

**BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY
BICU**



**ÁREA DE CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

Monografía para optar al título de Ingeniería Civil

Evaluación de la vulnerabilidad ante deslizamiento de las infraestructuras del sector 4 del barrio Loma Fresca de la ciudad de Bluefields

Autores:

Br. Belia Nohelia Darking Tucker

Br. Francisco Rafael Acevedo Somoza

Tutor:

Msc. Julio Cesar Arauz Urbina

Bluefields, RACCS, Nicaragua

Marzo, 2025

“La educación es la mejor opción para el desarrollo de los pueblos”

DEDICATORIA

Esta monografía lo dedico, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la sabiduría y en entendimiento para superarme cada día y alcanzar mis objetos y metas, su infinita bondad y amor son mi mayor fuente de fortaleza.

A mi abuela Xiomara Tucker Veliz, quien ha sido mi pilar fundamental a lo largo de mi vida. Gracias por tu amor incondicional, tu sabiduría y por siempre brindarme tu apoyo, incluso en los momentos más difíciles. Eres mi mayor inspiración y mi guía en cada paso que doy. Sin tu ejemplo de fuerza y perseverancia, no habría sido capaz de llegar aquí.

A mi madre Jennifer Darking Tucker, quien han sido mi mayor aliado en este camino. Gracias por creer en mí, por brindarme tu apoyo condicional y por darme todo lo necesario para alcanzar mis sueños. No solo me han dado su amor, sino también la motivación para seguir adelante y nunca rendirme. Este logro también es suyo, ya que su esfuerzo y sacrificio siempre han sido mi mayor fuente de inspiración.

Belia Nohelia Darking Tucker

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo, ante todo, a Dios, que ha sido mi fuente inagotable de fortaleza y guía. Por nunca desampararme en los momentos más difíciles, por darme la fuerza para no rendirme, la sabiduría para tomar las decisiones correctas y la valentía para continuar, incluso cuando el camino parecía incierto. Este logro es tan solo un reflejo de su amor incondicional.

A mis padres, Rafael Acevedo y Victoria Somoza, les dedico este logro con todo mi corazón. Este trabajo no sería posible sin su apoyo constante y su amor incondicional. Gracias por nunca dejarme solo, por siempre impulsarme a seguir adelante, por estar ahí cuando más los necesitaba y por ser pilares fundamentales en mi formación académica y personal. Su fe en mí ha sido mi mayor motivación, y este logro es también un homenaje a su esfuerzo y sacrificio. Gracias por ser mi inspiración en todo momento.

A mi hermana, Ismenia Acevedo, le agradezco profundamente por estar siempre a mi lado, por brindarme su apoyo incondicional, sus consejos y por motivarme cuando sentía que ya no podía más. Tu presencia y tus palabras de aliento fueron un impulso fundamental para seguir adelante. Gracias por ser mi compañera y mi apoyo en este proceso.

A mi abuela, Odilis Ortega, le dedico todo mi amor y gratitud por siempre estar presente en cada uno de mis estudios, por su gran amor, y por ofrecerme sus sabios consejos que me han guiado y fortalecido a lo largo de este camino, su apoyo constante ha sido un pilar fundamental en mi vida, y este logro también es gracias a ella.

Francisco Rafael Acevedo Somoza

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante en este camino, otorgándome la fuerza, la sabiduría y la paciencia necesaria para llevar a cabo este trabajo.

A mi madre Jennifer Darking, por su amor incondicional, su apoyo constante y su fe en mí. Gracias por ser mi ejemplo de fortaleza, por estar siempre a mi lado en cada paso del camino y por darme el impulso necesario para seguir adelante. Todo lo que he logrado es gracias a ti, a tu esfuerzo, sacrificio y a tus sabias enseñanzas que me han guiado durante toda mi vida.

A mi abuela Xiomara Tucker, quien ha sido mi gran fuente de inspiración. Gracias por tus palabras de aliento, por tu apoyo en cada momento y por enseñarme a nunca rendirme, sin importar las dificultades. Tu amor y dedicación son una luz que siempre me ha acompañado y sin duda me han dado la fuerza para seguir alcanzando mis sueños.

A mis hermanas Laysha & Adjanny por su apoyo, gracias por compartir sus consejos, risas y momentos que me han hecho sentir respaldada. Cada una de ustedes me han inspirado de diferentes maneras.

A mis profesores, que, con su dedicación, paciencia y conocimiento, han ayudado a formar no solo mi educación académica, sino también mi carácter. Gracias por compartir conmigo sus enseñanzas y por siempre motivarme a ser mejor, a cuestionar, a aprender y a seguir creciendo.

Y a cada uno de mis familiares y amigos que, de alguna manera, han sido parte de este proceso, sin su apoyo, amor y orientación, este trabajo no habría sido posible.

Belia Nohelia Darking Tucker

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por su amor infinito y por estar siempre presente en cada paso de mi vida. Gracias, Señor, por darme la sabiduría que me permitió avanzar en este proceso, por brindarme salud para llegar hasta este momento y por darme la fuerza para seguir adelante cuando más lo necesitaba.

A mi madre, Victoria Somoza, le agradezco profundamente por todo su amor, dedicación y esfuerzo. Gracias por siempre estar a mi lado, por sus consejos sabios y por luchar incansablemente para que pudiera salir adelante. Este logro es también tuyo, mamá, porque me has dado las herramientas y el cariño necesarios para llegar hasta aquí.

A mi padre, Rafael Acevedo, mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional. Gracias por siempre brindarme su sabiduría, por velar por mí y por ser una figura constante en mi vida, no solo como padre, sino también como guía en mi formación profesional.

A mi hermana, Ismenia Acevedo, le agradezco por ser mi compañera incondicional. Gracias por siempre estar presente, por darme ánimos en los momentos difíciles y por ayudarme en todo lo posible para seguir adelante. Tu apoyo ha sido crucial en mi camino.

A mi abuela, Odilis Ortega, le agradezco con todo mi corazón por su amor incondicional y por siempre preocuparse por mí. Desde mis primeros días en la escuela hasta este momento tan significativo, su presencia y sus oraciones siempre me han acompañado.

Mi más sincero agradecimiento a mis docentes por compartir sus conocimientos y por su dedicación en cada clase. A mi tutor, le agradezco profundamente por su esmero, apoyo y orientación constante, que han sido clave para llegar hasta este importante momento en mi formación.

Y a cada uno de mis familiares y amigos que, de alguna manera, han sido parte de este proceso, les doy las gracias por su aliento, motivación y por compartir conmigo cada uno de mis triunfos. Su compañía y ánimo han sido esenciales para que pudiera llegar hasta este punto.

Francisco Rafael Acevedo Somoza

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	4
3.1 Limitaciones y riesgos	4
IV. HIPÓTESIS	6
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
VI. OBJETIVOS	8
4.1 Objetivo General.....	8
4.2 Objetivos Específicos.....	8
VII. ESTADO DEL ARTE	9
7.1. Conceptos introductorios	9
7.2. Análisis de estudios.....	33
7.3. Reflexiones finales.....	34
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO	35
8.1. Área de localización del estudio	35
8.2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período	36
8.3. Población, muestra.....	36
8.3.1. Tipo de muestra y muestreo	36
8.3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	36
8.4. Diseño	37
8.4.1. Recolección de Datos.....	37
8.4.2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad.....	45

8.5.	Operacionalización de variables	46
8.6.	Análisis de datos	47
IX.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
9.1.	Resultados	48
9.2.	Discusión.....	69
X.	CONCLUSIONES.....	74
XI.	RECOMENDACIONES	75
XII.	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	76
12.1.	Presupuesto	76
12.2.	Cronograma de actividades.....	77
XIII.	REFERENCIAS.....	78
XIV.	ANEXOS.....	82
14.1.	Fotografías	82
14.2.	Tablas.....	86
14.3.	Links	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Limitaciones y Acciones de corrección</i>	4
Tabla 2. <i>Rango de vulnerabilidad</i>	45
Tabla 3. <i>Operacionalización de variable</i>	46
Tabla 4. <i>Datos de la cantidad de habitantes en riesgos</i>	48
Tabla 5. <i>Tipología de las viviendas</i>	49
Tabla 6. <i>Calidad estructural de las viviendas</i>	49
Tabla 7. <i>Elevación de las viviendas sobre el suelo</i>	50
Tabla 8. <i>Vía de acceso hacia las viviendas</i>	51
Tabla 9. <i>Servicios sanitarios de las viviendas</i>	51
Tabla 10. <i>Rango de vulnerabilidad</i>	52
Tabla 11. <i>Resultados de contenido de humedad de los suelos en las calicatas realizadas</i>	57
Tabla 12. <i>Matriz de actividades para mitigar impacto de deslizamientos</i>	72
Tabla 13. <i>Rango de vulnerabilidad de cada vivienda</i>	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de macro localización de Bluefields</i>	35
Figura 2. <i>Mapa de micro localización del Barrio Loma Fresca Bluefields</i>	35
Figura 3. <i>Ecuación para determinar el porcentaje de humedad</i>	39
Figura 4. <i>Grafica de los diferentes grupos vulnerables ante un deslizamiento de tierra</i>	48
Figura 5. <i>Grafica de los tipos de estructuras de las viviendas</i>	49
Figura 6. <i>Grafica de la estabilidad estructural de las viviendas</i>	50
Figura 7. <i>Grafica de la altura de las viviendas sobre el suelo</i>	50
Figura 8. <i>Grafica de tipos de acceso de las viviendas</i>	51
Figura 9. <i>Grafica de los servicios sanitarios que ocupan los habitantes</i>	52
Figura 10. <i>Vulnerabilidad de las viviendas</i>	52
Figura 11. <i>Ubicación de las calicatas</i>	55
Figura 12. <i>Excavación de la primera calicata</i>	55

Figura 13. <i>Excavación de la segunda calicata</i>	56
Figura 14. <i>Excavación de la tercera calicata</i>	56
Figura 15. <i>Resultados del ensayo granulométrico de la muestra 1</i>	58
Figura 16. <i>Resultados del ensayo granulométrico de la muestra 2</i>	59
Figura 17. <i>Resultados del ensayo granulométrico de la muestra 3</i>	60
Figura 18. <i>Resultados de los límites de consistencia en la muestra 1</i>	64
Figura 19. <i>Resultados de los límites de consistencia en la muestra 2</i>	65
Figura 20. <i>Resultados de los límites de consistencia en la muestra 3</i>	66
Figura 21. <i>Resultados de la prueba de compactación muestra</i>	68
Figura 22. <i>Resultados de la prueba de compactación muestra 1,2,3</i>	68
Figura 23. <i>Viviendas vulnerables ante deslizamiento de tierra</i>	82
Figura 24. <i>Viviendas vulnerables ante deslizamiento de tierra</i>	82
Figura 25. <i>Deslizamiento de tierra en la zona</i>	83
Figura 26. <i>Deslizamiento de tierra en la zona</i>	83
Figura 27. <i>Realización de encuesta en viviendas</i>	84
Figura 28. <i>Levantamiento con GPS</i>	84
Figura 29. <i>Lavado de muestra</i>	85
Figura 30. <i>Muestras sacadas del horno</i>	85

RESUMEN

El barrio Loma Fresca, sector 4, en la ciudad de Bluefields, ha experimentado un crecimiento urbano desordenado en los últimos años, lo que ha llevado la ocupación de terrenos inestables sin una planificación adecuada por parte de las autoridades municipales. Esto ha generado un alto riesgo de deslizamiento de tierra, especialmente en zonas de pendiente pronunciadas, donde se ha emplazado viviendas. Este estudio tiene como objetivo identificar el nivel de vulnerabilidad ante deslizamiento de tierra en el sector 4 del barrio Loma Fresca, analizando las condiciones del suelo, la ubicación de las viviendas y la percepción de los habitantes sobre el riesgo. Para ellos, se realizaron encuesta a las familias afectadas, levantamiento topográfico, ensayos de suelo y mapa de riesgo del área de estudio. La mayoría de estas viviendas presentan deficiencia estructural, lo que incrementan su vulnerabilidad antes eventos naturales, además, la accesibilidad en la zona es limitada debido a la falta de infraestructura vial, dificultando la evacuación en caso de emergencia. Por ello, el sector 4 del barrio Loma Fresca es un área altamente vulnerable a deslizamiento de tierra, y si se continua con la expansión urbana sin medidas de control, el riesgo para habitantes aumentara considerablemente.

Palabras claves: deslizamiento, vulnerabilidad, riesgo, inestabilidad de suelo.

ABSTRACT

The Loma Fresca neighborhood, sector 4, in the city of Bluefields, has experienced disorderly urban growth in recent years, which has led to the occupation of unstable lands without adequate planning by the municipal authorities. This has generated a high risk of landslides, especially in areas with steep slopes, where homes have been located. This study aims to identify the level of vulnerability to land grading in sector 4 of the Loma Fresca neighborhood, analyzing the soil conditions, the location of the homes and the inhabitants' perception of the risk. For them, a survey was carried out on the affected families, a topographic survey, soil tests and a risk map of the study area. Most of these homes have structural deficiencies, which increases their vulnerability to natural events. Furthermore, accessibility in the area is limited due to the lack of road infrastructure, making evacuation difficult in case of emergency. For this reason, sector 4 of the Loma Fresca neighborhood is a highly vulnerable area to a landslide, and if urban expansion continues without control measures, the risk for the inhabitants will increase considerably.

Keywords: displacement, vulnerability, risk, soil instability.

I. INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra son fenómenos geológicos naturales que pueden ocasionar consecuencias devastadoras en comunidades vulnerables, especialmente aquellas localizadas en áreas propensas a estos eventos. Se producen cuando una masa de tierra, rocas y otros materiales se desplaza ladera abajo debido a la inestabilidad del terreno.

En el sector 4 del barrio Loma Fresca de la ciudad de Bluefields, la vulnerabilidad ante deslizamientos es un tema de gran relevancia. Con el tiempo, la población comenzó a asentarse en el lugar, aprovechando los espacios disponibles para construir sus hogares. Este aumento en la ocupación del terreno ha elevado el riesgo de deslizamientos, lo que plantea serias preocupaciones para los residentes.

En este contexto, la presente investigación se propone evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura en el sector antemencionado. El objetivo es proporcionar información esencial que facilite la planificación urbana y el ordenamiento del territorio, así colaborar a las autoridades municipales y regionales a implementar medidas preventivas ante el riesgo de deslizamientos.

La realización de este tipo de estudios es fundamental para una gestión eficaz de riesgos y desastres naturales, ya que permite a las comunidades y a los gobiernos anticiparse a posibles eventos y tomar decisiones informadas que protejan la vida de los ciudadanos, así mismo. En particular, el análisis de la vulnerabilidad estructural y geológica del barrio Loma Fresca sector 4, proporcionará datos valiosos sobre el nivel de riesgo que enfrentan sus habitantes. Con este estudio, se podrán desarrollar estrategias que mitiguen los efectos de deslizamientos de tierra, protegiendo así no solo las infraestructuras, sino también la vida de las personas que es lo más importante.

II. ANTECEDENTES

En el trabajo monográfico de los bachilleres. Rolando Miguel Pérez Espinales y José Eduvige Rojas Gómez; titulado “Estudio de vulnerabilidad ante deslizamiento de tierra en la Microcuenca Las Marías. Telica, León” tuvo por objetivo Zonificar la amenaza relativa por fenómenos de deslizamientos de tierra mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica en la microcuenca Las Marías, Telica, León, donde obtuvieron como resultados que el uso inadecuado del suelo principalmente las actividades agrícolas que implican cambio de cobertura y explotación del suelo más allá de su capacidad, son factores muy determinante que dan mayores probabilidad a que curran los fenómenos de deslizamiento de tierra.

Así mismo, los niveles bajos o mínimo de erosión del suelo incrementan la vulnerabilidad, principalmente cuando estos niveles se encuentran localizados en sitios donde el suelo está siendo sobre utilizado y las zonas con pendientes superiores al 15% son las que presentan mayor susceptibilidad a deslizamiento de tierra, lo cual nos indica que la pendiente tiene una relación directamente proporcional a la ocurrencia de los deslizamientos. (Gómez, 2014)

En el estudio de Efraín Acuña Espinal, Ulises González & Yamila del Carmen Centeno, titulado “Vulnerabilidad potencial a deslizamiento de tierra. La Conquista, Carazo” tuvo por objetivo zonificar las áreas potencialmente vulnerables ante el fenómeno de deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, a través de mapas indicativos que sirvan de insumo para la prevención y mitigación de desastres, y de esta manera salvaguardar las comunidades y la vida sus pobladores, donde obtuvieron como resultado La agricultura y el sobre pastoreo que se practica en suelos marginales de laderas que implican cambio de cobertura y explotación del suelo más allá de su capacidad natural.

Estos son factores determinantes que dan mayores probabilidades de que ocurran fenómenos de deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista. El relieve y la geología de la parte sur, sur-oeste del municipio son también factores determinantes en las áreas de mayor susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, anotando que son las comunidades asentadas ahí las más distantes para el gobierno local, lo que implicarían mayor costo de gestión del riesgo. Las zonas calificadas

de alta y muy alta vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra corresponden principalmente a áreas de laderas de los cerros más importantes del municipio.

Son éstas mismas áreas en donde se han registrado eventos anteriores, lo cual corrobora que, al darse eventos de lluvias extraordinarios, pone en riesgo a la población que vive en las inmediaciones de estas áreas. El uso de los sistemas de información geográfica (SIG), para la evaluación de deslizamientos de tierra son de gran utilidad. Los resultados obtenidos son comparativamente válidos y validables con la realidad observada en el campo, y se convierten en una herramienta de gran utilidad para la prevención y mitigación de desastres. (Efraín Acuña Espinal, 2016)

El estudio realizado por Juan Carlos Vázquez Paulino, Miguel Ángel Backhoff Pohls, Jonatan Omar González Moreno & Elsa María Morales Bautista, titulado “Establecer la vulnerabilidad y evaluar el riesgo por deslizamientos, inundaciones pluviales y socavación de puentes en la Red Federal de Carreteras”, tuvo por objetivo Establecer la vulnerabilidad y evaluar el riesgo por deslizamientos, inundaciones pluviales y socavación de puentes en la Red Federal de Carreteras, donde obtuvieron como resultado, durante el desarrollo del método y al aplicar las técnicas de análisis espacial. Observamos que la sobreposición de las capas que representan la amenaza y la vulnerabilidad va más allá del procedimiento técnico. Esto significa que las características técnicas de la carretera tienen más importancia que la amenaza propia, ya que es este componente el que permitirá hacerle frente a los embates de la naturaleza de una manera eficaz. (Juan Carlos Vázquez Paulino, 2016)

III. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es fundamental porque podrá aportar al desarrollo y ordenamiento urbanístico del sector 4 del barrio Loma Fresca de la ciudad de Bluefields, ya que se podrá identificar las zonas que podrían ser afectadas por deslizamientos de tierra, pudiendo detectar aquellas familias que deberían ser ubicadas en otras zonas por el alto riesgo que corren sus viviendas.

También permitió a las autoridades municipales y regionales tomar medidas de prevención ante la incidencia de un fenómeno natural, realizando planes de contingencias ante desastres, así mismo de obras de mitigación que pudieran contribuir a disminuir los riesgos, protegiendo y salvaguardando de esta manera vidas humanas que es lo más importante.

Este documento tiene datos de las personas y de la estructura de las viviendas del sector en estudio, permitiendo obtener un análisis sobre la vulnerabilidad de sus infraestructuras ante deslizamiento así mismo se determinará el nivel de riesgo del sector y se dará alternativas o soluciones que puedan disminuirlo.

Sin duda estos tipos de investigación son esenciales para la gestión de riesgos a desastres, ya que hoy en día se observa que los efectos y consecuencias del cambio climático en la región, ha estado cambiando la vida cotidiana de las personas, por lo cual la población debe de buscar estrategias para poder convivir y ser resilientes ante estos.

3.1. Limitaciones y riesgos

Tabla 1. *Limitaciones y Acciones de corrección*

Limitantes	Acciones para corrección	Medios
Conseguir información estadística de las viviendas que han construido en los últimos años	Aplicar encuesta para determinar el tiempo de las viviendas	Colaboración de líderes de barrios y funcionarios de la municipalidad
Colaboración de los habitantes	Reuniones con líderes	Colaboración de líderes

en dar información para la investigación	y directivas de barrios	de barrios y funcionarios de la municipalidad
Inseguridad por la delincuencia en algunos sectores donde se investigará	Reuniones con lideres de y directivas de barrios	Colaboración de lideres de barrios y funcionarios de la municipalidad

IV. HIPÓTESIS

Las viviendas del sector 4 del barrio Loma Fresca no resisten el embate de un deslizamiento de tierra, esto es debido por la ocupación inadecuada del terreno y la erosión causadas por las lluvias constante, aumenta el riesgo de pérdidas de vidas humanas y daños económico significativo.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los deslizamientos de tierra son eventos naturales que ocurren cuando una masa de tierra o material se desplaza por una pendiente debido a causas como acumulación de agua, lluvias intensas, erosión y la intervención humana, como la deforestación o la ocupación de terrenos inadecuados.

El sector 4 del barrio Loma Fresca ha experimentado un constante crecimiento poblacional en los últimos años emplazando viviendas en lugares donde ha sido afectado por un deslizamiento, por lo cual estos sitios podrían ser un peligro para las personas que habitan en dicho sector debido a la inestabilidad y relieve que puede tener el terreno, además los procesos constructivos y los materiales que están compuesto algunas de estas infraestructuras son pocos apropiados para el lugar donde están emplazados.

Cabe destacar que hace un año hubo un deslizamiento en el sector, producto a las fuertes precipitaciones que cayeron en la zona, ocasionando afectaciones en viviendas, por lo cual al ser la ciudad propensa a ser afectadas por fuertes lluvias se podrían seguir desarrollando deslizamientos que podrían ocasionar graves pérdidas económicas y humanas.

Con todo lo anterior se plantea la siguiente pregunta en base al problema: ¿Qué tan vulnerables son las infraestructuras de viviendas del sector 4 del barrio Loma Fresca ante la ocurrencia de deslizamiento de tierra?

VI. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Realizar evaluación de la vulnerabilidad de las infraestructuras ante los deslizamientos en el sector 4 del barrio Loma Fresca, de la ciudad de Bluefields

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar demográficamente las viviendas de las zonas de intervención en función del sistema constructivo.
- Efectuar un levantamiento topográfico y caracterización del terreno en el sector 4 del barrio Loma Fresca a través de GPS y ensayos de laboratorios respectivamente.
- Elaborar el mapa de riesgos y vulnerabilidad del área de estudio como instrumento de gestión municipal para la alcaldía de Bluefields.

VII. ESTADO DEL ARTE

7.1. Conceptos introductorios

7.1.1. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. En realidad, la vulnerabilidad depende de diferentes factores, tales como la edad y la salud de la persona, las condiciones higiénicas y ambientales, así como la calidad y condiciones de las construcciones y su ubicación en relación con las amenazas. (UNDRR, 2024)

7.1.2. Riesgo

Llamamos riesgo a la proximidad o posibilidad de que suceda un daño o perjuicio y sus posibles consecuencias. Este daño puede afectar a una persona o grupo y es el resultado de un suceso o una acción. (Editorial Etecé , 2021)

7.1.2.1. Clasificación de riesgo según su intensidad

Los riesgos se clasifican según su intensidad (alto, moderado o bajo) y la frecuencia con la que pueden ocurrir.(Editorial Etecé , 2021)

7.1.3. Amenaza

La amenaza como un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños, pérdidas en los bienes y la infraestructura. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

7.1.3.1. Amenazas naturales

Las amenazas naturales son "aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él". El término "amenazas naturales" se refiere a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

7.1.3.2. Amenaza antrópica

La amenaza antrópica, un tipo de amenaza, es aquel peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte y consumo de bienes y servicios y la construcción y uso de infraestructura y edificios. Comprende una gama amplia de peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes en los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de agua etc. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

7.1.4. Desastres

Son eventos que provocan grandes daños materiales, humanos y económicos, alterando significativamente la vida social, económica y ambiental de las poblaciones afectadas. Los desastres pueden ser naturales (como terremotos, huracanes, inundaciones, entre otros) o causados por la actividad humana (como accidentes industriales, derrames de sustancias peligrosas o guerra). (Caribe), 2003)

7.1.4.1. Características de los desastres

- **Impacto Humano:** Los desastres pueden provocar la pérdida de vidas humanas, lesiones graves y desplazamiento de personas.
- **Daños Materiales:** Destrucción de infraestructuras, viviendas, cultivos y otros bienes materiales.
- **Impacto Ambiental:** Alteración significativa del ecosistema, contaminación y pérdida de biodiversidad.
- **Efectos Sociales y Económicos:** Pérdida de recursos económicos, interrupción de la actividad laboral y alteración del tejido social. (Caribe), 2003)

7.1.4.2. Tipos de desastres

- **Naturales:** Inundaciones, terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas, sequías, etc.
- **Antropogénicos:** Desastres industriales, contaminación, accidentes nucleares, etc. (Caribe), 2003)

7.1.5. Deslizamiento de tierra

Un deslizamiento de tierra es el movimiento masivo de rocas, escombros, tierra o lodo por una pendiente. Si bien la mayoría de los deslizamientos de tierra son causados por la gravedad, también pueden ser causados por lluvias, terremotos, erupciones volcánicas, presión del agua subterránea, erosión, desestabilización de laderas como resultado de la deforestación, el cultivo y la construcción. (IFRC, 2024)

Los deslizamientos, movimientos de ladera o fenómenos de remoción en masa son causa de la generación de riesgos geológicos que puede afectar edificaciones, vías de transporte, cauces, embalses y a veces pueden afectar a poblaciones enteras.

Según (Maldonado, Deslizamientos de tierra y sus tipos, 2020) un deslizamiento de tierra es un movimiento descendente de roca o suelo, o ambos, que ocurre en la superficie de la ruptura, ya sea curva (deslizamiento rotacional) o ruptura plana (deslizamiento traslacional), en la que gran parte del material a menudo se mueve como una masa coherente o sémico herente con poca deformación interna, el tipo de deslizamiento de tierra determinará la velocidad potencial de movimiento, el volumen probable de desplazamiento, la distancia de agotamiento, así como los posibles efectos del deslizamiento de tierra y las medidas mitigadoras apropiadas a considerar.

7.1.6. Tipos de Deslizamiento

- **Caída:** Estos movimientos ocurren cuando el material rocoso de cualquier tamaño se desprende de una ladera bastante inclinada y su recorrido se realiza en gran parte a través del aire, saltando o rodando, dependiendo de la inclinación de la ladera. Aunque la cantidad de material removido puede ser chico, la velocidad de movimiento es siempre muy alta.
- **Volcamiento:** Este tipo de movimiento este compuesto por una lenta inclinación de rocas duras (competentes, frágiles) arriba de roca blandas (incompetentes, dúctiles) y el vuelco rápido de las rocas inclinadas
- **Deslizamiento Rotacional:** La superficie del deslizamiento ocurre internamente en el material, de forma aproximadamente circular o cóncava. Las salidas de las superficies circulares de rotura pueden ocurrir en diferentes partes de un talud. Así tenemos: superficie

de rotura de talud, superficie de rotura de pie de talud y superficie de rotura de base de talud. La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada y se ve acelerada generalmente con lluvia excesiva.

- **Deslizamiento Traslacionales:** En este tipo de deslizamiento la masa de terreno se desplaza hacia afuera y abajo, a lo largo de una superficie más o menos planar o suavemente ondulada, con pequeños movimientos de rotación. Los deslizamientos traslacionales están controlados por las fracturas de las rocas y la resistencia de los materiales. Cuando este tipo de desplazamiento ocurren en rocas es muy lento. En suelos, acelera con la lluvia y puede ser muy rápido.
- **Extensiones Laterales:** El movimiento consiste en una extensión lateral controlada por fractura. Puede ocurrir en rocas con diferente resistencia o bien sobre suelos. Cuando se produce en rocas, se desarrolla con lentitud; cuando se produce en suelos, puede ser considerablemente rápido durante terremotos y representar en estos casos, una alta amenaza.
- **Flujos:** Estos movimientos se producen en rocas, escombros y suelos; en los últimos dos casos están relacionados con una saturación de agua principalmente en los periodos de lluvia intensa. El movimiento generalmente es muy rápido y por eso es muy peligroso.
- **Reptación:** Es la deformación que sufre la masa de suelos o rocas como consecuencia de movimiento muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar en la curvatura de las rocas y troncos de los árboles, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas. (EIRD, 2024)

7.1.7. Tipos de deslizamientos más comunes en Nicaragua

- **Derrumbes o caídas:** La masa de rocas o de bloques se desprende de una ladera y cae por efecto de la gravedad, sin tener una superficie real de deslizamientos. El material se acumula en la base del acantilado formando una pendiente lo que generalmente constituye una amenaza adicional ya, que puede Re moverse.

- **Deslizamientos subestabilizados:** Se refiere a masas inestables que tienen una actividad mínima o están estabilizados, significan que fueron activos en tiempos pasados y que actualmente no se mueven al haber las condiciones que facilitaban su actividad (cambios climáticos, erosión o profundización de canales lo que ha dejado colgados, o por haber alcanzado una pendiente inferior a la de un ángulo de reposo), en ambos casos no se asume que no representen mayor peligro.
- **Deslizamientos peliculares:** El terremoto presenta una morfología típica de cáscara de naranja, con pequeñas ondulaciones con diámetros promedios de hasta un metro y profundidades entre 1 y 2 metros. Evolucionan hacia una forma de escalones o rombos que se conocen como caminos de vaca. Este tipo de deslizamientos afectan fundamentalmente la cubierta edáfica, depósitos eluviales y coluviales finos, generalmente sobre pendientes mayores a 20°. La velocidad de este fenómeno es lenta; sin embargo, es susceptible a degenerar en coladas y deslizamientos rápidos tipos coladas de lodo y detritos. Este es un fenómeno que ocurre en la región central y norte de Nicaragua, relacionado al uso intensivo e inadecuado del suelo. La única forma de detectarlo es por su típica apariencia ondulada (cáscara de naranja y camino de vacas), especialmente en terrenos de cultivos y pastoreo.
- **Deslizamientos Rotacionales:** Un deslizamiento rotacional involucra un movimiento semi-circular del material en un plano curvo, alrededor de un eje transversal a la vertiente. Mientras la parte trasera del paquete se desploma y se hunde, el frente se levanta en ligera contra pendiente. Los materiales más favorables son de composición homogéneas, no estratificado y sin control estructural. Se trata por lo general de saprofitas espesas, formada por alteración de rocas cristalinas (ígneas o metamórficas), o de mantos deposicionales diversos.
- **Deslizamientos traslacionales:** Corresponden a movimientos en planchas, paralelo a la inclinación de un relieve y al buzamiento del sustrato rocoso. Rocas estratificadas o esquistosas, inclinadas paralelamente a la pendiente, son particularmente favorables. La superposición de capas porosas sobre estratos impermeables permite el cizallamiento.

Usualmente este tipo de deslizamiento es de gran extensión transversal y se exhibe en la zona frontal.

- **Reptación:** Es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar en la curvatura de los árboles, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas.
- **Coladas:** Son el resultado del movimiento de una masa de material sobresaturado, casi en estado líquido de carácter rápido y generalmente formando un perfil longitudinal alargado como un cono terminal, la superficie de corte o ruptura usualmente no se preserva. Las coladas están en dependencia del tipo de material desplazado y de la cantidad de agua involucrada; se pueden dividir de la siguiente manera:
 - a) Coladas de lodo: El material en movimiento es una mezcla de material de granulometría fina, como arcilla con abundante agua.
 - b) Coladas o flujos de detritos: Son flujos de material granular y escombros que presentan una matriz areno-arcillosa que en su conjunto se movilizan a través de canales preexistentes o formados por el mismo flujo.
- **Flujos:** Movimientos más o menos rápidos de masa rocosa no consolidada de granulometría fina. La saturación de agua puede hacer que se comporte como un fluido de alta viscosidad, haciéndose más espeso generalmente al final de su recorrido. Suelen estar asociados a violentas tormentas, fusión de hielos, aumentos del nivel freático, etc., que aportan más agua de la que puede ser absorbida. Los movimientos del tipo flujo suelen afectar a masas con granulometría muy fina, con abundantes presencias de minerales de arcilla, derrubios o fragmentos de rocas. Este último caso se diferencia de un deslizamiento o una avalancha por el contenido de agua. (Álvarez, 2019)

7.1.8. Partes de un deslizamiento

Las principales partes de un deslizamiento son:

- Corona: Es el material prácticamente no desplazado que aún se mantiene en el sitio y adyacente a las partes más altas del escarpe principal.
- Escarpe principal: Una cortadura casi vertical del terreno inalterado situado en el borde superior del deslizamiento producida por el movimiento del material deslizado (hacia abajo del talud)
- Superficie de falla: La superficie que forma (o que ha formado) el límite inferior del material desplazado por debajo de la superficie original del terreno natural.
- Zona de acumulación: El área del deslizamiento dentro del cual el material desplazado se deposita.
- Cima: El punto más alto del deslizamiento material desplazado y el escarpe principal.
- Superficie de falla: La superficie que forma (o que ha formado) el límite inferior del material desplazado por debajo de la superficie original del terreno natural.
- Escarpe menor: Ruptura casi vertical que se presenta dentro del material desplazado por el deslizamiento, producida por movimientos diferenciales ocurrido dentro del material desplazado.
- Cuerpo principal: La parte del material desplazado por el deslizamiento que este situado dentro del deslizamiento.
- Acumulación: El volumen del material desplazado que yace sobre la superficie original del terreno.

7.1.9. Estado de la actividad

- Deslizamiento **activo**, es el que se está moviendo en el momento de la observación.
- Deslizamiento **suspendido**, es el que se ha movido dentro de los últimos doce meses, pero no es activo actualmente.
- Deslizamiento **reactivo**, es un deslizamiento activo que ha sido inactivo.
- Deslizamiento **inactivo**, no se ha movido dentro de los últimos doce meses.
- Deslizamiento **latente**, es un deslizamiento inactivo que puede ser reactivado por sus causas originales.
- Deslizamiento **antiguo**, es un deslizamiento inactivo que no ha vuelto a ser afectado por sus causas originales.

- Deslizamiento **estabilizado**, es un deslizamiento inactivo que fue protegido contra sus causas originales por medidas correctivas artificiales. (Programa de fortalecimiento de capacidades para el manejo de riesgos por deslaves- RECLAIMM- America Central, 2024)

7.1.10. Tipos de movimientos de deslizamientos en masa según su velocidad:

- **Deslizamientos rápidos:** Los deslizamientos rápidos se caracterizan por un movimiento repentino y violento de grandes volúmenes de suelo y rocas. Estos eventos pueden ocurrir en cuestión de segundos o minutos, lo que los hace extremadamente peligrosos. Ejemplos comunes incluyen los deslizamientos tipo avalancha y los flujos de lodo. La velocidad de estos deslizamientos puede alcanzar cientos de kilómetros por hora, causando devastación instantánea en las áreas afectadas.
- **Deslizamientos lentos:** A diferencia de los deslizamientos rápidos, los deslizamientos lentos son procesos más graduales que pueden ocurrir durante días, semanas o incluso meses. Estos movimientos suelen ser provocados por la saturación del suelo, lo que reduce su resistencia al corte. Los deslizamientos de lodo y los deslizamientos de tierra son ejemplos típicos de deslizamientos lentos. Aunque su velocidad es menor en comparación con los deslizamientos rápidos, los deslizamientos lentos pueden representar una amenaza significativa para la infraestructura y las comunidades locales debido a su capacidad para desplazarse a distancias considerables con el tiempo.
- **Deslizamientos intermedios:** Los deslizamientos intermedios exhiben características tanto de los deslizamientos rápidos como de los lentos. Su velocidad de movimiento está en algún punto intermedio entre estos dos extremos. Ejemplos de deslizamientos intermedios incluyen deslizamientos de escombros y flujos de detritos. Estos eventos pueden desencadenarse por una variedad de factores, como la inclinación del terreno, la composición del suelo y la actividad sísmica local. (Varnes, 2017)

7.1.11. Atendiendo a la profundidad de la superficie de ruptura

Los deslizamientos se clasifican como:

- a. Deslizamiento superficial, este tipo de deslizamiento se produce en la capa superficial del suelo, generalmente a una profundidad relativamente baja. Implica el movimiento de una masa de suelo poco profunda a lo largo de una superficie de deslizamiento claramente definida. Los

deslizamientos superficiales son comunes en áreas con suelos sueltos, pendientes pronunciadas y durante eventos de lluvias intensas. La profundidad de la superficie de ruptura esta entre 0 y 2 m.

- b. Deslizamiento semiprofundo, involucran el desplazamiento de una masa de suelo más profunda en comparación con los deslizamientos superficiales, pero no penetran completamente en la roca o el suelo subyacente. Estos deslizamientos pueden ocurrir en diferentes condiciones geológicas y generalmente están asociados con la presencia de capas de suelo menos consolidadas o materiales geotécnicamente débiles. La superficie de ruptura tiene profundidades entre 2 y 10 m.
- c. Deslizamiento profundo, implican el movimiento de una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie de deslizamiento que penetra profundamente en el suelo o la roca subyacente. La profundidad de la superficie de ruptura es mayor de 10 m. (Hungr, 2016)

7.1.12. Clasificación de deslizamientos por su tipo de movimiento

- **Rodados:** Un rodado es una masa de roca u otro material que desciende por medio de una caída o rebote en el aire. Estos son más comunes a lo largo de caminos empinados o terraplenes ferroviarios, acantilados empinados o arrecifes socavados escarpadamente, especialmente en las regiones costeras una sola roca grande puede causar grave daño.
- **Derrumbe:** Un derrumbe se debe a las fuerzas derribadoras que causa la rotación de roca fuera de su posición original. La parte rocosa puede haberse estacionado en un ángulo inestable, balanceándose en un punto de giro del cual se inclina una rueda hacia delante. Un derrumbe tal vez no contenga mucho movimiento y no necesariamente provoca una caída o desprendimiento de rocas.
- **Propagación lateral:** Grandes bloque de tierra se propagan horizontalmente fracturándose desde su base original. La propagación lateral generalmente ocurre en pendientes suaves, usualmente de menos de 6% y típicamente se propagan de 3 a 5 metros, pero pueden moverse desde 30 a 50 metros donde las condiciones sean favorables. En el caso de propagación lateral usualmente hay rompimiento interno formándose, numerosas grietas y acantilados. El proceso puede ser causado por licuefacción donde la arena o el sedimento

suelto y saturado asumen un estado licuado. Usualmente ocurre por el estremecimiento del suelo.

- **Aludes:** Los aludes avanzan como un líquido viscoso, a veces muy rápido y puede cubrir varios kilómetros. No es necesaria la presencia del agua para que se produzca el alud; sin embargo, la mayoría de los aludes se forman después de periodos de intensas lluvias. Un alud de lodo contiene por lo menos 50% de arena, sedimentos y partículas de arcillas. Un lahar es un alud de lodo que se origina en la pendiente de un volcán y que puede ser activado por las lluvias, por repentino derretimiento de nieve o glaciares o por el agua que fluye de lagos de cráteres. Un torrente de eyecciones es una mezcla acuosa de tierra, rocas y materia orgánica combinada con aire y agua. Los torrentes de eyecciones ocurren usualmente en barrancos empinados. Los aludes muy lentos, casi imperceptibles de tierra y lecho de rocas se llaman movimiento paulatino. Durante largo tiempo los movimientos paulatinos del terreno pueden causar la caída de postes de tendido eléctrico y otros objetos. (Álvarez, 2019)

7.1.13. Principales tipos de deslizamientos, de acuerdo a la geometría del desplazamiento.

Según (SISGEO, 2016) también se puede distinguir dos tipos principales de deslizamientos, de acuerdo a la geometría del desplazamiento.

- **Deslizamiento rotacional (o circular):** En este tipo de deslizamiento, la masa de suelo o roca se mueve a lo largo de una superficie de deslizamiento curva o cóncava, como una línea de rotación. Este movimiento puede ocurrir en una pendiente relativamente suave o moderada. Los deslizamientos rotacionales pueden ser pequeños, como los deslizamientos de tierra en una ladera, o muy grandes, como los deslizamientos de ladera de gran escala.
- **Deslizamiento traslacional (o plano):** En un deslizamiento traslacional, la masa de suelo o roca se mueve a lo largo de una superficie de deslizamiento plana o ligeramente inclinada, en una dirección principalmente horizontal. Este tipo de deslizamiento puede ocurrir en una pendiente más pronunciada que los deslizamientos rotacionales. Los deslizamientos traslacionales pueden ser rápidos y catastróficos, como los deslizamientos de rocas en acantilados, o más lentos y persistentes, como los deslizamientos de tierra en carreteras.

- **Deslizamiento complejo:** Los deslizamientos complejos involucran movimientos que no se ajustan claramente a la definición de deslizamiento rotacional o traslacional. Pueden tener componentes de ambos tipos de movimiento y pueden ser más difíciles de caracterizar. Estos deslizamientos pueden ser causados por la interacción de múltiples factores, como la topografía del terreno, la geología subyacente y la actividad sísmica.
- **Deslizamiento tipo cuña:** En un deslizamiento tipo cuña, una porción de roca o suelo se desplaza como una unidad independiente dentro de una cuña de forma triangular o trapezoidal. Este tipo de deslizamiento es común en terrenos montañosos con estratos inclinados y puede ser desencadenado por la erosión en la base de la cuña.
- **Deslizamiento tipo pliegue:** En un deslizamiento tipo pliegue, la masa de suelo o roca se dobla o flexiona mientras se desplaza, creando estructuras en forma de pliegues. Este tipo de deslizamiento es más común en terrenos con estratos de roca inclinados y puede ser causado por la acción de fuerzas tectónicas o la erosión.

7.1.14. Clasificación de los deslizamientos de acuerdo a la velocidad del movimiento

- **Movimientos Rápido:** Estos alcanzan velocidades hasta de 4 mtr/s y ocurren en zonas con pendientes muy empinadas, donde domina la caída de rocas de residuos que se acumulan formando un talud o se puede producir al deslizarse una gran masa en segundos o minutos. Entre ellos tenemos desprendimientos y flujos de lodo.
- **Movimientos Lento:** Las velocidades son del orden de centímetros o metros por año. Se caracterizan por transportar gran cantidad de material. Ejemplo: la inclinación de los árboles a favor de la pendiente, la inclinación de cercas el agrietamiento de casas, entre otros. (CEREBRALIA, 2016)

7.1.15. Identificación de deslizamientos de tierra

Los terrenos de deslizamientos pueden ser identificados a través de observaciones e interpretaciones de los mapas geológicos y topográficos, de fotografías aéreas de diferentes años, así como observaciones de campo.

Señales para identificar deslizamientos de tierra:

Topografía y Geología:

- Los deslizamientos de tierra suelen ocurrir en pendientes pronunciadas, especialmente en áreas con suelos sueltos o poco consolidados.
- La presencia de estratos de roca inclinados, debilidad en la base de la ladera o fallas geológicas puede aumentar el riesgo de deslizamientos.

Signos Visibles:

- Grietas o fisuras en el suelo o en estructuras cercanas.
- Inclinación anormal de árboles, postes telefónicos u otras estructuras verticales.
- Deformación o movimiento visible en cercas, muros de contención u otras estructuras construidas en la pendiente.

Cambios en el Paisaje:

- Depósitos de materiales sueltos o rocas en la base de la ladera.
- Cambios repentinos en la línea de la costa, como terrazas marinas o áreas de erosión reciente.

Condiciones Climáticas:

- Lluvias intensas o eventos de precipitación prolongada pueden aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra al saturar el suelo y reducir su cohesión.
- Deshielo rápido después de una nevada intensa puede desencadenar deslizamientos en áreas montañosas.

Historia de Deslizamientos Anteriores:

- La presencia de deslizamientos anteriores en la misma área indica un riesgo continuo y puede ser un indicador importante para la identificación de deslizamientos futuros.

Monitoreo Continuo:

- El uso de tecnologías como sensores de inclinación, piezómetros y sistemas de monitoreo remoto puede proporcionar datos en tiempo real sobre la estabilidad de la ladera y ayudar en la identificación temprana de deslizamientos de tierra. (Álvarez, 2019)

7.1.16. Causas de los deslizamientos de tierras

- La inclinación o pendiente de un terreno es un factor crítico. Las laderas empinadas son más propensas a los deslizamientos de tierra, ya que la fuerza gravitatoria tiende a superar

la resistencia del suelo a mantenerse en su lugar. Incluso una pendiente moderada puede volverse peligrosa si el suelo está saturado o debilitado.

- La composición del suelo y el tipo de rocas presentes en una zona también influyen en la susceptibilidad a los deslizamientos. Los suelos poco cohesionados, como los limos y las arcillas, son más propensos a los movimientos de tierra que los suelos más compactos o rocosos. Las capas geológicas inestables pueden facilitar el desprendimiento de material.
- La lluvia intensa, especialmente en un corto período de tiempo, puede saturar rápidamente el suelo y aumentar la presión del agua en las capas superficiales. Esto reduce la fricción entre las partículas del suelo, debilitándolo y facilitando los deslizamientos.
- Hay que tener muy en cuenta que los movimientos sísmicos pueden desencadenar deslizamientos de tierra al perturbar la estabilidad del terreno. Los temblores hacen que las capas de suelo se separen o deslicen, lo que provoca el desplazamiento.
- Otro aspecto a tener en cuenta es el factor humano. La alteración del paisaje debido a la construcción, la minería, la tala de árboles o la excavación puede debilitar la estabilidad del suelo y aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra.

7.1.17. Consecuencias de los deslizamientos de tierra

- Los deslizamientos de tierra causan daños graves o incluso la destrucción completa de viviendas, edificios y estructuras. Esto da lugar a pérdidas económicas considerables para los propietarios y las comunidades afectadas. Los residentes atrapados en zonas de deslizamientos o áreas cercanas pueden resultar heridos o perder la vida debido a la velocidad y la fuerza del deslizamiento.
- Otra de las consecuencias es que algunos de ellos afectan a las carreteras, vías férreas y otras rutas de transporte, dificultando la movilidad y el acceso a las áreas afectadas.
- Los deslizamientos de tierra pueden represar ríos o arroyos, lo que lleva a la acumulación de agua. Cuando estos represamientos ceden, provocan inundaciones repentinas aguas abajo, aumentando aún más el riesgo para las personas y las propiedades. Te recomendamos leer este artículo sobre las Causas y consecuencias de las inundaciones.
- Después de un deslizamiento de tierra, la recuperación suele ser costosa y llevar mucho tiempo. Esto incluye la limpieza y la restauración de las áreas afectadas, así como la

reparación de infraestructuras dañadas. Las comunidades que experimentan deslizamientos de tierra a menudo enfrentan un impacto económico a largo plazo.

- En algunos casos, los deslizamientos de tierra pueden hacer que las personas se vean obligadas a abandonar sus hogares y comunidades debido a la inseguridad en el área afectada. Esto puede tener efectos devastadores en la vida de las personas y sus relaciones sociales. (Portillo, 2023)

7.1.18. Factores que provocan los deslizamientos de tierra

Según, dentro de las causas o factores que controlan los movimientos de ladera se pueden establecer dos grandes grupos:

a. Factores determinantes

Se refieren a las características del terreno y a su disposición. Aquí entrarían consideraciones como la pendiente, elevación, orientación y forma de la ladera. Dado que se trata de un proceso gravitacional, una mayor pendiente favorece la formación de desprendimientos de tierra. La orientación de la ladera determina la disposición de elementos naturales como la incidencia solar (zonas de umbría más húmedas e inestables) y la erosión eólica capaces de desestabilizar el terreno. Por otra parte, la disposición geométrica de la ladera también influye en como los elementos naturales (clima) afectan al complejo rocoso y lo hace a diferentes escalas. Por ejemplo, los complejos rocosos dispuestos en estratos a favor de la pendiente actúan como planos de rotura. Aquí, los movimientos de cizalla impulsados por la gravedad actúan como un tobogán, haciendo que los bloques sueltos se deslicen y caigan ladera abajo. Por su parte, los terremotos y volcanes provocan vibraciones del terreno, desestabilizándolo e iniciando el desprendimiento.

b. Factores activadores o desencadenantes

Son aquellos que aumentan las probabilidades de producir un desprendimiento de tierra. Estas variables pueden centrarse en la relación de aspectos como densidad, masa y volumen, la naturaleza geológica de la roca, el grado de meteorización, la fricción o el efecto de la presión de agua. Estos elementos afectan directamente a la integridad del complejo. Por ejemplo, la presión de agua disminuye el coeficiente de fricción de la roca, propiciando que el deslizamiento encuentre menos resistencia. Mientras, algunos tipos de rocas poseen una estabilidad estructural

muy baja, como ocurre con las pizarras o los esquistos, cuya foliación las vuelve más inestables que otras rocas más masivas como los basaltos. (Gimenez, 2023)

7.1.19. Mitigación

Son medidas para reducir la vulnerabilidad frente a ciertas amenazas. Por ejemplo, hay formas de reforzar las construcciones con el fin de asegurar nuestras casas, escuelas u hospitales para que no se caigan con los efectos de un terremoto o un huracán.

7.1.20. La prevención y mitigación comienzan por:

- Conocer cuáles son las amenazas y riesgos a los que estamos expuestos en nuestra comunidad.
- Reunirnos con nuestra familia y los vecinos y hacer planes de prevención de desastres para reducir esas amenazas y riesgos.
- Realizar lo que planeamos para reducir nuestra vulnerabilidad. No es suficiente hablar sobre el asunto, hay que tomar acciones.
- Los niños y niñas desempeñan un papel muy importante en las acciones previstas en los planes de prevención de desastres.

Ellos y ellas pueden:

- Realizar actividades escolares sobre prevención de desastres que promuevan la participación de toda la comunidad
- Informar y motivar a sus familias y su comunidad sobre las amenazas naturales para que tomen medidas preventivas
- Ayudar con sus acciones y actitudes a instaurar una “cultura de prevención” real y duradera, ya que cuando sean adultos tendrán una mayor comprensión de los fenómenos naturales, los efectos de las acciones humanas y de las consecuencias de un mal manejo del ambiente, así como de la necesidad de promover un desarrollo armonioso con la naturaleza. (MITICAM, 2024)

7.1.21. Ladera

Una ladera se refiere a un declive o pendiente de una montaña, monte o altura en general. Es uno de los lados de la montaña y puede variar en inclinación y tamaño. Las laderas son características prominentes en el paisaje y pueden ser utilizadas para diversas actividades, como escalar, practicar senderismo o simplemente disfrutar de una vista panorámica. (CONCEPTUALISTA, 2023)

7.1.22. Características de una ladera

Las laderas pueden presentar una serie de características distintivas, que incluyen:

- **Inclinación:** Las laderas pueden variar en su grado de inclinación, desde suaves pendientes hasta empinadas colinas.
- **Vegetación:** Las laderas suelen estar cubiertas de vegetación, que puede variar según el clima y la ubicación geográfica.
- **Erosión:** Las laderas están sujetas a procesos de erosión, como la acción del agua y el viento, que pueden dar forma a su superficie a lo largo del tiempo.
- **Accesibilidad:** Algunas laderas son accesibles y se utilizan para actividades recreativas, mientras que otras pueden ser más difíciles de alcanzar debido a su ubicación remota o su terreno accidentado. (CONCEPTUALISTA, 2023)

7.1.23. Fallas Geológicas

En geología, una falla es una fractura o conjunto de fracturas en los grandes bloques de piedra de la litósfera, que producen una discontinuidad o desplazamiento relativo entre los conjuntos de piedra. Este tipo de roturas se producen cuando la fuerza del movimiento tectónico vence la resistencia de los materiales del suelo. (Concepto, 2023)

7.1.23.1. Clasificación de fallas geológicas

Las fallas se suelen clasificar geométricamente, es decir, desde el punto de vista del desplazamiento relativo de los bloques de piedra involucrados, a lo largo de un plano de falla que puede ser vertical, horizontal o inclinado. De esta manera, las fallas se clasifican en:

- **Fallas normales o directas:** Aquellas sobre las cuales actúa la gravedad, es decir, en que uno de los bloques de piedra se desliza hacia abajo del otro, a lo largo de un plano de falla inclinado.
- **Fallas inversas:** Aquellas en que ocurre lo contrario del caso anterior, esto es, uno de los bloques de piedra surge hacia arriba del otro, a lo largo de un plano de falla inclinado. El bloque que surge se conoce como cabalgamiento.
- **Fallas transcurrentes, de rumbo o de desgarre:** Aquellas en que el desplazamiento ocurre de manera horizontal, paralelo al rumbo de la falla. Dependiendo del sentido del movimiento, pueden ser de dos subtipos:
 - ✓ Sinistral o direccional izquierda, si el bloque se desplaza hacia su costado izquierdo.
 - ✓ Dextral o dirección derecha, si lo hace hacia el costado contrario, el derecho.
- **Fallas oblicuas o mixtas:** Aquellas en que se combinan dos de los tres casos previos, es decir, el bloque se desplaza hacia abajo y a la derecha, abajo y a la izquierda, arriba a la derecha o arriba a la izquierda.
- **Fallas rotacionales:** Aquellas en que uno de los bloques, en lugar de desplazarse, rota sobre su eje. Esto puede ocurrir de tres maneras:
 - ✓ En tijera, cuando el eje de la rotación es perpendicular al plano de falla.
 - ✓ En cilindro, cuando el eje de la rotación es paralelo al plano de falla.
 - ✓ En cono, cuando el eje de la rotación es oblicuo al plano de falla. (Maldonado, 2020)

7.1.24. Diferencia entre falla geotécnica y falla geológica

La diferencia entre una falla geotécnica y una falla geológica empezamos por explicar que generan ambas, la Falla Geológica se genera por la naturaleza y la Falla Geotécnica es la falla de una estructura, que se presentan en puentes, vías y se visualizan como hundimientos, desintegraciones, levantamiento, etc. (Geologia, 2025)

7.1.25. Fallas Geológicas

Las fallas geológicas son fisuras o grietas en la corteza terrestre que se producen debido a la actividad tectónica de las placas. Estas fallas pueden ser activas o inactivas y pueden causar terremotos y movimientos sísmicos. Las fallas geológicas pueden ser visibles en la superficie, como en el caso de la Falla de San Andrés en California, o pueden estar debajo de la superficie, como en el caso de las fallas en el fondo del océano. (EGC, 2023)

7.1.25.1. Tipos de fallas geológicas

Existen diferentes tipos de fallas geológicas, algunos ejemplos son:

- Fallas normales: son las más comunes y se producen cuando una roca se rompe y se desliza hacia abajo en relación a la roca de arriba. Se suelen encontrar en áreas donde las placas tectónicas se separan, como en el Valle de la Muerte, California.
- Fallas inversas: son menos comunes y se producen cuando una roca se rompe y se desliza hacia arriba en relación a la roca de abajo. Se suelen encontrar en áreas donde las placas tectónicas se chocan y una roca se sobrepone a otra, como en los Andes.
- Fallas de deslizamiento lateral: son como las fallas normales, pero con un movimiento lateral en lugar de vertical. Se suelen encontrar en áreas donde las placas tectónicas se chocan y se deslizan una sobre otra, como en el caso de la Falla de San Andrés en California.
- Fallas transformantes: son las menos comunes y se producen cuando dos placas tectónicas se deslizan una contra otra en un movimiento lateral. Se suelen encontrar en áreas donde dos placas tectónicas se deslizan una contra otra, como en el caso del océano Índico. (EGC, 2023)

7.1.26. Calicata

Una calicata es una excavación vertical o inclinada realizada en el suelo para estudiar sus características geotécnicas. Se lleva a cabo generalmente durante la fase de investigación geotécnica de un proyecto de ingeniería civil, como la construcción de edificios, carreteras, puentes u otras estructuras.

El propósito principal de una calicata es obtener información detallada sobre las capas del suelo, su composición, resistencia, nivel freático, y otros factores que pueden influir en el diseño y la construcción de la obra. Esta información es crucial para tomar decisiones informadas sobre el tipo de cimentación y los métodos de construcción más adecuados.

Las calicatas se realizan mediante la excavación manual o con maquinaria especializada, y su profundidad puede variar según las necesidades del proyecto y las características del suelo. Una vez que se completa la excavación, se llevan a cabo diferentes pruebas y análisis en las muestras de suelo obtenidas para evaluar su comportamiento y determinar las medidas necesarias para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura que se va a construir. (CONSTRUNEIC, 2024)

7.1.27. Escorrentías

La escorrentía es un proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial. La escorrentía es uno de los procesos básicos que se incluye en el ciclo del agua.

Se pueden distinguir varios tipos:

- Escorrentía superficial o directa: es la precipitación que sobre la superficie del terreno discurre por la acción de la gravedad sin infiltrarse en el suelo.
- Escorrentía Hipodérmica: es el agua de precipitación infiltrada en el suelo que se mueve sobre los horizontes superiores y reaparece almacenado como manantial o se incorpora a la red de drenaje superficial.
- Escorrentía Subterránea: es la precipitación que se infiltra hasta el nivel freático circulando hasta alcanzar la red de drenaje. (Valdivielso, 2025)

7.1.28. Estudio de suelo

También denominado estudio geotécnico, se refiere a la determinación de las propiedades del terreno.

El estudio de suelos se compone de tres etapas esenciales:

- Trabajo de campo, en el cual se recogerán las muestras a profundidades de 6 metros o más (según requiera el proyecto).

- Trabajo de laboratorio, en el cual se realizan análisis químicos y ensayos mecánicos sobre dichas muestras, separando los diferentes estratos obtenidos para determinar sus componentes químicos, granulometría, propiedades mecánicas, etc.
- Informe final, en el cual se detallan los resultados de los trabajos previos y se dan recomendaciones tanto para la cimentación del proyecto como para el manejo de aguas alrededor de este. (Estudio de Suelos, 2024)

7.1.29. Ensayos de porcentaje de humedad

Los ensayos de porcentaje de humedad en suelos y otros materiales se realizan para determinar la cantidad de agua contenida en una muestra en relación con su peso seco. Estos ensayos son fundamentales en la ingeniería civil, geotecnia, agricultura y otras disciplinas porque la humedad influye en muchas propiedades de los materiales, como la compactación, resistencia, permeabilidad y comportamiento mecánico. (Mitchell, "Fundamentals of Soil Behavior". Wiley-Interscience., 2005)

7.1.29.1. Propósitos de realizar ensayos de porcentaje de humedad

- Control de calidad en construcción: En ingeniería civil, es crucial conocer el contenido de humedad de los suelos antes de realizar actividades como la compactación. El contenido de humedad influye directamente en la densidad que se puede alcanzar durante la compactación y, por lo tanto, en la resistencia del material.
- Diseño de mezclas de concreto y mortero: En la fabricación de concreto y mortero, la cantidad de agua es clave para lograr las proporciones correctas de la mezcla, garantizando la resistencia y durabilidad del material final. Además, se utiliza para calcular la relación agua-cemento (a/c) que afecta a las propiedades del concreto.
- Estudios geotécnicos: El contenido de humedad es importante para la caracterización de suelos en los estudios geotécnicos, ya que influye en la plasticidad y comportamiento de los suelos. Los suelos con diferentes contenidos de humedad pueden presentar diferentes características, como cohesión, fricción y compresión. (Illston, 2010)

7.1.30. Ensayo de granulometría

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. También estos análisis se realizan mediante ensayos en el laboratorio con tamices de diferente enumeración, dependiendo de la separación de los cuadros de la maya. Los granos que pasen o se queden en el tamiz tienen sus características ya determinadas.

La granulometría permite estudiar y conocer el tamaño de las partículas y sedimentos presentes en una muestra, y medir la importancia que tendrán según la fracción de suelo que representen. (CONSTRUNEIC, 2022)

7.1.31. Ensayo de casa grande

Cuchara de Casagrande es un instrumento de medición utilizado en geotecnia o ingeniería civil, para determinar el límite líquido de una muestra de terreno. Es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil.

- Límite líquido: Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
- Límite de plástico: esta propiedad se mide en laboratorios mediante un procedimiento normalizado pero sencillo, consiste en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm, esto se realiza con una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta conseguir un cilindro de 3 mm, se recomienda realizar este procedimiento al menos 3 veces para disminuir los errores de interpretación o medición. (Cruz, 2025)

7.1.32. Prueba de Proctor

La prueba de Proctor es un ensayo utilizado en ingeniería civil, particularmente en la geotecnia, para determinar la relación óptima entre la humedad y la densidad en la que un suelo alcanza su máxima compactación. Este ensayo permite determinar la máxima densidad seca que puede alcanzar un suelo bajo condiciones controladas de humedad y compactación. Los resultados son clave para diseñar y controlar la compactación en la construcción de cimientos, pavimentos y otros proyectos donde el suelo es una base importante.

El propósito principal de la prueba es determinar el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca de un suelo, que son esenciales para alcanzar la máxima estabilidad y resistencia en obras de ingeniería. La prueba se realiza al someter el suelo a un proceso de compactación bajo diferentes niveles de humedad y se mide la densidad obtenida en cada caso. (Das, 2016)

7.1.33. Cartilla de Construcción de Nicaragua

Los deslizamientos de tierra son movimientos del suelo o roca que se desplazan por la pendiente del suelo, a lo largo de rutas específicas y originadas, ya sea por causas naturales o por la acción del ser humano.

7.1.34. Las causas naturales

- Por movimientos sísmicos
- Características del suelo que facilitan el deslizamiento.

7.1.35. Las causas humanas

- Deforestación y eliminación de la capa vegetal
- El uso de materiales pesados en la construcción de vivienda en suelos suaves con fuertes pendientes.
- Realización de cortes y excavaciones sin asesoramiento técnico.
- Ubicación de asentamiento humanos en terrenos de fuertes pendiente (55% o más) y con señales de antiguos deslizamiento.
- Construcción de viviendas sobre rellenos sin compactar ni consolidar.
- Falta de drenaje adecuado para las aguas pluviales y servidas.

- Vertido de aguas en las laderas sin control que ocasionan empapamiento e infiltración.

7.1.36. Medidas mínimas para definir un sitio de construcción en pendiente

Antes de comenzar a construir se debe de conocer el suelo en el lugar de la vivienda de la casa. Previamente, se debe consultar en la Alcaldía o investigar si existen problemas de derrumbes, grietas en el suelo o la existencia de ojo de agua, anegamiento o pequeños riachuelos. Por lo general, las áreas que pueden deslizarse presentan señales que fácilmente se pueden identificar, las más importantes son:

- Grietas y cárcavas en el suelo y en las rocas.
- Cortes elevados en la parte media o alta de laderas y cerros.
- Desplazamiento de elementos como árboles, postes, muros y cercas.
- Terrenos abultado o escalonado, indicando un posible deslizamiento en proceso o antiguo.
- Grietas en paredes y pisos de viviendas ubicadas sobre zonas de deslizamiento.
- Presencia de agua, manifestada en encharcamiento, vertientes, ojos de agua o filtraciones en la parte alta de montañas o cerros.

7.1.37. ¿Qué podemos hacer para contrarrestar los deslizamientos?

Podemos evitar que se presente o acelere la formación de un deslizamiento y contribuir con medidas simples y eficaces como:

7.1.37.1. Uso adecuado del suelo

- Consultar a técnicos sobre el uso del suelo antes de construir.
- Manejar correctamente las aguas pluviales y servidas.
- Evitar filtraciones de agua en laderas y descargas de aguas servidas.
- Construir obras menores como drenaje y zanjas para evacuar el agua.
- Sellar grietas con plástico negro para reducir filtraciones.
- Mantener vegetación para proteger el suelo y mejorar su estabilidad.
- No hacer cortes en laderas sin asegurarse de su resistencia.
- Evitar sumideros y excavaciones que debiliten la ladera.
- No usar explosivos en zonas propensas a deslizamientos.
- Revisar tuberías para evitar fugas de agua potables y aguas negras.

- No construir con materiales pesados en terrenos débiles.
- No hacer rellenos con basuras usar una mezcla de tierra y arena compacta.

7.1.37.2. Medidas básicas para reducir el daño por deslizamiento

- Identificar la base del estrato del suelo para determinar estabilidad.
- Construir en lugares sin filtraciones de agua en la base.
- Evitar terrenos con pendientes mayores al 40% para viviendas.
- Para reducir el efecto de los deslizamientos y su erosión natural cuando no están protegidos, se tienen tres casos muy utilizados de cómo construir en nuestro país. Esto se refiere a:

a) Caso 1: cuando estamos sobre la pendiente

- Uso de pilotes, se recomienda construir sobre pilotes de madera tratada o concreto armando sin mover la tierra para evitar debilitar la pendiente.
- Profundidad de pilotes, deben enterrarse al menos 50 cm o 100 cm si el suelo es arcilloso.
- Ejecutar escalones de piso, si no se pueden usar pilotes, se puede hacer cortes en la pendiente para reducir la cantidad de suelo excavado y mejorar la estabilidad.

Cuando se corta un talud o pendiente de un metro en la vertical, es importante proteger la zona para evitar la erosión con el tiempo. Este tipo de corte, especialmente en suelos como arcillas o limos finos, puede causar deslizamientos si no se toman medidas adecuadas.

b) Caso 2: Cuando estamos en la parte baja de la pendiente o talud.

Cuando se corta un talud, es importante realizar medidas preventivas para evitar la erosión con el tiempo. Si estamos en la parte baja, se recomienda retirarse del pie del talud a una distancia igual a la mitad de su altura. Por ejemplo, si el talud tiene una altura de 10 metros, nos retiramos 5 metros. También se puede proteger el área con pilotes, tablas y un sistema de drenaje.

c) Caso 3: Cuando estamos en la parte superior del talud.

Si el talud está en la parte superior, se deben realizar trabajos de estabilización y alejarnos al menos 10 metros de la cresta para garantizar la seguridad. Si el talud tiene una altura de 10 metros, nos alejamos 16 metros. (MTI, 2011)

7.2. Análisis de estudios

Según el estudio de Frank Britton y Erik Álvarez en el barrio San Pedro sector Cristo Vive de la ciudad de Bluefields se determinaron que en el sector predomina las viviendas construidas con madera, a esto se debe sumar que a la hora de construirlas no se hace conforme a las técnicas y procedimientos adecuados, además que la falta de mantenimiento en ellas hace que sean vulnerables a ser colapsadas o derrumbadas cuando ocurran un deslizamiento. (Britton Nelson & Álvarez Salazar, 2023)

Cabe resaltar que en este mismo estudio se realizó un plan de reducción de riesgos y vulnerabilidad propuesto abarca una amplia gama de acciones destinadas a abordar los riesgos identificados y fortalecer la resiliencia de la comunidad. Desde mejoras en infraestructuras de drenaje y estabilización de suelos hasta programas de reforestación y regulación del uso del suelo. (Britton Nelson & Álvarez Salazar, 2023).

El sistema constructivo de las viviendas y la ubicación que se encuentra son factores trascendentales para determinar el grado de afectación que tendrían en un evento de deslizamiento, en la Cartilla de la Construcción de Nicaragua manifiesta que una de las medidas mínimas para contrarrestar los deslizamientos es el uso adecuado del suelo y tomar en cuenta las medidas básicas como sistema constructivo, ubicación entre otros para reducir el daño por deslizamiento. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2011).

Construir en lugares propenso a deslizamiento puede causar daños graves o incluso la destrucción completa de viviendas, edificios y estructuras. Esto da lugar a pérdidas económicas considerables para los propietarios y las comunidades afectadas. Los residentes atrapados en zonas de deslizamientos o áreas cercanas pueden resultar heridos o perder la vida debido a la velocidad y la fuerza del deslizamiento.

Otra de las consecuencias es que algunos de ellos afectan a las carreteras, vías férreas y otras rutas de transporte, dificultando la movilidad y el acceso a las áreas afectadas.

Los deslizamientos de tierra pueden represar ríos o arroyos, lo que lleva a la acumulación de agua. Cuando estos represamientos ceden, provocan inundaciones repentinas aguas abajo, aumentando aún más el riesgo para las personas y las propiedades.

En algunos casos, los deslizamientos de tierra pueden hacer que las personas se vean obligadas a abandonar sus hogares y comunidades debido a la inseguridad en el área afectada. Esto puede tener efectos devastadores en la vida de las personas y sus relaciones sociales. (Portillo German, 2023)

7.3. Reflexiones finales

En un análisis de vulnerabilidad de viviendas ante el embate de un fenómeno como deslizamiento se debe tomar en cuenta factores como el sistema constructivo de la vivienda, la ubicación, el tipo de suelo, el uso de suelo, y las personas que viven en el lugar.

La urbanización no planificada puede derribar en construir en lugares que no son propios para ello, generando problemas de corto a largo plazo. A esto se le suma que se realizan edificaciones que no cumplen con las normas de construcciones nacionales e internacionales.

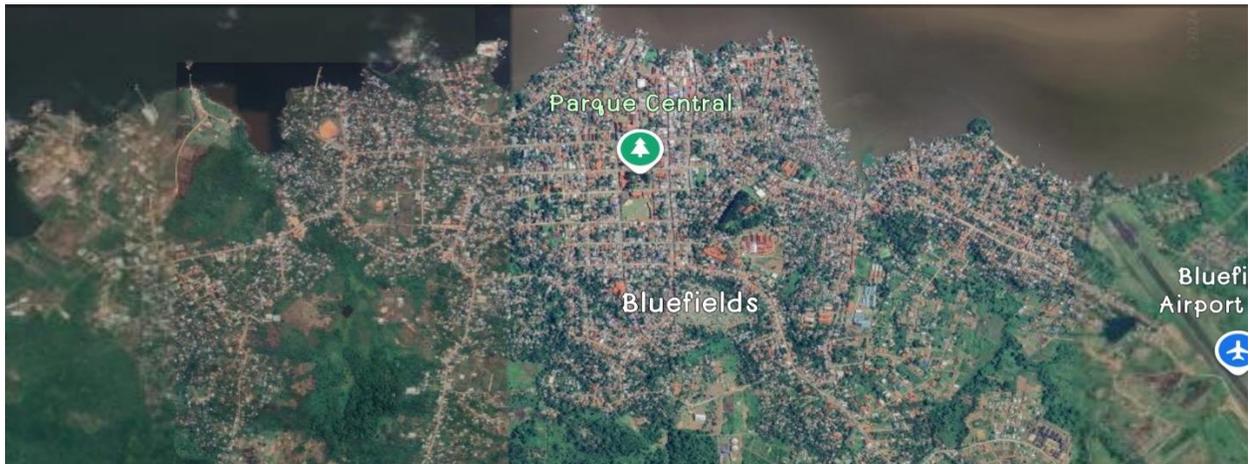
La falta de información y capacitación de saber qué hacer ante una eventualidad como un deslizamiento, puede provocar que algunas personas sean afectadas y perjudicadas mortalmente, por ello es importante siempre preparar a las familias para que estas, puedan enfrentar de manera exitosa estas eventualidades, y no dejan ninguna vida humana.

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Área de localización del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el barrio Loma Fresca de Bluefields sector 4 de la ciudad de Bluefields en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS). Los límites del barrio Loma Fresca son: Norte Distrito Naval, al Sur con el barrio Pancasan, al Este la bahía de Bluefields, y al Oeste el barrio 19 de Julio, con una población de 998, (novecientas noventa y ocho personas) (R.Garcia, 2023)

Figura 1. *Mapa de macro localización de Bluefields.*



Nota: (Google Earth, 2024)

Figura 2. *Mapa de micro localización del Barrio Loma Fresca Bluefields*



Nota: (Google Earth, 2024)

8.2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período

El estudio que se presenta es de carácter correlacional, ya que busca establecer la relación entre diversos factores ambientales y las condiciones del suelo en la zona de estudio. Mediante la recolección de datos y la aplicación de diagnóstico, se pretende demostrar como el aumento de la explotación de materiales y la saturación de humedad en los suelos arcilloso influyen en el riesgo de deslizamiento de tierra, afectando a la población residente.

8.3. Población, muestra

8.3.1. Tipo de muestra y muestreo

La población de esta investigación son 836 viviendas, siendo la muestra 34 viviendas, estas se eligieron por conveniencia, toman en cuenta las viviendas que pueden verse afectadas por un deslizamiento.

8.3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación

8.3.2.1. Método de la observación

Este método será fundamental en el momento de la recolección de la información, ya que a través de esta se pudo evaluar de manera objetiva las condiciones del lugar de estudio, los puntos críticos, identificar el tipo de estructura de las viviendas, así como identificar los niveles de vulnerabilidad ya sean altos, medios o bajos, adjuntando evidencias fotográficas.

8.3.2.2. Método bibliográfico

Este método se empleó para la obtención de información, conceptos, técnicas y procedimientos que se lleven a cabo al momento de una evacuación en caso de fenómenos naturales.

8.3.2.3. Visita en sitio

Se visito el lugar de estudio para realizar las encuestas y entrevistas a los pobladores y representantes del sector, de tal manera poder recolectar información que sirva para el análisis físico estructural de las viviendas.

8.4. Diseño

8.4.1. Recolección de datos

8.4.1.1. Encuesta

Esta se realizó a los habitantes del barrio Loma Fresca sector 4 que se encuentran amenazada ante los deslizamientos para obtener información que será de utilidad para la realización de recopilación de datos y diagnóstico con las cuales se lograran resultados más precisos.

8.4.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento se hizo con GPS planificando primeramente el área de estudio e identificando los puntos de interés. Luego se georreferencio las coordenadas de esos puntos asegurando lecturas precisas. Se levantaron varios puntos en la zona. Por último, se realizó un plano de curvas de nivel con los datos obtenidos en el levantamiento y con los softwares de Civil CAD y Google Earth Pro.

8.4.1.3. Elaboración de mapas de riesgos y vulnerabilidad

La elaboración de mapas de riesgo y vulnerabilidad se realizó mediante el software QGIS. Primero se recopiló información sobre la estructura y características del lugar. Luego se hizo un levantamiento con GPS para obtener un mapa base georreferencia, posteriormente, se identificó el riesgo (deslizamiento) y se evaluó la vulnerabilidad de la población y las infraestructuras. Los datos se procesaron en software QGIS para generar mapas que muestre las zonas más críticas.

8.4.1.4. Ensayos de suelos

8.4.1.4.1. Exploración, muestreo y contenido de humedad de los suelos

La práctica consistirá en la realización de un sondeo manual de 1,50 metros de profundidad, además se obtendrán muestras alteradas que serán clasificadas en el campo con la vista y tacto:

Material y equipo:

- Pala
- Barra
- Posteadora
- Palín doble
- Balanza de 0,1 gr de sensibilidad
- Tara para humedad

- Horno
- Bolsas plásticas, tarjetas para identificar las muestras.

Procedimiento sondeo manual

- Localizar el sitio donde se realizará la excavación.
- Limpiar la superficie del terreno con una pala, retirar la materia orgánica superficial si es necesario.
- Definir el área de la excavación (rectangular o elíptica), la cual estará en dependencia del equipo a utilizar.
- Realizar la excavación, inicialmente se utilizará la barra y la pala. A medida que se profundiza se puede ir utilizando el resto del equipo (palín doble, posteadora, etc.) en dependencia del tipo de suelo que se encuentre que facilite el trabajo de excavación. A medida que avanza la excavación se debe ir observando la variación de los estratos, considerando básicamente el tamaño de las partículas y el color, los distintos estratos que se obtengan se deben colocar a un lado de la excavación separado entre sí y en el orden que se van obteniendo.
- Cuando se llegue a la profundidad proyectada (1,5 mts), se procede a la descripción de los suelos que corresponden a cada estrato. Luego se muestrea cada estrato por separado, esto consiste en colocar suficiente cantidad de material de cada estrato en bolsas de plástico con su correspondiente tarjeta que identifica a cada muestra y posteriormente trasladarla al laboratorio.
- Cerrar la excavación con el material antes extraído, de tal manera que se coloque el suelo a como estaba en su estado natural o sea depositando el suelo en orden inverso a como se extrajo.

Procedimiento para contenido de humedad

- Tomar una muestra representativa del estrato a evaluar.
- Obtener el peso húmedo de la muestra.

- Colocar la muestra en una tara y depositarlo en el horno hasta obtener peso constante. Temperatura del horno: 105 °C al 115 °C. - Tiempo de la muestra en el horno: de 12 a 24 horas.
- Retirar la muestra del horno, dejarla enfriar y determinar su peso seco.

Figura 3. Ecuación para determinar el porcentaje de humedad

$$\% \text{ de humedad} = \left(\frac{\text{peso de la muestra húmeda} - \text{peso de la muestra seca}}{\text{peso de la muestra seca}} \right) 100$$

8.4.1.4.2. Análisis granulométrico de los suelos (Método Mecánico), (ASTM D-422; AASHTO T 27-88).

Equipos a utilizar

- Juego de tamices 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No. 10, No. 40, No. 200, tapa y fondo.
- Balanza de 0,1 gr de sensibilidad.
- Mortero con su pistón.
- Horno con temperatura constante de 100-110 °C.
- Taras

Procedimiento

a) Material mayor que el tamiz No.4

- El material se pasa a través de los tamices 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No. 4 y fondo, realizando movimientos horizontales y verticales.
- Pesar las fracciones retenidas en cada tamiz y anótela en el registro correspondiente.

b) Material menor que el tamiz No.4

- Ponga a secar la muestra en el horno a una temperatura de 105 a 110 °C por un periodo de tiempo de 12 a 24 horas.
- Deje enfriar la muestra a temperatura ambiente y pese la cantidad requerida para realizar el ensayo. Por tanto: si el suelo es arenoso se utiliza aproximadamente 200 grs, pero si el suelo es arcilloso se utiliza aproximadamente 150 grs.

- Se debe disgregar los grumos (terrones) del material con un pistón de madera para evitar el rompimiento de los grumos.
- Coloque la muestra en una tara, agréguele agua y déjela remojar hasta que se puedan deshacer completamente los grumos.
- Se vacía el contenido de la tara sobre el tamiz No. 200 con cuidado y con la ayuda de agua, lave lo mejor posible el suelo para que todos los finos pasen por el tamiz. El material que pasa a través del tamiz No. 200, se analizara por otros métodos en caso que sea necesario.
- El material retenido en el tamiz No. 200 después de lavado, se coloca en una tara, lavando el tamiz con agua. 7- Se seca el contenido de la tara en el horno a una temperatura de 100-110 °C por 24 horas.
- Con el material seco en el paso anterior se coloca el juego de tamices en orden progresivo. Por ejemplo: No.4, No.10, No.40, No.200 y al final el fondo, vaciando el material previamente pesado.
- Se agita el juego de tamices horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes secos de vez en cuando. El tiempo de agitación depende de la cantidad de finos de la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos.
- Inmediatamente realizado el paso anterior pese las fracciones retenidas en cada tamiz y anótela en el registro correspondiente.

8.4.1.4.2.1. Análisis y presentación de datos

En el análisis por tamices se obtienen los resultados de pesos parciales retenidos en cada uno de ellos. Luego se calcula los porcentajes retenidos parciales, los porcentajes acumulativos y los porcentajes que pasan por cada tamiz. Además, es conveniente presentar resultados en forma gráfica que tabular. La presentación grafica se efectúa por medio de la curva granulométrica; que no es más que los porcentajes que pasa por cada tamiz, esta curva se grafica en papel semilogarítmico.

8.4.1.4.3. Determinación de los límites de consistencia o de Atterberg de los suelos, (ASTM D 4318, AASHTO T 89-90 y T 90-87).

Equipo a utilizar

- Arturo Casagrande, incluye la solera plana y el ranurador trapezoidal.

- Tamiz No. 30.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno con temperatura constante de 100 a 110 °C.
- Taras con su tapa

Procedimiento

El ensayo de consistencia se hace solamente con la fracción de suelo que pasa por el tamiz No. 30.

- Después de secada la muestra de suelo, se criba a través del tamiz No. 30 desechándose el que quede retenido.
- Antes de utilizar la “Copa de Casagrande”, debe ser ajustada (calibrada), para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm, exactamente.
- Del material que paso por el tamiz No. 30 se toman aproximadamente unos 100 gr y se colocan en una capsula de porcelana con una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
- Parte de esta mezcla se coloca con la espátula en la copa de Casagrande formando una torta alisada de un espesor de 1 cm, en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.
- El suelo colocado en la Copa de Casagrande se divide en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la copa. Para suelos arcillosos con poco o ningún contenido de arena hágase la ranura con un movimiento suave y continuo.
- Después de asegurarse de que la copa y la base están limpias y secas se da vuelta a la manija de “Aparato de Casagrande”, uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm. Si la ranura se cierra antes de los 10 golpes se saca el material y se vuelve a mezclar, repitiendo los pasos 4, 5 y 6
- Después que el suelo se ha unido en la parte inferior de la ranura, se toman aproximadamente unos 10 gr del suelo se anota su peso húmedo, el No de golpes obtenidos y se determina el peso seco.

- Repita los pasos 2,4,5,6 y 7 con el propósito de obtener puntos menores de 25 golpes y mayores de 25 golpes.
- Determine el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes y se construye la curva de fluidez en papel semi-logarítmico.
- El límite líquido define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponda a 25 golpes.

8.4.1.4.3.1. Determinación de límite plástico (LP)

El límite plástico se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje, cuando comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente.

Equipo

- Vidrio esmerilado o papel absorbente.
- Taras.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno con temperatura constante de 100 a 110 °C.

Procedimiento

- Se toma aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en límite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cercana a la humedad óptima, amáselo con la mano y ruédelo sobre una superficie limpia y lisa, como una hoja de papel o un vidrio hasta formar un cilindro de 3 mm, de diámetro y de 15 a 20 cm de largo.
- Se amasa la tira y se vuelve a rodar, repitiendo la operación tantas veces como se necesite para reducir gradualmente la humedad por evaporación hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
- El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3 mm de diámetro.
- Inmediatamente se divide en proporciones y se ponen los pedazos en dos taras.
- Se pesan en la balanza de 0.01 gr y se registra su peso.

- Se introduce la muestra en el horno por un periodo aproximado de 12 a 24 horas y se determina su peso seco.
- Con los datos anteriores se calcula el contenido de agua en porcentaje. Si la diferencia de los dos en porcentaje no es mayor que 2% se promedian y en caso contrario se repite el ensayo.
- El promedio es el valor es el valor en porcentaje de Límite Plástico.

8.4.1.4.4. Prueba de compactación de suelos “proctor estándar”, (ASTMD698-91, AASHTO T 99-90).

Equipo a utilizar

- Un molde de compactación, constituido por un cilindro metálico de 4” de diámetro interior por 4 ½” de altura y de 4” de diámetro interior.

Equipo para realizar proctor estándar.

- Una regla metálica con arista cortante de 25 cm de largo.
- Una balanza de 3 kg de capacidad y 0.01 gr de sensibilidad.
- Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100-110 °C.
- Probetas graduadas de 1000 ml.
- Tara para determinar humedad

Procedimiento

- Se obtiene por cuarteo una muestra representativa previamente secada al sol y que según el método a usarse puede ser de 3, 75 y 12 kilogramos.
- De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor de 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
- Se mezcla completamente el material tratando que el agua agregada se distribuya uniformemente.
- La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en tres capas, llenándose en cada capa aproximadamente 1/3 de su altura y se compacta cada capa de la siguiente forma: se coloca el cilindro en el equipo y se ajustan los tornillos que lo sujetan, posteriormente en

la pantalla del equipo se digita la cantidad de golpes que se le dará y la altura de caída. El aparato se encargará de dar los golpes y distribuirlos.

- Al terminar la compactación de las tres capas, se retira la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
- Se limpia exteriormente el cilindro y se saca todo el material compactado, luego se pesa obteniéndose de esa manera el peso del material. De esto se toma aproximadamente 100 gr de la parte central (núcleo) se deposita en una tara y se pesa.
- Deposite el material en el horno a una temperatura de 100 a 110 °C por un periodo de 12 a 24 horas, transcurrido este periodo determínese el peso seco del material.
- Repítase los pasos del 2 al 7 hasta obtener un numero de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima. (UNAN, 2024)

8.4.1.5. Análisis de matriz

Para realizar el análisis de peligro que tiene cada vivienda primeramente se hizo evaluando la escala de probabilidad (del 1 al 5) de las siguientes variables:

- **Pendiente del terreno:** se pondrá 1 es muy baja y 5 cuando sea alta.
- **Tipo de suelo:** 1 si es estable y 5 si es inestable.
- **Usos del suelo (urbanizado):** se colocará 1 si es urbano y 5 si no lo es.
- **Vegetación (presencia):** se pondrá 1 si es alta y 5 si es nula.
- **Lluvias o precipitaciones:** se colocará 1 si es seco y 5 si es muy lluvioso.
- **Erosión del suelo:** se pondrá 1 si es baja y 5 si es alta.
- **Historia de deslizamiento:** 1 si no ocurrido y 5 si es frecuente.
- **Tipo de construcción de la vivienda:** se colocará 1 si es sólida y 5 si es débil.
- **Acceso a rutas de evacuación:** 1 si es muy bueno y 5 si es nula.
- **Ubicación relativa (cerca de la ladera):** 1 si es muy lejos y 5 si es cerca.

Luego se analizo la escala de impacto la cual va estar entre el 1 (siendo el bajo) y el 5 (el más alto) de las variables antemencionadas, tomando en cuenta el daño o peligro que implicaría dichas variables a la hora de un probable deslizamiento sobre la vivienda.

Por último, se determinó el riesgo multiplicando la escala de probabilidad y la escala de impacto el nivel de riesgo se va a valorar según el resultado del siguiente cuadro:

Tabla 2. *Rango de vulnerabilidad*

Rango de Puntaje Total	Clasificación de Riesgo	Descripción	Color
1 – 25	Riesgo Bajo	El peligro es bajo, y las viviendas no presentan riesgos importantes de deslizamiento.	Verde
26 – 50	Riesgo Moderado	El peligro es moderado. Se recomienda monitoreo y medidas preventivas.	Amarillo
51 – 75	Riesgo Alto	El peligro es alto. Se necesitan medidas urgentes de mitigación.	Naranja
76 – 100	Riesgo Muy Alto	El riesgo es extremadamente alto. Requiere intervención inmediata, y podrían ser necesarias medidas drásticas, como la reubicación.	Rojo

8.4.2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

Los instrumentos que se ocuparon en la investigación serán la aplicación de encuestas, levantamiento con GPS de alta precisión y la utilización del software de dibujo AutoCAD. Las encuestas se realizaron por medio de una serie de preguntas cerradas las cuales se van a referir a las características que tienen las viviendas del barrio Loma Fresca sector 4, estas serán preferiblemente aplicadas a los jefes de familias, ya que son las personas que pueden tener la información más confiable.

El levantamiento con GPS se realizó con instrumento de alta precisión con el fin que las coordenadas que se obtengan de cada vivienda sean las más creíbles posibles. El software de AutoCAD se trata de una potente herramienta con mucha capacidad de edición que permite dibujos en 2D y modelado en 3D por ello es considerado el software de referencia para estudios de diseño y arquitectura. Con lo expresado anteriormente se pueden confirmar que los instrumentos que se ocuparon tuvieron validez en los resultados que se obtuvieron.

8.5. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variable

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Técnica e instrumento de medición
Sistema constructivo	Tipos de materiales empleados para la construcción de las viviendas	Viviendas familiares del casco urbano	Madera Concreto Mampostería Confinada	Material predominante en el sistema constructivo	Observación directa / Ficha de caracterización
Amenaza de deslizamiento	Es cuando un lugar puede estar expuesta a movimientos del material superficial de la corteza terrestre afectando a las personas alrededores.	Riesgo Bajo Riesgo Moderado Riesgo Alto Riesgo Muy Alto	Factor de susceptibilidad y de magnitud (Intensidad)	Puntuación de 1 a 100 puntos	Observación directa, Consulta bibliográfica, entrevistas, Levantamiento, ensayos de suelos, Modelamiento SIG
Mapa de riesgos	Son representaciones cartográficas que permiten visualizar la distribución de determinados riesgos de desastres en un territorio específico.	Riesgo Bajo Riesgo Medio Riesgo Alto Riesgos Muy Alto	Variabilidad espacio-temporal Amenaza Factores de Vulnerabilidad	Mapa	Software de dibujo Modelamiento SIG
Mapa de vulnerabilidad	Es un mapa que pretende establecer la distribución espacial o geográfica de la predisposición o susceptibilidad física económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada en caso de que una amenaza se manifieste.	Vulnerabilidad alta Vulnerabilidad media Vulnerabilidad baja	Indicadores socioeconómicos Situación de riesgos	Mapa	Software de dibujo Modelamiento SIG

8.6. Análisis de datos

Para realizar la georreferencia de las viviendas en el área de estudio, se utilizó un sistema de posicionamiento global GPS, con esta herramienta, se procedió a identificar y mapear las características claves de la zona, como la ubicación de las viviendas, y los riesgos asociados ante los deslizamientos, y la accesibilidad a los diferentes puntos del sector.

Además, se realizó un análisis exhaustivo de los sistemas constructivos de las viviendas, los grupos de población expuesto al riesgo y la vulnerabilidad específica en ciertos grupos, como adultos mayores o niños. Así mismo se evaluó la infraestructura disponible y las rutas de evacuación existente, para así determinar las posibles mejoras y recomendaciones en función de la seguridad y el bienestar de los pobladores.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Resultados

9.1.1. Caracterización de viviendas

Tabla 4. Datos de la cantidad de habitantes en riesgos

Edad	Cantidad
Niñas de 0 a 5 años	12
Niños de 0 a 5 años	10
Masculinos	24
Femeninos	41
Embarazadas	1
Persona de tercera edad	7
Total	94

Figura 4. Grafica de los diferentes grupos vulnerables ante un deslizamiento de tierra

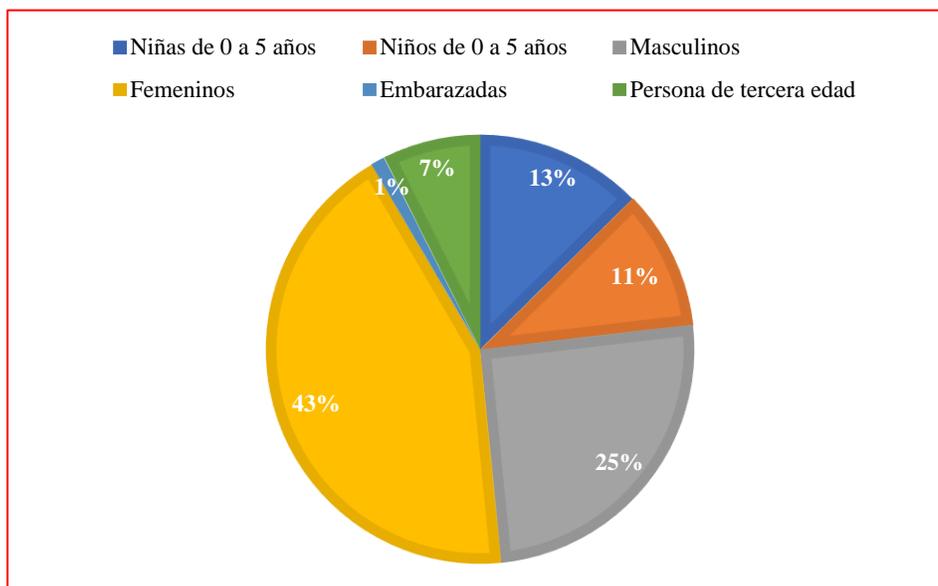


Tabla 5. *Tipología de las viviendas*

Sistema constructivo de vivienda	Cantidad
Pared de madera con techo zinc ondulado	23
Pared de concreto con techo zinc ondulado	3
Estructura mixta de concreto y madera	8
Total	34

Figura 5. *Grafica de los tipos de estructuras de las viviendas*

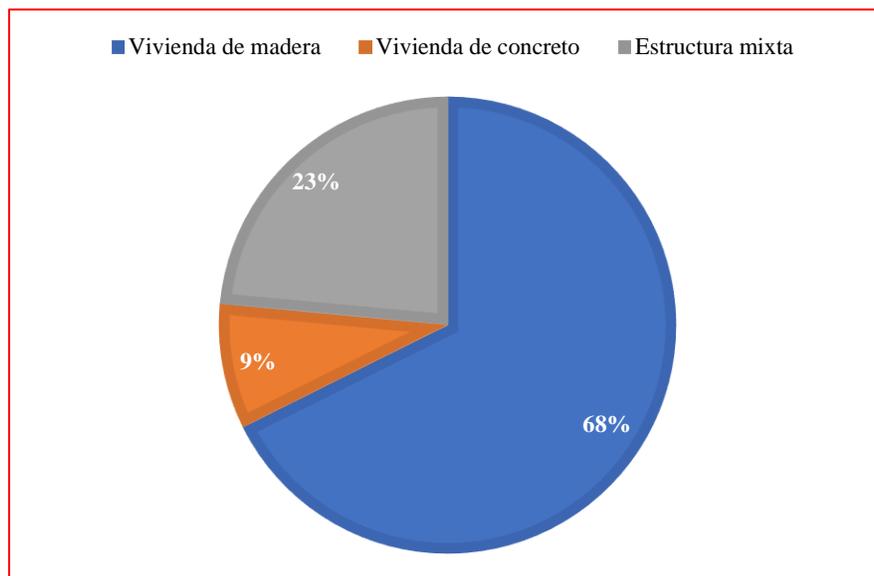


Tabla 6. *Calidad estructural de las viviendas*

Calidad	Cantidad
Bueno	5
Regular	18
Malo	10
Muy malo	1
Total	34

Figura 6. Grafica de la estabilidad estructural de las viviendas

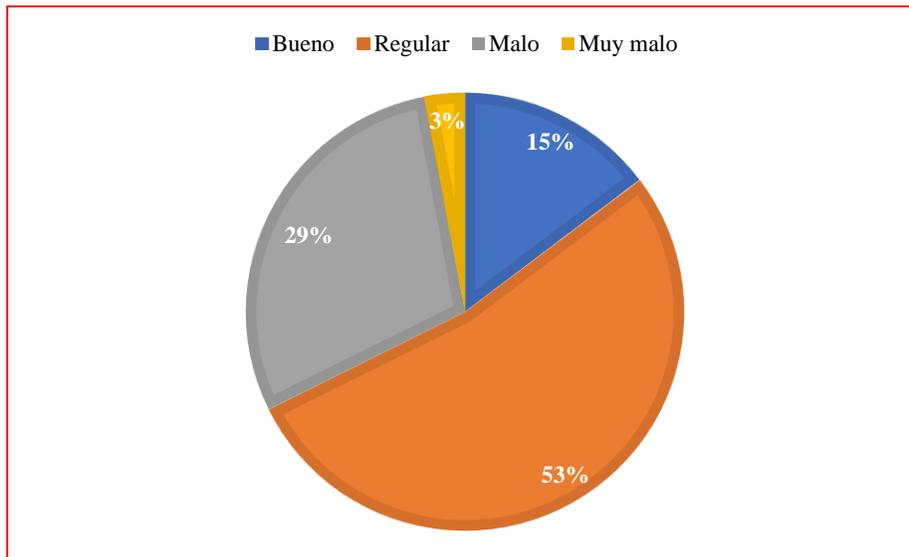


Tabla 7. Elevación de las viviendas sobre el suelo

Elevación de las viviendas sobre el suelo	Cantidad
Elevadas sobre pilotes de madera	24
Elevadas sobre pilotes de concreto	2
Sin elevar	8
Total	34

Figura 7. Grafica de la altura de las viviendas sobre el suelo

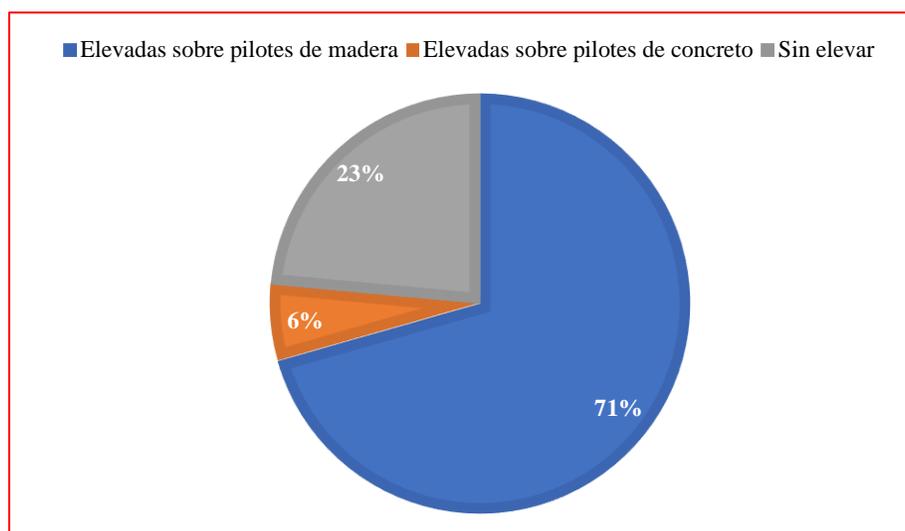


Tabla 8. *Vía de acceso hacia las viviendas*

Tipos de acceso	Cantidad
Anden	11
Calle pavimentada	0
Callejón sin pavimentar	10
Calle no pavimentada	13
Total	24

Figura 8. *Grafica de tipos de acceso de las viviendas*

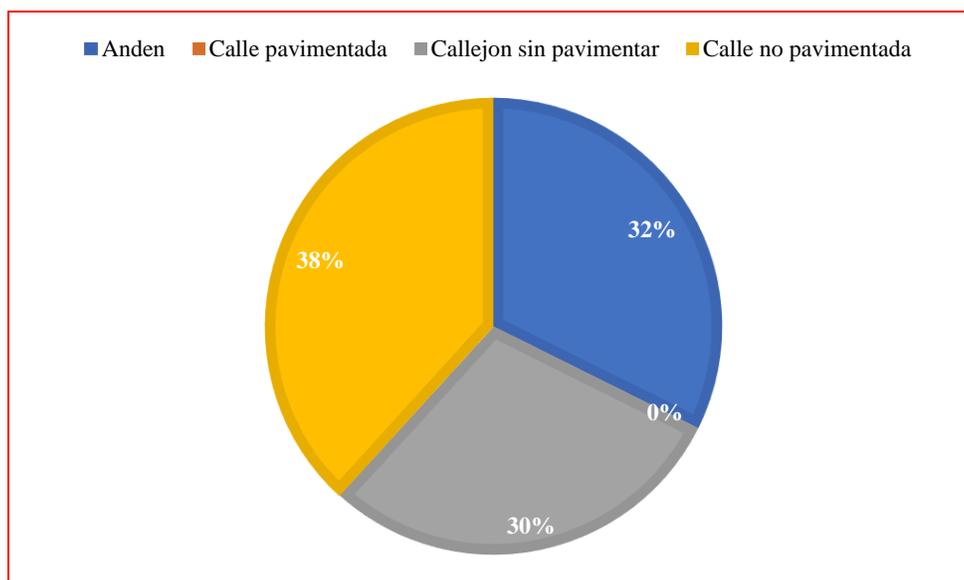


Tabla 9. *Servicios sanitarios de las viviendas*

Servicios sanitarios	Cantidad
Tanque Séptico	5
No cuenta con ninguno de los servicios	4
Letrina	25
Total	34

Figura 9. Grafica de los servicios sanitarios que ocupan los habitantes

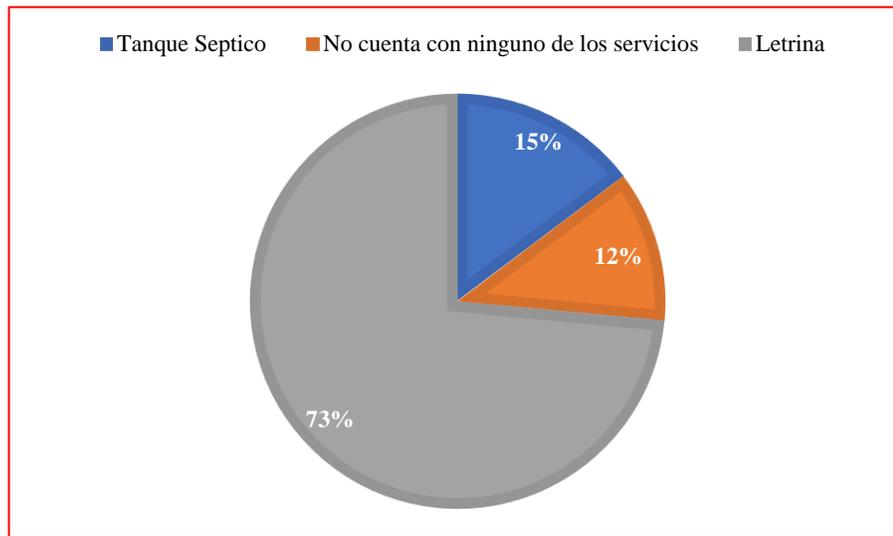
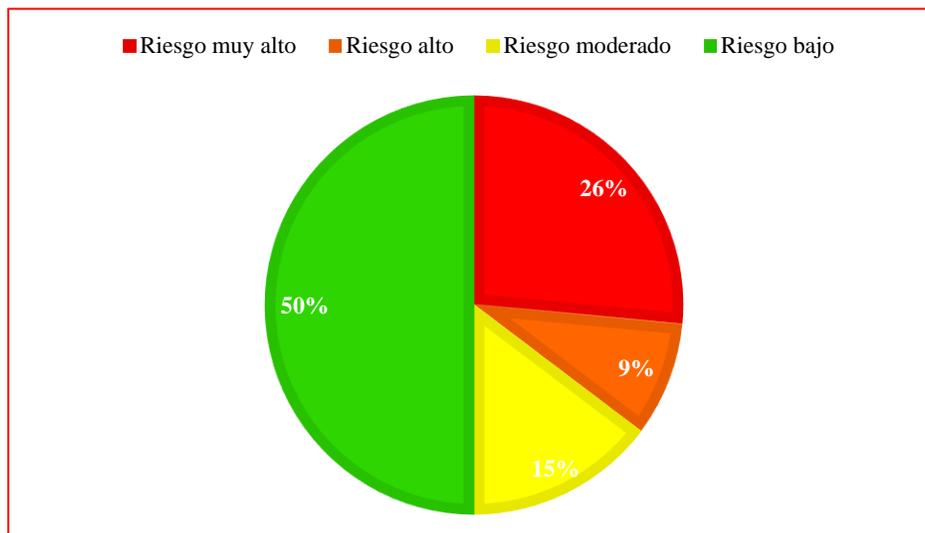


Tabla 10. Rango de vulnerabilidad

Rango de Vulnerabilidad		Cant.
76-100	Riesgo muy alto	9
51-75	Riesgo alto	3
26-50	Riesgo moderado	5
0-25	Riesgo bajo	17

Figura 10. Vulnerabilidad de las viviendas



Para evaluar el grado de vulnerabilidad de las viviendas en el barrio Loma Fresca sector 4 se recurrió a la recopilación de datos sobre la vulnerabilidad ante deslizamiento, mediante la aplicación de instrumentos. Una vez obtenida la información se procesó en el programa Excel, siendo la base para su análisis posterior y como insumo para completar la matriz de evaluación de la vulnerabilidad, obteniendo los siguientes resultados:

En el resultado de evaluación de vulnerabilidad estructural de las viviendas ante deslizamiento de tierra en el barrio Loma Fresca sector 4, se identificaron 9 viviendas que corresponde al 26% en la categoría de riesgo muy alto. De estas una es de estructura mixta de madera y concreto, y ocho son de madera, estas viviendas se encuentran construidas directamente sobre suelo de sedimentos, lo que agrava su vulnerabilidad.

Los sedimentos en esta zona son materiales pocos consolidados, altamente susceptibles a la erosión y a la pérdida de estabilidad ante lluvia; además se identificó que estas viviendas se encuentran en una zona baja que ha sufrido deslizamiento previo, lo que incrementa el riesgo de nuevos deslizamientos. Un problema crítico es que el suelo de sedimentos no ofrece una base firme para soportar estructuras.

Adicionalmente, un aspecto crítico identificado en esta zona es el incumplimiento de la cartilla de construcción en lo referente a la distancia mínima entre edificaciones y la inclinación del terreno, en esta área de alto riesgo, se observó que las viviendas están construidas sin respetar la distancia de seguridad entre sí, lo que incrementa la carga sobre el suelo y contribuye a las inestabilidades del terreno, dado que la combinación de estos factores representa un riesgo inminente, se recomienda la reubicación de estas viviendas a áreas más seguras.

De igual manera, estas viviendas están construidas sin la adecuación de control de erosión ni sistema de drenaje que permite reducir la afectación por escorrentía de aguas pluviales.

En el nivel de riesgo alto, se encontraron 3 viviendas que corresponde al 9% de las cuales la mayoría son viviendas de madera. Estas viviendas están ubicadas en una zona de alto riesgo, con características geográficas que las hacen más susceptibles a deslizamiento debido a la pendiente e inestabilidad del terreno.

En el riesgo moderado son 5 viviendas que corresponde al 15 %, de las cuales dos son de estructura mixta de madera y concreto, y tres viviendas completamente de madera; estas viviendas se

encuentras en una zona más estable lo que implica un menor riesgo de deslizamiento, aunque aún se debe estar alerta ante posibles eventos extremos.

Por último, un total de 17 viviendas se encuentran en la categoría de riesgo bajo, representando el 50%, de estas, tres viviendas son de concreto y catorce de madera. Las viviendas en esta categoría están situadas en un terreno firme, lo que los coloca fuera de peligro inmediato.

9.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo utilizando un equipo GPS de alta precisión, que permitió la obtención de coordenadas geográficas y elevación de manera exacta. El proceso se desarrolló de la siguiente manera:

Se establecieron puntos de medición a intervalos de 10 metros aproximadamente a lo largo de toda la zona de estudio, cubriendo tanto punto bajo, medios y altos. Los puntos bajos fueron seleccionados para identificar las áreas de mayor depresión en el terreno, mientras que los puntos altos fueron determinados para obtener las cotas de las elevaciones máximas del área de estudio. El GPS fue utilizado para registrar las coordenadas UTM, X (Este), Y (Norte) y las elevaciones de cada punto. Cabe resaltar que todos los puntos fueron verificados en el software de Google Earth Pro.

Se levantaron un total de 327 puntos (ver anexos tabla 13) en donde se pueden ver que la zona más alta es de 42 m y la baja 27 m (ver plano de curvas de nivel), dando una diferencia de 15 metros de altura en una longitud de más de 100 metros. El área de estudio comprende un área aproximada de 16.50 hectáreas, donde el punto más alto esta la calle de accesibilidad al sector.

9.1.3. Caracterización del suelo

Se realizaron tres calicatas, cada una con una profundidad de 1 metro, ubicadas estratégicamente alrededor del área en los puntos más bajo, medios y altos de la zona, donde se desarrolló el deslizamiento. Estas calicatas se ejecutaron con el fin de obtener información representativa del subsuelo en distintas elevaciones, permitiendo así una mejor comprensión de las condiciones geotécnicas en diferentes áreas del terreno.

Figura 11. *Ubicación de las calicatas*



Nota: (Google Earth, 2024)

Figura 12. *Excavación de la primera calicata*



Coordenadas	
X	0197754
Y	1331189
Altitud	38 m

Profundidad	1m
--------------------	----

Figura 13. *Excavación de la segunda calicata*



Coordenadas	
X	0197796
Y	1331222
Altitud	34 m

Profundidad	1m
--------------------	----

Figura 14. *Excavación de la tercera calicata*



Coordenadas	
X	0197783
Y	1331217
Altitud	28 m

Profundidad	1m
--------------------	----

9.1.3.1. Ensayos de laboratorios a las muestras de suelos

9.1.3.1.1. Exploración, muestreo y contenido de humedad de los suelos

Tabla 11. Resultados de contenido de humedad de los suelos en las calicatas realizadas

Muestras	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
Profu. Muestra	0- 1 metro	0- 1 metro	0- 1 metro
Cod. Tara	M1	M2	M2
Masa tara	80	80	122
MH + tara	280	278	328
MS + tara	202	212	274
MH	200	198	206
MS	122	118	152
Cont. de humedad (%)	63.93	67.80	35.53

Nota: *Elaboración propia*

Los resultados de los ensayos de contenido de humedad de las tres calicatas muestran variaciones importantes en la retención de agua del suelo. La calicata 1 presenta un contenido de humedad del 63.93%, indicando que el suelo tiene una alta retención de agua, lo que podría hacerlo susceptible a deformaciones o deslizamiento en condiciones de humedad elevada. La calicata 2, con un contenido o de humedad del 67.80%, muestra una mayor saturación de agua, lo que sugiere una mayor plasticidad y un mayor riesgo de inestabilidad bajo condiciones de lluvia continuas. Por último, la calicata 3 tiene un contenido de humedad del 35.53%, lo que indica que este suelo es menos húmedo y, por lo tanto, más estable en comparación con las otras dos muestras, con menor riesgo de deslizamientos debido a la menor retención del agua.

Figura 16. Resultados del ensayo granulométrico de la muestra 2.

BLUEFIELDS INDIAN AND CARIBBEAN UNIVERSITY							
BICU							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
CARRERA:	INGENIERIA CIVIL		PROPOSITO:		MONOGRAFIA		
ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS						
NORMA:	ASTM D 422			CÓDIGO:	BF-25		
BANCO:	Municipio de Bluefields						
Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO		Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
		A-1-B (Fragmento de roca, grava y arena)		Miercoles, 05/01/2025	2	2	
Masa de la muestra inicial húmeda (g): (MMIH)		2000.00		Masa inicial seca, corregida (g)		1354.17	
Masa de la muestra lavada (g):		388.00		Masa de tara (g):	80.00	Cód. de tara: M1	
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):		966.17		Masa húmeda + tara (g):		656.00	
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):		4.00		Masa seca + tara (g):		470.00	
Masa total, menor de 0.075 mm (g):		970.17		% de humedad:		47.69	
Tamiz Estandar	Abertura Estandar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100	100	100
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100	100	100
3/4"	19.000	44	3.25	3.25	97	100	100
Nº 4	4.750	116	8.57	11.82	88	30	70
Nº 10	2.000	56.00	4.14	15.95	84	15	50
Nº 40	0.425	64	4.73	20.68	79	8	35
Nº 200	0.075	104	7.68	28.36	72	0	15
FONDO		4	71.64	100.00	0	OK	
		388.00	100.00				
		388.00					
PARÁMETROS DE GRADUACIÓN							
TAMAÑO MÁXIMO:		50.000					
GRADUACIÓN:		No Evaluar Graduación					
	D(10)	0.000 mm					
	D(30)	0.000 mm					
	D(60)	0.000 mm					
	Cu = D60/D10						
	Cc = (D30) ² / D60 x D10						

Técnicos de laboratorio:	Br. Belia Darking & Br. Francisco Acevedo
Revisó:	MSc. Julio Arauz Urbina

Figura 17. Resultados del ensayo granulométrico de la muestra 3.

BLUEFIELDS INDIAN AND CARIBBEAN UNIVERSITY							
BICU							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
CARRERA:	INGENIERIA CIVIL		PROPOSITO:	MONOGRAFIA			
ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS						
NORMA:	ASTM D 422			CÓDIGO:	BF-25		
BANCO:	Municipio de Bluefields						

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
	A-1-B (Fragmento de roca, grava y arena)	Miercoles, 05/01/2025	3	3

Masa de la muestra inicial húmeda (g): (MMIH)	2000.00	Masa inicial seca, corregida (g)	1664.80
Masa de la muestra lavada (g):	596.00	Masa de tara (g):	122.00 Cód. de tara: M1
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	1068.80	Masa húmeda + tara (g):	838.00
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	10.00	Masa seca + tara (g):	718.00
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	1078.80	% de humedad:	20.13

Tamiz Estandar	Abertura Estandar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100	100	100
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100	100	100
3/4"	19.000	22	1.32	1.32	99	100	100
N° 4	4.750	184	11.05	12.37	88	30	70
N° 10	2.000	94.00	5.65	18.02	82	15	50
N° 40	0.425	128	7.69	25.71	74	8	35
N° 200	0.075	158	9.49	35.20	65	0	15
FONDO		10	64.80	100.00	0	OK	

PARÁMETROS DE GRADUACIÓN	
TAMAÑO MÁXIMO:	50.000
GRADUACIÓN:	No Evaluar Graduación
D(10)	0.000 mm
D(30)	0.000 mm
D(60)	0.000 mm
Cu = D60/D10	
Cc = (D30)² / D60 x D10	

Técnicos de laboratorio:	Br. Belia Darking & Br. Francisco Acevedo
Reviso:	MSc. Julio Arauz Urbina

9.1.3.1.2.1. Resultados de laboratorio

- ◆ Para la muestra 1, se obtuvo un peso de masa total húmeda antes del lavado de 2000 g, que luego paso a masa total seca de 220 g, según los resultados obtenidos granulométrico realizado al suelo la mayor parte del material pasa a través del tamiz N°200, lo que indica que este es un suelo fino, compuesto principalmente por partículas de tamaño menor a 0.075mm. el sistema SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos), clasifica el suelo como CH (arcilla de alta plasticidad). Esto porque:

El límite líquido (LL) es mayor al 50% y el índice de plasticidad (IP) es mayor al 20%, lo que indica un suelo con alta plasticidad (arcilla), lo que implica que tiene una alta plasticidad y una gran capacidad para retener agua.

En el sistema AASHTO, los suelos se clasifican principalmente en función de la granulometría y las propiedades:

- Si el índice de plasticidad (IP) es mayor a 10 y el límite líquido (LL) está entre 25% y 40%, el suelo es clasificado como A-6 (suelo arcilloso de baja plasticidad).
- Si el índice de plasticidad (IP) es mayor a 10 y el límite líquido (LL) es mayor a 40%, el suelo es clasificado como A-7-6 (suelo arcilloso de alta plasticidad).

En este caso, dado que el $IP = 19\%$ y el $LL = 60\%$, el suelo se clasifica como A-7-6 (Suelo arcilloso de alta plasticidad) en el sistema AASHTO.

- ◆ Para la muestra 2, se obtuvo un peso de masa total húmeda de 2000g, y después de ser lavada, la masa total seca fue de 388g, según los resultados del análisis granulométrico realizado. El suelo está compuesto principalmente por partículas menores a 0.075mm, lo que se clasifica como suelo arcilloso o limoso, con una gran capacidad para retener agua. El sistema SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos), clasifica el suelo como CH (arcilla de alta plasticidad). Esto porque:

El límite líquido (LL) de esta muestra es de 52%* (mayor a 50%) y un índice de plasticidad (IP) es de 10%, el suelo se clasifica como CH (arcilla de alta plasticidad).

El sistema AASHTO clasifica los suelos principalmente en función de la granulometría y las propiedades plásticas (LL y PL). Para la clasificación de suelos arcillosos, se sigue el siguiente criterio:

- Si el índice de plasticidad (IP) es mayor a 10 y el límite líquido (LL) está entre 25% y 40%, el suelo se clasifica como A-6 (suelo arcilloso de baja plasticidad).
- Si el índice de plasticidad (IP) es mayor a 10 y el límite líquido (LL) es mayor a 40%, el suelo se clasifica como A-7 (suelo arcilloso de alta plasticidad).

Dado que $IP = 10\%$ y $LL = 52\%$, este suelo se clasifica como A-7-6 (suelo arcilloso de alta plasticidad) en el sistema AASHTO.

- ◆ Y en la muestra 3, se obtuvo un peso de masa total húmeda de 2000g, y después de ser lavada, la masa total seca fue de 596g, según los resultados del análisis granulométrico realizado. El suelo está compuesto principalmente por partículas menores a 0.075mm. lo que se clasifica como suelo arcilloso o limoso, con una gran capacidad para retener agua. El sistema SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos), clasifica el suelo como CL (arcilla de baja plasticidad). Esto porque:

En el sistema SUCS:

- Si $LL > 50\%$ y $IP > 20\%$, el suelo es clasificado como CH (Arcilla de alta plasticidad).
- Si $LL \leq 50\%$ y $IP \leq 20\%$, el suelo es clasificado como CL (Arcilla de baja plasticidad).

Con un límite líquido (LL) de 44% y un índice plástico (IP) de 5%, el suelo se clasifica como CL (arcilla de baja plasticidad) en el sistema SUCS.

Para clasificar el suelo en AASHTO:

- Si el índice de plasticidad (IP) está entre 4 y 10 y el límite líquido (LL) es mayor de *25%*, el suelo se clasifica como A-4.
- Si el índice de plasticidad (IP) es mayor a 10 y el límite líquido (LL) está entre 25% y 40%, el suelo se clasifica como A-6.

- Si el *índice de plasticidad (IP) es mayor a 10 y el límite líquido (LL) es mayor de 40%, el suelo se clasifica como A-7.

Dado que $IP = 5\%$ y $LL = 44\%$, el suelo se clasifica como A-4 (Limo o arcilla de baja plasticidad) en el sistema AASHTO, ya que IP menor a 10 y LL es mayor a 25%.

9.1.3.1.3. Determinación de los límites de consistencia o de Atteberg de los suelos, (ASTM D 4318, AASHTO T 89-90 Y T 90-87)

Figura 18. Resultados de los límites de consistencia en la muestra 1

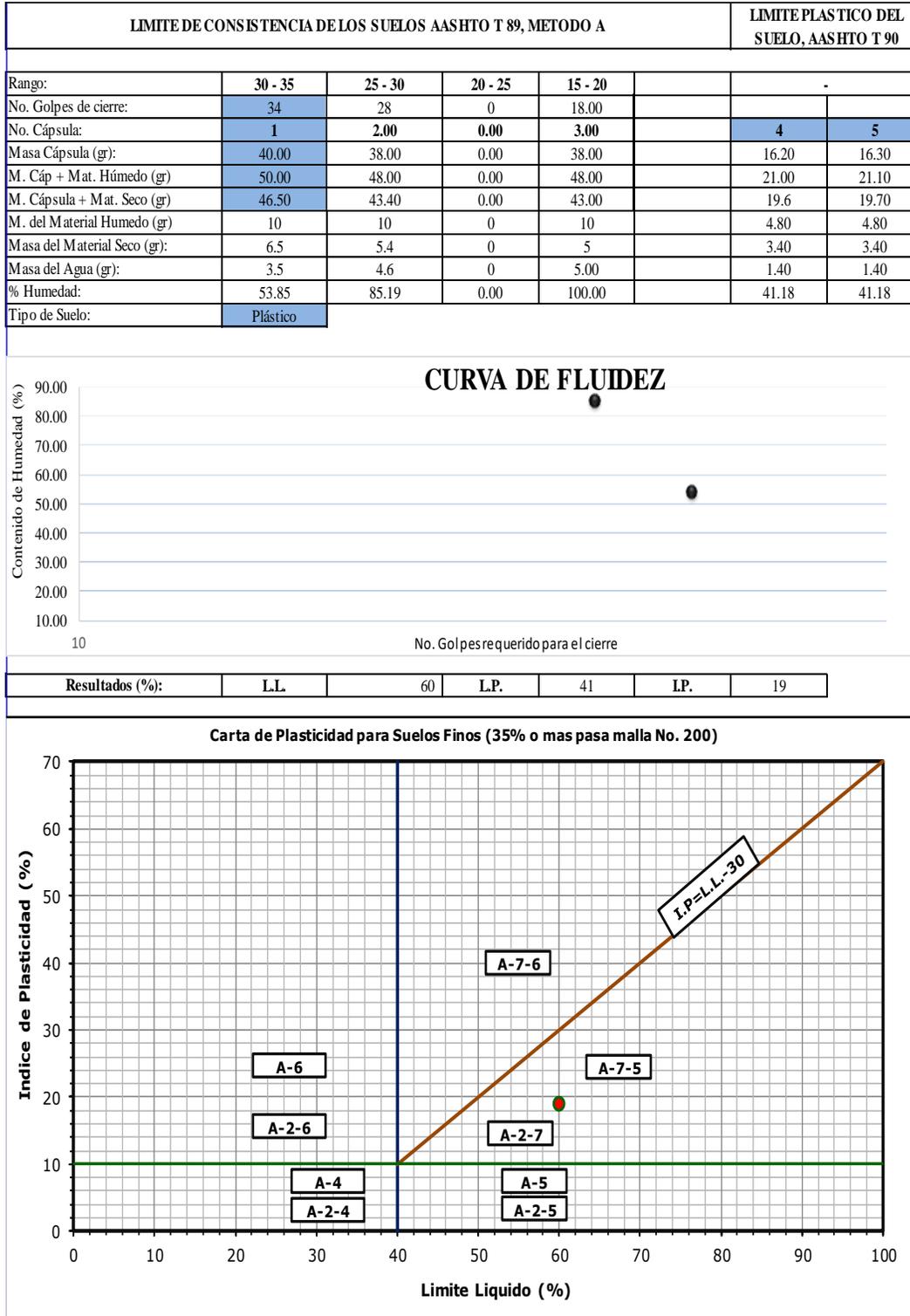


Figura 19. Resultados de los límites de consistencia en la muestra 2

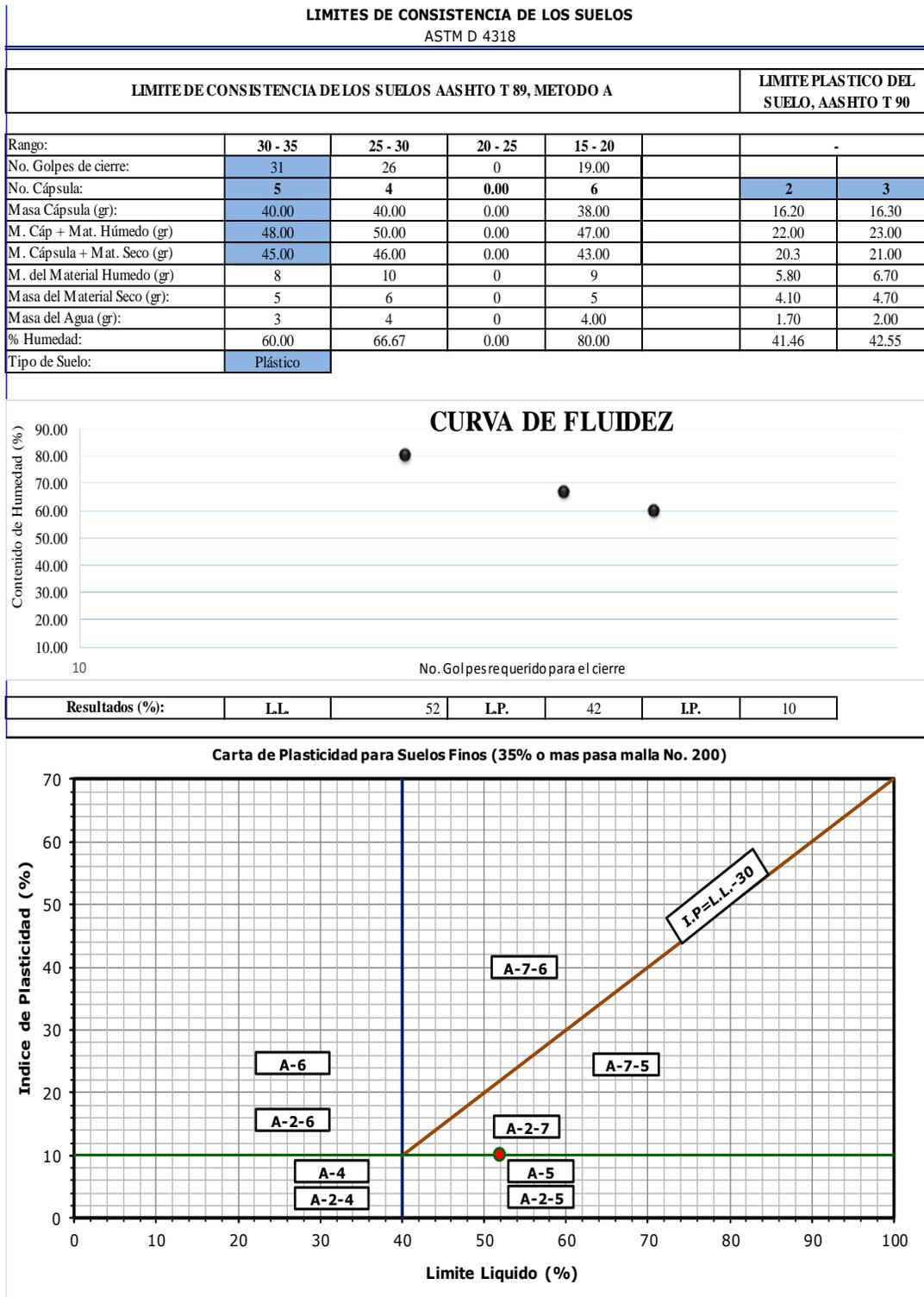
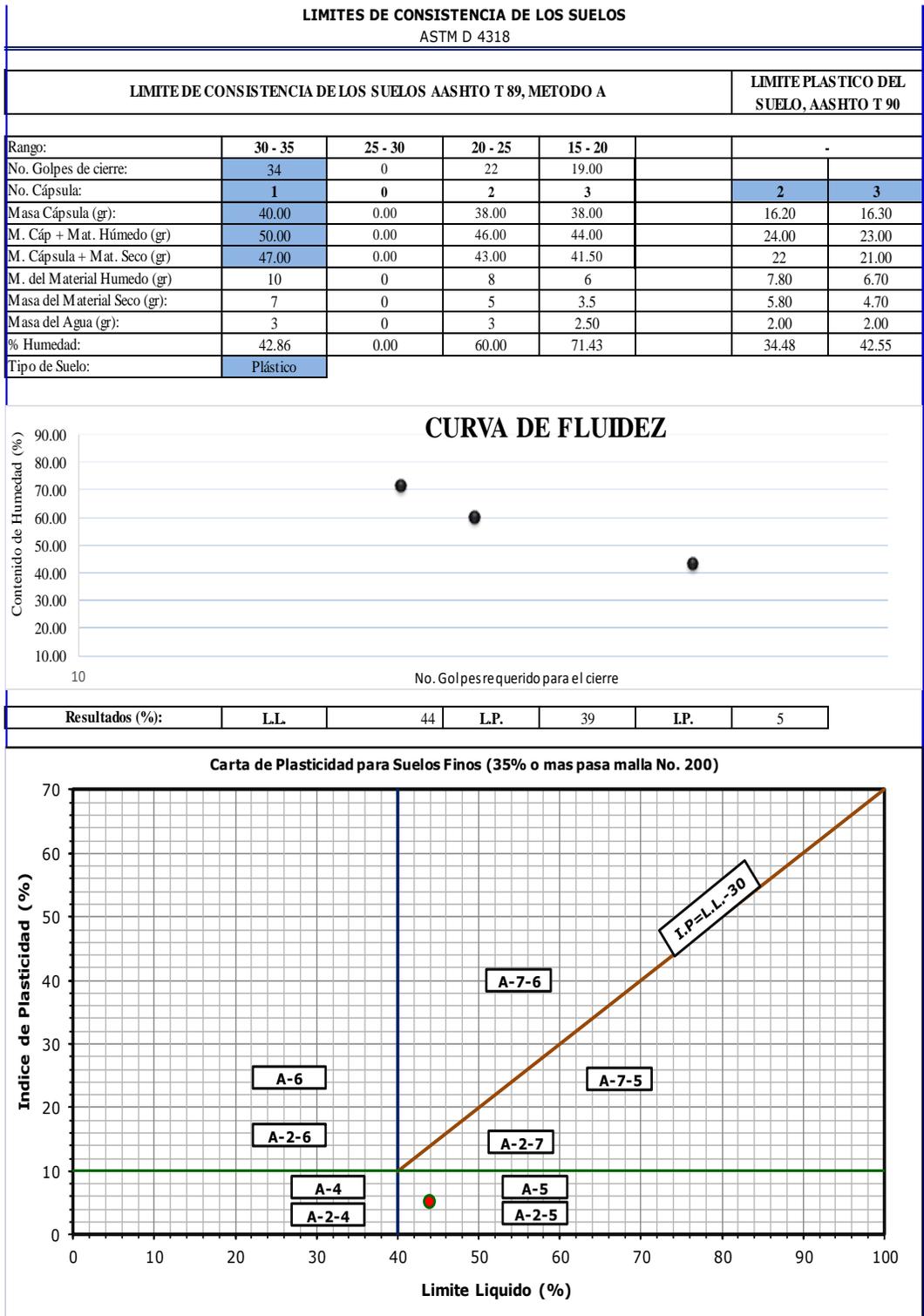


Figura 20. Resultados de los límites de consistencia en la muestra 3



9.1.3.1.3.1. Resultados de laboratorio

- ◆ En la muestra 1, correspondiente el rango de golpes de 30-35 se obtuvo el cierre de ranura a los 34, con una obtención de humedad (%) 53.85%, lo que sugiere que la muestra es muy húmeda y tiene una gran cantidad de agua, en el rango de golpes de 25-30 se obtuvo el cierre de ranura a los 25, con una obtención de humedad (%) de 85.19%, y por último en el rango de golpes de 15-20 se obtuvo el cierre de ranura a los 18 golpes. Se obtuvo un límite líquido “LL” (%) de 60%, límite plástico “LP” de 41% y índice de plasticidad “IP” de 19%.

- ◆ En la muestra 2 correspondiente el rango de golpes de 30-35 se obtuvo el cierre de ranura a los 31, con una obtención de humedad (%) 60%, lo que sugiere que la muestra es muy húmeda y tiene una gran cantidad de agua, en el rango de golpes de 25-30 se obtuvo el cierre de ranura a los 26, con una obtención de humedad (%) de 66.67%, y por último en el rango de golpes de 15-20 se obtuvo el cierre de ranura a los 19 golpes con 80% de contenido de humedad. Se obtuvo un límite líquido “LL” (%) de 52%, límite plástico “LP” de 42% y índice de plasticidad “IP” de 10%.

- ◆ En la muestra 3 correspondiente el rango de golpes de 30-35 se obtuvo el cierre de ranura a los 34, con una obtención de humedad (%) 42.86%, lo que sugiere que la muestra un poco húmeda y tiene agua en menos cantidad a las anteriores, en el rango de golpes de 20-25 se obtuvo el cierre de ranura a los 22, con una obtención de humedad (%) de 60%, y por último en el rango de golpes de 15-20 se obtuvo el cierre de ranura a los 19 golpes con 71.43% de contenido de humedad. Se obtuvo un límite líquido “LL” (%) de 44%, límite plástico “LP” de 39% y índice de plasticidad “IP” de 5%.

9.1.3.1.4. Prueba de compactación de los suelos Proctor estándar (ASTM D 98-91, AASHTO T 99-90)

Figura 21. Resultados de la prueba de compactación muestra.

Ensayo de Proctor	
Peso (gramos)	4290
Altura interior (cm)	11
Diametro Interior (cm)	10.16
Volumen Interior (cm ³)	891.81

Figura 22. Resultados de la prueba de compactación muestra 1,2,3.

Muestra	Muestra+molde	peso de Muestra	Peso Vol. Humedo	Peso de tara	Muestra hum.+tara	Muestra humeda	Muestra seca+ tara	Muestra seca	Cont. Hum	Peso vol. Seco
1	5660	1370	1.54	80	180	100	162	82	21.95%	1.26
2	5490	1200	1.35	80	180	100	166	86	16.28%	1.16
3	5745	1455	1.63	120	220	100	208	88	13.64%	1.44

El contenido de humedad tiene un impacto directo en la densidad del suelo.

A medida que el contenido de humedad aumenta, la densidad seca inicialmente se incrementa hasta que alcanza un pico máximo (humedad óptima), y luego comienza a disminuir si se sigue añadiendo agua.

- Muestra 1 tiene un contenido de humedad de 21.95% y una densidad seca de 1.26 g/cm³. Esta muestra tiene un alto contenido de humedad, lo que indica que tiene una cantidad significativa de agua. La densidad seca es razonablemente alta en comparación con las otras muestras, pero debido a que el contenido de humedad también es alto, esto sugiere que la muestra podría estar más saturada de agua.
- Muestra 2 tiene un contenido de humedad de 16.28% y una densidad seca de 1.16 g/cm³. El contenido de humedad es moderado en esta muestra. A medida que el contenido de agua disminuye, la densidad seca disminuye también. Esto sugiere que el suelo está perdiendo agua y se vuelve más denso y compacto.
- Muestra 3 tiene un contenido de humedad de 13.64% y una densidad seca de 1.44 g/cm³. Esta muestra tiene el menor contenido de humedad, lo que indica que está más seca. La densidad seca más alta en comparación con las otras muestras podría indicar que la muestra se ha compactado más debido a la menor cantidad de agua.

A medida que el contenido de humedad disminuye, la densidad seca aumenta en la muestra 3. Esto es típico en suelos que, cuando se secan, se vuelven más compactos y densos. En la muestra 1, la mayor humedad sugiere que el suelo tiene más agua, lo que hace que sea menos denso.

9.2. Discusión

La figura 4 refleja que el 30.85% de la población del sector son vulnerables debido a que los comprenden personas de tercera edad, niños y niñas menores de 5 años. Los primeros se consideran vulnerables ante la eventualidad de un deslizamiento debido a que su movilidad puede ser lenta esto por diversas razones como la edad, enfermedades, discapacidad además que hay casos que ellos necesitan la asistencia de otras personas para moverse. En caso de los niños y niñas se considera por motivo a que ellos al momento del caos pueden desorientarse, además que algunos aun no pueden medir el peligro o no tienen conciencia de los que está pasando.

La cartilla de la construcción de Nicaragua argumenta que una de las causas que ocurra deslizamiento es “la ubicación de asentamientos humanos en terrenos de fuertes pendientes (55% o más) y con señales de antiguos deslizamientos” (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2011), en el sector de estudios se evidencia que hay viviendas que están asentadas de esta manera, además que el casi 30% de la viviendas no tienen una vía de acceso adecuado (figura 8), el cual incrementa el riesgo que estas estas viviendas sean afectadas durante un deslizamientos.

En la figura 9 refleja que el 26% de las viviendas que están en un nivel de riesgos muy altos de ser afectada por un deslizamiento, están ubicación en la parta media y baja del sector. Además, según los ensayos de suelos se determinó que el lugar se encuentra un suelo arcilloso los cuales “tienen características únicas. Su alta plasticidad los hace propensos a deslizamientos” (Asfalto Farvias, 2024). También según el libro de Mecánica de Suelos de Terzaghi (Terzaghi, Ralph, & Mesri, 1996) indica que los suelos arcillosos tienden a expandirse cuando se están húmedos y viceversa cuando se secan (contraerse), esto puede generar debilitamiento y grietas aumento el riesgo de un deslizamiento.

El 53% de las viviendas están en un estado regular (figura 6) ya que se encuentran sus paredes con pintura descolorados, láminas de zinc oxidados, puertas en mal estado entre otros inconvenientes.

También estas viviendas “pueden sufrir daño si hay errores constructivos o de diseño, o la calidad de los materiales no es la adecuada”. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2017). Las construcciones de las edificaciones en la ciudad de Bluefields es algo común que se realice si normas o procesos constructivos estandarizados, además de utilizar materiales de construcción pocos adecuados y mano de obra baratas, generando infraestructuras pocas seguras que puedan soportar embates de fenómenos naturales.

El tratamiento que se utiliza en el sector para las aguas residuales predomina con un 73% con el sistema de letrina (figura 9), el cual según el BID (Antúnez, 2018), si están mal construidas y no tienen un mantenimiento adecuado pueden contaminar recursos hídricos que conllevarían a que las personas tengan el riesgo de aumentar las enfermedades como la diarrea, cólera, fiebre tifoidea entre otras. También el estudio de Pérez (Pérez, 2019) manifiesta que el uso de las letrinas puede provocar un debilitamiento del suelo, a esto se le suma que en el sector en estudio es de pendientes pronunciadas aumentando el riesgo de deslizamiento.

Aproximadamente el 77% de las viviendas están sobre pilotes de entre 0.5 m a 2 m, esto es importante porque puede brindar seguridad a las infraestructuras, ya que este sistema de fundación ofrece estabilidad ante movimiento de masas de suelo (Sociedad Mexicana de Mecanica de Suelos A.C., 2002) como las zonas propensas a deslizamientos. También es lo que recomienda la Cartilla de Construcción del país, sin embargo, no se sabe con certeza cuanto es la profundidad que están desplantados estos pilotes que según este manual deberían de estar al menos un metro de profundidad en suelos arcilloso, que es el que se encuentra en la zona de estudio.

9.3. Mapas

Con el objetivo de conocer la vulnerabilidad ante deslizamiento de tierra en el barrio Loma fresca sector 4; se elaboraron un total de tres mapas, uno de vulnerabilidad, otro de riesgos y otro de localización. Estos se encuentran en el apartado de anexos.

- **Mapa 1**

Mapa de localización, en dicho mapa, se destaca la zona de interés este sombreado en rojo y remarcado en amarillo, delimitando el sector que ha sido analizado en relación a los riesgos de deslizamiento de tierra.

- **Mapa 2**

El mapa presentado muestra la zona de riesgo de deslizamiento de tierra en el área de estudio, que ha sido dividida en cuatro grupos según la vocación de la vivienda y la vulnerabilidad del terreno ante posibles deslizamientos de tierra. Estas zonas están clasificadas en riesgo muy alto, riesgo alto, riesgo moderado y riesgo bajo. La zona roja, riesgo muy alto esta caracterizado por una alta propensión a deslizamiento de tierra debido a la inclinación del terreno. Las viviendas ubicadas en esta zona en esta área han experimentado afectaciones recurrentes por deslizamiento, representando un riesgo considerable para los residentes.

la zona anaranjada, riesgo alto también se observan altos niveles de vulnerabilidad, estas zonas son propenso a deslizamiento, la zona amarillo, riesgo moderado estas viviendas no han experimentado muchas afectaciones por deslizamiento, sin embargo, el terreno aun presenta cierta característica que podrían ser problemática en condiciones extrema como lluvias intensas.

La zona verde, riesgo bajo es una zona más segura dentro del área de estudio, las viviendas ubicadas aquí no presentan ninguna amenaza significativa de deslizamiento de tierra debido a la estabilidad de terreno. El suelo es firme, y las pendientes son mínimas, lo que asegura que no habrá afectaciones en el futuro.

- **Mapa 3**

Mapa de vulnerabilidad según el matriz de rango de vulnerabilidad, donde se encuentra sombreado en rojo el área de estudio, teniendo puntos en color rojo que representa las viviendas con el 26 % de vulnerabilidad muy alto, el punto anaranjado representa el 9% de vulnerabilidad alto, los puntos amarillo el 15% de vulnerabilidad moderado y por ultimo los puntos verdes representan las viviendas con el 50% de vulnerabilidad baja.

9.4. Recomendaciones para mitigar el impacto de deslizamientos en la zona

A continuación, se detalla una matriz de cuáles pueden ser algunas actividades o recomendaciones para poder mitigar el impacto de los deslizamientos en las viviendas.

Tabla 12. *Matriz de actividades para mitigar impacto de deslizamientos*

Alternativa	Tipo de Medida	Beneficios Esperados	Viabilidad Técnica	Impacto Ambiental	Plazo de Implementación
1.Reforestación	Ecológica	Reducción de la erosión del suelo, estabilización de taludes	Alta	Positivo (ecológico)	Medio (1-3 años)
2.Construcción de muros de contención	Estructural	Protección física contra deslizamientos, refuerzo de terrenos inestables y aseguramiento de viviendas	Alta	Moderado (alteración del paisaje)	Corto (semanal a mensual)
3. Evaluación y regulación de sistema constructivos	Ingeniería civil	Aseguramiento de zapatas y cimientos para evitar que en un deslizamiento la vivienda colapse	Alta	Positivo	Medio (3 a 6 meses)
4. Mejora del sistema de monitoreo de riesgos	Tecnológico	Monitoreo constante de condiciones del terreno sobre todo en tiempos de mucha precipitación de lluvia, predicción temprana	Alta	Bajo	Medio (8 meses)
5. Educación y sensibilización comunitaria	Social y cultural	Aumento de la conciencia sobre los riesgos, preparación ante	Alta	Bajo	Medio (Anual)

		emergencias de deslizamientos			
6. Limpieza de escorrentías	Ecológico	Mejora la circulación del agua, de forma que evite que se estanque y por ende ayude a la erosión del suelo	Alta	Bajo	Medio (6 meses a 1 año)
7. Control de la actividad humana a la hora de construir en sitios de riesgo	Políticas/Regulación	Prevención de sobrecarga de terrenos inestables, reducción de gente vulnerable a una desgracia debido a un deslizamiento de tierra	Alta	Bajo	Medio (3-6 meses)

X.CONCLUSIONES

Se logró la caracterización demográficamente de las viviendas en las zonas de intervención, lo que permitió una comprensión detallada de las condiciones habitacionales y las necesidades de los y las habitantes. El 68% de las viviendas son de madera, el 53% se encuentran en un estado regular y el 77% están sobre pilotes. Al involucrar a los residentes en el proceso mediante encuestas, se logró obtener información valiosa sobre los sistemas constructivos utilizados, el estado de las viviendas y las condiciones en las que viven las personas. En definitiva, este enfoque no solo proporcionó datos técnicos, sino que también fortaleció el vínculo entre la comunidad y los proyectos de intervención, asegurando que las decisiones tomadas reflejen las verdaderas necesidades de los habitantes.

El levantamiento topográfico realizado en el sector 4 del barrio Loma Fresca ha proporcionado una base sólida para el desarrollo de proyectos de infraestructura y planificación urbana en la zona. Se lograron obtener datos precisos sobre las características del terreno, sus coordenadas y altitud viendo que hay una diferencia entre alturas de 15 metros. El tipo de suelo que predomina en el lugar de estudio es la arcilla de alta plasticidad, esto se determinó por los ensayos de laboratorio.

La elaboración del mapa de riesgo y vulnerabilidad será una herramienta clave para la alcaldía de Bluefields en la gestión del territorio y la planificación de políticas públicas. Este mapa permite identificar de manera visual las áreas más propensas a desastres naturales, como inundaciones o deslizamientos, y los sectores vulnerables debido a su ubicación o a las condiciones de sus infraestructuras. Al contar con esta herramienta, la alcaldía tiene un instrumento fundamental para tomar decisiones informadas, priorizar recursos y desarrollar estrategias de mitigación y respuesta más efectivas. Además, el mapa de riesgo y vulnerabilidad facilita la participación ciudadana en la identificación de áreas problemáticas, promoviendo una gestión más inclusiva y proactiva frente a los desafíos del territorio.

Por último, se puede concluir que el 35% de las viviendas del sector 4 del barrio Loma Fresca no resisten el embate de un deslizamiento de tierra, por estar en un nivel de riesgo alto.

XI. RECOMENDACIONES

La preparación ante un deslizamiento de tierra es fundamental para reducir pérdidas de vida humanas y daños materiales. Estas acciones permiten que la respuesta de la comunidad y las autoridades sea rápida, organizada y efectiva. Tomando esto en cuenta, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un levantamiento geológico de todas las zonas, ya que esta proporciona información detallada sobre las características del suelo y subsuelo.
2. Implementar sistemas de alertas tempranas, como:
 - Colocar miringos de concreto en puntos estratégicos para evaluar la estabilidad del suelo, las deformaciones y su respuesta en zonas con riesgo de deslizamiento.
 - Instalar inclinómetro en las zonas vulnerables para monitorear el desplazamiento del suelo, ya que esta permite detectar movimientos progresivos y anticipar posibles deslizamientos de tierra.
3. Evitar construcciones en pendientes inestables o en zonas con alta susceptibilidad a deslizamiento.
4. Estar atentos a señales de alertas, como grietas en el suelo, inclinación de árboles.
5. Tener una ruta de evacuaciones.
6. Desarrollar planes de emergencia comunitarios para actuar en caso de un deslizamiento.
7. Contar con un albergue que sea cercano al sector y que brinde todas las comodidades para atender a la población
8. Crear un ordenamiento de la zona con el fin de reubicar a los habitantes de la zona vulnerable

XII. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

12.1.Presupuesto

N°	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
PRIMERA FASE					
Equipos e Insumos de Campo					
1	Visita a campo del lugar de estudio	Transporte	4	C\$40.00	C\$160.00
2	Recargas	Unidad	10	C\$90.00	C\$900.00
3	Reunión de trabajo	Transporte	8	C\$20.00	C\$160.00
4	Libreta de Campo	Unidad	2	C\$80.00	C\$160.00
5	Impresiones para encuesta	Unidad	67	C\$4.00	C\$268.00
6	Sub-Total				C\$1,648.00
SEGUNDA FASE					
Informe Final de Monografía					
7	Impresión BN del protocolo	Pag	23	C\$3.00	C\$69.00
8	Impresión a color del protocolo	Pag	10	C\$15.00	C\$150.00
9	encolchado de protocolo	unidad	1	C\$60.00	C\$60.00
10	Impresión del documento	Pag	120	C\$3.00	C\$360.00
11	Fotocopias del documento	Pag	240	C\$2.00	C\$480.00
12	Encolchado de documento para defensa	unidad	3	C\$80.00	C\$240.00
13	Impresión del documento para empastar	unidad	120	C\$5.00	C\$600.00
14	Empastado del documento	unidad	1	C\$1,200.00	C\$1,200.00
15	Sub-Total				C\$3,159.00
INVERSION FINAL					
16	Total				<u>C\$4,807.00</u>

12.2. Cronograma de actividades

MES	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				ene-25				feb-25				mar-25			
ACTIVIDADES	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Formulación y aprobación del tema																																
Elaboración y revisión del protocolo																																
Coordinación de reunión con técnicos de alcaldía y líderes de barrios																																
Realización del diagnóstico en viviendas																																
Realización de Levantamiento Topografico con GPS																																
Elaboración del mapa de vulnerabilidad y riesgos																																
Elaboración de plan de reducción de riesgos y vulnerabilidad																																
Elaboración del documento final																																
Entrega del trabajo final																																
Revisión del jurado																																
Corrección del documento tomando en cuenta las sugerencias del jurado																																
Revisión del jurado en segundo momento																																
Defensa del trabajo																																

XIII. REFERENCIAS

- (s.f.). Obtenido de <https://construneic.com/mecanica++>
- (s.f.). Obtenido de <https://construneic.com/mecanica->
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *GOV.CO*. Obtenido de Ambiente: <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/amenaza-vulnerabilidad-y-riesgo/#:~:text=%E2%80%9CLa%20amenaza%20como%20un%20peligro,en%20los%20bienes%2C%20la%20infraestructura>
- Álvarez, B. U. (Abril de 2019). Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/1120/1/tnp36r788.pdf>
- CEREBRALIA*. (2016). Obtenido de *CEREBRALIA*: <https://cerebralia.com/peligros/deslizamientos#:~:text=La%20velocidad%20de%20desplazamiento%20puede%20ser%20lenta%20o,de%20la%20ladera%20o%20a%20la%20propia%20ladera>.
- Concepto. (19 de Noviembre de 2023). Obtenido de <https://concepto.de/falla-geologica/#ixzz8ysJjadFa>
- CONCEPTUALISTA. (2023). Obtenido de <https://conceptualista.com/ladera/>
- CONSTRUNEIC*. (30 de Abril de 2022). Obtenido de Ensayo de Granulometria: <https://construneic.com/mecanica-de-suelos/granulometria/>
- CONSTRUNEIC*. (23 de mayo de 2024). Obtenido de Que es una calicata? y porque es necesaria en todo proyecto GUIA 2024: <https://construneic.com/mecanica-de-suelos/calicata/>
- Cruz, F. F. (2025). *Ensayo Casa Grande para suelos*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/480055631/ensayo-Casagrande-geologia-1>
- Das, B. M. (2016). *Principles of Geotechnical Engineering*.
- DNP. (2016). *Guía Técnica para la Evaluación de Riesgos por Deslizamientos en Zonas de Alta Vulnerabilidad". Departamento Nacional de Planeación, Gobierno de Colombia*.
- Editorial Etecé . (5 de agosto de 2021). *Concepto.de*. Obtenido de <https://concepto.de/riesgo/>
- Efraín Acuña Espinal, U. G. (2016). *LA CALERA*. Obtenido de *LA CALERA*: <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/97/97>
- EGC*. (07 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://egcconsulting.net/diferencia-entre-fallas-geologicas-y-fallas-geotecnicas/>

EIRD. (2024). *eird.org*. Obtenido de *eird.org*:
<https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc14987/doc14987-2a.pdf>

Estudio de Suelos. (26 de noviembre de 2024). Obtenido de
<https://www.imzaarquitectura.com/post/estudio-de-suelos-que-es-y-para-que-sirve>

FAO. (2007). *Evaluación de Riesgos y Desastres*". *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Geología. (2025). Obtenido de <https://concepto.de/falla-geologica/#ixzz8ysJsSk3I>

Gimenez, V. M. (31 de octubre de 2023). *GeoEnciclopedia*. Obtenido de GeoEnciclopedia:
<https://www.geoenciclopedia.com/deslizamientos-de-tierra-que-son-causas-y-consecuencias-769.html>

Gómez, B. R. (19 Ago 2014 de Agosto de 2014). *RiUNA Repositorio Institucional*. Obtenido de RiUNA Repositorio Institucional: <https://repositorio.una.edu.ni/1077/1/tnp35p438.pdf>

Google Earth. (2024).

Hungr, O. L. (2016). Obtenido de
https://www.bing.com/search?q=Hungr%2C+O.%2C+Leroueil%2C+S.%2C+Picarelli%2C+L.+%282014%29.&cvid=82a8b9b083ec44799b0d190c060420d3&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDE5MjlkMG05qAIIsAIB&FORM=ANAB01&PC=HCTS

IFRC. (2024). Obtenido de <https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/que-es-desastre/deslizamiento-tierras>

Illston, P. D. (2010). *Construction Materials: Their Nature and Behaviour*.

Juan Carlos Vázquez Paulino, M. Á. (2016). *Instituto Mexicano del Transporte*. Obtenido de Instituto Mexicano del Transporte:
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt470.pdf>

Maldonado, Y. (04 de Noviembre de 2020). Obtenido de <https://concepto.de/falla-geologica/#ixzz8ysKEnjCW>

Maldonado, Y. (31 de julio de 2020). *Deslizamientos de tierra y sus tipos*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/>

MITICAM. (12 de marzo de 2024). Obtenido de <https://search.app/3NRTCW2amzwE6qFQ6>

MTI. (junio de 2011). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/137625083/cartilla-de-La-Construccion>

- NOAA. (2010). *Evaluación de Riesgos por Deslizamientos de Tierra: Guía para la Implementación de Modelos Predictivos*". National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Portillo, G. (04 de octubre de 2023). *Ecologia Verde*. Obtenido de Ecologia Verde: <https://www.ecologiaverde.com/deslizamientos-de-tierra-causas-consecuencias-y-como-prevenirlos-4622.html>
- Programa de fortalecimiento de capacidades para el manejo de riesgos por deslaves- RECLAIMM- America Central*. (2024). Obtenido de file:///C:/Users/franc/Downloads/Guia%20tecnica%20La%20amenaza%20por%20deslizamiento%20en%20el%20ambito%20municipal%20parte%202.pdf
- R.Garcia, Z. M. (junio de 2023). *repositorio BICU*. Obtenido de http://repositorio.bicu.edu.ni/1384/1/monografia%C3%ADa_Zulma_rosana%5B1%5D.pdf
- REDGE. (2018). *Estudio de Riesgos Geotécnicos en Áreas Urbanas*". Red de Estudios Geotécnicos, Chile. Chile.
- SISGEO. (2016). Obtenido de SISGEO: <https://sisgeo.com/es/aplicaciones/deslizamientos-y-riesgos-naturales/deslizamientos-rotacionales/#:~:text=Un%20deslizamiento%20de%20tierra%20rotacional%20es%20un%20tipo,roca%20a%20lo%20largo%20de%20una%20superficie%20curva>.
- UCR. (2015). *Evaluación de la Amenaza y Riesgo por Deslizamientos en Zonas Residenciales*". Universidad de Costa Rica, Departamento de Geología.
- UNAN. (2024). *Ensayos de mecanica de suelo*. Managua.
- UNDRR. (2024). Obtenido de <https://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page8-spa.pdf>
- USGS. (2003). *Riesgo de Deslizamientos en Zonas de Montaña: Evaluación y Mitigación*". United States Geological Survey.
- Valdivielso, A. (2025). Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>
- Varnes, D. (2017). *"Slope movement types and processes"*. Obtenido de "Slope movement types and processes.": [https://www.bing.com/search?pglt=41&q=Varnes%2C+D.J.+\(1978\).+%22Slope+movement+types+and+processes.%22+En%3A+Schuster%2C+R.L.%2C+Krizek%2C+R.J.+\(ed](https://www.bing.com/search?pglt=41&q=Varnes%2C+D.J.+(1978).+%22Slope+movement+types+and+processes.%22+En%3A+Schuster%2C+R.L.%2C+Krizek%2C+R.J.+(ed)

s.)%2C+Landslides%3A+Analysis+and+Control%2C+National+Academy+of+Sciences
%2C+Washington%2C+DC%2C+11-33.&cvid

XIV. ANEXOS

14.1. Fotografías

14.1.1. Situaciones actuales de las viviendas

Figura 23. *Viviendas vulnerables ante deslizamiento de tierra*



Figura 24. *Viviendas vulnerables ante deslizamiento de tierra*



14.1.2. Estado actual de la problemática

Figura 25. *Deslizamiento de tierra en la zona*



Figura 26. *Deslizamiento de tierra en la zona*



14.1.3. Levantamiento de encuestas y en GPS

Figura 27. *Realización de encuesta en viviendas*



Figura 28. *Levantamiento con GPS*



14.1.4. Ensayos de laboratorios

Figura 29. *Lavado de muestra*



Figura 30. *Muestras sacadas del horno*



14.2. Tablas

Tabla 13. *Rango de vulnerabilidad de cada vivienda*

Vivienda	X	Y	Clasificación del riesgo	Color
1	197786	197786	Riesgo muy alto	
2	197795	1331236	Riesgo muy alto	
3	197794	1331236	Riesgo muy alto	
4	197775	1331194	Riesgo muy alto	
5	197776	1331192	Riesgo muy alto	
6	197766	1331190	Riesgo muy alto	
7	197758	1331199	Riesgo alto	
8	197739	1331187	Riesgo alto	
9	197750	1331169	Riesgo alto	
10	197736	1331185	Riesgo muy alto	
11	197796	1331142	Riesgo moderado	
12	197797	1331139	Riesgo moderado	
13	197808	1331149	Riesgo muy alto	
14	197803	1331165	Riesgo muy alto	
15	197857	1331133	Riesgo bajo	
16	197851	1331139	Riesgo bajo	
17	197841	1331134	Riesgo bajo	
18	197846	1331157	Riesgo bajo	
19	197860	1331159	Riesgo bajo	
20	197830	1331141	Riesgo bajo	
21	197770	1331142	Riesgo bajo	
22	197763	1331140	Riesgo bajo	
23	197743	1331147	Riesgo bajo	
24	197753	1331172	Riesgo moderado	
25	197754	1331185	Riesgo moderado	
26	197735	1331151	Riesgo bajo	

27	197726	1331155	Riesgo bajo	
28	197715	1331158	Riesgo bajo	
29	197711	1331166	Riesgo bajo	
30	197722	1331181	Riesgo moderado	
31	197718	1331192	Riesgo bajo	
32	197709	1331208	Riesgo bajo	
33	197714	1331229	Riesgo bajo	
34	197734	1331252	Riesgo bajo	

14.3. Links

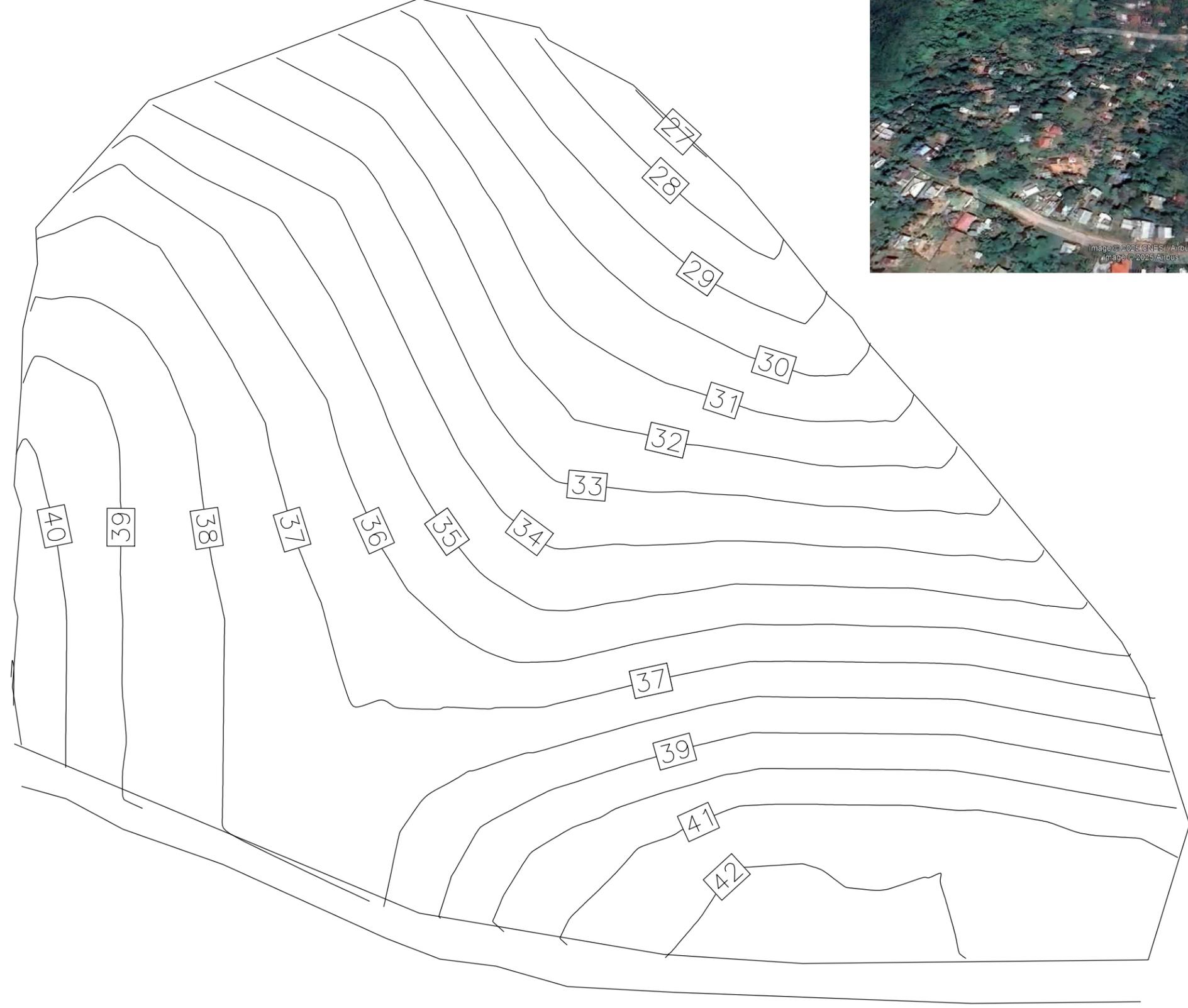
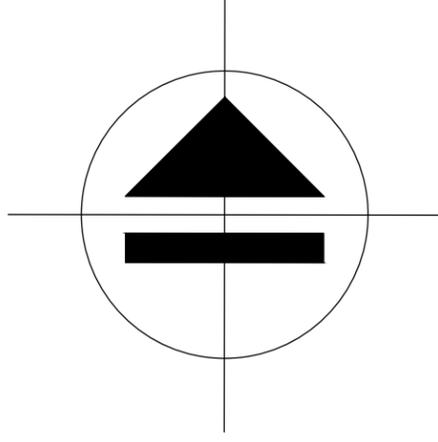
Encuestas terminadas

[encuesta digital 11.xlsx](#)

Puntos del levantamiento topográfico

[Puntos del levantamiento.xlsx](#)

PLANOS Y MAPAS

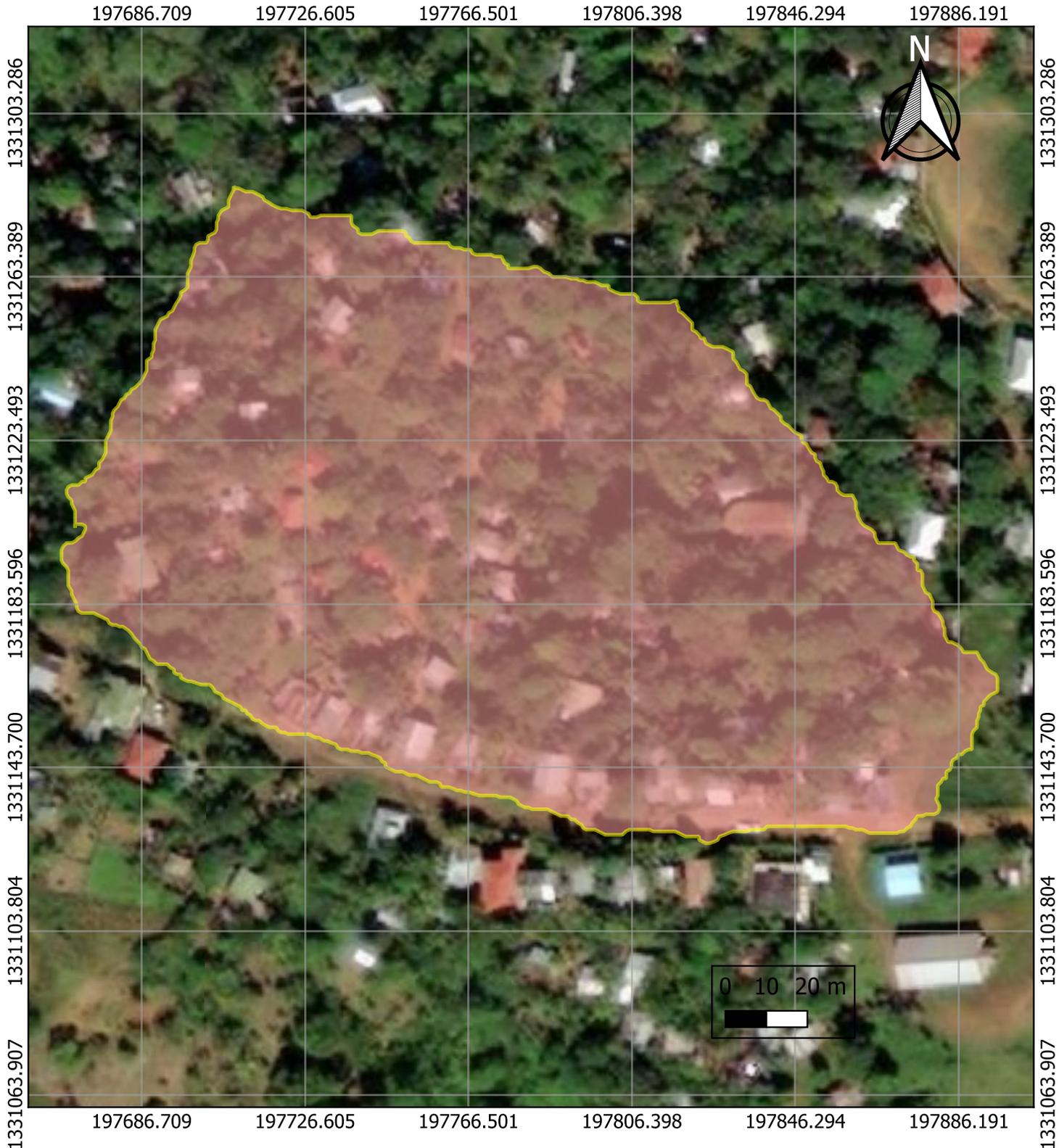


Evaluación de la vulnerabilidad ante deslizamiento de las infraestructuras del sector 4 del barrio Loma Fresca de la ciudad de Bluefields

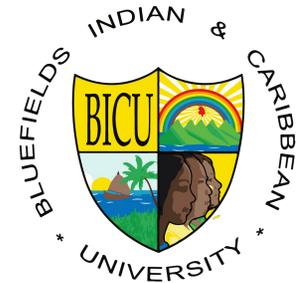
REVISADO POR:
MSC. JULIO CESAR ARAUZ URBINA.
ELABORADO POR:
BR. FRANCISCO RAFAEL ACEVEDO SOMOZA
BR. BELIA NOHELIA DARKING TUCKER

NOMBRE DEL PLANO:
PLANO DE CURVA DE NIVEL DEL SITIO DE ESTUDIO

BLUEFIELDS
COMUNIDAD/MUNICIPIO:
Loma Fresca, Bluefields
ESCALA:
Sin Escala
FECHA:
Febrero, 2025



MAPEO DE LOCALIZACION DE ESTUDIO



Leyenda

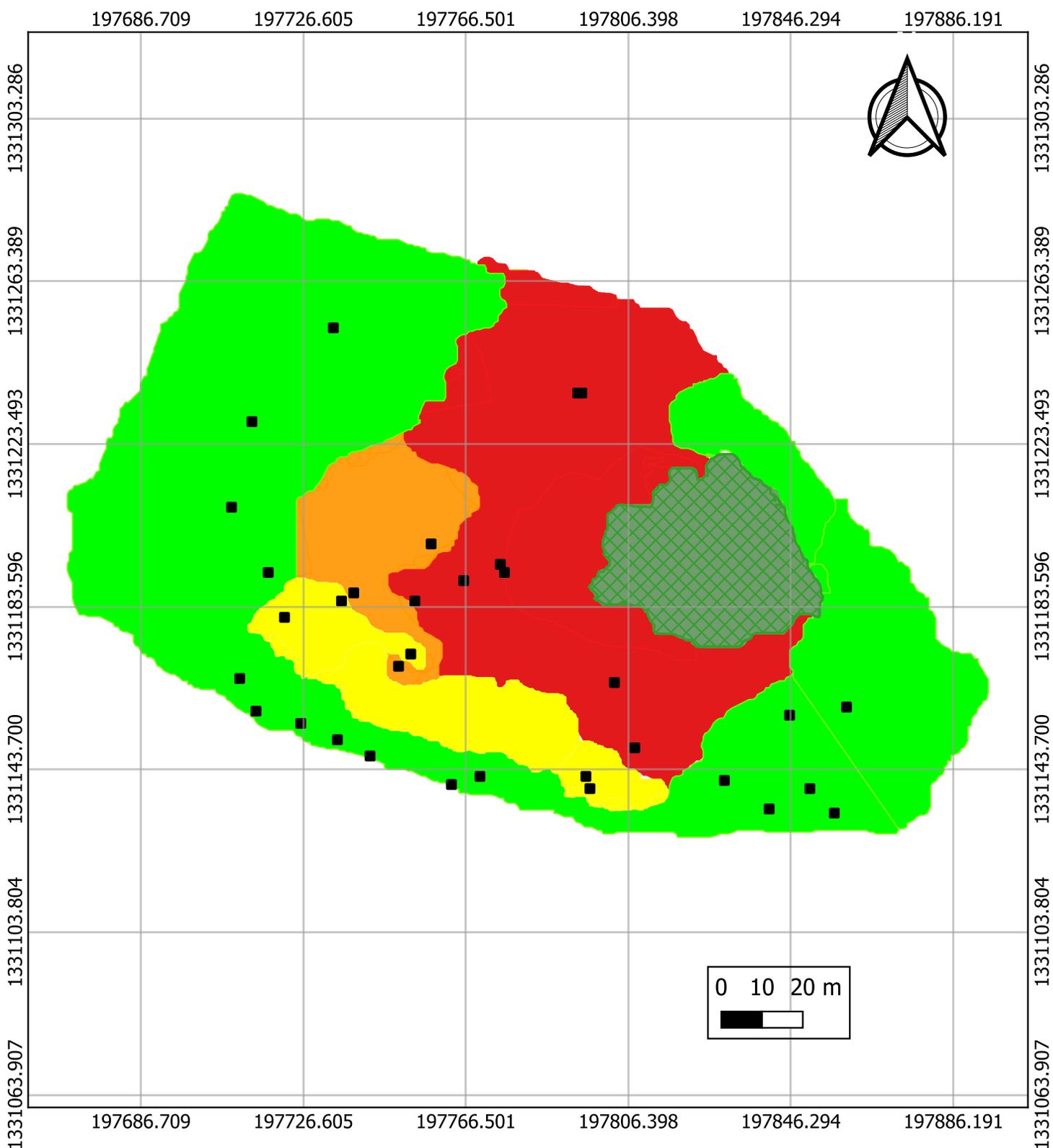
 Area de estudio

Elaborado por:

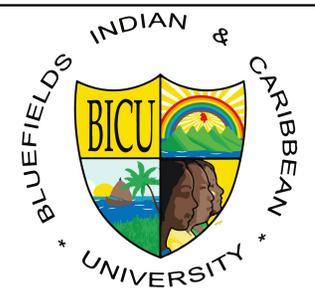
Br. Belia N. Darking Tucker

Br. Francisco R. Acevedo Somoza

Nº 1



MAPEO DE RIESGO



Leyenda

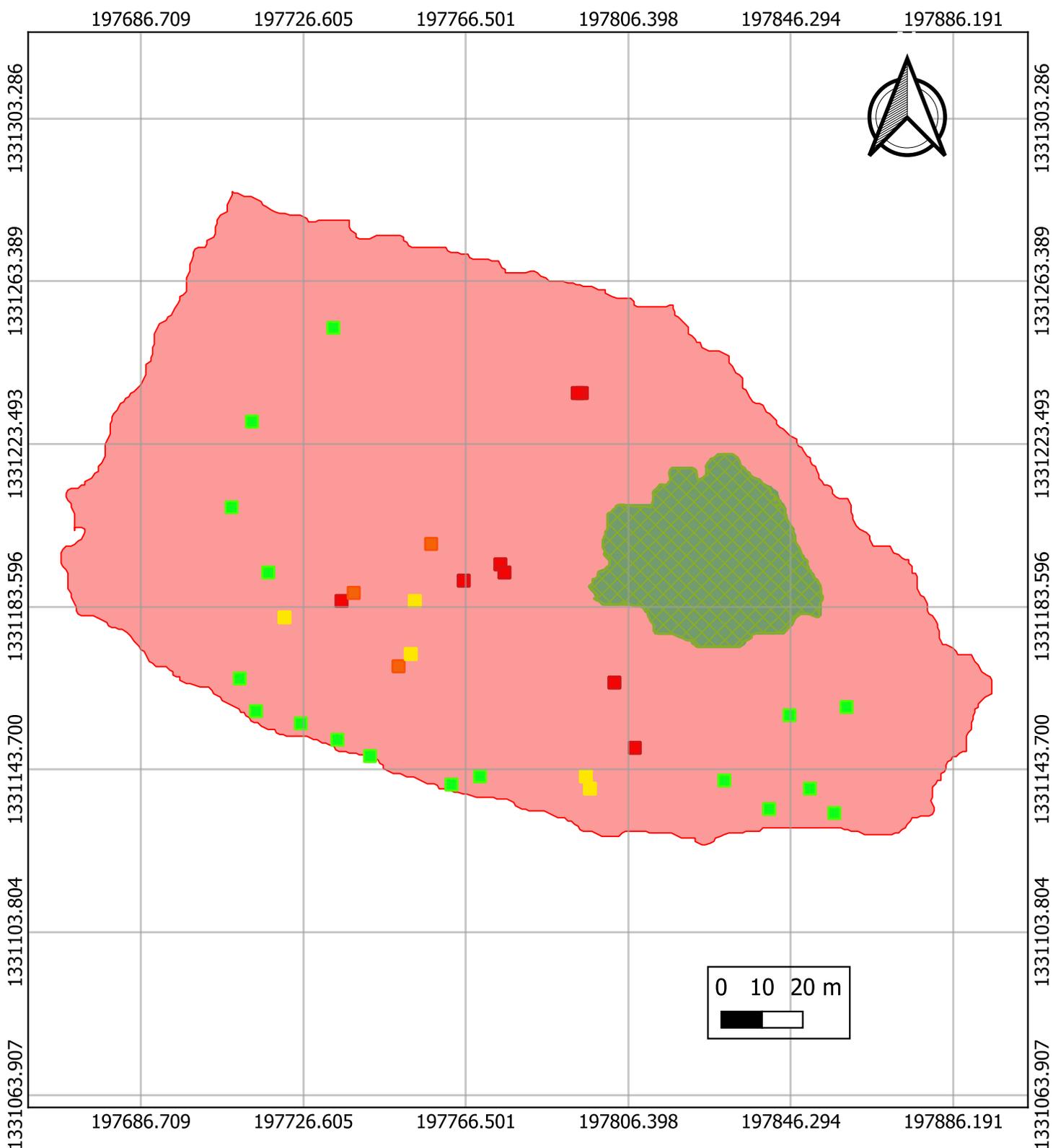
- Viviendas
- ▣ Zona no habitable
- Zona de riesgo moderado
- Zona de riesgo bajo
- Zona de riesgo alto
- Zona de riesgo muy alto

Elaborado por:

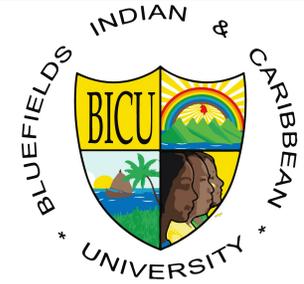
Br. Belia N. Darking Tucker

Br. Francisco R. Acevedo Somoza

N° 2



MAPEO DE RIESGO



- Leyenda**
- Area de estudio
 - Zona no habitable
 - Vivienda de riesgo bajo
 - Viviendas de riesgo moderado
 - Vivienda de riesgo alto
 - Viviendas de riesgo muy alto

Elaborado por:

Br. Belia N. Darking Tucker

Br. Francisco R. Acevedo Somoza