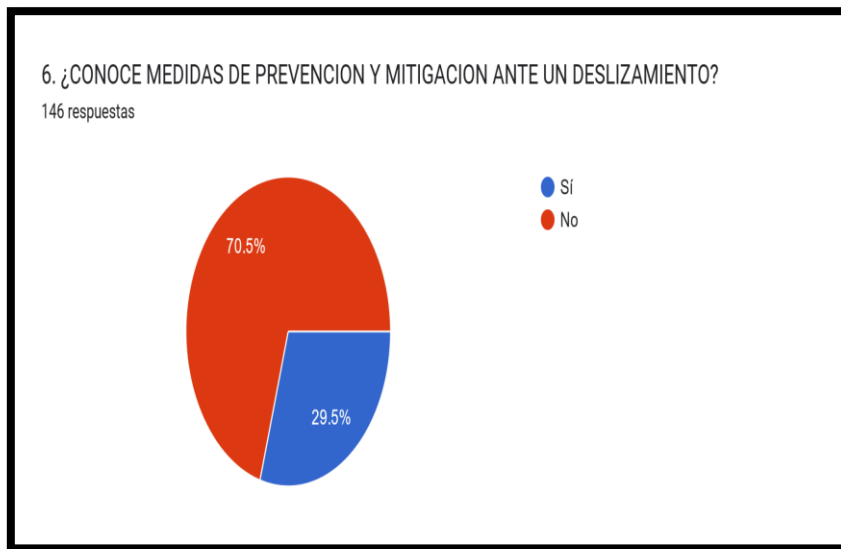
La mayor parte de la población encuestada no sabe cómo actuar en caso de un deslizamiento siendo esta el 69,9%, mientras que el 30,1% sabe cómo actuar ante un deslizamiento porque son parte de instituciones públicas a las que si les capacitan en desastres naturales.

Tabla 22. Conocimientos en medidas de prevención y mitigación

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NO	103	70,5%
SI	43	29,5%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 15. Conocimientos en medidas de prevención y mitigación.



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

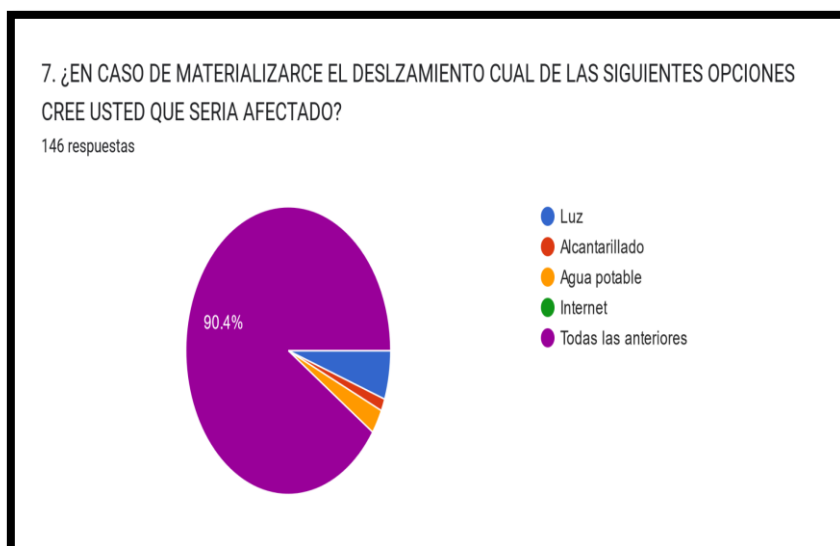
Como se muestra en el gráfico 103 personas encuestadas con el 70,5% no conocen medidas de prevención y mitigación, mientras que el 29,5% de la población conoce medidas de prevención y mitigación por ser parte de instituciones públicas.

Tabla 23. *Afectación según la población*

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
LUZ	8	5,5%
ALCANTARILLADO	2	1,4%
AGUA POTABLE	4	2,7%
INTERNET	0	0%
TODAS LAS ANTERIORES	132	90,4%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 16. *Afectación según la población.*



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

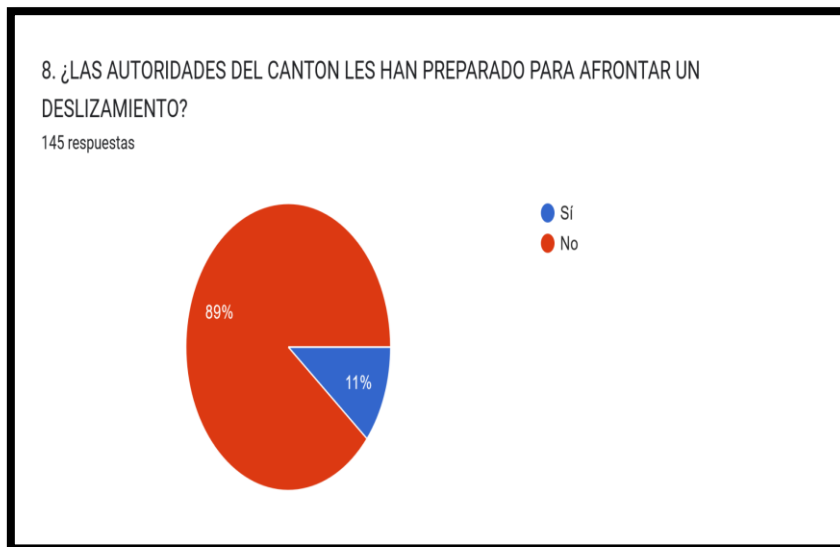
Como se observa en la tabla y gráfico el 1,4% de los encuestados piensan que el alcantarillado sería afectado, mientras que el 2,7% de la población manifiesta que el agua tendrá afectación en caso de un deslizamiento, seguido del 5,5% que manifestaron que la luz estará afectada en el deslizamiento y por último el 90,4% de la población piensa que la luz, alcantarillado, agua potable e internet tendrían afectaciones a nivel general.

Tabla 24. Preparación para afrontar un deslizamiento

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NO	130	89%
SI	16	11%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 17. Preparación para afrontar un deslizamiento.



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

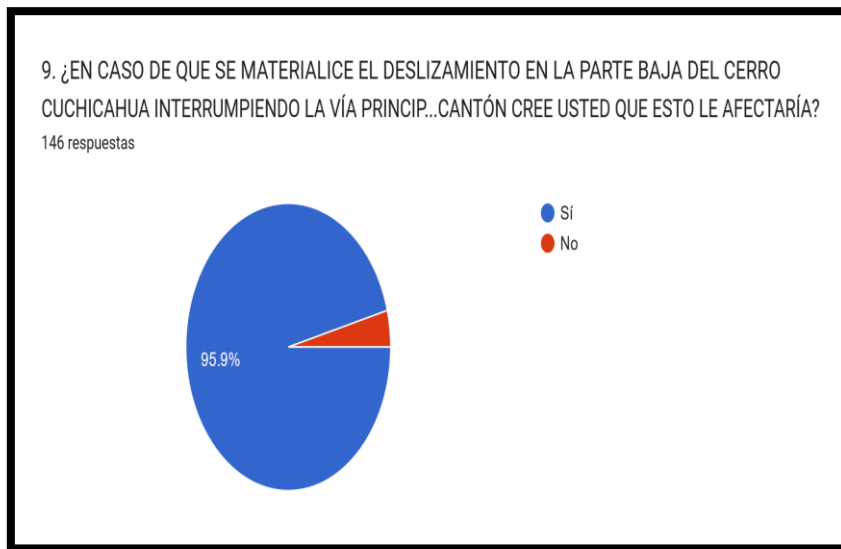
Gran parte de la población están de acuerdo al manifestar que las autoridades del cantón no les han preparado para afrontar un deslizamiento siendo esta el 89% de los encuestados, mientras que el 11% sabe cómo actuar ante un deslizamiento.

Tabla 25. *Afectación de la vía principal.*

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	140	95,9%
NO	6	4,1%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 18. *Afectación en la vía principal.*



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a la población que se encuentra ubicada dentro de los 3 sectores censales del INEC en el cantón Chillanes. (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

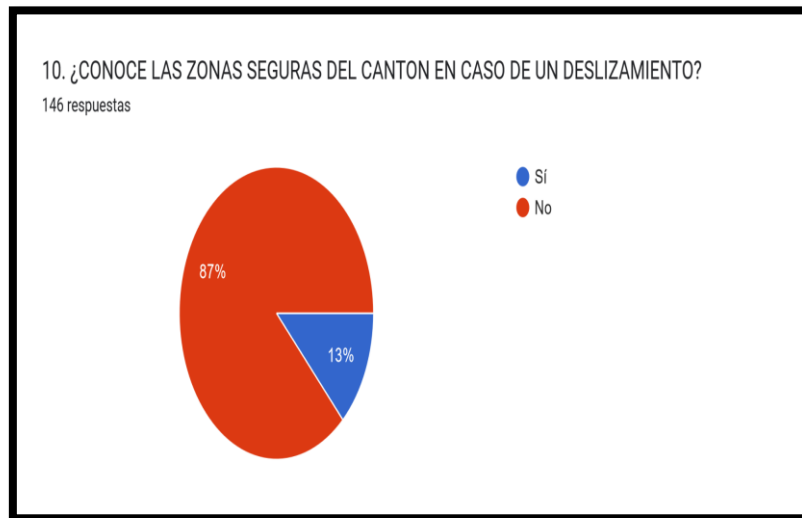
De las personas encuestadas 140 de ellas con el 95,9% manifestaron que en caso de que la vía principal fuera afectada por un deslizamiento esto les afectaría, mientras que 6 personas con el 4,1% de la población dijeron que no les afectaría si la vía es interrumpida.

Tabla 26. Zonas seguras del cantón

INDICADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NO	127	87%
SI	19	13%
TOTAL	146	100

Nota: En la tabla se observa datos importantes de la población que compone los 3 sectores censales del INEC del cantón Chillanes.

Gráfico 19. Zonas seguras del cantón.



Nota: Datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta (Meléndez, Toalombo, 2022)

Análisis e interpretación

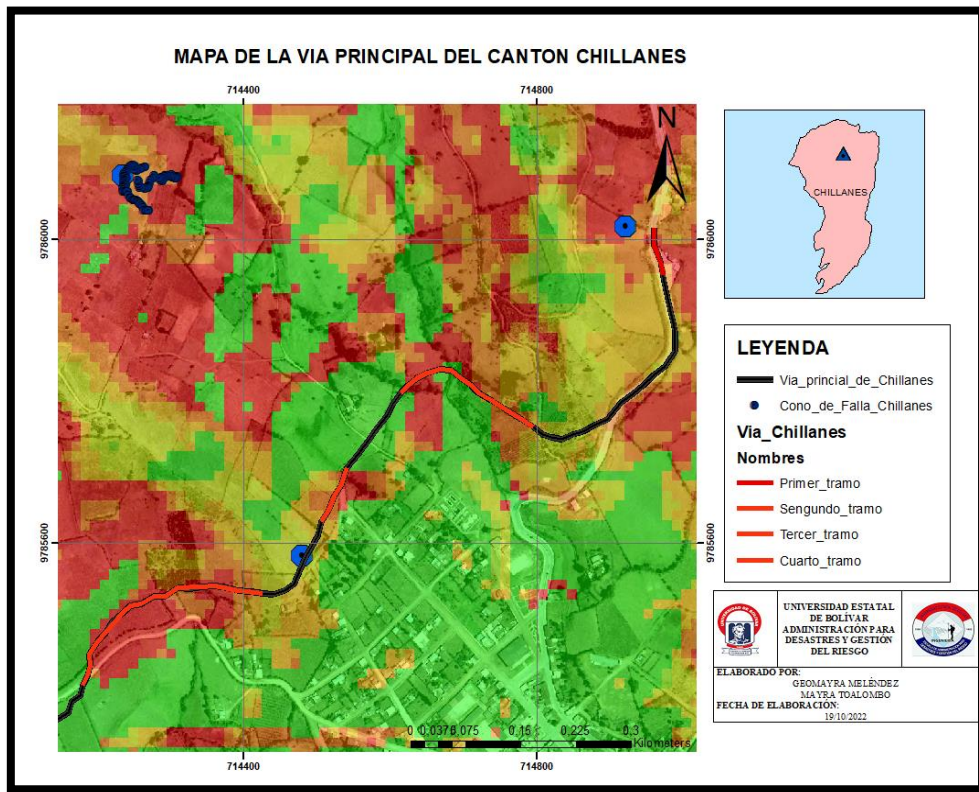
En este gráfico se puede evidenciar que el 87% de la población no conoce las zonas seguras del cantón en caso de un deslizamiento, mientras que el 13% de los encuestados saben dónde se encuentran las zonas seguras.

ANÁLISIS GENERAL

La mayor parte de la población encuestada con un total de 56,2% son mujeres, la población en su mayoría conoce con exactitud el lugar donde se encuentra ubicado el cerro Cuchicahua y los problemas que presenta según sus conocimientos o rumores de la población son la presencia de grietas y deslizamientos en las faldas del cerro.

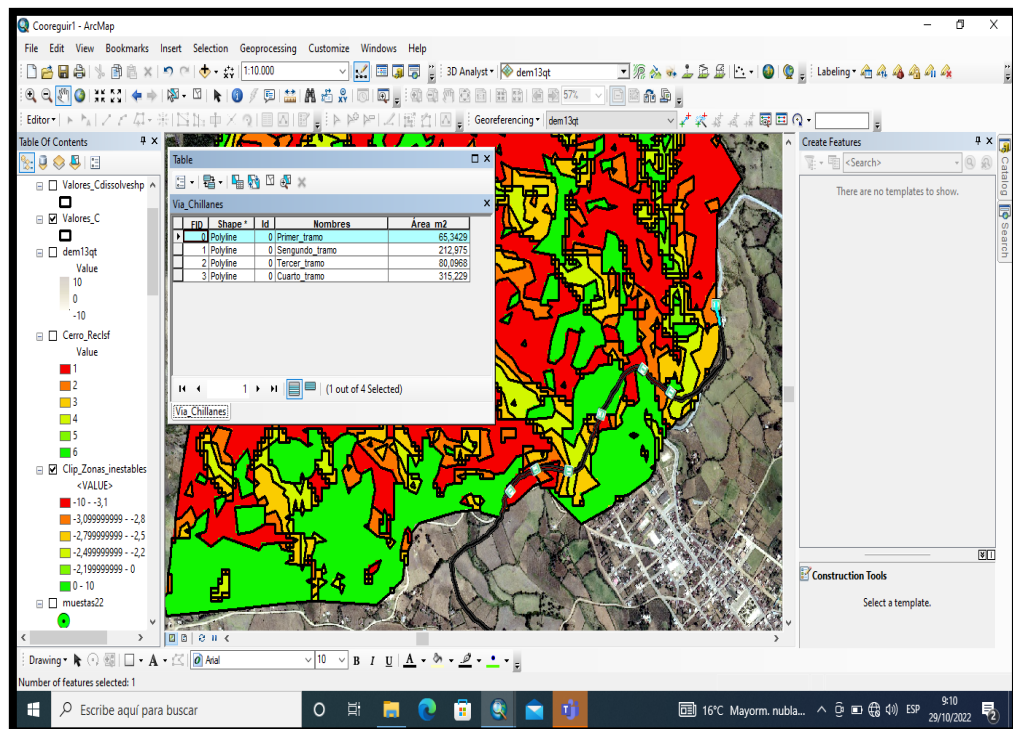
Solo las personas de Unidad Educativa Gabriela Mistral e instituciones públicas que están dentro de los 3 sectores encuestadas con el 29,5% conocen medidas de prevención y mitigación ante un deslizamiento.

Figura 24. Mapa de la vía principal del cantón Chillanes



Fuente: ArcGis 10.5

Figura 25. Resultado de los 4 tramos de la vía principal del cantón Chillanes



Fuente: ArcGis 10.5

Tabla 27. Identificación de los 4 tramos de vías afectadas por deslizamientos

VÍA PRINCIPAL	ÁREA M
Primer tramo	65,34
Segundo tramo	212,97
Tercer tramo	80,09
Cuarto tramo	315,22
TOTAL	673,62

Fuente: ArcGis 10.5

Elaborado: Meléndez G, Toalombo M, 2022

La vía principal ha sido afectada anteriormente y siendo esta un elemento expuesto importante para el cantón fue necesario la extracción de los resultados de los mapas según la inestabilidad del cerro que conecta con la vía.

En caso de materializarse un deslizamiento de grandes proporciones, son 4 los tramos de la vía que están expuestos a zonas inestables según los resultados obtenidos de SHALSTAB, el tramo 1 con afectación de 65,34m seguido del tramo 2 con 212,97m, tramo 3 con 80,09m y por último el tramo 4 con 315,22m esto acarrearía un gran problema ya que es la arteria principal de conexión del canto hacia otros lugares.

Figura 26. Deslizamiento del punto 1



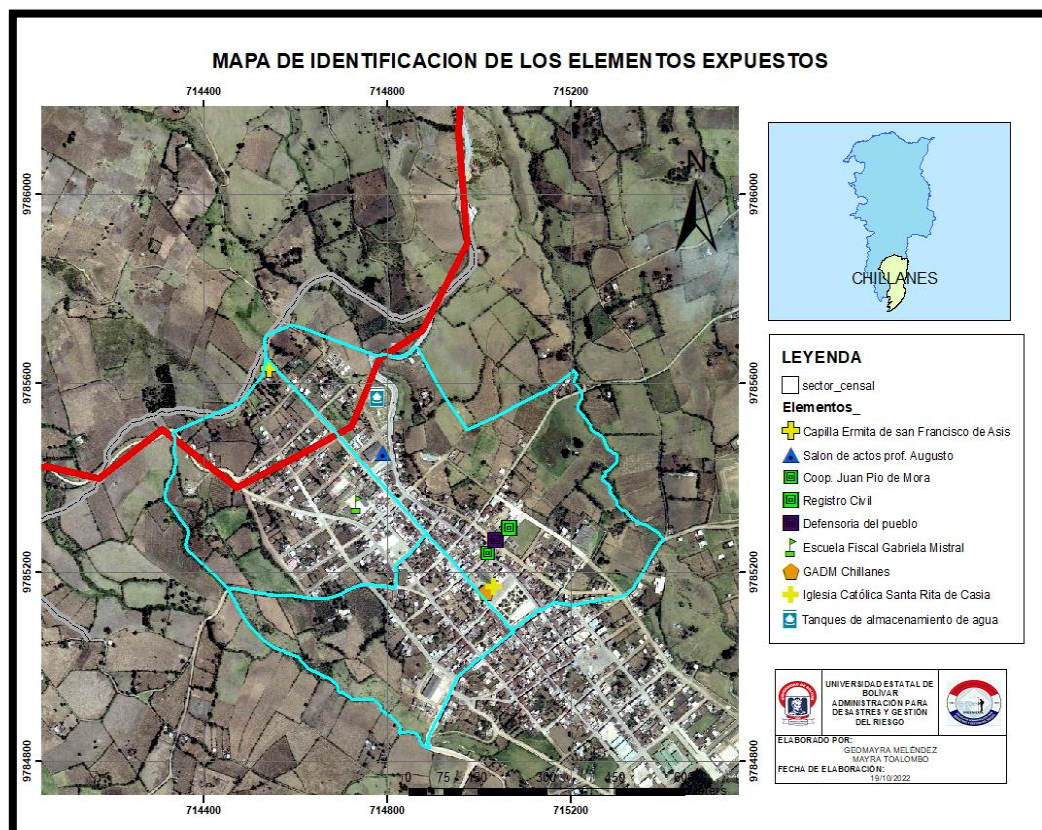
Fuente: Autoras

Figura 27. Deslizamiento del punto 4



Fuente: Autoras

Figura 28. Mapa de identificación de los elementos expuestos



Fuente: ArcGis 10.5

Como se puede observar en la figura N° 28 el mapa identifica los 3 sectores censales según el INEN dentro de ellas existen 32 manzanas y alrededor de 128 postes de energía eléctrica y red de alcantarillado según datos de los trabajadores del GADCH, además se puede evidenciar la vía principal e instituciones públicas que serían afectadas en caso de materializarse el deslizamiento.

4.3. Resultados según el tercer Objetivo

Diseñar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento del cerro


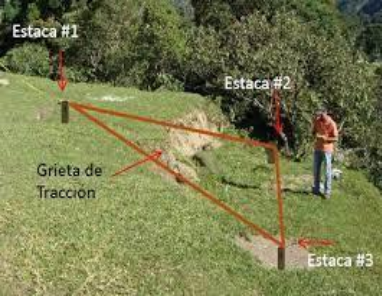

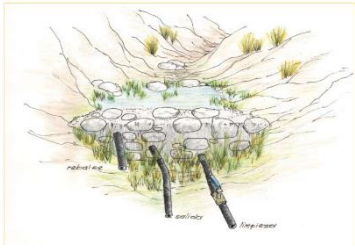
Cuchicahua

Luego de la salida de campo al cantón Chillanes y realizar la visita a cada vivienda para llenar la matriz de los elementos expuestos y la encuesta se plantea medidas de prevención y mitigación según la perspectiva de las investigadoras.

Para prevenir los deslizamientos debemos tomar algunas medidas:

Tabla 28. *Medidas estructurales de prevención y mitigación*





MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION			
Medidas estructurales			
Medidas	Responsable	Presupuesto	Foto o ejemplo
Construcción de una berma para que las masas deslizantes se tarden en ocasionar daños	GAD Prefectura	38,509.000	

<p>Construir muros de retención al pie del talud para disipar la velocidad del deslizamiento.</p>	<p>GAD Prefectura</p>	<p>43,920.00</p>	
<p>Insertar en el área de riesgo instrumentos de monitoreo para detectar micro-movimientos de masa.</p>	<p>GAD Población</p>	<p>3.00</p>	
<p>Modificar pendientes de suelo que ayuden a reducir su ángulo.</p>	<p>GAD Prefectura</p>	<p>89,756.00</p>	
<p>Desviar corrientes subterráneas de agua por medio de entubación.</p>	<p>GAD Población</p>	<p>7,650.00</p>	

Elaborado: Meléndez G, Toalombo M, 2022

Tabla 29. Medidas no estructurales de prevención y mitigación

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACION			
Medidas no estructurales			
Medidas	Responsable	Presupuesto	Foto o ejemplo
El GADCH y la población deben conocer las áreas propensas a deslizamientos.	GAD Población	0	
Evitar los asentamientos humanos cerca de las áreas de riesgos.	GAD Población	0	
Si su casa está ubicada en la ladera de un cerro, debe revisar constantemente paredes, pisos en busca de grietas o hundimientos.	Población	0	
En las áreas propensas a deslizamientos evitar la expansión agrícola.	Población	0	

Activar campañas de reforestación en el área de estudio.	GAD Población	75.00	
Mantener limpio y en buen estado los drenajes.	GAD Población	0	
Alejarse lo mayor posible de la trayectoria natural de la caída de materiales.	Población	0	
Ubicarse en un lugar topográficamente seguro en caso de un deslizamiento	Población	0	

Elaborado: Meléndez G, Toalombo M, 2022

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Luego de determinar la textura del suelo (arena), densidad (1752), ángulo de fricción (30) y pendiente, mediante el uso del modelo SHALSTAB se puede evidenciar que el cerro Cuchicahua presenta importantes áreas de inestabilidad con el 53.54% de inestabilidad crónica e inestabilidad alta lo cual con el trabajo de campo se comprobó que en estas zonas ya presenta deslizamientos, grietas y afloramientos de agua.
- Tras la aplicación de la matriz de los elementos expuestos a los 3 sectores de la parte alta del cantón Chillanes según el shapefile del INEC, se obtuvo como resultado que dentro de las 146 viviendas encuestadas habitan 893 personas de las cuales la mayor parte de la población cuentan con red vial, red eléctrica, agua, alcantarillado e internet por otro lado la vía principal al estar ubicada a las faldas del cerro 4 tramos de ella están involucradas en los lugares inestables con un total de 673m de afectación siendo estos vulnerables al materializarse el deslizamiento. Dentro de los 3 sectores se encuentra la Escuela Gabriela Mistral, Cooperativa Juan Pío de Mora, GADCH, Iglesia, Planta de tratamiento de agua potable, Salón principal de eventos, Registro civil, Defensoría del pueblo instituciones necesarias para el desarrollo del cantón.
- Una vez aplicada las encuestas a la población se puede evidenciar que el 93,8% de personas conocen con exactitud la ubicación del cerro Cuchicahua, el 87,7% de la población tiene conocimientos de los problemas que tiene el cerro de los cuales las grietas y deslizamientos fueron las principales en nombrar la población, solo la escuela Gabriela Mistral e instituciones públicas con el 29,5% saben cómo actuar ante un deslizamiento, la mayor parte de la población expresa su malestar al no conocer

medidas de prevención y mitigación peor aún conocer zonas seguras establecidas en el cantón.

- Después de la aplicación de las distintas herramientas para mejor la percepción del riesgo se diseñaron medidas de prevención y mitigación las cuales fueron estructurales y no estructurales para que de forma conjunta se pueda lograr el éxito deseado en beneficio de la población.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que a partir de este estudio se realicen análisis geotécnicos a detalle en las áreas de alta inestabilidad y en aquellas que se ha comprobado ya se está materializando la amenaza con la presencia de deslizamientos, grietas y afloramientos de agua, con el objeto de establecer con mayor precisión medidas que reduzcan las posibles afectaciones sobre el cantón Chillanes.
- Recomendar a las autoridades la ejecución de acciones y asignación de presupuesto para implementar las medidas estructurales planteadas con el fin de contrarrestar las afectaciones sobre los elementos expuestos como deslizamientos en las vías de acceso al cantón, así como sobre la infraestructura que sostiene la actividad administrativa, educativa y comercial de Chillanes.
- Proponer la coordinación entre la unidad de riesgos del cantón, y la creación de comités barriales, para que se apliquen las medidas no estructurales planteadas en el presente estudio, de tal manera que exista un monitoreo del cerro, así como población capacitada ante una eventual emergencia.
- Se recomienda que se dé un control o monitoreo una vez aplicadas las medidas estructurales y no estructurales, de tal manera que se evalúe la eficacia de las mismas. Así también que se realicen los estudios técnicos a detalle previo a cualquier obra civil a implementar en el cerro Cuchicahua.

Anexos

Anexo 1. Muestras de suelo de los 3 puntos

Salida de campo para la extracción de muestras de suelo



Anexo 2. Ensayos del laboratorio

Ensayos de laboratorio



Anexo 3. Elementos expuestos

Salida de campo para recolección de datos de la matriz de elementos expuestos



Anexo 4. Encuesta a los pobladores

Salida de campo para recolección de datos de la encuesta



Anexo 5. Identificación de los problemas del cerro Cuchicahua

Salida de campo para la identificación de los problemas del cerro



Grietas punto 3



Afloramiento de agua






Deslizamiento punto 1

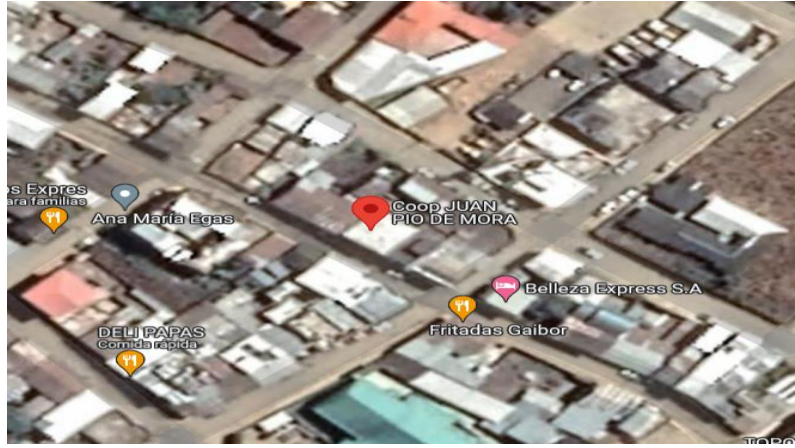


Deslizamiento punto 4

Anexo 6. Instituciones públicas de los elementos expuestos

Instituciones Públicas de los elementos expuestos	
Latitud - 1,942556 Longitud - 79,066970	 <p>A photograph of a two-story building with a yellow facade and orange accents. A banner across the front reads "GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES". The building has several arched windows and a set of stairs leading to the entrance.</p>
Latitud - 1,942391 Longitud - 79,066836	 <p>A wide-angle photograph of a large, modern building with a prominent cross on its facade, likely a church or cathedral. The building is situated in a town square with a paved area, greenery, and palm trees. In the background, there are rolling hills under a blue sky.</p>
Latitud - 1,941686 Longitud - 79,067057	 <p>A photograph of a school building with a large, colorful mural on the wall. A group of children in school uniforms are standing in front of the building. The mural features a large staircase and various figures. The school building has a sign that says "ISTRAL".</p>

Latitud -
1,940704
Longitud -
79,06222



Latitud -
1,938499
Longitud -
79,069731





UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar.

Nombre de las evaluadoras: Geomayra Meléndez, Mayra Toalombo

Tutor: Ing. Luis Villacís

Anexo 7. Matriz de los elementos expuestos

Elementos expuestos de la población afectada								
N°	Dirección	Tipo de vivienda	N° de habitantes	Red Vial	Red Eléctrica	Agua potable	Alcantarillado	Internet



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Anexo 8. Encuesta para la población

Tema: Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar.

Nombres de las evaluadoras: Geomayra Meléndez, Mayra Toalombo

Tutor: Ing. Luis Villacís

ENCUESTA DESTINADA A LA POBLACION DEL CASCO URBANO

DEL CANTON CHILLANES

Datos informativos

Sexo: Femenino Masculino

Edad: 18 a 28 años
29 a 39 años
40 a 50 años
51 años en adelante

1. ¿CONOCE USTED DONDE SE ENCUENTRA UBICADO EL CERRO CUCHICAHUA?

SI NO

2. ¿CONOCE O HA ESCUCHADO DE ALGUN PROBLEMA QUE PRESANTA EL CERRO CUCHICAHUA?

SI NO

3. ¿SI SU RESPUESTA ES SI DESCRIBA EL PROBLEMA?

4. ¿EN CASO DE MATERIALIZARSE EL DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA CREE USTED QUE ESTO LE AFECTARIA?

SI

NO

5. ¿EN CASO DE QUE EL DESLIZAMIENTO LE AFECTE SABE COMO ACTUAR PARA SALVAGUARDAR SU VIDA?

SI

NO

6. ¿CONOCE MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION ANTE UN DESLIZAMIENTO?

SI

NO

7. ¿EN CASO DE MATERIALIZARSE EL DESLIZAMIENTO CUAL DE LAS SIGUIENTES OPCIONES CREE USTED QUE SERIA AFECTADO?

LUZ		AGUA POTABLE	
ALCANTARILLADO		INTERNET	

8. ¿LAS AUTORIDADES DEL CANTON LES HAN PREPARADO PARA AFRONTAR UN DESLIZAMIENTO?

SI

NO

9. ¿EN CASO DE QUE SE MATERIALISE EL DESLIZAMIENTO EN LA PARTE BAJA DEL CERRO CUCHICAHUA INTERRUMPIENDO LA VÍA PRINCIPAL AL CANTÓN CREE USTED QUE ESTO LE AFECTARÍA?

SI

NO

10. ¿CONOCE LAS ZONAS SEGURAS DEL CANTON EN CASO DE UN DESLIZAMIENTO?

SI

NO

Bibliografía

- ABC. (2022). *GeotechnicalConsulting*. Obtenido de <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/glosario/barreno/>
- Albornoz, F. (2018). *Evaluación de la susceptibilidad de remociones en masa en las laderas del Fiordo Comau, región de los Lagos, Chile*. Universidad de Chile, Santiago – Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152665/evaluacion-de-la-susceptibilidad-de-remociones.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR39nXhrEsJqGl3yQeV-b0AqGN3DK18xeyZpG8RB3je--O7CKbQ6XvkkjBE>
- Alpízar, M. (2009). *coordinación educativa y cultural centroamerica*. Obtenido de https://ceccsica.info/sites/default/files/content/Volumen_50.pdf
- Chillanes, G. A. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de https://chillanes.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/PDyOT_Chillanes_2020_Septiembre17.pdf
- Civil, B. (2011). *Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa*. Lima:: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de Biblioteca Nacional del Perú: <https://docplayer.es/41276727-Manual-de-estimacion-del-riesgo-ante-movimientos-en-masa-en-laderas.html>
- Córdova, J., & Choez, D. (2021). Estudio y diseño para estabilizar los deslizamientos en el barrio Tambán, cantón Chimbo. (*Tesis de Ingeniería*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52186>
- Cuento, E. (2020). Investigación Cualitativa. *Comité científico Applied Sciences in*, 1(3), 2.

- Dietrich, W., & Montgomery, D. (29 de Noviembre de 1998). *Modelo de estabilidad de taludes*. Obtenido de <http://calm.geo.berkeley.edu/geomorph/shalstab/theory.htm>
- Dzul, M. (s.f.). Obtenido de Diseño No-experimental : https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf
- Ecología y reciclaje. (22 de 7 de 2020). *Tipos de suelo*. Obtenido de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/tipos-de-suelos/>
- Ecuador, C. d. (20 de 10 de 2008). Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- García, J. (2005). *Análisis de la vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad*. Recuperado el 2022, de https://info.igme.es/SidPDF/113000/263/113263_0000010.pdf
- Guzmán, Lizcano, & Arcesio. (01 de 12 de 2008). *ÉPSILON*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/ep/vol1/iss11/2/>
- Hancock, L. (11 de 6 de 2019). Obtenido de <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>
- Hernández, A. (2020). Susceptibilidad a Deslizamientos en el Valle de Joa. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2563/1/PROYECTO%20DE%20TITULACION%20POOL.pdf>

- Lara , M., & Sepúlveda , S. (2008). *Remociones en masa* . Obtenido de https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/GL62C/1/material_docente/bajar?id=159913
- Miler, S. (2011). *Revista de Actualización Clínica*. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf
- MinEducación . (09 de 08 de 2013). *MinEducacion*. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-327021_archivo_pdf_Dia2_1_Gestion_Riesgo.pdf
- Montgomery, & Dietrich. (1994). *Cartografía de Pronta Respuesta: Modelo de deslizamiento en función de la ley de Mohr-Coulomb*.
- NACIONAL, S. G. (s.f.). *Servicio Geologico Nacional*. Obtenido de <https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm>
- Pachay, L., García, L., & Zevallos, M. (2021). Determinación de zonas susceptibles ante movimientos en masa utilizando metodología INSAR, Análisis Morfométrico y el Índice de Estabilidad (Mohr-Coulomb). Caso. *Dialnet*, 1776-1798. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926825>
- Pellegrini, A. (2019). *U.N.L.P*. Obtenido de aulavirtual.agro.unlp.edu.ar
- Pineda, J. (2020). *encolombia*. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-arenosos/>
- Pinos, K. (2021). Evaluación de susceptibilidad por remoción de masa n la vía Santa Rosa de agua Clara – Chillanes, Comuna Nuevo Porvenir, Cantón Chillanes, Provincia Bolívar. (*Título de Ingeniería*). Universidad de

- Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56950/1/Tesis%20final%20Karina%20Pinos%20.pdf?fbclid=IwAR1REk0bdwE1QHiaszq_tQtOgzYFoGwOOfi3XAQeiXFinkOMwQKxpf-cP8
- QuestionPro. (2022). *Qué es la investigación no experimental*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-no-experimental/>
- Quishpe, J. (2017). Análisis de riesgos frente a las amenazas de origen natural y medidas de mitigación. *Ingeniero en Gestión de Riesgos y Emergencias*. Escuela de Ingeniería en Gestión De Riesgos Y Emergencias, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2298/1/T-UIDE-1657.pdf?fbclid=IwAR0UmOKXTIFzXnaX2XN2P67mjS2at1Lq0Lfj0y-2fUxI2h2a9icC1qf8ed4>
- Raia. (2011). *Índice de Afloramiento*. Obtenido de <http://www.indicedeafloramiento.ieo.es/afloramiento.html#:~:text=%C2%BFQU%C3%89%20ES%20EL%20AFLORAMIENTO%3F,por%20la%20acci%C3%B3n%20del%20viento>
- Ruiz, J. P. (2020). *Universidad Estatal del Sur de Manabí*. Obtenido de [Susceptibilidad a Deslizamientos en el Valle del Joa](#).
- Sanchez, & Auvinet. (2021). Obtenido de www.redalyc.org
- Schmalbach, R. (2003). Obtenido de <https://iecaiberoamerica.org/solucion-ingenieril-para-la-estabilidad-de-suelo/>
- Secretaria de Cultura, R. y. (2019). Obtenido de <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiversidad/el-clima-de-nuestro-planeta>

Sepúlveda , S. (1998). De tomas de terreno a campamentos: movimiento social y político de los pobladores sin casa, durante las décadas del 60 y 70, en la periferia urbana de Santiago de Chile. *Revistainvi*, 13(35). Obtenido de *Visión general de la Cartografía del peligro de deslizamientos de tierra y el proceso de planificación para el desarrollo*: <https://doi.org/10.5354/0718-8358.1998.62087>

SNGR. (2014). *Proyecto de equipamiento de mobiliario para los Procesos desconcentrados de la SGR - coordinaciones zonales*. Obtenido de Secretaría de Gestión de Riesgos: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/Proyecto-Zonales.pdf>

Suárez, J. (Julio de 1998). *Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos*. (I. d. Ltda., Ed.) Obtenido de *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*: <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>

twenergy. (2020). Obtenido de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/tipos-de-suelos/>

UNICEF. (08 de 2006). *Prevención y mitigación de desastres-UNICEF*. Obtenido de *Prevención y mitigación de desastres-UNICEF*.

Washington, D. (1996). *Servicio Geologico Nacional Area de Geologia*. Obtenido de <https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm>

