

Caracterización de la amenaza y análisis del grado vulnerabilidad por movimientos en masa en el asentamiento Villas de Girardot, Bucaramanga. Práctica realizada junto con la agencia internacional de respuesta humanitaria, GOAL, Colombia.

María Valentina Rodríguez Carreño

Trabajo de Grado para Optar el Título de Geóloga

Director

Joaquín Andrés Valencia Ortiz

PhD. Geología

Codirector

Leonardo Palmera Sánchez

Ms. C en geociencias

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía constante en cada paso.

A mis padres, Jimena y Jimmy, por su amor incondicional y por enseñarme el valor del
esfuerzo y la fe.

A mis hermanos, Mariana y Andrés, por ser mi ejemplo para seguir.

A mis abuelos y tíos, por su cariño y por creer siempre en mis sueños.

A Rafael, por ser mi fuerza, mi refugio y mi motivación diaria.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por brindarme las herramientas académicas
necesarias para alcanzar mi título profesional.

A mi director Joaquín Valencia y a mi codirector Leonardo Palmera, por su paciencia,
orientación y acompañamiento a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A mis padres, Jimena y Jimmy, por su amor incondicional, sus palabras de aliento y su
ejemplo constante. A mis hermanos, Mariana y Andrés, por ser inspiración de disciplina y
perseverancia. A mis abuelos y tíos, por celebrar mis logros como propios y desear siempre lo
mejor para mí.

A mi compañero de vida, quien estuvo a mi lado en cada momento, por su apoyo
incondicional y por ser mi impulso y mi fuerza en este camino.

Mi agradecimiento más profundo es para Dios, por darme la fe para confiar en sus planes
y la serenidad para encontrar respuestas aun en medio de las adversidades.

Tabla de contenido

Introducción	10
2. Planteamiento del problema.....	11
3. Objetivos.....	12
3.1. Objetivo General.....	12
3.2. Objetivos Específicos.....	12
4. Marco de Referencia.....	13
4.1. Estado del arte.....	13
4.2. Marco teórico.....	21
5. Descripción del área de estudio	25
5.1 Historia del asentamiento.....	25
5.2. Localización.....	26
5.3. Contexto Geológico	28
5.4. Marco tectónico	32
6. Metodología.....	35
6.1. Fase 1: Inducción a la ONG, capacitaciones y vinculación.....	36
6.2. Fase 2: Revisión de insumos y recopilación de informes	37
6.3. Fase3: Diseño y formulación del proyecto	37
6.4. Fase 4: Preparación de insumos bibliográficos.....	37
6.5. Fase 5: Realización de mapas preliminares	38
6.6. Fase 6: Trabajo de campo y adquisición de datos.....	38
6.7. Fase 7: Análisis de información.....	39
6.7.1 Análisis de Vulnerabilidad Cualitativo.....	39
6.7.2 Análisis de Susceptibilidad.....	40
6.7.3. Caracterización de amenaza.....	41
6.7.4. Apoyo en la elaboración del Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC) para Villas de Girardot	41
6.7.5. Apoyo en el desarrollo del informe del plan barrial de Villas de Girardot.....	42
6.8. Fase 8: Elaboración informe final.....	42
7. Resultados.....	43

7.1. Revisión de insumos y recopilación de informes	43
7.2. Análisis de Vulnerabilidad Cualitativo	44
7.3. Resultado análisis de susceptibilidad.....	47
7.3.1. Inventario de morfodinámica.....	48
7.3.2. Unidades geológicas para ingeniería (UGI).....	50
7.3.3. Elementos geomorfológicos.....	61
7.3.4. Uso del suelo.....	65
7.3.5. Mapa de susceptibilidad.....	67
7.4. Caracterización de amenaza.....	70
7.5. Apoyo en la elaboración del Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC) para Villas de Girardot	73
7.6. Apoyo en el desarrollo del informe del plan barrial de Villas de Girardot.....	77
8. Conclusiones	78
9. Recomendaciones	81
Referencias Bibliográficas	82

Lista de figuras

Figura 1 Mapa cartografía social	17
Figura 2 Mapa de riesgos según concepto.....	19
Figura 3 Ubicación TRE01 y TRE02, en el barrio Villas de Girardot	21
Figura 4 Localización del área de estudio para el asentamiento informal Villas de Girardot (Modificado de GOAL, Colombia, 2021 y Alcaldía de Bucaramanga, 2010), La cartografía base fue tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2022) y del Área Metropolitana.....	28
Figura 5 Geología del asentamiento Villas de Girardot. Modificado de la plancha 120 II de Bucaramanga (Ingeominas, 2008).	29
Figura 6 Mapa de estaciones de campo - Villas de Girardot	32
Figura 7 Estructuras de las zonas de estudio (Vargas, 2021)	34
Figura 8 Metodología del proyecto.....	36
Figura 9 Marco de Resiliencia de GOAL para evaluación de vulnerabilidad	40
Figura 10 Rueda de sistemas de GOAL.....	45
Figura 11 Mapa de inventario de procesos morfodinámicos del asentamiento informal Villas de Girardot.....	48
Figura 12 Deslizamiento traslacional, asentamiento Villas de Girardot, coordenadas geográficas 7.124650, -73.13778	49
Figura 13 Afectaciones de deslizamientos a vivienda del asentamiento Villas de Girardot, coordenadas geográficas 7.124394, -73.0137189.....	49
Figura 14 Unidades de Geología para Ingeniería.	51
Figura 15 Porcentajes de las UGI para el barrio Villas de Girardot	52
Figura 16 Suelo transportado fluvio-torrencial asociado al Miembro órganos de la formación Bucaramanga-Band Lands, coordenadas geográficas 7.124297, -73.138375	53
Figura 17 Suelo transportado fluvio-torrencial asociado al miembro órganos de la formación Bucaramanga, coordenadas geográficas 7.122403, -73.137186.....	54
Figura 18 Suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado arenolimoso con gravas, coordenadas geográficas 7.122192, -73.137336.....	55
Figura 19 Suelo fluvio-torrencial asociado al miembro limos rojos de la formación Bucaramanga Dato estructura de grieta N 25 E Rumbo, coordenadas geográficas 7.124961, -73.136953	56
Figura 20 Suelo antrópico de relleno de basura y escombros, coordenadas geográficas 7.124514, -73.135517	57
Figura 21 Suelo antrópico de relleno de basura y escombros, coordenadas geográficas 7.124547, -73.135458.....	58
Figura 22 TRE01 Villas de Girardot, Alcaldía de Bucaramanga (2015).....	60
Figura 23 TRE02 Villas de Girardot, Alcaldía de Bucaramanga (2015).....	61
Figura 24 Mapa elementos Geomorfológicos Villas de Girardot.....	63
Figura 25 Porcentaje de elementos geomorfológicos para el barrio Villas de Girardot.....	64
Figura 26 Elementos geomorfológicos de Villas de Girardot A. Llenos de escombros B. Terraza explanada con rellenos, coordenadas geográficas 7.123606, -73.137272	64

Figura 27	Terraza explanada con rellenos, coordenadas geográficas 7.124428, -73.1365536 ...	65
Figura 28	Mapa Uso de Suelos Villas de Girardot	66
Figura 29	Porcentaje Uso de suelos para el barrio Villas de Girardot.....	67
Figura 30	Mapa de susceptibilidad por deslizamiento.....	68
Figura 31	Porcentajes de Susceptibilidad por deslizamiento del barrio Villas de Girardot	69
Figura 32	Mapa de amenaza por deslizamiento Villas de Girardot.....	72
Figura 33	Porcentaje de amenaza por deslizamiento del barrio Villas de Girardot.....	73
Figura 34	Evidencia 1 apoyo SAT comunitario Villas de Girardot.....	74
Figura 35	Evidencia 2 apoyo SAT comunitario Villas de Girardot.....	75
Figura 36	Pizarra informativa para emisión de alerta en Villas de Girardot	76
Figura 37	Pluviómetros manuales en villas de Girardot.....	76
Figura 38	Evidencia de participación de la socialización Plan Barrial de Villas de Girardot	77

Lista de tablas

Tabla 1	Valoración cualitativa para Villas de Girardot.	45
Tabla 2	Unidades Geológicas para Ingeniería para Villas de Girardot.	52
Tabla 3	Características de tomografías de resistividad eléctrica (TRE).	60
Tabla 4	Área de Elementos Geomorfológicos para Villas de Girardot.	63
Tabla 5	Área de Uso de Suelo para Villas de Girardot.	66
Tabla 6	Susceptibilidad por deslizamiento del barrio Villas de Girardot.	69
Tabla 7	Estaciones pluviométricas.....	72
Tabla 8	Amenaza por deslizamiento Villas de Girardot.	73

Lista de apéndices

Apéndice A. Mapas preliminares

RESUMEN

Título: Caracterización de la amenaza, y análisis del grado vulnerabilidad por movimientos en masa en el asentamiento Villas de Girardot, Bucaramanga. Practica realizada junto con la agencia internacional de respuesta humanitaria, GOAL, Colombia.

Autor: María Valentina Rodríguez Carreño

Palabras Clave: Riesgo, Amenaza, Resiliente, Reducción de Riesgos a Desastres (RRD)

Los asentamientos informales en Colombia, producto del uso inadecuado del suelo y de necesidades humanitarias no atendidas, representan una de las principales causas de emergencias por desastres. En Bucaramanga, la expansión de estos asentamientos resalta la necesidad de fortalecer los estudios técnicos y promover el conocimiento comunitario para la reducción del riesgo. En el marco del proyecto “Barrio Resiliente en Colombia” de la ONG GOAL, se desarrolló una práctica empresarial orientada al reconocimiento de las zonas de riesgo mediante estudios geo científicos. Estas actividades incluyeron la descripción cualitativa de vulnerabilidad para las viviendas a partir de la herramienta de Análisis de la Resiliencia de las Comunidades ante los Desastres (ARC-D), el apoyo a las entidades en planes de acción comunitarios como el plan barrial y capacitaciones que mejoraran el conocimiento, monitoreo, evaluación y difusión de alertas tempranas, adicionalmente, la práctica se complementa con el estudio de amenaza del asentamiento Villas de Girardot a escala 1:5.000 con el objetivo de reforzar la resiliencia comunitaria y prevenir pérdidas humanas.

Para este estudio, se llevó a cabo un reconocimiento en campo que incluyó la identificación de elementos geomorfológicos, unidades geológicas para ingeniería, uso del suelo, además del levantamiento detallado de los movimientos en masa presentes en el área de interés. Los factores condicionantes fueron procesados mediante el método bivariado, conforme a lo establecido en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 del Servicio Geológico Colombiano (2017) con el propósito de realizar un análisis de susceptibilidad por deslizamientos.

Posteriormente, se desarrolló una caracterización de amenaza integrando los resultados obtenidos con los factores detonantes de precipitación y actividad sísmica, siguiendo los lineamientos del documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 (2016), elaborado por el Servicio Geológico Colombiano. Como resultado, se determinó una categoría de amenaza alta para los alrededores de la quebrada Argelia, y el escarpe oriental del asentamiento, área que coincide con la recurrencia de movimientos en masa de la zona.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Programa académico. Director: Joaquín Andrés Valencia Ortiz PhD. Geología. Codirector: Leonardo Palmera Sánchez. Geólogo MSc en Geociencias.

ABSTRACT

Title: Characterization of the hazard and analysis of the degree of vulnerability due to mass movements in the Villas de Girardot settlement, Bucaramanga. Internship conducted together with the international humanitarian response agency, GOAL, Colombia.

Author: María Valentina Rodríguez Carreño

Key Words: Risk, Hazard, Resilient, Disaster Risk Reduction (DRR).

Informal settlements in Colombia, are the result from inappropriate land use and unresponding humanitarian needs, and therefore, one of the main causes of disaster emergencies. In Bucaramanga, the expansion of these settlements highlights the need to strengthen technical studies and promote community knowledge for risk reduction. As part of the NGO GOAL and “Resilient Neighborhood in Colombia” project, the internship was developed to identify risk areas through geoscientific studies. These activities included a qualitative description of housing vulnerability using the ARC-D tool, support for entities in community action plans such as the neighborhood plan, and training to improve knowledge, monitoring, evaluation, and dissemination of early warnings. In addition, the internship is complemented by a hazard study of Villas de Girardot settlement at a scale of 1:5.000 with the objective of strengthening community resilience and preventing human losses.

For this study, a field survey was carried out that included the identification of geomorphological elements, geological units for engineering, land use, and filled forms of the landslides present in the area. The conditioning factors were processed using the bivariate method, in accordance with the methodological guide for mass movement hazard zoning at a scale of 1:25.000 of the Colombian Geological Service (2017) for the purpose of performing a landslide susceptibility analysis.

Subsequently, a hazard characterization was developed, integrating the results obtained with the triggering factors of precipitation and seismic activity, following the guidelines of the methodological document for the zoning of susceptibility and hazard due to mass movements at a scale of 1:100.000 (2016), prepared by the Colombian Geological Service. As a result, a high threat category was determined for the area surrounding the Argelia stream and the eastern escarpment of the settlement, an area that coincides with the recurrence of mass movements in the zone.

*Degree work

**School of Physicochemical Engineering. School of Geology. Academic Program. Director: Joaquín Andrés Valencia Ortiz PhD. Geology. Codirector: Leonardo Palmera Sánchez. Geologist MSc in Geosciences.

Introducción

La ONG (Organización No Gubernamental) GOAL es una agencia internacional de respuesta humanitaria que opera en catorce países. Desde su llegada a Colombia en 2019 su enfoque se centra en intervenciones sociales, urbanas y comunitarias que fortalecen la resiliencia de poblaciones vulnerables. Teniendo en cuenta que las acciones son escasas o en algunos casos inexistentes en los asentamientos informales de Bucaramanga, en el 2021 el equipo técnico de GOAL plantea el proyecto “Barrio resiliente en Colombia”, con el apoyo de USAID y en articulación con autoridades locales y el sector académico.

GOAL se divide en sectores en función de las diferentes metas del proyecto. Entre estos se encuentra el sector de riesgos naturales y tecnológicos, también llamado Reducción de Riesgos a Desastres (RRD), donde se desarrolla la presente práctica empresarial para el cumplimiento del proyecto de grado. A partir de esta vinculación, se busca aportar y fortalecer los estudios desde el área de la geología, mediante acciones humanitarias sostenibles orientadas a enfrentar amenazas naturales y antrópicas en el asentamiento Villas de Girardot.

Entre estas acciones se incluyen el fortalecimiento de estudios técnicos, la divulgación del conocimiento del territorio en temas de gestión del riesgo de desastres, la promoción de una cultura de prevención en comunidades vulnerables y la contribución a una planificación territorial más segura. Todo con el fin de cumplir el objetivo principal de la organización el cual es salvar vidas y proteger los bienes de las personas para la construcción de comunidades verdaderamente resilientes.

2. Planteamiento del problema

Colombia, debido a su ubicación intertropical y condiciones geológicas complejas, es un país altamente expuesto a amenazas de origen natural como movimientos en masa, inundaciones, sismos y erupciones volcánicas. Esta exposición se ve agravada por factores antrópicos, como el uso inadecuado del suelo y la expansión desordenada de asentamientos humanos, lo que incrementa la vulnerabilidad de muchas comunidades. En este contexto, los asentamientos informales creados por población migrante, producto de crisis económicas o conflictos armados, representan puntos críticos de riesgo, donde las condiciones precarias de vivienda y servicios básicos limitan la capacidad de respuesta ante emergencias. En el asentamiento Villas de Girardot se ha identificado que las comunidad ha ocupado, desde el año 2010, un área forestal protegida bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). Esta zona se localiza en el escarpe occidental de la ciudad de Bucaramanga, un sector donde se presenta la combinación de factores como pendientes altas, procesos de deforestación, composición de suelos asociados a la Formación Bucaramanga, erosión hídrica y la influencia de las fallas estructurales de la zona, lo que contribuye a la inestabilidad del terreno generando una susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Actualizar el estudio de amenaza por movimiento en masa y realizar un análisis de vulnerabilidad cualitativo para la gestión del riesgo de desastres durante el proyecto “Barrio Resiliente de Colombia”, a su vez, apoyar en el fortalecimiento del asentamiento informal de la comunidad de Villas de Girardot en Bucaramanga, Santander.

3.2. Objetivos Específicos

Realizar un análisis técnico geológico-ingenieril y geomorfológico a partir de estudios de campo a escala 1:5.000 del asentamiento Villas de Girardot.

Integrar los estudios de amenaza y vulnerabilidad a los diagnósticos realizados por GOAL en el asentamiento de intervención, por medio de un mapa de amenaza y un análisis cualitativo de vulnerabilidad del asentamiento Villas de Girardot.

Apoyar en el diseño, implementación y formación de sistemas de alerta temprana (SAT) comunitarios en el asentamiento Villas de Girardot a partir de un aporte desde los conocimientos geo científicos en los diferentes componentes de la gestión del riesgo.

Acompañar a la Unidad Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres de Bucaramanga (UMGRD) en la ejecución del plan barrial de emergencia para la comunidad de Villas de Girardot a partir de los insumos y resultados.

4. Marco de Referencia

4.1. Estado del arte

Mapa Morfotectónico del Sistema de Fallas Suárez (INGEOMINAS, 2008). Este mapa sirvió como base preliminar para el análisis geológico y estructural del área, facilitando un primer acercamiento antes del trabajo de campo, se considera un insumo de suma importancia para realizar los mapas preliminares. (Apéndice 1)

Plan Comunitario de Gestión del Riesgo de Desastres – Villas de Girardot (PCGRD, 2015): Este documento fue elaborado para el asentamiento Villas de Girardot, la Unidad Municipal de Gestión de Riesgos a Desastres identifica los principales escenarios de riesgo que enfrenta el territorio, priorizando amenazas como deslizamientos, inundaciones y exposición a eventos sísmicos, dada su localización en zona de amenaza alta. El PCGRD recoge el conocimiento local y técnico del riesgo, estableciendo acciones orientadas a la reducción de vulnerabilidades y fortalecimiento de capacidades. Entre sus aportes más importantes se encuentran el reconocimiento de las condiciones precarias de vivienda e infraestructura, la identificación de zonas críticas del asentamiento, la creación de un comité comunitario de gestión del riesgo y la formulación de rutas de evacuación y protocolos de actuación frente a emergencias.

Este plan se considera un antecedente clave para el presente estudio, ya que sienta las bases organizativas y técnicas sobre las cuales se han venido consolidando las iniciativas de reducción del riesgo y resiliencia comunitaria en Villas de Girardot.

Diagnóstico Barrial (Consultor Cristian Camilo Patiño, 2022): Este documento es presentado por el ingeniero civil especializado en estructuras, Cristian Camilo Patiño, consultor de la ONG para el sector técnico RRD, el informe identifica las posibles amenazas

(deslizamiento, incendios y caída de árboles) a partir del diagnóstico y posibles riesgos con los que cuenta la Ciudad de Bucaramanga. En el documento se describe el escenario general a nivel nacional, departamental y finalmente barrial. Este resumen se considera de gran utilidad para dar continuidad y profundizar los resultados a partir de la caracterización geológica ya que los resultados se generaron únicamente a partir de percepción y recopilación bibliográfica. Posteriormente, en base a este diagnóstico, el equipo de Reducción de Riesgos a Desastres (RRD) de la organización GOAL implementó un diagnóstico comunitario del SAT en el asentamiento Villas de Girardot, con el propósito de evaluar la percepción del riesgo y el nivel de conocimiento de la comunidad sobre los componentes clave del sistema. Este diagnóstico se aplicó a una muestra representativa de 39 personas y abordó cuatro áreas fundamentales: conocimiento y análisis del riesgo, monitoreo y pronóstico, difusión de alertas y capacidad de respuesta.

Diseño SAT Comunitario (Consultor Cristian Camilo Patiño, 2022): El diseño preliminar del Sistema de Alerta Temprana (SAT) comunitario para el barrio Villas de Girardot fue realizado por el consultor en ingeniería civil Cristian Camilo Patiño en el marco del proyecto Barrio Resiliente en Colombia. Este diseño estableció las bases técnicas para la instalación de un SAT funcional y adaptable a las condiciones físicas y sociales del territorio, y sirvió como punto de partida para el desarrollo de los objetivos del presente proyecto, orientados a garantizar la continuidad y finalización del sistema como uno de los principales productos. En cuanto a monitoreo y pronóstico, si bien la comunidad logró identificar zonas de riesgo, no existen instrumentos de medición técnica ni comunitaria, ni criterios definidos para su ubicación o mantenimiento. En difusión de alertas, el porcentaje fue apenas del 2,8%, evidenciando la ausencia total de mecanismos formales para la transmisión de información

en emergencias, y en capacidad de respuesta, la calificación fue del 8,8%, ya que no existen planes de emergencia ni mapas de evacuación definidos. Estos hallazgos subrayan la urgente necesidad de implementar un SAT comunitario completo, que no solo incorpore herramientas tecnológicas, sino que también fortalezca las capacidades locales y fomente la participación de la población. El diseño técnico elaborado por el consultor Patiño, junto con este diagnóstico, constituyen insumos claves para orientar la implementación integral del SAT como una estrategia sostenible y centrada en la comunidad.

Rodríguez, J. D. (s. f). Práctica empresarial como apoyo técnico al proyecto “Barrio Resiliente en Colombia” en el área de reducción de riesgos a desastres, aplicado al área metropolitana de Bucaramanga: En este informe se presentan estudios técnicos de ingeniería orientados a la evaluación de la amenaza y vulnerabilidad utilizando datos geotécnicos recolectados por la CDMB como ensayos de laboratorio y caracterización detallada del suelo, los cuales se asociaron con el talud que se encuentra al nororiente del asentamiento Villas de Girardot por su proximidad de 1,5 a 2 km. En las simulaciones de estabilidad que se realizaron mediante el programa Slide, se desarrollaron tres modelos de análisis basados en el nivel freático: no saturado, semi-saturado y saturado, considerando condiciones sísmicas bajo el método de Janbu simplificado. Para ello, se ejecutaron tres sondeos de penetración estándar (SPT) distribuidos a lo largo del talud en estudio:

- El SPT-01, registró el nivel freático a 3.6 metros, siendo representado como saturado.
- El SPT-02, presentó humedad significativa, correspondiente a una condición semi-saturada.

- El SPT-03, no registró presencia de agua hasta los 6 metros de profundidad, por lo que fue modelado como no saturado.

En los tres sondeos se identificó un estrato predominante de materiales limo arcillosos (miembros finos), acompañado por gravas y arenas (miembros gravosos), con diferencias locales en el espesor de los materiales.

Los factores de seguridad obtenidos variaron según el modelo, siendo más críticos en condiciones saturadas, con valores inferiores a 1.0, lo que evidencia un riesgo potencial de deslizamiento en ciertas zonas del talud. Estos resultados constituyen un insumo técnico relevante para comprender mejor las condiciones del terreno y apoyar el análisis del área en Villas de Girardot.

Informe de Cartografía Social (GOAL, 2022): GOAL desarrolló un ejercicio de mapeo comunitario participativo en el asentamiento Villas de Girardot, esta actividad se realizó con el objetivo de identificar la percepción del riesgo desde la visión de la comunidad. La actividad se realizó a partir de cartografía base con la que contaba la organización y con la participación de grupos focales conformados por líderes comunitarios, madres cabeza de hogar, jóvenes y personas en situación de vulnerabilidad.

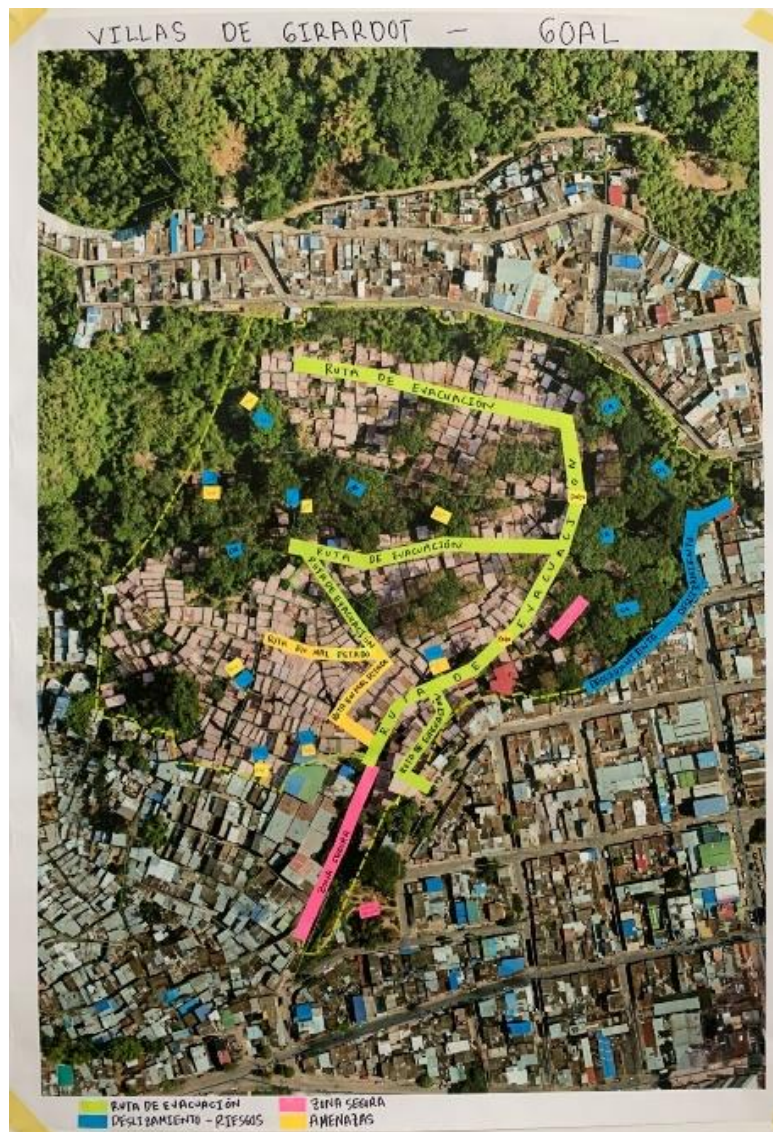
Durante la jornada, la comunidad georreferenció e identificó elementos claves como zonas de amenaza, riesgos percibidos, rutas de evacuación y zonas seguras. Entre las amenazas más señaladas se encuentran deslizamientos, caída de árboles, incendios y enfermedades asociadas a la mala disposición de residuos. También se identificaron factores como rutas deterioradas y acumulación de desechos.

Estos elementos fueron plasmados por la comunidad en un mapeo desarrollado con 69 personas que participaron en el marco de la feria “Ruta de la Resiliencia” (ver *Figura 1*).

Este ejercicio de cartografía social constituye un insumo fundamental para comprender la relación entre la percepción del riesgo comunitario y la gestión técnica del mismo, así como para fortalecer procesos participativos en la planificación de intervenciones de reducción del riesgo en el territorio.

Figura 1

Mapa cartografía social



Informe recopilado Villas de Girardot (GOAL, 2022): Como parte del componente social del proyecto “Barrios Resilientes en Colombia”, realizó un análisis de la cartografía social y diagnósticos iniciales con el objetivo de identificar las principales problemáticas y oportunidades en temas de reducción de riesgos a desastres, infraestructura y cohesión comunitaria. Este informe consolidado recopila los hallazgos derivados de diferentes actividades de diagnóstico realizadas con la comunidad, con apoyo de la cartografía social, entrevistas y talleres.

La comunidad señaló como principales problemáticas los siguientes aspectos: Riesgo por deslizamientos, mal estado de las vías, inseguridad, falta de presencia institucional, dificultad en el acceso al transporte público, deficiencias en los servicios de salud, deterioro del ambiente por acumulación de residuos, y escasez de zonas recreativas seguras para niños y jóvenes.

En la *Figura 2* se ilustra un mapa de riesgos según concepto, en donde se identifican las zonas con posible amenaza de deslizamiento, amenaza de incendio y amenaza de caída de árboles.

Este proceso participativo evidenció la importancia de integrar el conocimiento local en la planificación del riesgo, y proporcionó insumos valiosos para orientar futuras intervenciones tanto técnicas como sociales en Villas de Girardot.

Figura 2

Mapa de riesgos según concepto técnico



Caracterización geoelectrónica del subsuelo mediante la técnica de tomografía de resistividad eléctrica (gys LTDA, 2015): El estudio tuvo como objetivo principal caracterizar el subsuelo de tres sectores del municipio de Bucaramanga (Villas de Girardot, Pantanos 1 y Barrio Bucaramanga – Manzana 10) mediante la técnica de Tomografía de

Resistividad Eléctrica (TRE), que permite identificar la distribución de resistividad de los materiales del subsuelo hasta profundidades de 23 a 25 metros. Se realizaron cuatro líneas de TRE usando el equipo Terrameter ABEM LS, con electrodos espaciados entre 2.5 y 3 metros, y los resultados fueron procesados con el software RES2DINVx64, basado en el método de inversión de Loke & Barker (1996).

Los perfiles geoelectricos se interpretaron con base en el modelo geológico local, principalmente sobre depósitos de la Formación Bucaramanga, que se divide en los miembros Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (Qblr).

Principales hallazgos para el sector:

- **Villas de Girardot (TRE01 y TRE02):** En TRE01 se identificaron depósitos del miembro Órganos, con resistividades entre 35 y 60 Ohm.m, suelos lodosos con arenas (25–40 Ohm.m), suelos arenosos con finos (40–90 Ohm.m) y suelos areno-gravosos (>90 Ohm.m). En TRE02 se reconoció el contacto entre los miembros Finos (30–70 Ohm.m) y Gravoso (70–130 Ohm.m), incluyendo un lente lodoso (20–30 Ohm.m) y otro gravoso (130–300 Ohm.m). Véase *Figura 3*.

Figura 3

Ubicación TRE01 y TRE02, en el barrio Villas de Girardot



Este estudio es un importante antecedente para el análisis de la amenaza por movimientos en masa, pues permite entender la distribución de materiales y su comportamiento hidráulico y mecánico. En el contexto de la presente investigación, los datos del TRE proporcionan soporte para validar modelos geotécnicos y establecer correlaciones con condiciones de saturación o inestabilidad de laderas en Villas de Girardot.

4.2. Marco teórico

Gestión del riesgo: Se considera primordial tener claridad en el término “*Gestión del Riesgo*”. A partir de la ley 1523 del 2012, la Gestión del Riesgo hace referencia al proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para conocer el riesgo con fines de concientizar que este existe y reducirlo mediante el manejo apropiado en situaciones previas, durante y después de un desastre con el propósito de conformar a una comunidad resiliente, segura y capaz de proteger su bienestar

y calidad de vida contribuyendo al desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de modo accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Servicio Geológico Colombiano, 2016).

Caracterización de Amenaza: La caracterización de la amenaza debe incluir su ubicación, clasificación, magnitud o intensidad, y se evalúa en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal. La magnitud o intensidad de la amenaza se pueden expresar en términos de volumen, área, velocidad, intensidad o energía (Servicio Geológico Colombiano, 2016).

La caracterización de amenaza para el presente estudio es por movimientos en masa y fue elaborado a partir de la integración del resultado de susceptibilidad con los detonantes por lluvia y sismo. Una vez generado el mapa, este fue clasificado en tres niveles de amenaza (Bajo, Medio y Alto).

Susceptibilidad: Probabilidad de que un área experimente un fenómeno geológico específico (por ejemplo, deslizamientos o movimientos en masa), basándose en las condiciones del terreno, como geología, geomorfología y cobertura del suelo (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se aplicó el método estadístico bivariado Weights of Evidence (WoE). Este proceso implicó el cálculo de los pesos de evidencia finales (Wf) para variables como unidades geológicas para ingeniería (UGI),

pendientes, uso del suelo, geomorfología y el inventario de movimientos en masa. Los valores obtenidos se integraron en el programa ArcGIS, permitiendo calcular el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos (LSI), el cual fue reclasificado y distribuido en 100 percentiles y categorizando la susceptibilidad en 5 intervalos (muy baja, baja, media, alta, muy alta).

Riesgo: Es la probabilidad y severidad de daños o pérdidas sobre la vida, salud, bienes o ambiente, resultante de la combinación entre la amenaza y la vulnerabilidad en un periodo determinado (Servicio Geológico Colombiano, 2016).

Vulnerabilidad: Fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente (Servicio Geológico Colombiano, 2016).

Se define de manera cualitativa estudiándose el grado que puede verse afectados ante un riesgo.

Plan Barrial: Es un ejercicio participativo en donde la comunidad prioriza y presenta las principales problemáticas de su entorno a las secretarías y dependencias de la administración distrital, para que estas a su vez puedan revisar, planificar, y plantear el paso a paso en su solución (Alcaldía de Barranquilla, 2021).

Sistema de Alerta Temprana (SAT): Un sistema de alerta temprana es una medida de adaptación al cambio climático que utiliza sistemas de comunicación integrados con el fin de ayudar a las comunidades a prepararse para los peligros relacionados con el clima con el fin de salvar vidas y bienes contribuyendo a la sostenibilidad a largo plazo (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

Movimientos en Masa: Los movimientos en masa son procesos geodinámicos externos que implican el desplazamiento descendente de masas de suelo, rocas o una combinación de ambos, bajo la influencia de la gravedad. En contextos urbanos, especialmente en asentamientos informales ubicados en zonas de ladera, los movimientos en masa representan una de las principales amenazas naturales por su potencial destructivo y su frecuencia de ocurrencia (Servicio Geológico Colombiano, 2015; Cruden & Varnes, 1996).

Resiliencia: La resiliencia se entiende como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a amenazas para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de una amenaza de manera oportuna y eficiente, mediante la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funciones esenciales (UNISDR, 2009). En el contexto de la gestión del riesgo, implica no solo la reducción de vulnerabilidades y la mejora de capacidades de respuesta, sino también el fortalecimiento de procesos sociales, económicos y ambientales que permiten a las comunidades adaptarse de forma sostenible ante eventos adversos (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2012).

ARCD: El ARC-D (Análisis de la Resiliencia de las Comunidades ante los Desastres) es una herramienta participativa y flexible que evalúa la resiliencia comunitaria frente a desastres mediante 30 componentes alineados con el Marco de Sendai. Incluye un cuestionario, una plataforma digital y una guía de aplicación. Permite identificar fortalezas y debilidades locales, apoyar la planificación, el monitoreo de proyectos y políticas públicas, y es compatible con marcos internacionales. Ha sido validada en más de 11 países y facilita comparaciones entre contextos, adaptándose al riesgo y realidad local (GOAL, 2016).

En la presente tesis, esta herramienta se aplicó a la comunidad de Villas de Girardot para evaluar la vulnerabilidad de forma cualitativa, el ARC-D se aplicó de manera participativa el

día 3 de octubre de 2022, mediante una sesión comunitaria realizada en las oficinas de GOAL en Bucaramanga. En dicha jornada participaron grupos focales conformados por líderes comunitarios, madres cabeza de hogar y jóvenes del barrio Villas de Girardot, con el fin de identificar percepciones, capacidades y limitaciones frente al riesgo de desastres. Esta aplicación permitió contextualizar los resultados del diagnóstico en función de las realidades sociales del territorio. Por tanto, la herramienta no solo mide el nivel de resiliencia, sino que contribuye a comprender mejor los factores que incrementan o reducen la vulnerabilidad, facilitando intervenciones más efectivas y focalizadas.

5. Descripción del área de estudio

5.1 Historia del asentamiento

El asentamiento tuvo su origen en el año 2009, cuando el sector era conocido como la finca Tulia. A partir del 2 de enero de 2010, debido a fenómenos de desplazamiento forzado y crisis habitacional, comenzaron las ocupaciones mediante cambuches improvisados. Aunque existieron órdenes de desalojo, el asentamiento se consolidó progresivamente. En 2016 inició la construcción de viviendas en madera, y para 2020, ya cubría una superficie de 9,72 hectáreas. Ese mismo año comenzaron las intervenciones institucionales y de organizaciones humanitarias, que impulsaron la mejora de servicios básicos como un sistema de alcantarillado comunitario y el suministro de agua potable mediante nacimientos naturales y mangueras. Actualmente cuenta con 974 viviendas y 244 familias.

5.2. Localización

Villas de Girardot se encuentra ubicado en la zona urbana del municipio de Bucaramanga, departamento de Santander, dentro de la comuna cuatro (4), según la división político-administrativa establecida en el artículo 107. Sus coordenadas geográficas corresponden a los 7° 07' 24.4'' de latitud norte y 73° 08' 16.0'' de longitud oeste, situado en el escarpe occidental de la ciudad, una zona de transición entre el casco urbano y áreas de reserva forestal.

Limita al norte con suelo rural y áreas del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI); al sur con los asentamientos humanos La Cuyanita y Milagro de Dios; al oriente con suelo rural, zonas DRMI y el barrio Girardot; y al occidente, con suelo rural y áreas protegidas también bajo la figura DRMI, administradas por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) *Figura 4*.

El relieve de Villas de Girardot está conformado por una zona de laderas de pendientes altas a muy altas, que oscilan entre los 35° y 40°, lo que condiciona significativamente su estabilidad. El área presenta una alta probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa, en particular deslizamientos traslacionales, así como afectaciones derivadas de flujos superficiales, caídas y desprendimientos de material, todo lo cual configura un entorno con riesgos geomorfológicos latentes.

En cuanto al clima, el asentamiento presenta temperaturas que varían entre los 16 °C y 24 °C, y una precipitación anual promedio de 1.041 mm (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2019).

Hidrográficamente, el territorio está atravesado por la quebrada Argelia, un elemento natural que, además de aportar a la biodiversidad local, puede actuar como factor detonante de procesos de remoción en masa.

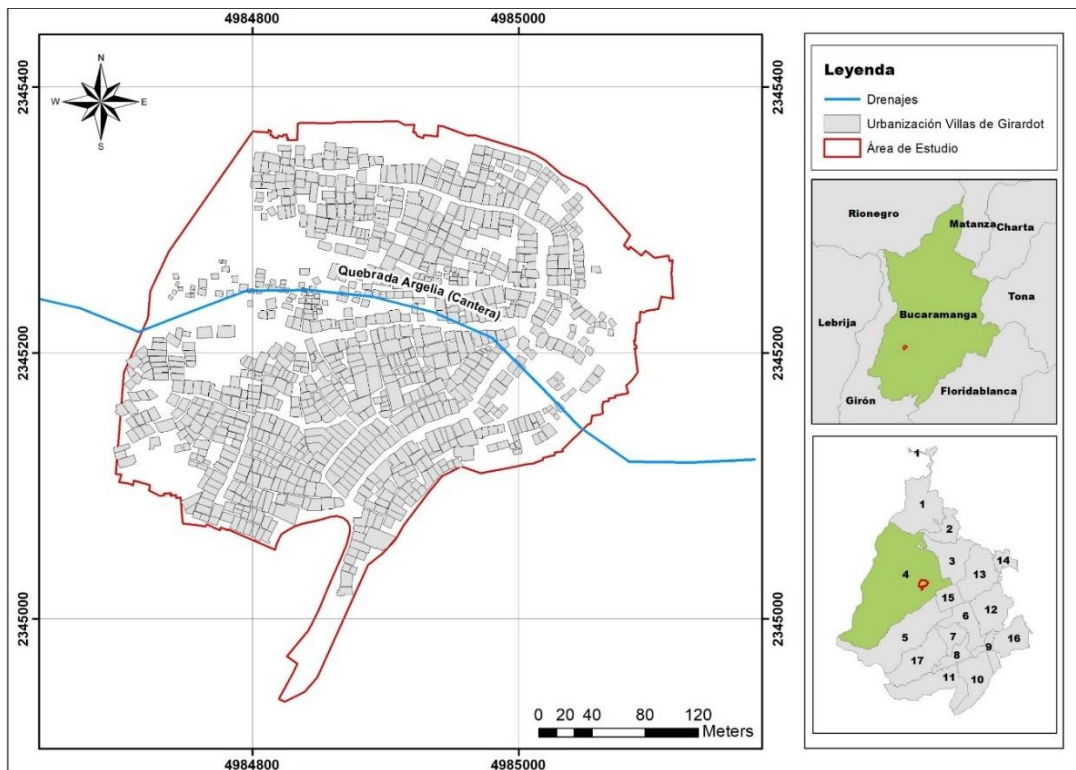
Desde el punto de vista geológico, la zona hace parte de la formación Bucaramanga y se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, según la zonificación del Servicio Geológico Colombiano, lo cual incrementa el riesgo estructural para los asentamientos construidos en laderas inestables y con deficiencias en técnicas constructivas, como es el caso de Villas de Girardot.

Este trabajo se realiza con Sistema de coordenadas de proyección: MAGNA Origen Nacional. **Proyección:** Transversal de Mercator.

Figura 4

Localización del área de estudio para el asentamiento informal Villas de Girardot

(Modificado de GOAL, Colombia, 2021 y Alcaldía de Bucaramanga, 2010), La cartografía base fue tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2022) y del Área Metropolitana



5.3. Contexto Geológico

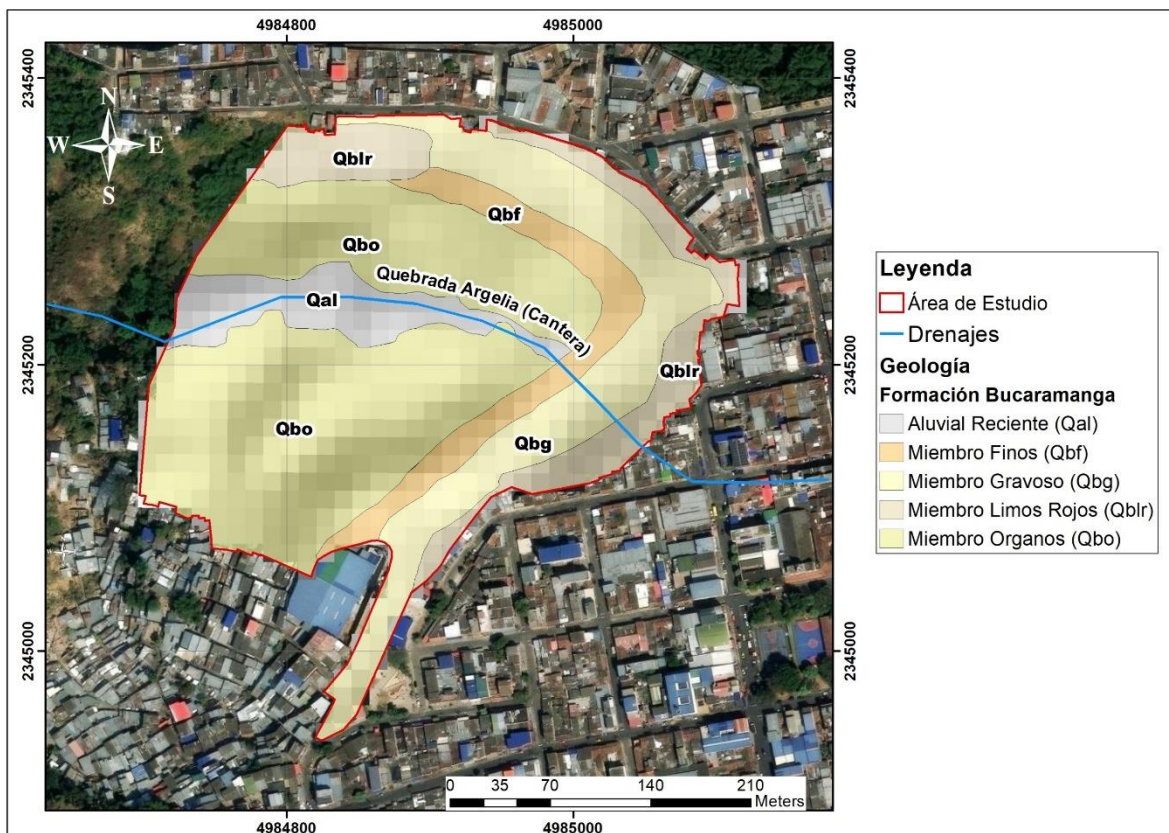
El asentamiento se enmarca en la cartografiada del cuadrángulo H12 plancha 120 a escala 1:25.000, esta cartografía ha sido modificada a escala 1:5.000 a partir del estudio de campo.

En la zona de estudio afloran rocas sedimentarias de la Formación Bucaramanga descrita inicialmente por De Porta, (1959). Esta formación corresponde a un depósito cuaternario del Pleistoceno que morfológicamente corresponde un abanico aluvial erosionado con un espesor estimado de 300 m (Ingeominas, 2001; Niño, 1993). La formación

Bucaramanga se divide en el Miembro Órganos (Qbo), Miembro finos (Qbf), Miembro gravoso (Qbg) y Miembro limos rojos (Qblr) que se clasifican como tal según parámetros detallados de granulometría, agentes de transporte y morfología. A continuación, se describen los miembros y las formaciones que se consideran como geología base para la zona del presente estudio teniendo en cuenta el mapa morfotectónico de la zona (Ingeominas, 2008) (Figura 5).

Figura 5

Geología del asentamiento Villas de Girardot. Modificado de la plancha 120 II de Bucaramanga (Ingeominas, 2008).



Miembro Gravoso (Qbg): Esta unidad fue definida principalmente por Vargas y Niño (1992), y conforma la zona escarpada del occidente y norte de Bucaramanga. Desde el

punto de vista geomorfológico, se describe como un conjunto de colinas suaves al sur de la quebrada La Iglesia, mientras que hacia el norte forma los escarpes superiores en la parte alta del nacimiento de este afluente. Para este miembro se estima un espesor variable entre 8 y 30 metros, compuesto por niveles gravosos, gravo-arenosos y gravo-lodosos. Su morfología se considera similar a la del miembro Órganos, con la diferencia de que, en la parte sur de la quebrada La Iglesia, el relieve cambia hacia colinas suaves y onduladas (Ingeominas, 2008). Presenta un contacto inferior neto, continuo y suavemente ondulado con el miembro Finos, mientras que el contacto superior con el miembro Limos Rojos es gradacional (Ingeominas, 2001).

Miembro Órganos (Qbo): Descrito por Hubach, (1952), aflora en la parte occidental de la antes llamada meseta de Bucaramanga, en los alrededores del municipio de Girón, anillo vial, la parte norte de la mesa de Ruitoque y en los cortes de la carretera que comunica a la ciudad de Bucaramanga y Girón. Para este miembro se estima un espesor de 180 m, se caracteriza por sus procesos de erosión formando cárcavas y las llamadas “Bad Lands” formando a sus alrededores estoraques (Ingeominas, 2008). Se describe como una serie monótona de niveles polimicticos de fragmentos gruesos, de aspecto conglomerático, en composición y textura: en alternancia con capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura (Bueno y Solarte, 1994). La litología de la zona está dominada por depósitos asociados a flujos de escombros e intercalaciones de depósitos intermedios de facies mayores gravosas, masivas y estratificadas, que presentan interdigitaciones con depósitos de corrientes de canal, constituidos por facies menores de lodos limosos y areniscas de granulometría fina a muy gruesa, con presencia ocasional de guijarros. La configuración de estos depósitos sugiere la influencia de condiciones climáticas

extremas en la cuenca del río Suratá, en conjunto con el levantamiento tectónico hacia el noreste y este, controlado por la actividad de la Falla de Bucaramanga (Niño y Vargas, 1992).

Para el sector norte de la terraza de Bucaramanga estudios anteriores dividen el Miembro Organos en tres segmentos: Órganos Inferior (QbO1), Órganos Superior (QbO2) y Organos removido (Qd?).

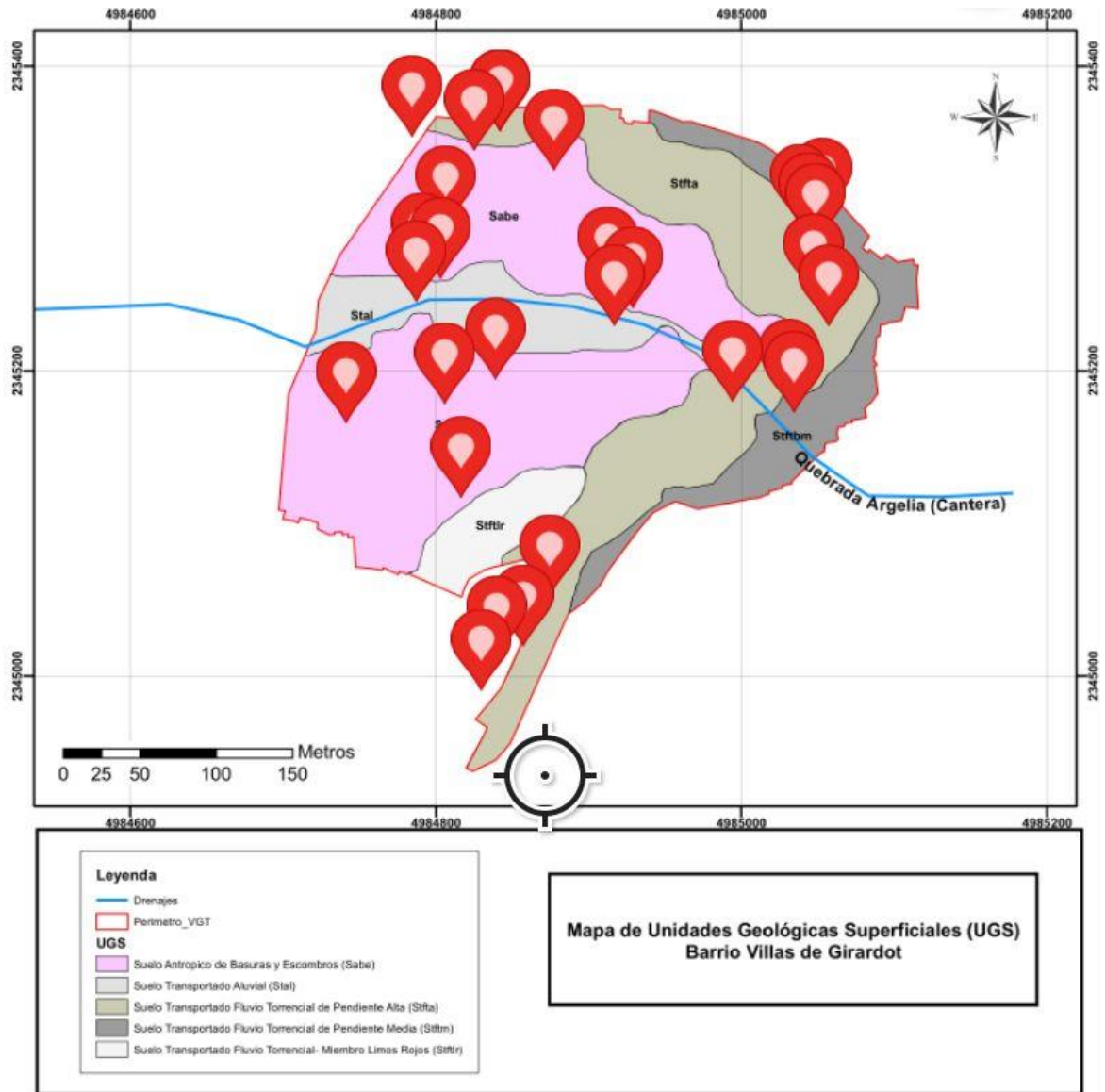
Miembro Limos Rojos (Qblr): Arenas arcillas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y pardos con la existencia de esporádicos bloques angulares grandes de areniscas (Ingeominas, 2008).

Aluvial Reciente (Qal): Depósitos de areniscas silíceas, conglomerados, cuarcitas y lodolitas, fragmentos de rocas ígneo-metamórficas como granitos, granodioritas, neises, esquistos, entre otras (Ingeominas, 2008).

La geología anteriormente descrita se realiza a partir de una actualización en base a 29 puntos como control de campo sobre el mapa preliminar de UGS de los cuales se muestran en la *Figura 6*.

Figura 6

Mapa de estaciones de campo - Villas de Girardot



5.4. Marco tectónico

Bucaramanga se demarca por un sistema de fallas regionales, al este por la falla de Bucaramanga-Santa Marta la cual se localiza al oriente del Área Metropolitana de Bucaramanga y presenta un trazo ligeramente curvilíneo, con dirección general SSE – NNW.

Ward et al. (1973) y al oeste por la falla de Suarez que intersecan al norte de la ciudad y se encuentra bajo la interacción de tres bloques tectónicos (Niño, 1992), el bloque occidental se conforma de rocas sedimentarias del Jurásico, el bloque oriental por rocas ígneo-metamórficas del precámbrico y paleozoico como parte del Macizo de Santander y el bloque central descrito como el abanico aluvial cuaternario perteneciente en su mayoría a la zona urbana limitando al Sur con la mesa de Ruitoque (Ingeominas, 2008). Topográficamente la falla principal genera un escarpe distintivo y pone en contacto rocas de la Formación Girón, con depósitos de la Formación Bucaramanga. El plano de falla presenta buzamiento hacia el NW, con un ángulo aproximado de 60° (Ward et al., 1973). El bloque medio y el enfoque del presente estudio está constituido de depósitos aluviales recientes, corresponde a un bloque hundido rellenado por el material de arrastre dando a la formación Bucaramanga en su totalidad.

La zona urbana de Bucaramanga conforma una depresión estructural generada a partir de los bloques asociados a las fallas regionales descritos anteriormente (Bermudez, 2010).

Falla Bucaramanga-Santa Marta: El Sistema de Fallas Bucaramanga-Santa Marta (SFBS) se extiende 550 km desde Boyacá hasta Santa Marta y es una falla de desplazamiento lateral izquierdo con un deslizamiento estimado de 100–110 km y orientación $N15^\circ W$, con componentes inversos y verticales que han elevado el macizo de Santander (Paris, 2000; Campbell, 1965; Ingeominas, 2008). Su actividad, iniciada en el Mioceno Superior durante la Orogenia Andina y se divide en tres sectores: el septentrional (Falla de Santa Marta), el central (sur de la cuenca del Cesar) y el meridional (Falla de Bucaramanga), este último presente en el área de estudio, donde se observa su expresión topográfica en cerros y alineamientos locales (Ingeominas, 2001). La falla muestra evidencias de actividad

neotectónica y termina al sur en relación con las fallas de Boyacá y Soapaga, con edad discutida entre el Neógeno y el Paleógeno (Paris, 2000; Montes, 2009).

Falla de Suarez Rio de Oro: Corresponde a una falla inversa de alto ángulo con actividad del Cuaternario (Paris, 2000). El abanico de Bucaramanga demarca su geomorfología en el límite occidental conforme al efecto de la falla Suarez la cual a su vez es paralela al cauce del mismo nombre (Ingeominas, 2008).

A nivel local, Villas de Girardot se encuentra entre el trazo 4 y 5 de la falla de Bucaramanga y dos fallas transversales La Esperanza y Morrórico como se muestra en la *Figura 7*. En el asentamiento no se observaron estructuras adicionales a las anteriormente descritas.

Figura 7

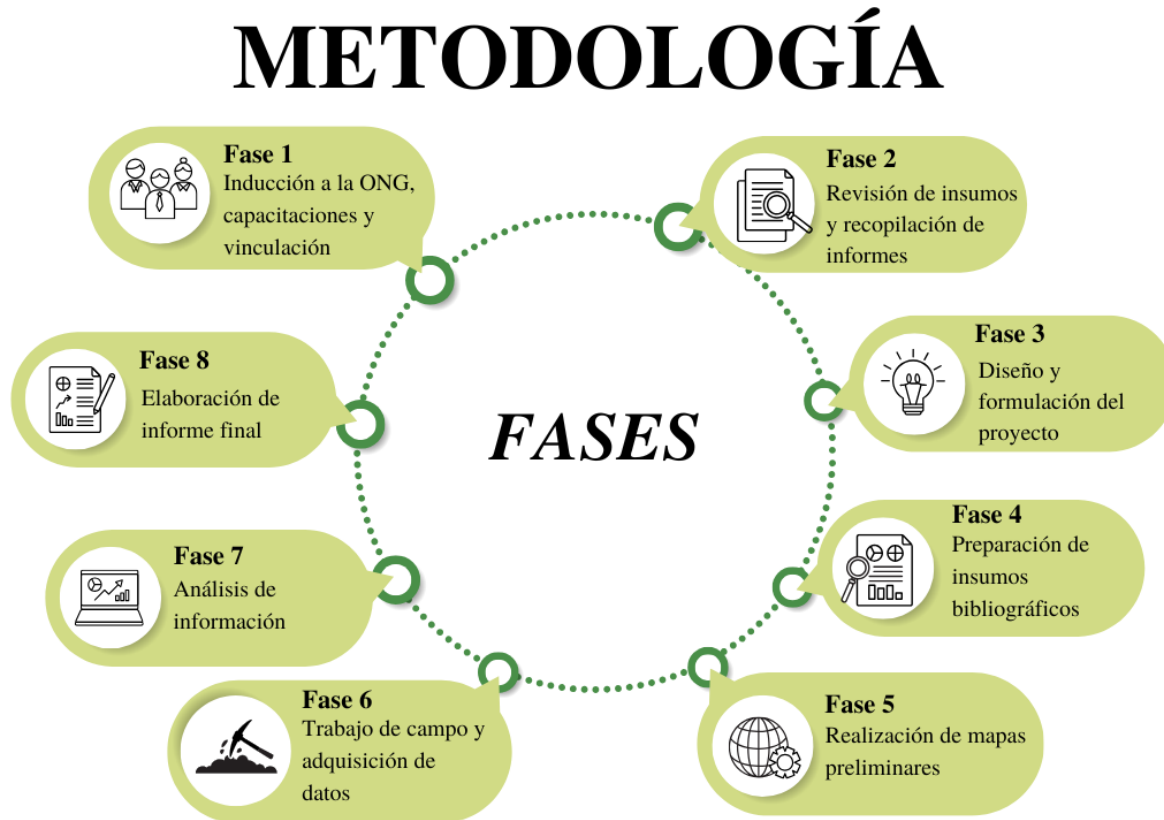
Estructuras de las zonas de estudio (Vargas, 2021)



6. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con 8 fases (*Figura 8*). Partiendo de la inducción por parte de la ONG, donde se realizará la capacitación y vinculación como practicante. Posteriormente, se recopilarán estudios e informes previos de la organización, basados en bibliografía y datos de las entidades gubernamentales, esta revisión se realiza para identificar aportes desde la geología y definir las actividades a desarrollar. Luego, se evaluará la bibliográfica específica sobre el contexto geológico, priorizando los temas de amenaza, vulnerabilidad y sistemas de alerta temprana. Seguidamente, se elaborarán los mapas preliminares mediante interpretación geológica y geomorfológica, apoyados en mapas base e imágenes satelitales, y se avanzará en el diseño y ejecución del SAT comunitario. La fase de campo permitirá caracterizar la geología, geomorfología y la geología con fines ingenieriles, además de obtener insumos para el análisis de susceptibilidad y amenazas. Finalmente, se apoyará el monitoreo de actividades en el asentamiento para la construcción del SAT comunitario con fines de conectarlo a nivel municipal. La metodología se concluirá con la entrega del informe final, correspondiente al trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial.

Figura 8

Metodología del proyecto

6.1. Fase 1: Inducción a la ONG, capacitaciones y vinculación

En esta fase se iniciará la práctica empresarial con el proceso de adaptación al entorno laboral mediante capacitaciones dictadas por los diferentes miembros de la organización, en los cuales se incluyen cursos de salvaguardia y resiliencia, contexto de las comunidades, reconocimiento de campo e indicadores del proyecto actual de la organización para tener el conocimiento previo y dar comienzo al proceso de la manera más óptima.

6.2. Fase 2: Revisión de insumos y recopilación de informes

Se realizará la revisión de los insumos, bibliografía y demás recursos con los que cuenta la organización, para los cuales se requiere revisión detallada con fines de conocer y entender el proyecto “Barrio Resiliente”. Finalmente se realiza un análisis de los estudios existentes de GOAL, basados en información bibliográfica de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y de Desastres, el área metropolitana, el plan de ordenamiento territorial, entre otros.

6.3. Fase 3: Diseño y formulación del proyecto

Para el desarrollo de esta fase se realizará la revisión del cronograma del plan de trabajo del sector de Reducción de Riesgos a Desastres, GOAL, Bucaramanga, teniendo en cuenta la información y estudios existentes, se plantearán objetivos y aportes que se pudieran entregar desde el área geológica, se realizará la propuesta del plan de proyecto de grado con el apoyo del tutor y el director de trabajo de grado.

6.4. Fase 4: Preparación de insumos bibliográficos

Se prepararán los insumos que se consideraron necesarios para el cumplimiento de los objetivos y se realizará la interpretación cartográfica de manera previa a las salidas programadas. Se recopilarán insumos del Servicio Geológico Colombiano como primera herramienta e instrumento para el área de gestión del riesgo tales como guías metodológicas, planchas geológicas, mapas temáticos correspondientes a la zona, artículos o estudios previos para el área de interés.

6.5. Fase 5: Realización de mapas preliminares

Se desarrollarán los mapas preliminares a partir de fotografías aéreas, bibliografía y reconocimiento de la zona. Se interpretarán las unidades geológicas superficiales (UGS), los Elementos Geomorfológicos (EGMF) según la identificación e interpretación de relieve y litología con el fin de detallar dicha información en campo y dar utilidad a los resultados para construcción de mapas de análisis de susceptibilidad y caracterización de amenaza.

6.6. Fase 6: Trabajo de campo y adquisición de datos

- Se realizarán recorridos para el levantamiento de datos necesarios para la caracterización geológica y geomorfológica del área de estudio, según los anexos propuestos por el Servicio Geológico Colombiano dentro de la guía metodológica para estudios de amenaza y vulnerabilidad a escala detallada. Estos datos fueron complementados con anotaciones en la libreta de campo y se realizó el respectivo registro fotográfico.

- Se acompañará en el diseño del SAT comunitario, aportando conceptos geológicos en base al conocimiento de la zona de estudio y a los recorridos de campo. Se brindó apoyo durante la selección de puntos estratégicos para la instalación de estaciones pluviométricas y la instalación de estas. Además, se apoyará en formaciones comunitarias para el funcionamiento del sistema mediante talleres de geoeducación con énfasis en geoamenazas, junto con el desarrollo de simulacros y simulaciones para mejorar el sistema de respuesta ante una emergencia. Estas actividades serán complementadas con capacitaciones e interacción con la comunidad, con el fin de correlacionar el SAT comunitario al sistema de monitoreo municipal.

- Se fortalecerá y se dará seguimiento en la comunidad dentro de los componentes de la gestión del riesgo y sistemas de alerta temprana, a partir de visitas de

campo y evaluación del conocimiento, para apoyar en la elaboración del plan barrial de Villas de Girardot en alianza con la Unidad Municipal de Gestión del Riesgo de Bucaramanga.

6.7. Fase 7: Análisis de información

Tras las salidas de campo, se realizarán los informes y la cartografía necesaria mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se actualizarán los mapas preliminares y a partir de estos, se construirá la caracterización de la amenaza. Estos resultados se corroborarán con la información e interpretación previa, con el fin de brindar datos más detallados para el área de estudio, tomando como base los datos de campo, la cartografía y la bibliografía existente. Además, se contará con el apoyo de los estudios previos de identificación y zonificación de amenaza realizados por la ONG, con el propósito de correlacionar y fortalecer la información existente mediante un resultado más preciso, sustentado en los mapas generados y una revisión complementaria.

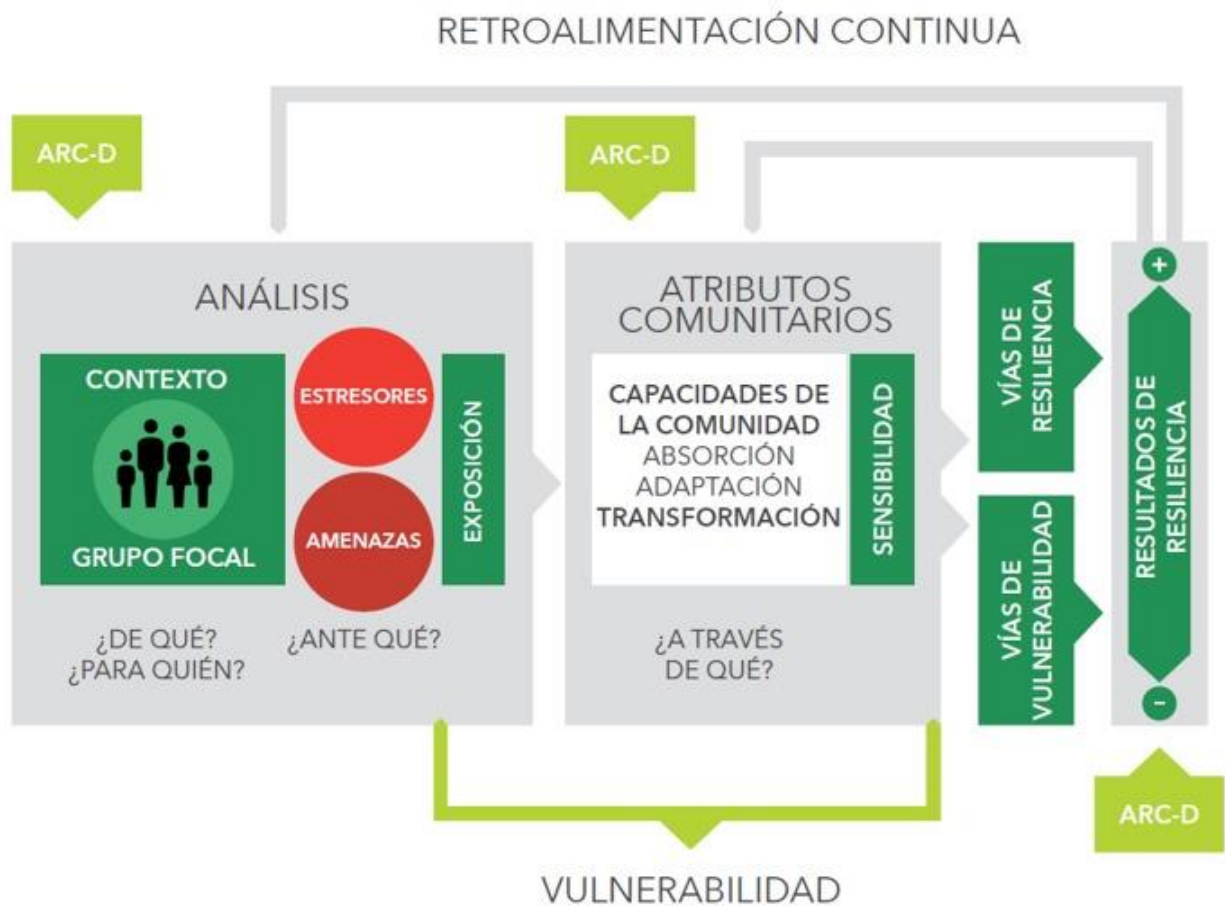
6.7.1 Análisis de Vulnerabilidad Cualitativo

La ONG GOAL incluye en su primer diagnóstico de las zonas de intervención la herramienta ARC-D, esta herramienta se aplicó a la comunidad de Villas de Girardot para evaluar la vulnerabilidad de forma cualitativa a partir de un análisis participativo con líderes comunitarios y grupos focales durante una discusión guiada a partir de 30 preguntas clave. A partir de las respuestas obtenidas se calificó el grado de vulnerabilidad a nivel cualitativo y clasificada de 1-5 con el fin de plantear los objetivos y las acciones que se deben fortalecer según las cuatro prioridades de Acción del Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030, las cuales son: Comprender el riesgo de desastres, fortalecer la gobernanza para gestionar el riesgo de desastres y reducir la vulnerabilidad a desastres para mejorar la resiliencia y mejorar la preparación ante desastres para respuestas efectivas y para

“reconstruir mejor” después de la recuperación. En la *Figura 9* se muestra el marco de resiliencia de GOAL para la evaluación de vulnerabilidad.

Figura 9

Marco de Resiliencia de GOAL para evaluación de vulnerabilidad



Fuente: Caja de herramientas ARC-D manual de guía al usuario (2016)

6.7.2 *Análisis de Susceptibilidad*

El análisis de susceptibilidad se realizará considerando factores condicionantes como la pendiente, el uso del suelo, las unidades geológicas para ingeniería, los elementos geomorfológicos y el levantamiento de eventos morfodinámicos. Este proceso se basó en la “Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala

1:25.000” del Servicio Geológico Colombiano (2017), aplicando el método bivariado para calcular la susceptibilidad específica al tipo de movimiento en masa presente en el área de estudio: deslizamientos. Como resultado de este análisis, se obtendrá el mapa de susceptibilidad para el barrio Villas de Girardot.

6.7.3. Caracterización de amenaza

El estudio de amenaza del asentamiento se realizará siguiendo el documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 propuesto por el Servicio Geológico Colombiano. Este enfoque utiliza un método cualitativo categorizando y ponderando los factores detonantes de origen natural de lluvia y sismo integrándolos al índice de susceptibilidad previamente obtenido. Como resultado se definieron 3 categorías de amenaza para el asentamiento Villas de Girardot.

- **Detonante lluvia:** Para el detonante de lluvia se realizará el mapa de lluvia 24 h a partir de estaciones pluviométricas suministradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Este insumo permitirá interpretar el comportamiento histórico y reciente de las lluvias en la zona.
- **Detonante sismo:** Para el detonante de sismo se tomará como valor único el parámetro del PGA (Aceleración pico del terreno) asociado a la ciudad de Bucaramanga 0.34 g según el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Mapa de intensidades máximas observadas para Colombia (1644–2013).

6.7.4. Apoyo en la elaboración del Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC) para Villas de Girardot

Durante la práctica profesional se brindará el apoyo para el diseño del Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC) para Villas de Girardot, aplicando conocimientos de

las ciencias de la tierra y bajo la coordinación y el apoyo del equipo técnico de GOAL. Se desarrollaron actividades enfocadas en los cuatro módulos que componen un SATC: conocimiento y percepción del riesgo, monitoreo y pronóstico, difusión de alerta y capacidad de respuesta. Estos módulos se realizarán con el fin de entregar a la comunidad herramientas efectivas para mejorar el sistema de respuesta frente a posibles emergencias, crear una comunidad más autónoma y resiliente.

Los mapas temáticos que sustentan el SATC serán elaborados mediante el programa QGIS, los cuales serán presentados a entidades locales y regionales con el objetivo de articular el sistema comunitario con el nivel municipal. Además, se colaborará en el diagnóstico de conectividad, especificaciones técnicas y elaboración de propuestas de fortalecimiento, las cuales serán discutidas en encuentros interinstitucionales con entidades gubernamentales.

6.7.5. Apoyo en el desarrollo del informe del plan barrial de Villas de Girardot

Se brindará apoyo durante la elaboración del informe del Plan Barrial mediante la identificación y levantamiento de información de elementos en campo, que posteriormente fue entregada como insumo a la Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD).

6.8. Fase 8: Elaboración informe final

En esta fase se consolidará toda la información recopilada y generada durante las fases anteriores para la elaboración del informe final de práctica empresarial y trabajo de grado. El documento incluirá la descripción detallada de las actividades desarrolladas, los resultados obtenidos, el análisis e interpretación de los datos, y las conclusiones y recomendaciones para la organización en el marco del proyecto “Barrio Resiliente”.

Asimismo, se integrarán los insumos cartográficos, mapas temáticos, fotografías y demás evidencias de campo.

Se realizará la revisión del informe con el tutor académico y el director de trabajo de grado, además de la validación por parte de los miembros de la ONG, con el fin de garantizar que los productos entregados respondan a las necesidades del proyecto y aporten a la gestión del riesgo en el área de estudio.

7. Resultados

7.1. Revisión de insumos y recopilación de informes

Durante la fase de inducción y empalme con GOAL, se realizó un reconocimiento del territorio mediante salidas de campo, complementado con capacitaciones en salvaguardia, esenciales por la interacción constante con la comunidad. Además, se participó en charlas y eventos interinstitucionales para identificar las necesidades clave que apoyaban los objetivos del proyecto "Barrio Resiliente" en alianza con la alcaldía de Bucaramanga. Este proceso permitió entender a fondo las acciones planificadas, la metodología interna del equipo de Reducción de Riesgos a Desastres y cómo se llevaría a cabo el trabajo humanitario. Gracias a esta integración, los objetivos de la práctica pudieron alinearse con las expectativas de la comunidad y las metas estratégicas del proyecto.

El estudio se inició con un diagnóstico de la zona de interés, el cual se realizó a partir de insumos bibliográficos brindados por la organización y complementados con estudios preliminares de carácter geológico de la ciudad de Bucaramanga. Una vez delimitada el área de estudio, se inicia la consulta de las metodologías "Guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1.25.000" (SGC, 2017), la "Guía

metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa escala detallada” (SGC, 2016) y el documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 propuesto por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2016). La geología base se interpretó inicialmente a partir del mapa morfotectónico del sistema de la falla Suarez (Ingeominas, 2008), el uso de suelo fue suministrado la secretaria del Medio Ambiente de Bucaramanga, las pendientes, geomorfología y unidades geológicas se interpretaron de manera preliminar a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) ALOS PALSAR y modificadas luego del estudio de campo.

7.2. Análisis de Vulnerabilidad Cualitativo

La caja de herramientas ARC-D permitió asociarse a un análisis cualitativo de vulnerabilidad para las viviendas de asentamiento informal de Villas de Girardot. Las valoraciones asignadas a cada componente oscilan entre 1 (resiliencia mínima) y 5 (resiliencia fuerte), y son definidas en consenso con la comunidad a partir de respuestas cualitativas que guían la discusión. Cada uno de sus 30 componentes corresponde a uno de los ocho sistemas críticos para la resiliencia comunitaria, como se muestra en la Rueda de Sistemas de GOAL (*Figura 10*).

Figura 10

Rueda de sistemas de GOAL



Fuente: Caja de herramientas ARC-D manual de guía al usuario (2016)

En la *Tabla 1* se muestra los componentes de la herramienta con su respectiva valoración aplicada a la comunidad del barrio villas de Girardot.

Tabla 1

Valoración cualitativa para Villas de Girardot.

Nº	Componente	Valoración
1	Evaluación comunitaria participativa de riesgo	3
2	Evaluación científica del riesgo	3
3	Diseminación de Información en RRD	2
4	Educación de los niños en RRD	1
5	RRD en la planificación del desarrollo	2
6	RRD en la planificación territorial	2
7	Toma comunitaria de decisiones	3
8	Inclusión de grupos vulnerables	3
9	Participación de las mujeres	5
10	Conocimiento de derechos e incidencia	3
11	Alianzas para la RRD y recuperación	4
12	Gestión ambiental sostenible	3
13	Seguridad y gestión del agua	1
14	Acceso y conciencia de la salud	4
15	Suministro seguro de alimentos	2

16	Prácticas de medios de vida resistentes a amenazas	3
17	Acceso a mercado	3
18	Acceso a Servicios Financieros	2
19	Protección de ingresos y activos	4
20	Acceso a Protección Social	2
21	Cohesión social y prevención de conflictos	4
22	Infraestructura Crítica	4
23	Vivienda	4
24	Planificación de contingencia y recuperación	4
25	Sistema de Alerta Temprana	3
26	Capacidad de preparación, respuesta y recuperación temprana	4
27	Servicios de salud durante emergencias	2
28	Servicios de educación en emergencias	1
29	Infraestructura en emergencias	1
30	Liderazgo y voluntariado en respuesta y recuperación	4

La resiliencia comunitaria y la vulnerabilidad están estrechamente relacionadas: a mayor resiliencia, menor vulnerabilidad frente a desastres. La aplicación del ARC-D permite identificar no solo las capacidades existentes en una comunidad, sino también las debilidades estructurales y sociales que la hacen más vulnerable. En el caso del barrio Villas de Girardot, las valoraciones obtenidas evidencian un contexto donde las capacidades sociales emergentes coexisten con marcadas condiciones de precariedad estructural, deficiencia en servicios básicos y baja institucionalidad, evidenciando un escenario de alta exposición al riesgo, sin embargo, se reflejan avances importantes en participación comunitaria, liderazgo y cohesión social. La infraestructura de las viviendas refleja un deterioro generalizado, el 85,4% de las casas evaluadas presenta cimientos en estado regular o malo, el 75,6% tiene columnas y vigas en las mismas condiciones, y el 56% cuenta con muros igualmente deteriorados, construidos principalmente en madera, un material poco resistente ante eventos extremos. Además, el 70,7% de las cubiertas son de lámina metálica y se encuentran en mal estado, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural general del sector. En cuanto al acceso a servicios básicos, el 62,5% de las viviendas no cuenta con acueducto ni sistema eléctrico, mientras que

solo el 10% tiene acceso a agua potable y el 30% a energía eléctrica, lo que afecta no solo la calidad de vida, sino también la capacidad de respuesta y recuperación ante emergencias. En el diagnóstico también se identifican vacíos significativos en educación para la gestión del riesgo, especialmente en instituciones educativas donde no se realizan simulacros ni existen planes de emergencia. En salud, aunque hay un centro básico cercano, su capacidad es limitada y las emergencias requieren remisión a otros niveles de atención.

Además, la comunidad manifiesta una percepción de abandono institucional, al señalar que las entidades del Estado actúan de forma tardía o con soluciones incompletas. Esto ha fomentado una cultura de autogestión, donde las iniciativas comunitarias intentan suplir la ausencia del Estado, pero sin el respaldo técnico ni logístico suficiente.

En resumen, Villas de Girardot presenta una resiliencia parcial y desigual, existen brechas estructurales, funcionales, de conocimiento y de acceso a servicios que incrementan la vulnerabilidad del territorio. Este diagnóstico integral permite orientar estrategias de intervención que articulen las capacidades comunitarias existentes con el fortalecimiento institucional y la mejora de las condiciones físicas del entorno.

7.3. Resultado análisis de susceptibilidad

El análisis de susceptibilidad se realizó a partir de la guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 (SGC, 2017), calculada mediante el método bivariado a partir de los factores condicionantes de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI), Elementos Geomorfológicos, uso de suelo Corine Land Cover (CLC), pendientes e inventario de eventos morfodinámicos.

7.3.1. Inventario de morfoodinámica

El inventario de procesos morfodinámicos se realizó a partir de trabajo de campo y los formatos de la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa escala detallada (SGC, 2016) y se complementó con el historial de eventos con el que contaba la organización y documentos de las entidades municipales (Figura 11).

Para el asentamiento Villas de Girardot se identificaron catorce movimientos en masa clasificados como deslizamientos traslacionales (Figura 12).

Figura 11

Mapa de inventario de procesos morfoodinámicos del asentamiento informal Villas de Girardot.

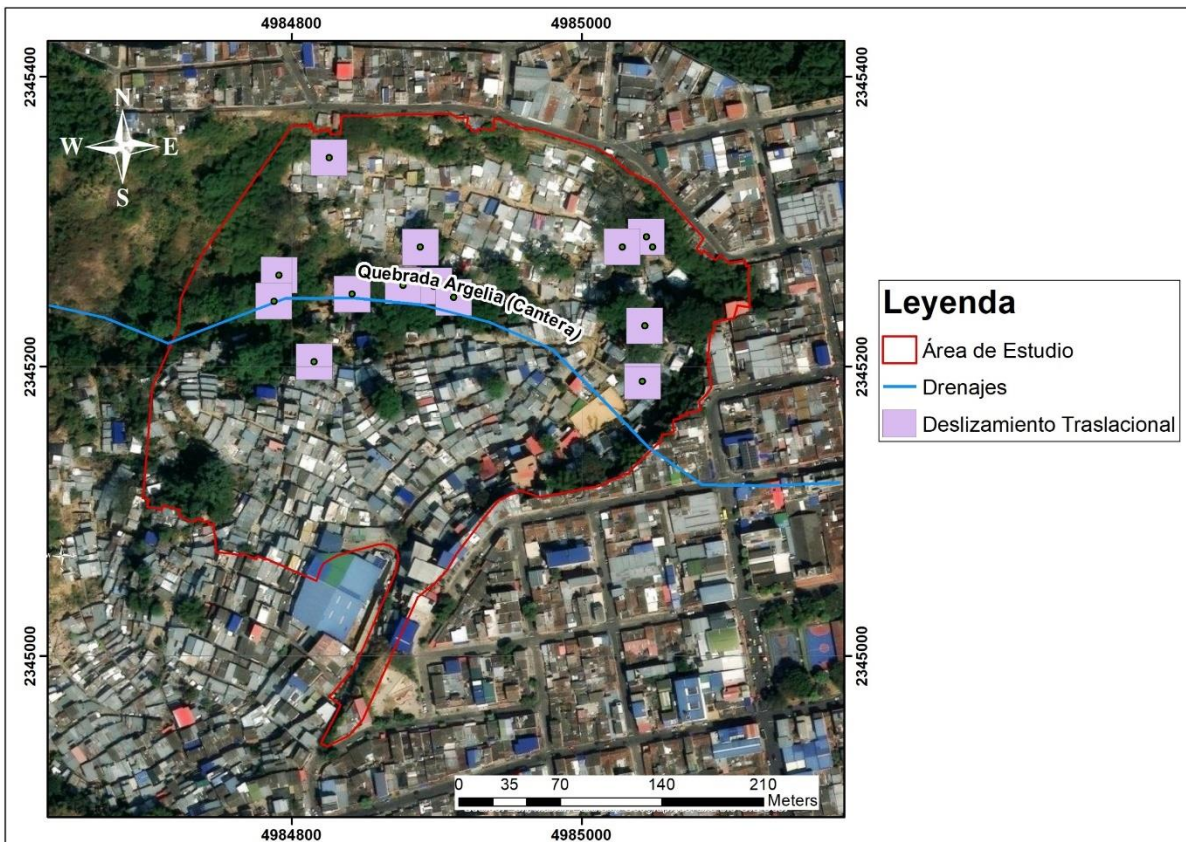


Figura 12

Deslizamiento traslacional, asentamiento Villas de Girardot, coordenadas geográficas

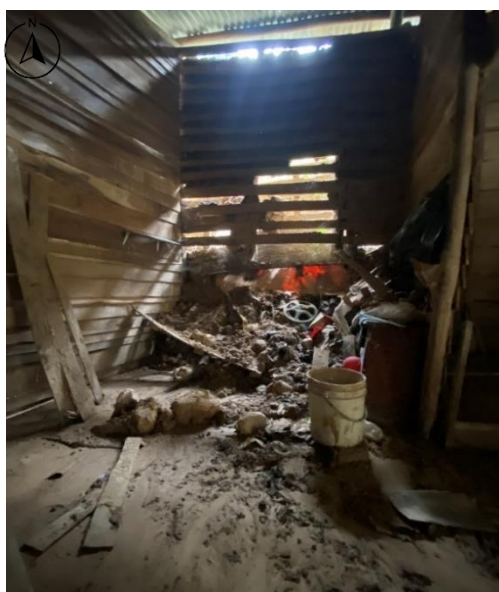
7.124650, -73.13778



Figura 13

Afectaciones de deslizamientos a vivienda del asentamiento Villas de Girardot,

coordenadas geográficas 7.124394, -73.0137189



7.3.2. Unidades geológicas para ingeniería (UGI)

Las unidades geológicas para ingeniería fueron cartografiadas a partir del estudio de campo, el mapa preliminar de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) y la geología del área de estudio. En Villas de Girardot se identificaron cinco UGI, concluyendo que más del 50% del asentamiento está constituido por suelo antrópico de basura y escombros, adicionalmente, se identificaron suelos transportados fluviotorrenciales de la formación Bucaramanga descritos a detalle asociándolos con los miembros limos rojos y órganos finalmente y en menor proporción se identificó suelo transportado aluvial de terraza baja para la zona que limita con la quebrada Argelia. Adicionalmente, se complementó el estudio de campo con el estudio de Caracterización geoeléctrica del subsuelo mediante la técnica de tomografía de resistividad eléctrica (gys LTDA, 2015). (*Figura 14*)

Figura 14

Unidades de Geología para Ingeniería.

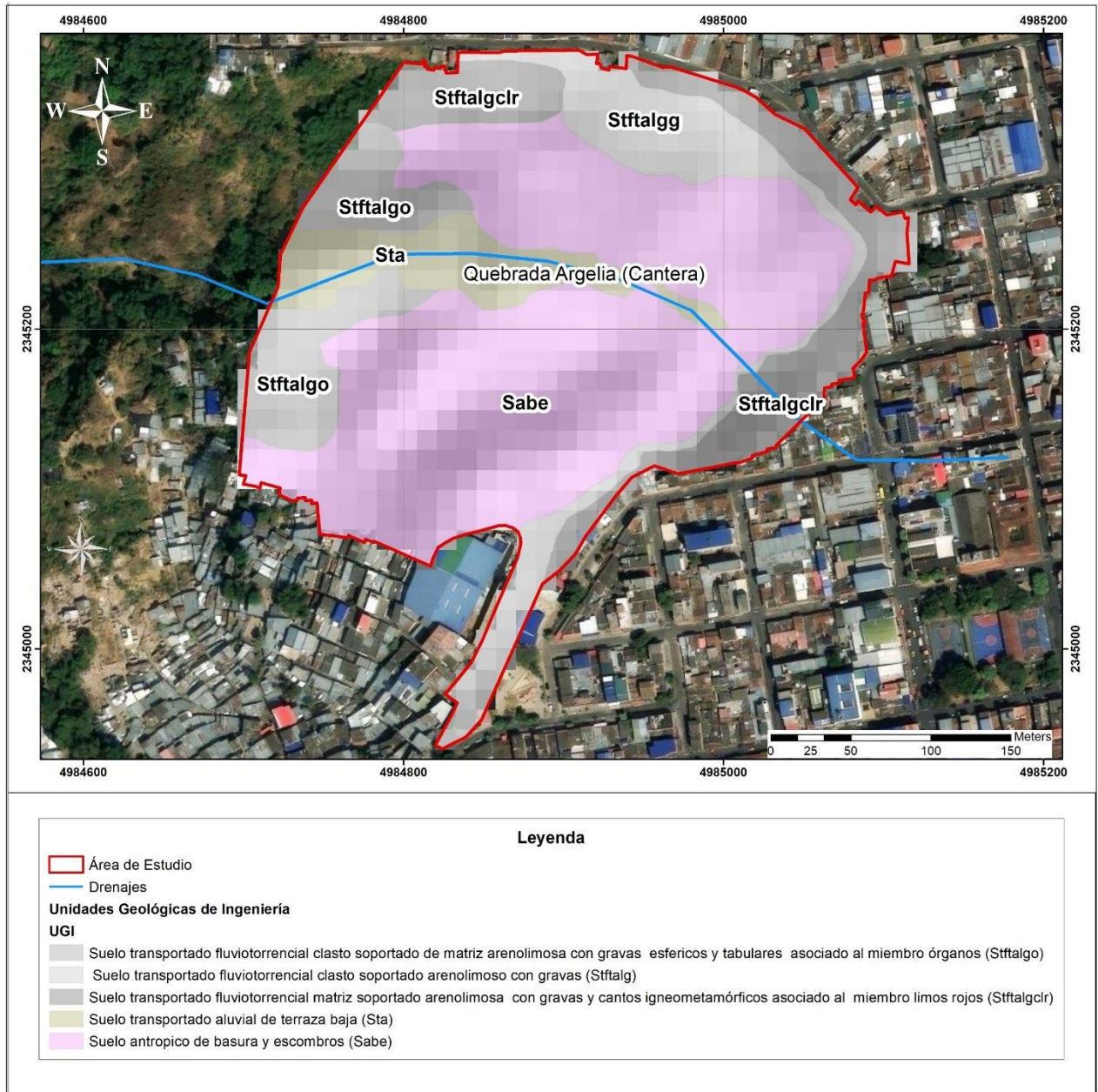


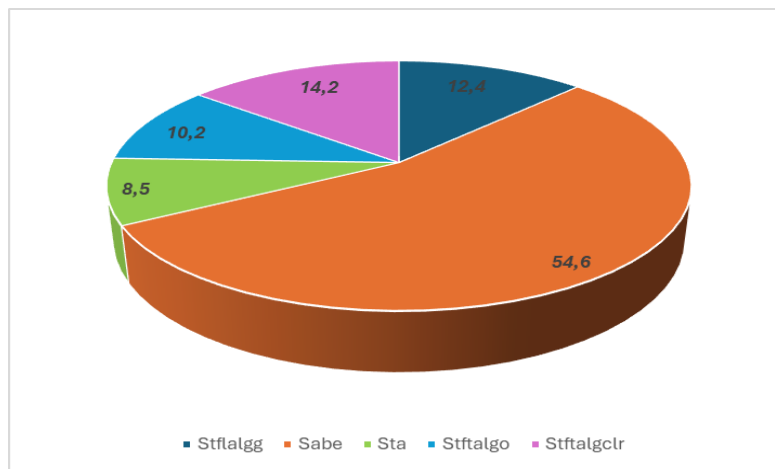
Tabla 2

Unidades Geológicas para Ingeniería para Villas de Girardot.

Unidades Geológicas para Ingeniería	Etiqueta	Área (m ²)	Área (ha)	Porcentaje %
Suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado arenolimoso con gravas	Stflalgg	12,053	1,205	12,4
Suelo antrópico de basura y escombros	Sabe	52,979	5,298	54,6
Suelo transportado aluvial de terraza baja	Sta	8,244	0,824	8,5
Suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado de matriz arenolimoso con gravas esféricas y tabulares asociadas al miembro órganos	Stftalgo	9,911	0,991	10,2
Suelo transportado fluvio-torrencial matriz soportado arenolimoso con gravas y cantos igneometamórficos asociados al miembro limos rojos	Stftalglr	13,756	1,376	14,2
Total				100

Figura 15

Porcentajes de las UGI para el barrio Villas de Girardot



- Suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado de matriz arenolimoso con gravas esféricas y tabulares asociadas al miembro órganos (Stftalgo):

Clasto soportado con matriz arenogravosa de alta permeabilidad, conformado por clastos esféricos y tabulares con orientación imbricada. En el sur occidente del asentamiento se identificaron clastos correspondientes a rocas metamórficas foliadas y gravas arenosas (*Figura 16 y Figura 17*). En esta misma zona, se observan estoraques y badlands, así como flujos con tamaño de grano grueso. Esta unidad representa el 10,2% del asentamiento y abarca un área de 0,991 ha.

Figura 16

Suelo transportado fluviotorrencial asociado al Miembro órganos de la formación

Bucaramanga-Band Lands, coordenadas geográficas 7.124297, -73.138375



Figura 17

Suelo transportado fluvio-torrencial asociado al miembro órganos de la formación

Bucaramanga, coordenadas geográficas 7.122403, -73.137186



- **Suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado arenolimoso con gravas (Stftalgg):** Esta unidad se describe como clasto soportada, matriz arenolimoso, con brechas imbricadas, alta permeabilidad y poca plasticidad, este suelo posiblemente este asociado al miembro órganos de la formación Bucaramanga, el cual se cartografía de manera continua en la zona oriental de Villas de Girardot, limitando con el suelo asociado a limos rojos y el suelo antrópico de relleno de basuras y escombros cubriendo 1, 205 ha y un 12,4% del área (*Figura 18*).

Figura 18

Suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado arenolimoso con gravas, coordenadas geográficas 7.122192, -73.137336



- **Suelo transportado fluvio-torrencial matriz soportado arenolimoso con gravas y cantos igneometamórficos asociado al miembro limos rojos (Stftalglcr):** En esta unidad se observan paleocanales sobre una geomorfología de terraza debido a la actividad antrópica y la construcción informal de viviendas, matriz arenolimososa a limo arcillosa, de permeabilidad media a alta y poco plástica. Se observan clastos igneometamórficos transportados, materiales silíceos intercalados, textura lodo arenosa, deformación plástica, y clastos angulosos. Este suelo cubre un 14,2 % de la zona y 1,376 ha (*Figura 19*).

Estratigráficamente, este miembro suprayace al Miembro Gravoso, y su contacto con este último es gradacional, lo cual aporta información sobre la secuencia deposicional. En cuanto a su origen, el ambiente de depositación de este miembro se relaciona con flujos de

lodos combinados con caídas de bloques desde las pendientes del macizo, lo que implica procesos gravitacionales e hidráulicos simultáneos en su formación (GYS LTDA, 2015).

Figura 19

Suelo fluviotorrencial asociado al miembro limos rojos de la formación Bucaramanga

Dato estructura de grieta N 25 E Rumbo, coordenadas geográficas 7.124961, -73.136953



- **Suelo transportado aluvial de terraza baja (Sta):** Suelo transportado asociado a un origen de procesos de sedimentación fluvial durante periodos de estabilidad relativa de la quebrada Argelia. Sobre una geomorfología e de valle, se evidencian fases de erosión y deposición. Esta unidad compone el 8,5 % del área total de asentamiento y 0,824 ha.

- **Suelo Antrópico de basuras y escombros (Sabe):** Se identificaron rellenos de suelo antrópico (*Figura 20* y *Figura 21*) conformados principalmente por basura doméstica, escombros, llantas, latas y residuos sólidos no estructurales, dispuestos sin

criterios técnicos. Estos materiales fueron utilizados por la comunidad para terracear el terreno y generar plataformas artificiales sobre las cuales se construyeron viviendas. Este tipo de relleno informal altera las condiciones geotécnicas del suelo, incrementando la inestabilidad del terreno y la susceptibilidad a movimientos en masa, especialmente en zonas de pendiente. El suelo antrópico compone el 54,6% del asentamiento con 5,298 ha.

Figura 20

Suelo antrópico de relleno de basura y escombros, coordenadas geográficas 7.124514, - 73.135517



Figura 21

Suelo antrópico de relleno de basura y escombros, coordenadas geográficas 7.124547, -73.135458



La descripción de esta unidad se complementó con un estudio realizado por la alcaldía de Bucaramanga en 2015, en el cual se realizaron tomografías de resistividad eléctrica (TRE). Según las coordenadas en la *Tabla 3* Características de tomografías de resistividad eléctrica (TRE). La ubicación geológica de las TRE realizadas en el sector de Villas de Girardot. La TRE01 se ubica sobre los depósitos Cuaternarios aluviales de la quebrada Cantera, mientras que la TRE 02 se distribuye cerca del contacto entre los miembros Órganos y Finos de la Formación Bucaramanga.

En la línea TRE01, se identificaron resistividades entre 35 y 60 Ohm.m, asociadas a sedimentos con alto contenido de humedad en sus poros. Se distinguieron tres unidades principales: una capa superficial (25–40 Ohm.m) de hasta 4 metros de espesor, relacionada con suelos lodosos con proporciones variables de arena; una capa intermedia (40–90 Ohm.m) de hasta 5 metros, correspondiente a suelos arenosos con presencia de finos; y una tercera

zona (>90 Ohm.m) posiblemente compuesta por suelos areno-gravosos menos saturados. Estas interpretaciones, obtenidas a partir de métodos geofísicos, refuerzan la identificación de estructuras sedimentarias complejas y la heterogeneidad litológica del subsuelo, confirmando la influencia de la composición granulométrica, la humedad y la compactación en el comportamiento geotécnico del terreno (GYS LTDA, 2015) (

Figura 22).

Según las observaciones realizadas en campo, en la TRE02 se pudo identificar el contacto entre los sedimentos del miembro Gravoso y el miembro Finos de la Formación Bucaramanga, como se observa en la *Figura 23*. El miembro gravoso está caracterizado por valores de resistividad entre 70 y 130 Ohm.m; dentro de este se pudo identificar un lente principalmente gravoso hacia el costado occidental de la TRE, el cual posee unos valores de resistividad entre 130 y 300 Ohm.m, y un espesor máximo de 9 metros. Infrayaciendo el miembro Gravoso, se ubican los sedimentos del miembro Finos de la Formación Bucaramanga, los cuales están representados por valores de resistividad entre 30 y 70 Ohm.m. En el miembro Finos se pudo identificar un lente principalmente lodoso, ubicado entre 57 y 77 metros de distancia, con un espesor máximo de 8 metros y valores de resistividad entre 20 y 30 Ohm.m. Por último, en superficie se reconoció una unidad de suelo con valores de resistividad entre 25 y 50 Ohm.m, los cuales posiblemente estén representando un suelo areno-limoso.

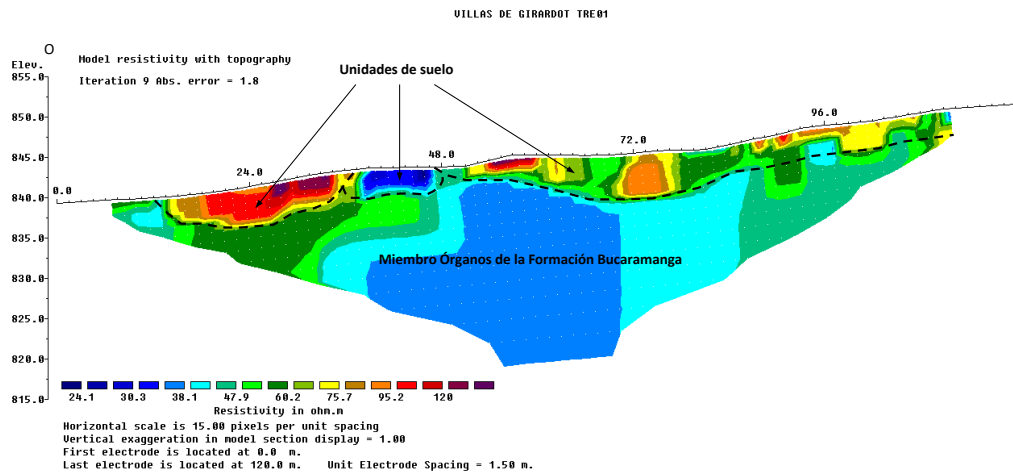
Tabla 3

Características de tomografías de resistividad eléctrica (TRE).

TRE	Punto inicial	Punto final	Long (m)	Espacio entre electrodos (m)	Profundidad máxima (m)	RMS - error (%)
VILLAS DE GIRARDO T TRE01	1.279.670 N	1.279.687 N	120	3	25	1.8
	1.103.695 E	1.103.801 E				
VILLAS DE GIRARDO T TRE02	1.279.611 N	1279545 N	120	3	25	2.2
	1103987 E	1.103.892 E				

Figura 22

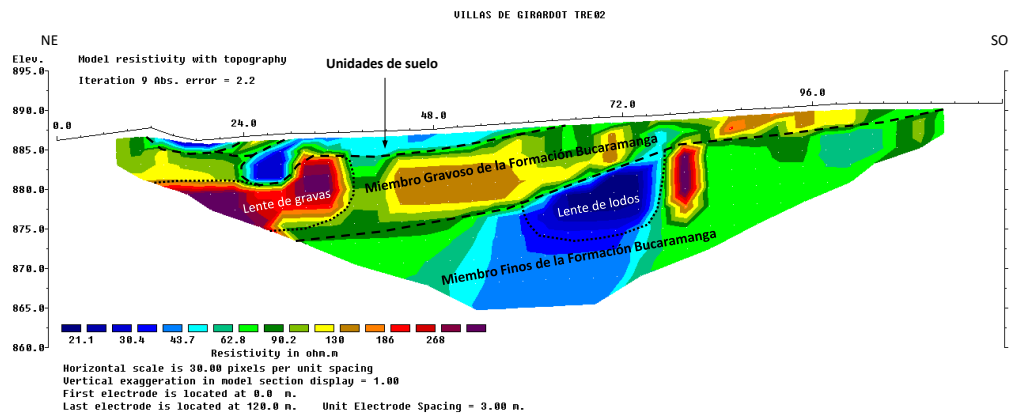
TRE01 Villas de Girardot, Alcaldía de Bucaramanga (2015)



En los resultados de la TRE01, se pudo identificar la distribución de los sedimentos del miembro Órganos de la Formación Bucaramanga (GYS LTDA, 2015).

Figura 23

TRE02 Villas de Girardot, Alcaldía de Bucaramanga (2015)



Según las observaciones realizadas en campo, en la TRE02 se pudo identificar el contacto entre los sedimentos del miembro Gravoso y el miembro Finos de la Formación Bucaramanga (GYS LTDA, 2015).

7.3.3. Elementos geomorfológicos

La geomorfología del asentamiento Villas de Girardot está compuesta en su mayoría por llenos de escombros, con un 39%, el 23,7% lo componen elementos de terraza explanada con rellenos (*Figura 24*), un 21,6% por depósitos coluviales asociados a los movimientos en masa y menor proporción un nivel de terraza bajo y el elemento asociado a la quebrada Argelia el cual se categorizó como lecho de quebrada con un 7,4% y 8,3% respectivamente.

- **Depósitos coluviales asociados a los movimientos en masa y erosión (Dco):** Este elemento geomorfológico se identifica por acumulaciones heterogéneas de materiales sueltos en laderas, producto de los deslizamientos y procesos de erosión, compuestos por fragmentos de roca, gravas, arenas y finos asociados a los miembros de la formación Bucaramanga en zonas de pendientes medias a altas cubriendo 2,111 ha.

- **Lecho de quebrada (Fca):** Elemento geomorfológico producto de la dinámica de la quebrada asociado a pendientes bajas a muy bajas, esta geoforma delimita las casas de Villas de Girardot 1 situadas al norte y Villas de Girardot 2 situadas al sur y cubre 0,810 ha.
- **Llenos de escombros (Alle):** Este elemento geomorfológico de origen antrópico se presenta de manera irregular y heterogénea al norte y suroccidente del asentamiento, en ella se identifican restos de materiales usados para rellenos artificiales, basuras y materiales de construcción (*Figura 26*).
- **Nivel de terraza bajo (Fta):** Superficie plana a suavemente inclinada de pendientes muy bajas, este elemento se asocia al miembro Limos Rojos de la Formación Bucaramanga y cubre 0,718 ha.
- **Terraza explanada con llenos (Atcer):** Asociado a pendientes medias a altas, producto actividades antrópicas con rellenos de escombros y materiales heterogéneos (*Figura 27*).

Figura 24

Mapa elementos Geomorfológicos Villas de Girardot

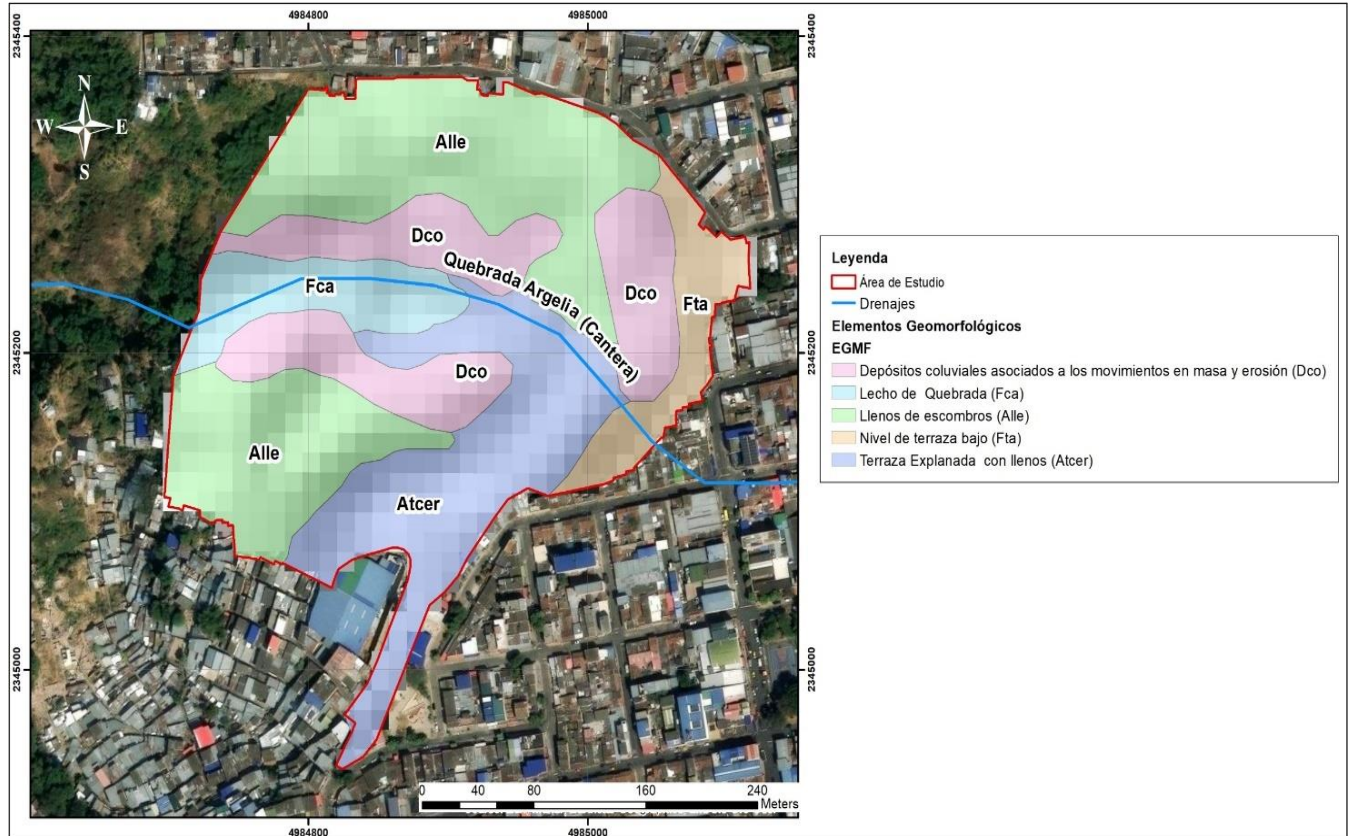


Tabla 4

Área de Elementos Geomorfológicos para Villas de Girardot.

<i>Elementos Geomorfológicos</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Porcentaje %</i>
<i>Llenos de escombros</i>	<i>Alle</i>	<i>38072,368</i>	<i>3,807</i>	<i>39</i>
<i>Terraza explanada con llenos</i>	<i>Atcer</i>	<i>23094,036</i>	<i>2,309</i>	<i>23,7</i>
<i>Depósitos coluviales asociados a los movimientos en masa y erosión</i>	<i>Dco</i>	<i>21113,456</i>	<i>2,111</i>	<i>21,6</i>
<i>Lecho de quebrada</i>	<i>Fca</i>	<i>8104,074</i>	<i>0,81</i>	<i>8,3</i>
<i>Nivel de terraza bajo</i>	<i>Fta</i>	<i>7181,657</i>	<i>0,718</i>	<i>7,4</i>
<i>Total</i>				<i>100</i>

Figura 25

Porcentaje de elementos geomorfológicos para el barrio Villas de Girardot

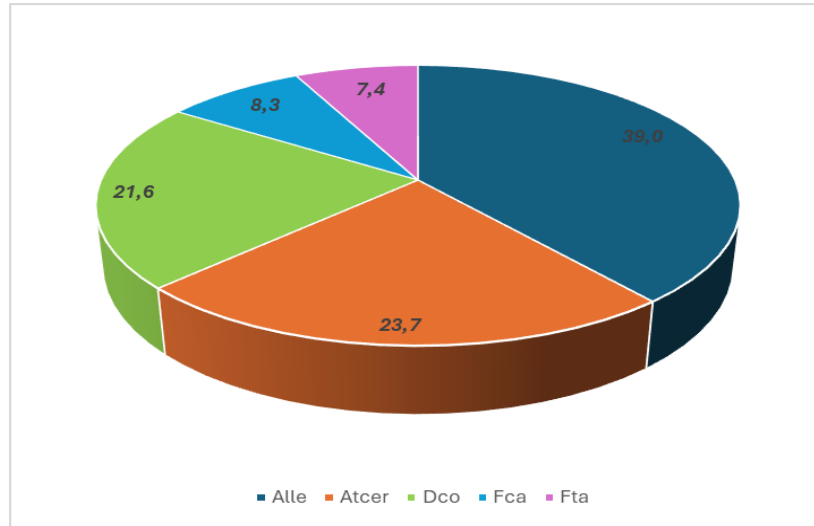


Figura 26

Elementos geomorfológicos de Villas de Girardot A. Llenos de escombros B. Terraza explanada con rellenos, coordenadas geográficas 7.123606, -73.137272



Figura 27

Terraza explanada con rellenos, coordenadas geográficas 7.124428, -73.1365536



7.3.4. Uso del suelo

El uso de suelo de Villas de Girardot está constituido en un 81,9% como Zonas Urbanas (ZU), esto se demostró a partir del levantamiento cartográfico de las viviendas realizado por GOAL, Bucaramanga, adicionalmente, debido a que el asentamiento está clasificado inicialmente como área forestal protegida por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) todavía se logra observar un pequeño porcentaje clasificado como Área Forestal (AF) como se puede observar en la cartografía general (*Figura 28*).

Figura 28

Mapa Uso de Suelos Villas de Girardot

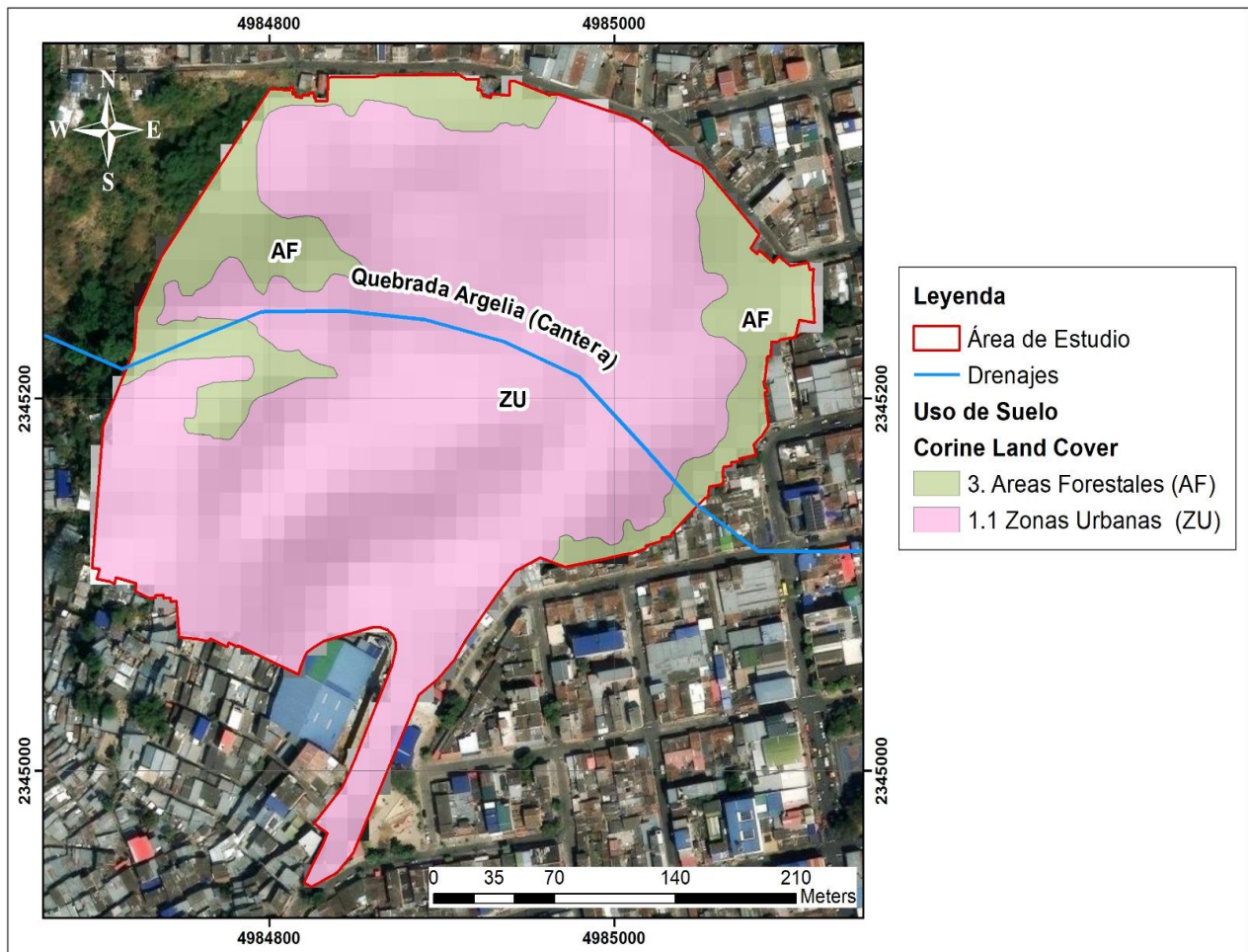


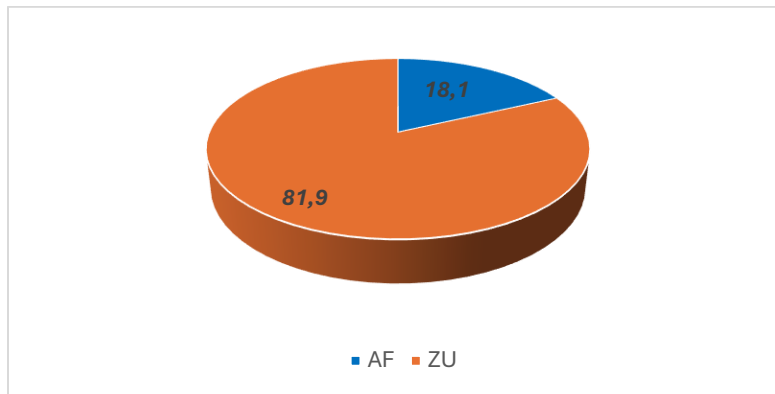
Tabla 5

Área de Uso de Suelo para Villas de Girardot.

<i>Uso de Suelos</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Código</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Porcentaje %</i>
<i>Zona con cobertura de bosque abierto</i>	<i>AF</i>	<i>3</i>	<i>17628,134</i>	<i>1,763</i>	<i>18,1</i>
<i>Zona con infraestructura urbana</i>	<i>ZU</i>	<i>1.1</i>	<i>79808,889</i>	<i>7,981</i>	<i>81,9</i>
Total					100

Figura 29

Porcentaje Uso de suelos para el barrio Villas de Girardot



7.3.5. Mapa de susceptibilidad

Los factores condicionantes de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI), elementos geomorfológicos, pendientes y uso de suelo, se procesaron con el inventario de los eventos morfodinámicos cartografiados integrando cada uno de estos insumos con el software ARC-GIS. Como se puede observar en la *Figura 30*. Mapa de susceptibilidad por deslizamiento el asentamiento, Villas de Girardot cuenta con 5 niveles de susceptibilidad por deslizamiento: muy baja, baja, media, alta y muy alta (

Tabla 6).

- **Susceptibilidad muy alta:** Corresponde al 11,7 % del área total, asociada principalmente a deslizamientos traslacionales. En esta categoría se concentra el 94 % de los eventos cartografiados, sobre un área de 1,165 ha. Se caracteriza por pendientes abruptas, uso de suelo predominantemente urbano y la presencia de depósitos coluviales vinculados a procesos morfodinámicos.
- **Susceptibilidad alta:** Abarca el 42 % del área (4,027 ha) y se relaciona con pendientes elevadas, mayormente sobre rellenos de escombros y, en menor proporción, sobre depósitos coluviales. La mayor parte de esta categoría se ubica en suelos antrópicos formados

por escombros y basura. Al norte del asentamiento, incluye suelos transportados fluviotorrenciales asociados al miembro limos rojos, órganos y gravoso, particularmente en el escarpe noroccidental.

- **Susceptibilidad media:** Representa el 25.9% del área, vinculada a geomorfologías de terrazas con pendientes medias bajas. Predominan suelo antrópicos, aunque también se encuentran suelos transportados fluviotorrenciales asociados al miembro limos rojos. El uso de suelo principal en esta categoría corresponde a áreas forestales.
- **Susceptibilidad baja:** ocupa el 16,9% del área y se distribuye principalmente en terrazas explanadas con rellenos antrópicos.
- **Susceptibilidad muy baja:** Comprende el 3,5 % del área, localizada sobre geomorfologías asociadas a rellenos de escombros y suelos correspondientes al miembro Órganos de la Formación Bucaramanga.

Figura 30

Mapa de susceptibilidad por deslizamiento

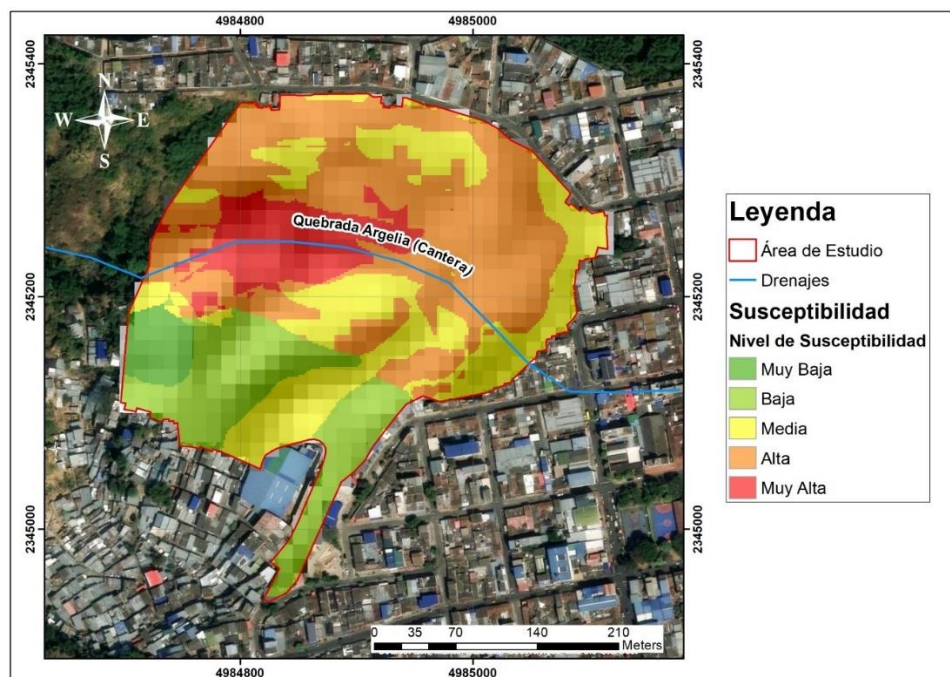


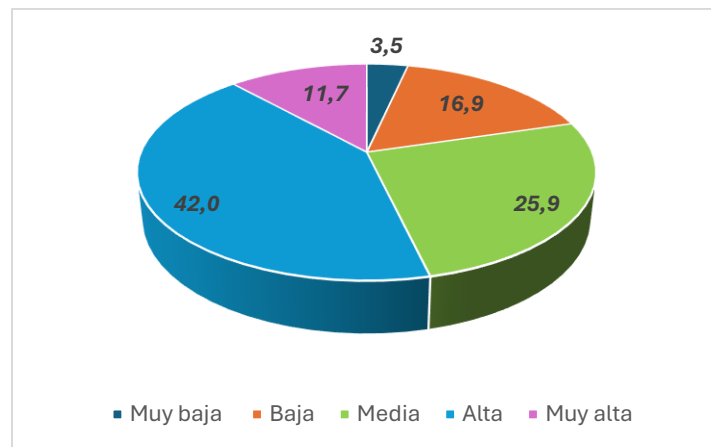
Tabla 6

Susceptibilidad por deslizamiento del barrio Villas de Girardot.

<i>Nivel de Susceptibilidad</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Porcentaje %</i>
<i>Muy baja</i>	3825,704	0,383	3,5
<i>Baja</i>	16549,289	1,655	16,9
<i>Media</i>	25080,442	2,508	25,9
<i>Alta</i>	40270,97	4,027	42
<i>Muy alta</i>	11648,45	1,165	11,7
Total			100

Figura 31

Porcentajes de Susceptibilidad por deslizamiento del barrio Villas de Girardot



A partir de estos datos se generó la curva de éxito, que permitió evaluar el desempeño del modelo mediante el cálculo del área bajo la curva (ABC), obteniendo un valor de 83%, lo que indica un buen nivel de ajuste. Con base en esta curva y siguiendo los criterios propuestos por la Guía Metodológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2017), la susceptibilidad se clasificó en tres niveles: alta, media y baja. El porcentaje de validación en ArcGIS se realizó a partir del inventario de movimientos en masa, donde se evidenció que el

45,3% de los MM se encuentran en un área de susceptibilidad muy alta, el 54,2% de los MM se encuentran en un área de susceptibilidad alta y el 0,5% en un área de susceptibilidad mediana.

7.4. Caracterización de amenaza

Una vez interpretado el resultado de susceptibilidad, se realiza el cálculo de amenaza a partir de los detonantes de lluvia y sismo

- **Detonante lluvia:** Se tomaron en cuenta 7 estaciones pluviométricas de zonas cercanas al área de estudio (*Tabla 7*) con el objetivo de interpolar sus valores y asociar el impacto de las lluvias 24 h en el asentamiento de Villas de Girardot.
- **Detonante Sismo:** Se toma en cuenta un valor único para este detonante según el SGC, el PGA para la zona de interés es de 0,34 g.

El resultado de los detonantes se suma a los resultados de susceptibilidad y se realiza un análisis cualitativo categorizando la amenaza en 3 según el documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 propuesto por el Servicio Geológico Colombiano, esto permitió relacionar los datos obtenidos de susceptibilidad, sismicidad y precipitación (*Figura 32*).

El mapa resultante muestra

- **Amenaza alta:** Esta amenaza se encuentra en un 19.3% de la zona, asociándose a una alta densidad de deslizamientos y las pendientes más abruptas (entre 16% - 20%), asociada a los depósitos coluviales y alrededor del lecho de la quebrada Argelia, la amenaza alta corresponde a un suelo transportado fluvio-torrencial clasto soportado de matriz arenolimoso con gravas esféricas y tabulares asociadas al miembro órganos, suelo antrópico de basura y escombros y en menor proporción a suelo transportado de terraza baja cubriendo

un área de 4,838 ha. Alrededor del lecho de la quebrada Argelia se registran la mayoría de los deslizamientos, entre los cuales, 2 de ellos causaron la destrucción total de una vivienda.

- **Amenaza media:** Esta categoría se encuentra en un 31.1% del área total, se relaciona con pendiente medias a altas (entre 12% – 16%) y asociado al registro de deslizamientos en el oriente del asentamiento sobre depósitos coluviales y asociada a suelos antrópicos de basura y escombros en su totalidad el cual se encuentra sobre el miembro órganos de la formación Bucaramanga, situado sobre terrazas artificiales realizadas por la comunidad para el levantamiento de sus viviendas, en esta área se evidencia desprendimiento de roca debido a la inestabilidad del terreno y los factores detonantes, el área total de la amenaza media es de 3,024 ha. Dentro del inventario de movimientos en masa, se destacan dos deslizamientos en esta zona, los cuales causaron la pérdida total de dos viviendas.

- **Amenaza baja:** Se identifica un 49,7 % del área sobre pendientes bajas (entre 0% - 4%) a muy bajas (entre 4% - 8%) , asociadas en el oriente a suelos antrópicos fluviotransportados. En estos se observan arenas, arcillas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y pardos, con la presencia esporádica de bloques angulares grandes de areniscas, gravas y cantos igneometamórficos, los cuales pueden relacionarse con el miembro Limos Rojos de la Formación Bucaramanga. Esta zona no presenta expansión de viviendas; por el contrario, conserva un uso de suelo destinado a área forestal sobre un nivel de terraza baja. Por otra parte, en la parte central, norte y suroccidente de Villas de Girardot, se asocia a suelos antrópicos conformados por rellenos de basuras y escombros, donde se evidencia un uso de suelo urbano sobre terrazas explanadas con llenos. Esta categoría cubre un área de 4,838 ha.

Tabla 7

Estaciones pluviométricas

<i>Estación</i>	<i>Código</i>	<i>Localización</i>		<i>Periodo</i>
		<i>Longitud</i>	<i>Latitud</i>	
<i>Galvicia</i>	23190400	-73,057222	7,124444444	1984-2024
<i>Palonegro</i>	23195502	-73,184528	7,121472222	1984-2024
<i>Llano de Palmas</i>	23190350	-73,795361	7,240138889	1984-2024
<i>Matajira</i>	23190340	-73,306472	7,213333333	1984-2024
<i>Palo gordo</i>	23190280	-73,133056	6,9675	1984-2024
<i>Llano Grande</i>	23195110	-73,167222	7,025555556	1984-2024
<i>EL Pantano</i>	23190600	-73,230278	6,9975	1984-2024

Figura 32

Mapa de amenaza por deslizamiento Villas de Girardot

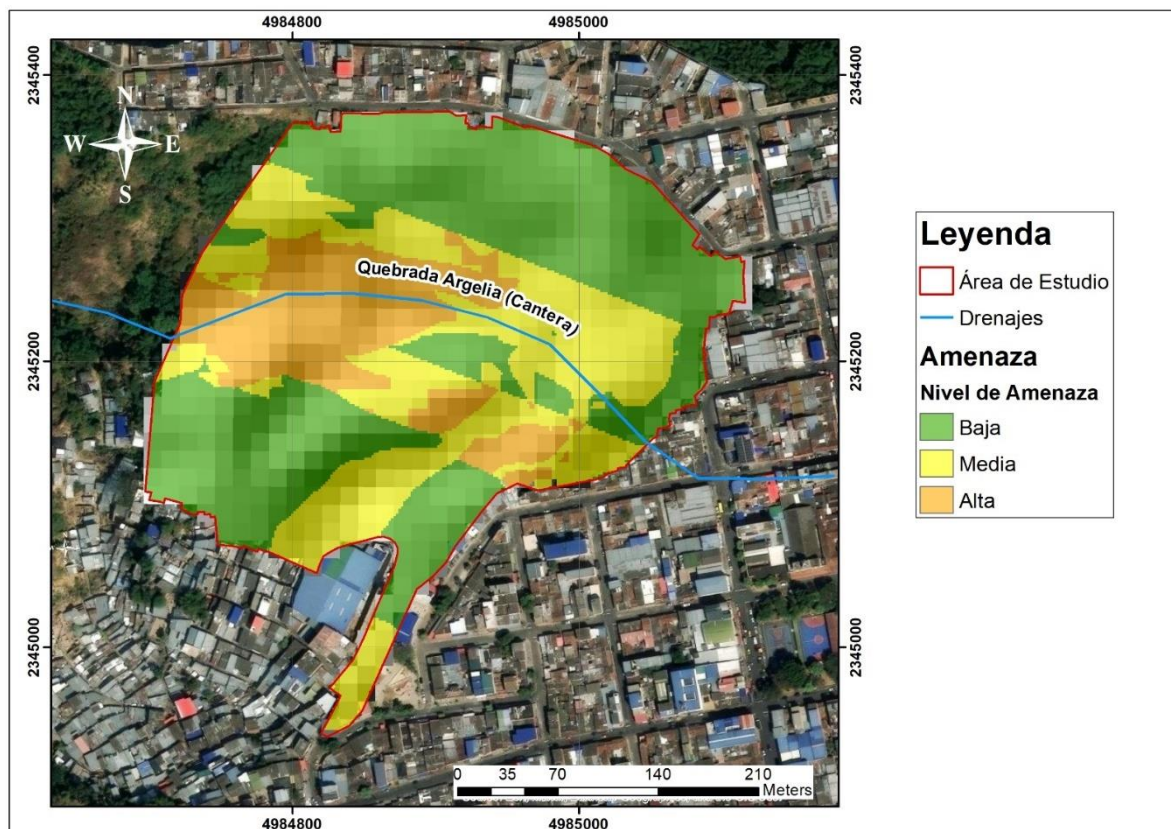


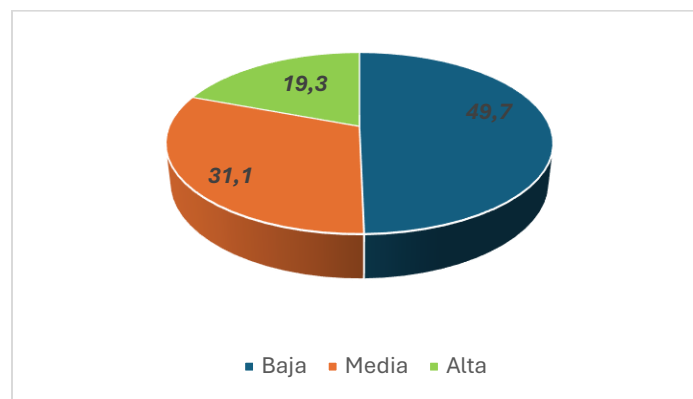
Tabla 8

Amenaza por deslizamiento Villas de Girardot.

<i>Nivel de amenaza</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Porcentaje %</i>
<i>Baja</i>	48381,011	4,838	49,7
<i>Media</i>	30241,269	3,024	31,1
<i>Alta</i>	18752,573	1,875	19,3
<i>Total</i>			100

Figura 33

Porcentaje de amenaza por deslizamiento del barrio Villas de Girardot



7.5. Apoyo en la elaboración del Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC) para Villas de Girardot

Apoyo en SAT: Durante la práctica empresarial se realizó el acompañamiento a la elaboración del Sistema de Alerta Comunitario (SATC) para Villas de Girardot, las acciones realizadas para complementar este objetivo se dividieron en los 4 componentes de este sistema como se muestra a continuación:

Conocimiento y percepción del riesgo: Se realizaron formaciones semanales orientadas a la sensibilización de la comunidad frente al riesgo. Estas sesiones incluyeron talleres de geo educación, reconocimiento del territorio, y análisis de la percepción del riesgo según el contexto del territorio.

Figura 34

Evidencia 1 apoyo SAT comunitario Villas de Girardot



Figura 35

Evidencia 2 apoyo SAT comunitario Villas de Girardot



Monitoreo y pronóstico: Se implementó un sistema de monitoreo y pronóstico comunitario a partir de la enseñanza del funcionamiento de pluviómetros manuales, los cuales fueron instalados por la organización. A través de estos dispositivos diligenciaba un registro de lluvia 24 horas, este método se realizó principalmente para la apropiación de la comunidad, la creación de grupos focales para la reducción de riesgos a desastres y para formar a los mismos como primeros respondientes.

Difusión de alerta: El asentamiento fue dotado con un sistema de alerta sonora, el cual tenía como objetivo conectar con el componente anteriormente descrito ya que fue donando a la Unidad Municipal de Gestión de Riesgo de Bucaramanga (UMGRD), adicionalmente se fortaleció el protocolo de perifoneo para emergencia y se crearon niveles basados en los registros pluviométricos. Estas alertas pueden ser comunicadas de manera visual en pizarras informativas mediante el código de colores en coordinación con la

UMGRD, el grupo focal de brigadistas, capacitados previamente por la organización y encargados del funcionamiento de este sistema.

Figura 36

Pizarra informativa para emisión de alerta en Villas de Girardot



Figura 37

Pluviómetros manuales en villas de Girardot



Capacidad de respuesta: Durante la práctica se realizó el acompañamiento a simulacros, simulaciones e intercambio de experiencias con la comunidad y las unidades de respuesta como el Cuerpo de Bomberos de Bucaramanga, la Cruz Roja Seccional Santander, Defensa Civil de Bucaramanga y la UMGRD con el fin de mejorar las capacidades locales ante emergencias.

7.6. Apoyo en el desarrollo del informe del plan barrial de Villas de Girardot

Las acciones anteriormente descritas fueron socializadas Alcaldía Municipal y a la UMGRD, como parte de los resultados se apoyó en la elaboración del informe del plan barrial para el asentamiento de Villas de Girardot, cartilla informativa para complementar el SATC, allí se incluyeron mapas temáticos, interpretaciones técnicas y datos obtenidos durante la práctica.

Figura 38

Evidencia de participación de la socialización Plan Barrial de Villas de Girardot



8. Conclusiones

El área de Villas de Girardot evidencia un uso inadecuado del territorio, ya que, pese a estar categorizada originalmente como área forestal protegida por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), actualmente el 81,9 % del suelo se destina al desarrollo de infraestructura urbana. Esta transformación ha favorecido la aparición de procesos morfodinámicos recurrentes, resultado de la inestabilidad del terreno, la intensidad de las precipitaciones y la actividad sísmica presente en Bucaramanga.

- Durante el estudio geológico-ingenieril y geomorfológico a escala 1:5.000 se identificaron catorce movimientos en masa, todos clasificados como deslizamientos, localizados principalmente sobre rellenos antrópicos de basura y escombros, dispuestos en las terrazas artificiales del asentamiento Villas de Girardot. El análisis confirmó que predomina este tipo de relleno informal, asociado a condiciones de pendiente abrupta. Por otro lado, cabe resaltar que en el asentamiento se evidencio el 10,2% de suelos transportados fluviotorrencial asociados al miembro órganos de la formación Bucaramanga y 14,2% de suelos transportados fluviotorrenciales asociados al miembro limos rojos, esta cartografía dio lugar a un estudio más detallado de la litología de la zona completando y/o actualizando los estudios preliminares.

- Respecto a la susceptibilidad por movimiento en masa, se clasificaron cinco categorías, destacando la susceptibilidad alta, que abarca el 42 % del área de estudio, y la susceptibilidad media, con un 25,5 %. A su vez, la caracterización de amenaza por movimientos en masa evidenció que un 19,3 % del territorio presenta amenaza alta, mientras

que un 31,1 % se encuentra bajo amenaza media, concentradas principalmente en pendientes medias con alta densidad de deslizamientos.

- Desde el componente social, los resultados iniciales del ARC-D evidenciaron un alto nivel de vulnerabilidad comunitaria. Esta se relacionó principalmente con la ausencia de actividades clave para la reducción de riesgos de desastres, como la planificación territorial, la planificación del desarrollo y la educación en gestión de riesgos y respuestas ante emergencias. A partir de estos resultados, se priorizaron acciones orientadas a fortalecer la resiliencia comunitaria.

- Durante la práctica empresarial se realizó el apoyo a la implementación del Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC), fortaleciendo significativamente las capacidades locales. En el componente de conocimiento del riesgo se desarrollaron charlas de sensibilización, talleres de geoeducación y actividades de reconocimiento del territorio. Para el monitoreo y pronóstico, se capacitó a la comunidad para el inicio de un registro de lluvias de 24 horas, enfatizando la importancia de comprender los fenómenos hidrometeorológicos como detonantes de amenazas. En el componente de difusión de alertas, y con el apoyo de entidades gubernamentales, se fortalecieron los protocolos para una comunicación más oportuna y se elaboró un sistema de difusión barrial conectado con las alertas emitidas por las entidades responsables. Finalmente, la capacidad de respuesta de la comunidad mejoró mediante simulacros, simulaciones y ejercicios desarrollados durante la práctica. No obstante, es fundamental que los grupos focales capacitados y la comunidad en general continúen de forma autónoma con el mantenimiento y activación del SATC, garantizando la sostenibilidad del proceso y el fortalecimiento de una comunidad resiliente.

- Los fortalecimientos anteriormente mencionados, fueron incluidos en el plan barrial para Villas de Girardot, en este informe se incluyeron mapas temáticos relacionados al SATC e información levantada por el equipo técnico.

9. Recomendaciones

- **Sensibilización y Reconocimiento del Territorio:** Los estudios presentados en la práctica empresarial son esenciales para mejorar la sensibilización sobre la amenaza y vulnerabilidad en los hogares de Villas de Girardot. Se recomienda dar seguimiento a los grupos focales y líderes del asentamiento a través de campañas de sensibilización y monitoreo constante del territorio.
- **Fortalecimiento de la Respuesta ante Emergencias:** Se recomienda continuar fortaleciendo la respuesta ante emergencias mediante simulacros y simulaciones, con la participación de las entidades gubernamentales correspondientes.
- **Conexión de Sistemas de Alerta Temprana:** Se sugiere evaluar la integración del sistema de alerta temprana comunitario con el sistema municipal, aprovechando los grupos capacitados en gestión de riesgos para mejorar la coordinación y efectividad en la respuesta ante emergencias.
- **Actualización y/o complementos del estudio:** Se considera de gran importancia actualizar el presente estudio mediante análisis geológicos. Dada la alta vulnerabilidad de Bucaramanga a amenazas como deslizamientos, contar con un geólogo por municipio facilitará la identificación de zonas de riesgo, mejorando la prevención y la gestión del riesgo en la planificación urbana y la implementación de medidas de mitigación.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Barranquilla. (14 de diciembre de 2021). Obtenido de <https://www.barranquilla.gov.co/gerencia-ciudad/que-es-un-plan-de-accion-barrial>
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). Obtenido de <https://www.amb.gov.co/>
- De Porta, J. (1959). *La Terraza de Bucaramanga. Boletín de Geología.*
- Ingeominas. (2001). *Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander.*
- Ingeominas. (2001). *Memoria explicativa cuadrángulo H12.*
- Ingeominas. (2008). *Modelo de evolución morfotectónica cuaternaria basado en evidencias estructurales, neotectónicas y paleosismológicas de los principales sistemas de falla en la región de Bucaramanga.*
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). *Carcaterísticas Climatológicas de las Ciudades Principales y Municipios Turísticos.*
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi . (2022). Obtenido de <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-igac>
- Milton Galvis, F. V. (2005). *Catografía Morfoestructural de la Falla de Bucaramanga: Geometría Lenticular a lo largo del Valle del Río Chicamocha en Santander.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Guía Metodológica para la Gestión del Riesgo .*
- Organización de las Naciones Unidas. (2019). Obtenido de <https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems>
- Paris, M. N. (2000). *Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions.*
- Servicio Geológico Colombiano. (2015).

Servicio Geológico Colombiano. (2016).

Servicio Geológico Colombiano. (2017).

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2020).