TABLA DE CONTENIDO

GENERALIDADES 5

1.1 Introducción 5

1.2 JUSTIFICACIÓN 6

1.3 OBJETIVOS 7

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO 7

1.5 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LAS CONDICIONES DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO. 8

1.5.1 Descripción de actividades realizadas 8

1.5.2 Descripción del problema y sus posibles causas 10

2 INVENTARIO DE VIVIENDAS. 10

3 DESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO. 11

3.1 Marco geológico regional 11

3.1.1 Formación Chipaque (Kch) 11

3.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg) 11

3.1.3 Formación Guaduas (Kpgg), ... 12

3.1.4 Lodolitas de Fusagasugá (Pglf) 12

3.2 GEOLOGÍA LOCAL 13

3.2.1 MODELO GEOLÓGICO 13

3.2.2 ESTRATIGRAFÍA 13

3.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 15

3.3 GEOMORFOLOGÍA 15

3.3.1 Drenaje 15
3.3.2 Geoformas 16
3.3.3 Unidades Morfogenéticas 16
3.3.4 Procesos 17
4 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 18
4.1 Métodos Directos 18
4.2 Métodos Indirectos: Refracción Sísmica 19
5 EVALUACIÓN DE AMENAZA 20
5.1 Generalidades 20
5.2 Resultado de análisis 21
5.3 Escenario actual 21
5.3.1 Sitio 1 21
5.3.2 Sitio 2 22
5.3.3 Sitio 3 22
5.3.4 Sitio 4 22
5.3.5 Sitio 5 23
5.3.6 Sitio 6 23
5.3.7 Sitio 7 23
5.4 Escenario con obras 24
5.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 25
5.5.1 La Zona de flujos 25
5.5.2 Las zonas de rellenos antrópicos 25

5.5.3 La zona de rocas meteorizadas 25

6 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO 25

6.1 Vulnerabilidad 26

6.1.1 Tipificación de las estructuras 26

6.1.2 Calificación de los daños 27

6.1.3 Matriz de daño 28

6.2 Índice de vulnerabilidad física (IVF) 28

6.2.1 Mapa de vulnerabilidad 28

6.3 Riesgo 30

7 ZONAS DE APTITUD 30

7.1 Zona A 30

7.2 Zona B 31

7.3 Zona C 31

7.4 Zona D 32

8 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 32

8.1 INTRODUCCIÓN 32

8.2 OBJETIVO 32

8.3 METODOLOGÍA 32

8.3.1 El modelo de decisión 32

8.3.2 Análisis de decisiones 33

8.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 34

8.4.1 Alternativa 1. 34

8.4.2 Alternativa 2. 35

9 RECOMENDACIÓN DE OBRAS SOBRE LOS PROCESOS 36

9.1 Recomendación 1. 37

9.2 Recomendación 2 37

9.3 Recomendación 3. 38

10 PROCESO CONSTRUCTIVO, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO. 38

10.1 Proceso constructivo 38

10.2 Cantidades de obra 38

10.3 Presupuesto y Cantidades De Obra 38

10.3.1 Presupuesto 38

11 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO 39

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 40

13 LIMITACIONES 45

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Santa Ana (Santo Domingo) está situada a una altura aproximada de 3400 msnm sobre depósitos cuaternarios de pendiente media a abrupta; las laderas circundantes presentan fenómenos de inestabilidad tipo deslizamiento con implicaciones en la vía San Juan – La Unión.

Urbanísticamente el Asentamiento Menor se encuentra conformado por 18 viviendas, de las cuales, la mayoría corresponden a viviendas residenciales, construidas en madera y mampostería en ladrillo o combinaciones de ambas.

El área objeto de estudio corresponde aproximadamente de 7.0 Ha, la cual se encuentra enmarcadas en la Ilustración 1 y las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá que se encuentran en la Tabla 1 .

Tabla 1. Coordenadas del sitio de estudio origen Bogotá

Este	Norte
970430.07	934237.65
970486.46	934208.65
970548.51	934182.15
970642.46	934211.96
970665.71	934239.11
970688.68	934383.17
970679.27	934477.37
970615.10	934535.48
970478.36	934502.15
970341.07	934369.68
970340.15	934351.57
970430.07	934237.65



Ilustración 1. Localización de la zona del polígono de estudio.

La Localidad Nº 20 de Sumapaz se ubica en su totalidad en el Área Rural. Tiene una extensión aproximada de 80.000 Ha., de las cuales 31.000 Ha. están dentro del Parque Nacional Natural de Sumapaz y 49.000 Ha corresponden a unidades de producción agropecuaria.

En esta Localidad se encuentran cuatro centros poblados: Betania, Nazareth, La Unión y San Juan; los cuales se conectan vial y físicamente a Bogotá por medio de Usme.

De acuerdo con la Secretaria de Planeación Distrital en su Informe de la Dirección de Ambiente y Ruralidad de junio de 2007, se tienen las siguientes características de la zona:

- Área Total de 78 095 Hectáreas aproximadamente
- Áreas Protegidas: 48 812 hectáreas (59%)
- Esta Localidad es la única completamente Rural y la más extensa del D.C., con el 47.7% del área total del D.C.
- Se encuentra dividida en tres (3) corregimientos, veintiocho (28) veredas y cuatro (4) Centros Poblados y seis (6) Asentamientos Menores.
- En el POT se definen dos (2) UPR´s
- UPR Río Blanco: Corregimientos de Betania y Nazareth. Área aprox. 35 967 hectáreas.
- UPR Sumapaz: Corregimiento San Juan. Área aproximada de 42 143, 55 hectáreas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo) de la localidad (20) de Sumapaz cuentan con muy poca información sobre amenazas naturales y no se tiene registro de eventos que se hayan reconocido como emergencias y que haya implicado la movilización de recursos por parte del FOPAE, sin embargo en el costado oriental se aprecia la presencia de fenómenos de remoción en masa que comienza a causar daños sobre la infraestructura urbana, en especial sobre las viviendas que colindan con el escarpe principal del mismo, las cuales manifiestan perdida de verticalidad, grandes deformaciones y fisuras en sus pisos y paredes.

Se trata de un pequeño centro poblado parcialmente consolidado desde el punto de vista urbanístico, que cuenta con una buena infraestructura de vías y servicios domiciliarios. En la actualidad la conformación urbanística del asentamiento menor corresponde a un arreglo en “Y” formada por una vías principal y una secundaria, ambas en pavimento rígido, las cuales representan su eje central alrededor del cual se ubican las casas que son de uso residencial y comercial, también se aprecia la presencia de un sistema de alcantarillado sanitario y redes eléctricas publicas y domiciliarias distribuidas por medio de postes de concreto.

Geomorfológicamente hablando, el Asentamiento Menor, se encuentra localizado en un lomo o divisoria de aguas con pendiente media a alta, sobre formación rocosa de origen sedimentario.

En el área de estudio se presenta un perfil de suelos residuales, sobre el cual se vienen presentando varios fenómenos de remoción en masa, caracterizados por flujos de tierras de movimientos lentos, pero que han causado deformaciones que comienza a afectar las viviendas, en especial las emplazadas sobre el escarpe principal en el costado oriental del asentamiento menor, lo que ha generado agrietamiento y deformaciones de los pisos y las paredes posteriores de las mismas.

1.3 OBJETIVOS

Como objeto del estudio está el determinar las causas y mecanismos de los movimientos y determinar las medidas correctivas que se requieren para controlar estos fenómenos, para lo cual se requiere conocer en detalle los parámetros y fenómenos que caracterizan el problema y con este fin se requiere programar un estudio geotécnico detallado de los deslizamientos que incluyan los parámetros que controlan el movimiento.

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO

Establecer las características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales que permitan realizar un diagnóstico de los problemas lo más preciso posible y un diseño efectivo de solución, estableciendo los parámetros básicos que afectan la estabilidad de la ladera, talud o deslizamiento consiste en obtener toda la información posible además de:

a) Identificar desde el punto de vista geotécnico, geológico y geomorfológico, los factores detonantes y contribuyentes de los procesos actuales y potenciales de inestabilidad del terreno en el área de estudio. Esta identificación debe tener en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas locales y regionales, así como los aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, sismológicos y de uso del suelo. De igual forma, se debe dejar concreta y definida la localización de los fenómenos de inestabilidad identificados a escala 1:500 y, la valoración de su magnitud, su grado de actividad y su posible evolución, considerando la posibilidad de retrogresión.
b) Realizar la evaluación y zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa a escala 1:500, siguiendo metodologías de evaluación reconocidas, que deben ser propuestas por el oferente, pero que en cualquier caso deben estar acordes con las especificaciones técnicas establecidas en los presentes pliegos de condiciones y acordes con las condiciones específicas del área en estudio.

c) Evaluar la vulnerabilidad y el nivel de riesgo por inestabilidad del terreno a escala 1:500 para las viviendas incluidas dentro del área de estudio, de acuerdo con los procedimientos y metodologías idóneas y apropiadas al lugar, propuestos por el oferente.
d) Determinar y evaluar diferentes alternativas de mitigación del riesgo, mínimo tres (3) estructurales y/o no estructurales, y seleccionar la alternativa más favorable, considerando aspectos técnicos, económicos, sociales, urbanísticos, ambientales y de viabilidad para su ejecución. Importante destacar que cualquier medida que se adopte, debe entrar en resonancia con las condiciones ambientales de la zona y en particular tener en cuenta que el área de estudio se encuentra en una zona ambientalmente restringida para actividades que vayan en contra del mantenimiento del medio ambiente, por lo que se piensa en apoyarse en soluciones ingenieriles pero fundamentadas en la bioingeniería.
e) Obtener diferentes documentos técnicos, mapas temáticos y mapas de amenazas, vulnerabilidad y riesgo a escala 1:500 en donde se puedan observar e identificar los resultados sobre riesgo y amenaza que se hayan establecido en el área de estudio.

1.5 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LAS CONDICIONES DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO.

1.5.1 Descripción de actividades realizadas

Se visitó el sitio el día 23 de octubre de 2010, realizando reconocimiento de campo, socializando con la comunidad el proyecto y se identificó las diferentes afectaciones presentadas en la ladera evaluada, debidas a pequeños deslizamientos en el sector como s muestra en la Fotografía 1, Fotografía 2 y la Fotografía 3 . Se llevo a cabo la recopilación de la información secundaria, la cual fue suministrada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE, se realizó el Levantamiento Topográfico (planimétrico y altimétrico) del sector en mención, teniendo en cuenta lo siguiente: el amarre de coordenadas reales, levantamiento en las tres dimensiones, generación de curvas de nivel cada 0.5m y los detalles del sitio que sean visibles y de importancia para este trabajo.



Fotografía 1 erosión presentada costado sur del Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo)



Fotografía 2 Deslizamiento presentado al costado norte del Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo)



Fotografía 3 vertimientos de agua sobre el talud sobro el costado occidental del Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo

1.5.2 Descripción del problema y sus posibles causas

Las causas de los procesos identificados, se asocian directamente a las altas pendientes de los taludes (β = 50°), a la alta susceptibilidad de los materiales de la zona, a la saturación de la ladera ocasionada por los vertimientos de agua que se aprecian en la Fotografía 3, y por lluvias que se presentaron en el sector de acuerdo a lo reportado por los habitantes de la zona asociado a la falta de una estructura de manejo de aguas.

2 INVENTARIO DE VIVIENDAS.

En cuanto a la programación de esta actividad se genero un retraso de 15 días ya que se tenía planeado su comienzo el día 12 de noviembre y culminarla el 15 noviembre de 2010, pero por problemas de acceso al caserío por la temporada invernal esta actividad se realizó del 26 al 28 de noviembre de 2010, donde se hizo un recorrido por el asentamiento Santa Ana (Santo Domingo), identificando cada predio existente y realizando la ficha de vulnerabilidad, la cual se presenta en el Anexo II-A y Anexo II-B, para esta ficha se diligencio la información básica del predio, antecedentes de fenómenos de remoción en masa, características de servicios públicos, tipo de cimentación de la vivienda, tipo de estructuras que componen la vivienda y daños presentados en esta. Además se

documento por medio de registro fotográfico de cada predio. Para el desarrollo de esta actividad se emplearon dos encuestadores con los implementos necesarios para realizar esta labor.

3 DESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.

3.1 Marco geológico regional

Santa Ana (Santo Domingo), ubicado en el extremo sur del Páramo de Sumapaz, es un asentamiento emplazado en una región intensamente plegada sobre la Cuchilla Loma Alta, donde las rocas del paleógeno exponen el sinclinal de San Juan, conformado por lodolitas de Fusagasugá (Pglf), seguidamente de la formación Guaduas (Kpgg), el grupo Guadalupe (Ksg) y la formación Chipaque (Ksch) como se describen a continuaion desde la más antigua a la más nueva.

3.1.1 Formación Chipaque (Kch)

Yacente bajo la formación Une, constituida lodolitas y arcillolitas gris oscuras con abundantes intercalaciones de arenitas y calizas. Se estima que el espesor total de la formación Chipaque es de 400 m.

Desde el punto de vista de la geología aplicada a la ingeniería estas rocas meteorizan a suelos arcillosos y en general se puede hablar que es un conjunto susceptible a la formación de fenómenos de remoción en masa por caídas y deslizamientos especialmente en los suelos residuales. Otra condición desfavorable es que estas rocas se alteran rápidamente y en las excavaciones se presentan caídas y desprendimientos que taponan las excavaciones que se hagan sobre ellas en un término relativamente corto.

3.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg)

Son rocas sedimentarias de Edad Cretácico superior, representadas por estratos y bancos de areniscas de grano fino a medio, con diferente grado de dureza e intercalaciones de lutitas siliceas y láminas de arcillolitas. Afloran en la parte alta de la zona visitada, conformando distintos escarpes. Su característica más importante es la presencia de diaclasas normales a la estratificación y su tendencia a la generación de desprendimientos o caídas de roca.

En este sector están constituidas por arenas finas a muy finas de cuarzo en capas delgadas a muy gruesas

3.1.3 Formación Guaduas (Kpgg).

La Formación Guaduas aflora en el sector occidental del sitio de estudio, y genera amplios valles separados por cuchillas; en este sector la Formación Guaduas se puede dividir en tres niveles: uno inferior, con un espesor de 70 m, constituido por arcillolitas grises amarillentas, con intercalaciones de areniscas de cuarzo, finas, en capas medias a muy gruesas ; suprayacido por una secuencia alternante de limolitas de cuarzo, en capas delgadas a medias y arcillolitas grises oscuras. La parte media está constituida por areniscas de cuarzo, finas a gruesas, en capas muy gruesas, plano paralelas a ondulosas, con intercalaciones de arcillolitas grises oscuras y amarillentas. Y la parte superior consta de lodolitas rojas, con esporádicas intercalaciones de areniscas de cuarzo. En este sector no se observa carbones en la unidad. El espesor total de esta formación, estimado en cortes geológicos, es de 500 m.

Están constituidas por arenitas, arcillolitas y limolitas intercaladas con capas de carbón

3.1.4 Lodolitas de Fusagasugá (Pglf)

Aflora una secuencia alternante de lodolitas y areniscas feldespáticas y líticas, la cual se encuentra sobre la Formación Guaduas - Seca. Esta secuencia presenta marcadas diferencias con la Formación Bogotá de la Sabana de Bogotá; a esta unidad se le da informalmente el nombre de Lodolitas de Fusagasugá. Las Lodolitas de Fusagasugá es una unidad relativamente más arenosa, presenta un espesor considerablemente mayor y está dispuesta de forma discordante sobre la Formación Guaduas.

En el sector de estudio está conformada por lodolitas y limolitas grices rojizas a blancas, intercaladas con arenitas líticas en capas gruesas.

En la Ilustración 2 , se presenta en forma esquemática la geología presente en el sector de estudio.

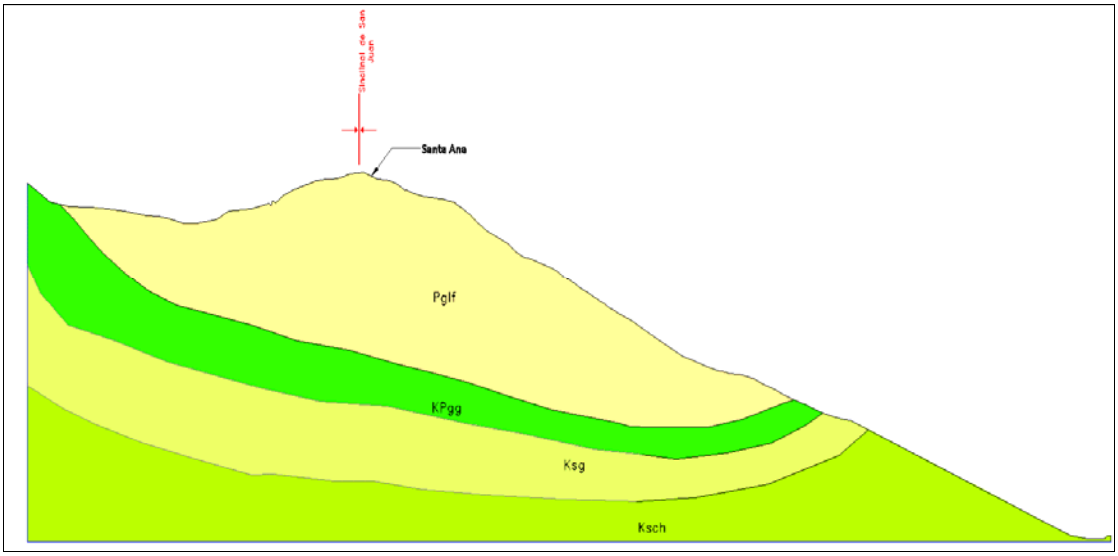


Ilustración 2 esquema de la geología presente en el área de estudio

3.2 GEOLOGÍA LOCAL

A continuación se hace una descripción de las características geológicas y las actividades realizadas con el fin de producir los informes de geología y geotecnia, que sirvieron de insumo para el Estudio de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa, encontrados en el plano GE-239-PL-02 GEOLOGÍA LOCAL, de las líneas de refracción sísmica se realizo la interpretación y se obtuvieron un perfil general de la zona de estudio y cuatro perfiles de la interpretación de las líneas realizadas, los cuales se presentan en el plano GE-239-PL-02A PERFILES GEOLÓGICAS.

3.2.1 MODELO GEOLÓGICO

Se planteó con base en la bibliografía un modelo geológico regional el cual básicamente contempló las características litológicas generales y la presencia de estructuras que se presentan en la región. A continuación se hace una descripción más detallada con base en las visitas de campo y de la exploración del subsuelo.

3.2.2 ESTRATIGRAFÍA

Se describió las características estratigráficas de la zona empezando por las unidades más antiguas hasta las más recientes que se encuentran en el sitio del caserío y su contorno.

3.2.2.1 Rocas del Terciario (Te-cl, Te-ss)

Corresponden a un conjunto monótono de arcillolitas (Te-cl), de tonalidad rojiza y abigarrada con intercalaciones de areniscas (Te-ss), de tipo grawaca algunas de color gris a rojizo las cuales se pueden correlacionar con la Formación Bogotá pero según la literatura geológica del sector esta unidad ha sido identificada como las lodolitas de Fusagasugá.

En el sector estas rocas han desarrollado horizontes de suelos residuales arcillosos y afloramientos propiamente dichos, en el área del estudio no se encontraron pero la textura de los suelos residuales y el aspecto morfológico de la zona permite establecer que realmente en el sector predomina este tipo de litología.

Los sondeos ejecutados caracterizaron esta formación como fragmentos de rocas arcillosas de tonalidad roja a abigarrada obviamente debajo de los suelos residuales.

3.2.2.2 Depósitos Cuaternarios

3.2.2.2.1 Depósitos Antrópicos (Qa - Qb)

La actividad humana ha desarrollado tanto vías como viviendas que han requerido movimientos de tierra y rellenos. Los movimientos de tierra han dispuesto materiales lateralmente y corresponden a botaderos sin ninguna compactación colocados al lado de la vía que han sido cartografiados con el símbolo Qb. Sobre la vía propiamente dicha se han realizado rellenos para el mejoramiento estos aparecen cartografiados con el símbolo Qa.

3.2.2.2.2 Relleno de valles antiguos (Originados por Flujos de Tierra - Qft)

Debido a la alteración de las rocas y a la generación de suelos residuales de la Formación anteriormente descrita se han venido desintegrando y en las depresiones se presentan acumulaciones de materiales arcillosos que reposan directamente sobre los suelos residuales de las rocas in situ. Durante las observaciones de campo estas depresiones presentan un alto contenido de humedad y una resistencia baja. En la cartografía presentada los rellenos en los valles antiguos están cubriendo unidades de areniscas y arcillas y por esta razón aparece cartografiado como Qft/Te-cl y Qft/Te-ss para las arcillolitas y areniscas respectivamente.

3.2.2.2.3 Depósitos Coluviales (Qcl)

Corresponden a zonas donde debido a la caída de escombros en el pasado por procesos de erosión principalmente se han acumulado en las laderas. La franja más importante de este tipo de

materiales se encuentra en el costado Nororiental en una ladera que no esta afectando directamente el casco urbano del caserío. Los materiales son principalmente arcillosos y también presentan un alto contenido de humedad.

3.2.2.2.4 Cuerpos Deslizantes (Qd)

Aunque litológicamente esta unidad es el resultado del desplazamiento de suelos residuales y flujos de tierra se considera como una unidad litológica debido a que se trata de una mezcla de las unidades de suelos residuales que no presenta estructuras heredadas y es cartografiable como una unidad geológica y geomorfológica.

3.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Estructuralmente la zona se ubica en el flanco Oriental de una gran estructura sinclinal que tiene rumbo N10E con buzamientos relativamente bajos del orden de 10 y 15 grados hacia el NW. Debido a los procesos erosivos la zona Noroccidental corresponde a una superficie estructural disectada en tanto que el costado Sur Oriental se encuentra desarrollado sobre una contrapendiente estructural. Desde el punto de vista de discontinuidades el macizo rocoso presenta seguramente diaclasas producto del plegamiento las cuales son predominantemente de rumbo y perpendiculares a la estratificación.

3.3 GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente se hace a continuación un resumen de las características más importantes y en el plano GE-239-PL-03 GEOMORFOLOGÍA LOCAL se presenta la espacialización de esta.

3.3.1 Drenaje

3.3.1.1 Integración

Está bien integrado aunque en las laderas se presentan pequeños focos de infiltración en los flujos de tierra.

3.3.1.2 Adaptación

Debido al levantamiento de la cordillera los drenajes regionales son inadaptados a la estructura, pero localmente se presentan pequeños cauces adaptados a ella.

3.3.1.3 Génesis.

Genéticamente los drenajes del costado sur oriental son obsecuentes es decir están cortando perpendicularmente la estratificación y la contrapendiente y las corrientes del costado nor oriental son de tipo resecuente producto de la evolución de los cauces que se desarrollaron sobre el flanco del sinclinal.

3.3.1.4 Patrón

Localmente es de tipo dendrítico pero regionalmente es angular controlado por la estratificación.

3.3.2 Geoformas

Las geoformas que se encuentran en el sector tienen un control estructural y se asemejan a espinazos de cerdo que es exactamente el control de la cuchilla en donde se desarrolla el caserío. Otras geoformas importantes se destacan como cordones en las depresiones con abundancia de lóbulos de deformación y escarpes de los flujos de tierra.

3.3.3 Unidades Morfogenéticas

En la zona se han reconocido tres (3) unidades desde el punto de vista morfogenético como a continuación se describe:

3.3.3.1 Unidad de Origen Estructural (UE)

Corresponden a las pendientes estructurales del costado Sur, las cuales corresponden a rocas de composición predominantemente arcillosa con intercalaciones de areniscas y que dejan un relieve de crestas dejado por los interfluvios de los drenajes de tipo obsecuente.

En el terreno esta unidad se caracteriza por presentar suelos residuales arcillosos de tonalidad rojiza y en algunos sectores se observan pequeños escalonamientos gobernados por la interestratificacion con las areniscas.

3.3.3.2 Paisaje de Origen Deposicional en depresiones (UDd)

Como ya se ha mencionado en el capítulo de estratigrafía las rocas arcillosas han originado suelos residuales y durante el proceso de modelado estos suelos han venido siendo degradados y se han depositado en los valles de los cauces obsecuentes generando un depósito arcilloso sin consolidar que en algunas ocasiones por saturación tiende a desplazarse bien sea en movimientos rápidos o permaneces aletargado en forma de lóbulos y pequeños escarpes.

3.3.3.3 Paisaje de Origen Antrópico (UDA)

Corresponden a las unidades que han sido producto de la actividad humana y que contemplan los rellenos de afirmados para la vía y los botaderos laterales. Los rellenos están conformados principalmente por materiales granulares compactados y los botaderos corresponden a materiales sin ninguna consolidación ubicados como ya se ha dicho a los lados de la vía.

3.3.4 Procesos

3.3.4.1 Erosión

En la zona los procesos erosivos son incipientes sin embargo localmente se presentan focos erosivos en taludes naturales dejados por los deslizamientos en los escarpes de los deslizamientos recientes.

3.3.4.2 Fenómenos de Remoción en Masa

Por las observaciones hechas en el campo en la zona se destacan cuatro (4) valles en donde predominan los flujos de tierra caracterizados por materiales arcillosos que se desplazan sobre los suelos residuales. También se pudo evidenciar la presencia de un deslizamiento remontante hacia el costado Nororiental en donde los suelos residuales y la roca alterada presentan desplazamientos y agrietamientos importantes. Es de anotar que este deslizamiento no está afectando la zona urbana como se aprecia en la Fotografía 4.



Fotografía 4 Deslizamiento En El Costado Nor-Oriental

4 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

4.1 Métodos Directos

La exploración se abordo de la siguiente manera. La primera estuvo dirigida a la identificación y descripción básica de la secuencia estratigráfica, la ubicación, la detección de la continuidad lateral y longitudinal de los horizontes de roca y suelo, la deducción de flujos locales de agua que puedan incidir en la actividad de las masas potenciales. Estuvo solventada mediante la prospección de las exposiciones del macizo rocoso (afloramientos), el levantamiento de datos estructurales y la ejecución de cuatro (4) apiques, diseminados a lo largo y ancho del poblado.

La segunda fase estuvo basada en cinco (5) sondeos mecánicos, apodados como SM-1, SM-2, SM-3, SM-4 y SM-5, bien con avances de percusión y lavado o bien con rotación, dispuestos a lo largo de los ejes de las masas de mayor potencial de movilización y en el cuerpo del deslizamiento principal, cuatro (4) apiques, designados como AP-1, AP-2, AP-3, AP4, dos (2) trincheras designadas TR-1 y TR-2, y dos barrenos manuales identificados como BM-1 y BM2. Sus intenciones fueron relacionar las capas guías (las de arenisca), es decir concluir sobre la continuidad longitudinal de la secuencia litoestratigráfica; deducir los cambios en la polaridad (premisa difícilmente validada) de los planos de estratificación; dilucidar la participación de planos o sistemas de falla en especial las de rumbo, hipótesis fincada en los cambios morfológicos, que perdió todo asidero; confirmar los espesores del cuaternario. Su ubicación planimétrica y altimétrica se abstrajo de un análisis de sensibilidad en el que se tomó como variable relevante el buzamiento de los planos de estratificación y se fijaron como puntos de partida los niveles estratigráficos de los cortes viales, específicamente los paquetes de arenisca y de la primera perforación (entendidos éstos como condiciones y elementos de borde).

Con base en el modelo geológico anteriormente descrito se ejecutaron los sondeos en zonas estratégicas para determinar la profundidad de los flujos de tierra y las características de los suelos residuales sobre los cuales estos se desplazan.

Se encontró en términos generales que los flujos de tierra tienen un espesor promedio de 3m.

Así mismo se ejecutaron los apiques y las trincheras en las crestas donde predominan los suelos residuales y allí se apreció horizontes de capa vegetal delgada sobre suelos residuales arcillosos de tonalidad rojiza.

En el plano GE-239-PL-02 GEOLOGÍA LOCAL se ilustra la distribución en planta de las trincheras, los sondeos, los apiques y las líneas de refracción sísmica, superpuesta a la geología de superficie De

igual manera, en la Tabla 2 se citan las coordenadas y profundidades de los sondeos, los apiques y las trincheras ejecutados.

Tabla 2 Coordenadas De Los Sondeos, Apiques y Trincheras y Barrenos Manuales

TIPO	SÍMBOLO	NUMERO	ESTE	NORTE	COTA	PROFUNDIDAD (m)
Sondeo Mecánico	SM-1	1	970513	934358	3217	12
Sondeo Mecánico	SM-2	2	970580	934320	3194	8
Sondeo Mecánico	SM-3	3	970624	934288	3178	8
Sondeo Mecánico	SM-4	4	970653	934368	3180	7
Sondeo Mecánico	SM-5	5	970515	934440	3218	10
Apique	AP-1	1	970500	934322	3227	1.3
Apique	AP-2	2	970625	934318	3177	1.25
Apique	AP-3	3	970696	934353	3165	1.35
Apique	AP-4	4	970590	934267	3182	1.3
Trinchera	TR-1	1	970552	934307	3212	0.5
Trinchera	TR-2	2	970638	934353	3182	0.5
Barreno manual	BM-1	1	970508	934351	3230	5.8
Barreno manual	BM-2	2	970501	934326	3230	6.6

4.2 Métodos Indirectos: Refracción Sísmica

Esta herramienta fue utilizada para estimar la profundidad del contacto suelo-roca y entre unidades litológicas diferentes; su continuidad y su disposición; los parámetros sísmicos básicos de los materiales rocosos como son las velocidades compresionales y de corte. Abarcó la ejecución de 4 líneas de refracción sísmica, con una longitud de 77 metros, ligadas o muy cerca de los sondeos mecánico, bastión para contrastarlas y afinarlas.

La línea catalogada como LRS2, inició en el caserío y atravesó la parte Oriental del área de estudio en dirección al Río San Juan donde se presenta una alta inclinación del terreno. La primera y tercera línea llamadas LRS1 y la LSR3 respectivamente, se presentan como refuerzo de la información generada por la línea LRS-2. Estas líneas de refracción se ubicaron en la parte sur y norte del área de estudio respectivamente

La cuarta línea nombrada LRS-4, se ubicó en el costado occidental del área de estudio, para cubrir en su totalidad la zona de estudio donde se presenta la menor pendiente.

Los resultados se develan en primera instancia como modelos simples de refracción con sus correspondientes hojas de cálculo.

5 EVALUACIÓN DE AMENAZA

5.1 Generalidades

Para el análisis de riesgos por fenómenos de remoción en masa (FRM) se siguió la metodología sugerida por Omar Darío Cardona, que se puede resumir así: "una vez conocida la amenaza o peligro (A), entendida como la probabilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a cierto nivel durante un período de exposición determinado, y conocida la vulnerabilidad (V), entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible de sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con cierta intensidad, el riesgo (R) puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento expuesto, como consecuencia de un evento con una intensidad mayor o igual a cierto nivel, es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo determinado"

Para obtener los tres componentes mencionados en la anterior definición (amenaza, vulnerabilidad y riesgo), descrito a continuación:

- Determinación de las zonas de comportamiento geotécnico similar (zonas homogéneas) con base en los trabajos topográficos, geológicos, geomorfológicos y de investigación del subsuelo.
- Determinación de los factores detonantes naturales (sismo y lluvia). Para el sismo se utilizará los datos de la microzonificación de Santafé de Bogotá. Para la lluvia se determinará el período de retorno de la lluvia crítica, basándose en los trabajos realizados en 1998 por Ingeocim Ltda. – Upes. Es importante resaltar que los factores detonantes antrópicos (producidos por el hombre) se tendrán en cuenta al determinar las zonas de cortes y rellenos y la sobrecarga de las estructuras.
- Determinación de los parámetros geotécnicos (máximos y mínimos) en cada uno de los materiales que conforman el subsuelo en la zona de estudio, necesarios para la realización de los análisis de estabilidad.
- Análisis de estabilidad deterministicos, determinando los factores de seguridad.

- Con base en la zonificación de amenaza realizada (determinando las posibles solicitaciones) y la tipificación de estructuras existentes, se determina la vulnerabilidad y el riesgo de las estructuras ante fenómenos de remoción en masa.

Para el análisis de estabilidad se tomo conservadoramente A_a de 0.20 por encontrarse en una zona intermedia alejada de Bogotá.

5.2 Resultado de análisis

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizó como criterios de categorización los presentados en la Tabla 3, teniendo en cuenta lo expuesto en la Resolución 227 del 13 de julio de 2006 en el numeral 3.4 de la respectiva resolución.

Tabla 3. Categorización de Amenaza por FRM.

Categoría de Amenaza	F.S. Condiciones Normales	F.S. Condiciones Extremas
Baja	>1,9	>1,3
Media	1,2 - 1,9	1,0 – 1,3
Alta	<1,2	<1,0

Para los análisis se tuvieron en cuenta para los escenarios Actual y Con obras (proyectado), las condiciones normales (sin sismo y nivel freático actual), y condición extrema (con nivel freático abatido y sismo).

5.3 Escenario actual

Se realizó un análisis de estabilidad en donde se obtienen los diferentes factores de seguridad en condiciones normales y extremas a continuación se presenta los resultados obtenidos, en el Anexo IV se presenta los análisis de estabilidad.

5.3.1 Sitio 1

Se realizó el análisis de estabilidad el cual dio como resultado un factor de seguridad de 0.77 en Condición seudo estática con agua; 0.93 en Condición seudo estática seca; 1.30 en Condición estática con agua; 1.57 en Condición estática seca. El análisis de estabilidad se presenta en el Anexo IV.

En estas condiciones esta depresión no presenta una amenaza alta para desencadenar un deslizamiento propiamente dicho, pero se debe restringir su uso para la fundación de viviendas por su baja capacidad portante, así mismo evitar cortes dentro de este cuerpo que rompan con el equilibrio que actualmente tiene.

5.3.2 Sitio 2

Se realizó el análisis de estabilidad el cual dio como resultado un factor de seguridad de 0.82 en Condición seudo estática con agua; 1.08 en condición seudo estática seca; 1.56 en Condición estática con agua; 2.02 en Condición estática seca. El análisis de estabilidad se presenta en el Anexo IV.

Para este sitio se recomienda realizar obras con el fin de mitigar los riesgos provenientes de los procesos constructivos de las viviendas circundantes a este sitio. Además el factor de seguridad se mejora notablemente con la ejecución de drenajes y en el caso del sismo con saturación el movimiento se mitigara y el movimiento llegaría a una zona relativamente alejada de la zonas.

5.3.3 Sitio 3

Se realizó el análisis de estabilidad el cual dio como resultado un factor de seguridad de 0.36 en Condición seudo estática con agua; 0.76 en Condición seudo estática seca; 0.62 en Condición estática con agua; 1.21 en Condición estática seca. El análisis de estabilidad se presenta en el Anexo IV.

De acuerdo con el análisis de estabilidad el factor de seguridad se mejora notablemente con la ejecución de drenajes y en el caso del sismo con saturación el movimiento se mitigara y el movimiento llegaría a una zona relativamente alejada de la zonas.

5.3.4 Sitio 4

Debido a que el foco inestable de este sitio se encuentra controlado su escarpe por un contrafuerte rocoso de arcillolita, no se considera necesaria necesario hacer análisis de estabilidad y tampoco la ejecución de obras de estabilización, ya que no afecta la vía ni el casco urbano de Santa Ana, además existe una depresión donde se planea ejecutar obras de drenaje que mitiguen los movimientos de remoción en masa incrementando la estabilidad en el sector.

5.3.5 Sitio 5

Se realizó el análisis de estabilidad el cual dio como resultado un factor de seguridad de 0.43 en Condición seudo estática con agua; 0.87 en Condición seudo estática seca; 0.75 en Condición estática con agua; 1.47 en Condición estática seca. El análisis de estabilidad se presenta en el Anexo IV.

De acuerdo con el análisis de estabilidad el factor de seguridad se mejora notablemente con la ejecución de drenajes y en el caso del sismo con saturación el movimiento se mitigara y el movimiento llegaría a una zona relativamente alejada de la zonas.

5.3.6 Sitio 6

Se realizó el análisis de estabilidad el cual dio como resultado un factor de seguridad de 1.40 en Condición estática con agua; 0.94 en Condición seudo estática con agua; 1.20 en Condición seudo estática seca; 1.80 en Condición estática seca. El análisis de estabilidad se presenta en el Anexo IV.

De acuerdo con el análisis de estabilidad el factor de seguridad se mejora notablemente con la construcción de una obra de contención y el movimiento se mitigará.

5.3.7 Sitio 7

El análisis fue similar en el botadero de la vía cercano al flujo identificado como 3, los factores de seguridad actualmente demuestran que no se requiere de ninguna contención en este sitio, la pendiente es menor que la sección analizada cercana al flujo 2 y esto favorece la estabilidad.

Se realizo el análisis de estabilidad el cual dio como resultado un factor de seguridad de 1.90 en Condición estática con agua; 1.20 en Condición seudo estática con agua; 1.70 en Condición seudo estática seca; 2.60 Condición estática seca. El análisis de estabilidad se presenta en el Anexo IV.

Con base en estos resultados se concluye que no hay necesidad de plantear obras en elsitio identificado como 7.

A continuación se presenta la Tabla 4 donde se resume los factores de seguridad obtenidos en los sitios analizados:

Tabla 4 Resumen factores de seguridad área de estudio

Sitio	Condición seudo estática con agua	Condición estática con agua	Condición estática seco	Condición seudo estática seco
1	0.77	1.30	1.57	0.93
2	0.82	1.56	2.02	1.08
3	0.36	0.62	1.21	0.76
5	0.43	0.75	1.47	0.87
6	0.94	1.40	1.80	1.20
7	1.20	1.90	2.60	1.70

Teniendo en cuenta la anterior tabla, los sitios que ameritan medidas de mitigación a los procesos que se observaron a inmediaciones del asentamiento de Santa Ana, son los Sitios 1, 2, 3 y 5. A largo plazo se debe implementar el drenaje de la zona 1; no obstante estos procesos no están afectando la estabilidad del asentamiento, para lo cual se recomienda a los dueños de los predios realizar dicha intervención.

En el plano GE-239-PL-10 A, se presenta la localización de las zonas de amenaza Actual

5.4 Escenario con obras

Para el sitio 2 se requiere realizar un muro de concreto reforzado en la parte baja de los predios 11, 17, 16, 10, 15 y 9 el cual tendrá una altura libre de 2 metros y cimentada a una profundidad de aproximadamente 2.0 metros para este muro se realizo un análisis de estabilidad arrojando los resultados que se presentan en la Tabla 5. En el plano GE-239-PL-14 se presenta la localización de esta obra.

Tabla 5 Resumen análisis de muro de concreto

SITIO	Condición seudo estática con agua	Condición seudo estática seco
2	3.0	4.8

Para el sitio 7 no se requiere realizar obra de estabilización sobre la vía destapada ya que los factores de seguridad están dando de 1.90 para la condición estática con agua y 1.20 en condición seudo estática con agua.

Para los demás sitios no se recomiendan realizar obras de estabilización por parte de la entidad ya que los predios donde se encuentran estos procesos son propiedad privada y estos no están generando ningún problema de inestabilidad al área asentamiento de Santa Ana.

En el plano GE-239-PL-10 B, se presenta las zonas de amenaza extrema (nivel freático y sismo) el cual representará condiciones simuladas a 50 años.

5.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

En el área se Presentan 3 unidades claramente diferenciables así:

5.5.1 La Zona de flujos

La Zona de flujos de tierra potencial y actualmente activos se consideran como de alta amenaza ya que se pueden originar deslizamientos que afectan cualquier tipo de infraestructura que se construya en dichas áreas y correspondería en la cartografía a un color rojo.

5.5.2 Las zonas de rellenos antrópicos

Las zonas de rellenos antrópicos que actualmente están en ángulo de reposo pero que no fueron compactadas se deben considerar como potencialmente inestables y no se pueden realizar fundaciones en estos tipos de materiales ni excavaciones puesto que se pierde el equilibrio que actualmente es muy precario. Se debe considerar como una zona potencialmente inestable y de amenaza intermedia que correspondería a un color amarillo. En esta categoría también se incluye el depósito coluvial el cual si bien no presenta indicios de inestabilidad también es potencialmente activo.

5.5.3 La zona de rocas meteorizadas

La zona de rocas meteorizadas presentan una baja susceptibilidad a los fenómenos de remoción y en general una buena capacidad portante para las fundaciones, pero debido a su pendiente se podrían cambiar las condiciones y generar focos inestables. Sin afectar las condiciones topográficas actuales esta zona presenta un buen comportamiento geotécnico y correspondería con el color verde, aclarando que si se planea una obra en este sitio los cambios en las pendientes y comportamiento de los rellenos que se coloquen sobre estos materiales ya variaran las condiciones actuales y el mapa necesitaría ser modificado.

Estas zonas se presentan en el plano GE-239-PL-09

6 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

En este capítulo se presentan los análisis de vulnerabilidad y riesgo físicos del asentamiento de Santa Ana (Santo Domingo) de la localidad de Sumapaz, teniendo como elementos expuestos

predominantes del área de estudio viviendas e infraestructura. Si se llegan a construir Otras estructuras tales como tuberías enterradas se deberán construirse bajo las normas de la EAAB, las tuberías de acueducto y alcantarillado deben ser de tipo flexible (PVC), para su cimentación deben contemplar las normas de la EAAB para evitar posibles fugas o rupturas en las redes. El acueducto que suministra el agua al corregimiento de Santa Ana es un acueducto veredal manejado por la junta de acción Comunal y un sindicato que no tiene ninguna normatividad.

6.1 Vulnerabilidad

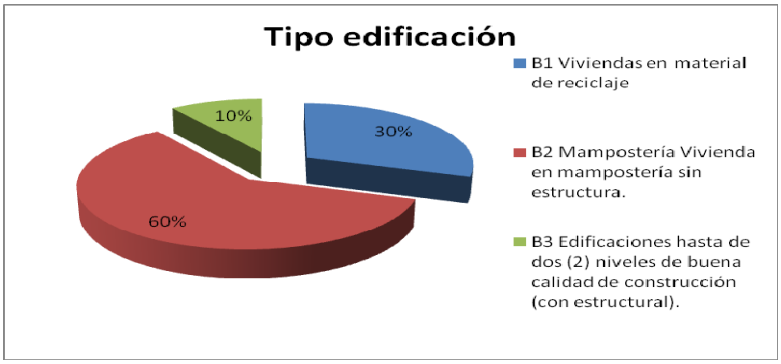
Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante deslizamientos se utiliza el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando para tal efecto la metodología propuesta por Leone[1] y modificada por Soler Et Al[2]. El trabajo consiste en calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las solicitaciones y las características del elemento expuesto (viviendas).

6.1.1 Tipificación de las estructuras

En el costado nororiental, central y suroriental se presentan viviendas constituidas por estructuras de marcos en concreto reforzado y muros de confinamiento de uno (1) y dos (2) niveles, cimentadas superficialmente por cimientos corridos con vigas de amarre en concreto reforzado (Tipología B3, según la nomenclatura utilizada por Leone); (viviendas 9 y 19), las demás viviendas son en material de madera sin cimientos soportadas sobre palafitos que varían su altura entre dos (2) y tres (3) metros (viviendas 2, 5, 11, 12, 16 y 17) o viviendas en mampostería sin estructura (viviendas 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 18, y 20); de allí las tipologías de viviendas están definidas en B1, B2 y B3. En la Gráfica 1, se presenta en forma porcentual la distribución de las tipologías de viviendas del asentamiento de Santa Ana.

[1] Leone, F. (1999) CONCEPT DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES PAR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERREIN. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.

[2] Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN SANTAFÉ DE BOGOTÁ, COLOMBIA. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

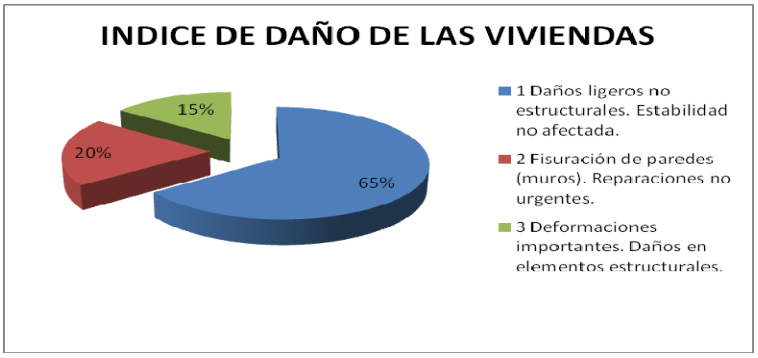


Gráfica 1 Distribución porcentual de la tipologías de las viviendas

6.1.2 Calificación de los daños

Para el asentamiento de Santa Ana se presenta un 65% de las viviendas con Daños ligeros no estructurales, estabilidad no afectada; un 20% con Fisuración de paredes (muros), reparaciones no urgentes y un 15% con Deformaciones importantes, daños en elementos estructurales.

Estos daños son producidos por la deficiencia en las construcciones y debido a que las construcciones han sido cimentadas sobre depósitos antrópicos producto de la construcción de la vía, lo cual no garantiza que el suelo de fundación de estas no esté debidamente compactados. A continuación se presenta la Gráfica 2.



Gráfica 2 Índice de daño reportado en el asentamiento de Santa Ana

Para el caso en estudio, la solicitación corresponde a deformaciones muy bajas debido a los desplazamientos laterales, que se pueden catalogar como muy lentos (VM5), donde se describen los procesos que se están generando en el asentamiento de santa Ana.

6.1.3 Matriz de daño

Dado que la solicitación es VM5 por tener desplazamientos laterales lentos y el tipo de edificación más desfavorable es B1, el índice de daño posible en las edificaciones es III.

6.2 Índice de vulnerabilidad física (IVF)

El Índice de Daño se cuantifica por medio de conjuntos difusos presentada en la Ilustración 3, para hallar el porcentaje de daño o índice de pérdidas; estos porcentajes de pérdidas dependen del nivel de confianza en la valoración; en este caso se adopta, para una confianza de 1.0, los rangos de valores de cada ID propuestos por Leone (1996).

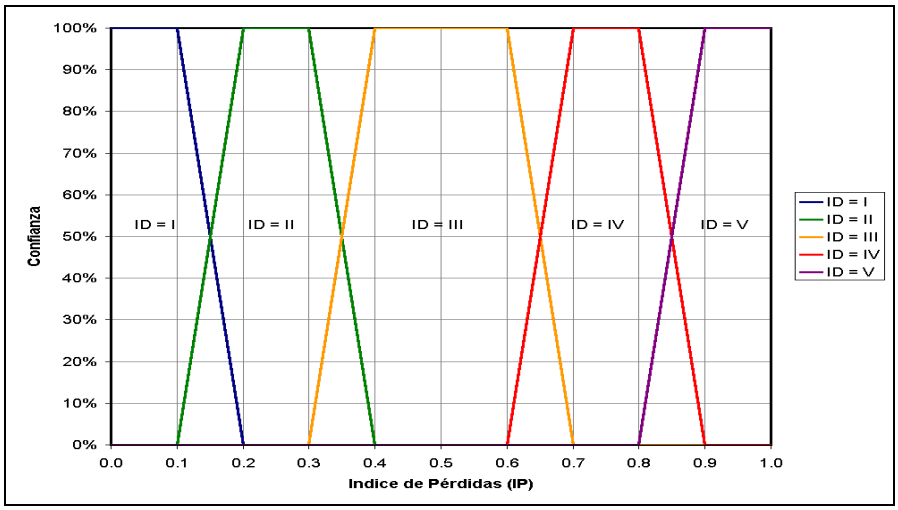


Ilustración 3 Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos

Dado que se tienen dos índices, se determinó el índice de vulnerabilidad física (IVF) como la ocurrencia de alguno de los dos índices de daños determinados (expresado como índices de pérdidas), es decir:

$$IVF \quad = \quad P\,(\,IPa \cup IPp\,) \quad = \quad IPa + IPp - IPa \times IPp$$

6.2.1 Mapa de vulnerabilidad

Con base en los resultados de los análisis de vulnerabilidad presentados, donde categorizando el valor del IVF de acuerdo con los criterios establecidos en estudios previos realizados en Bogotá por F. Soler A. J. González y otros, los cuales se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6 Criterios de categorización de la vulnerabilidad

CATEGORÍA VULNERABILIDAD	CRITERIO
ALTA	IVF promedio ≥ 0.65
MEDIA	0.35 ≤ IVF promedio < 0.65
BAJA	IVF promedio < 0.35

La vulnerabilidad de acuerdo a lo anterior está catalogada entre BAJA y MEDIA, que se presentan en el plano GE-239- PL-11 Vulnerabilidad y en el ANEXO V, a continuación se presenta en la Tabla 7 un resumen del análisis realizado para cada vivienda.

Tabla 7 Resumen de los resultados de vulnerabilidad

Identificador predial	ÍNDICE DAÑO ACTUAL	IPa	TIPO VIVIENDA	SOLICITACIÓN ZONA A	SOLICITACIONES ZONA B	MATIZ DE DAÑO ID	IP	CATEGORÍA AMENAZA	IVF = IPa+IP-(IPaxIP)	CATEGORÍA VULNERABILIDAD
1	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
2	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	0.63	MEDIA
3	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
4	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
5	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	0.63	MEDIA
6	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
7	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
8	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
9	1	0.05	B3	VM5		I	0.05	MEDIA	0.10	BAJA
10	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
11	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	0.63	MEDIA
12	1	0.05	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	0.53	MEDIA
13	1	0.05	B2map		PL3	III	0.5	BAJA	0.53	MEDIA
14	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
15	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
16	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	0.63	MEDIA
17	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	0.63	MEDIA
18	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA
19	1	0.05	B3	VM5		I	0.05	MEDIA	0.10	BAJA
20	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	0.29	BAJA

Adicionalmente y de acuerdo a las investigaciones del subsuelo y las fichas de vulnerabilidad realizada el principal problema de las viviendas radica en la deficiente cimentaciones debido a que los materiales sobre los cuales fueron edificadas la viviendas corresponde a rellenos de material suelto, lo que genera agrietamientos en las viviendas. Por esta razón se recomienda confinar estos materiales mediante muros de contención y para las futuras viviendas que se desarrollen compactar estos rellenos para garantizar que no ocurran asentamientos que dañen las viviendas y para las edificaciones existentes mejorar las bases de estas mediante caisson a profundidad de 2 metros sobre la roca moderadamente meteorizada.

Los procesos identificados en el sector corresponden a flujos de tierras que no están afectando a la vulnerabilidad de las viviendas.

6.3 Riesgo

A continuación se presentan los resultados de vulnerabilidad y riesgo para las edificaciones existentes, encontrándose que tanto la vulnerabilidad como el riesgo se pueden catalogar como Medio, teniendo en cuenta las condiciones de cimentación de las estructuras y para las dos condiciones de amenaza planteadas a largo plazo (condiciones de nivel freático y condiciones secas) como se presenta en la Tabla 8, en el plano GE-239- PL-11 y el plano GE-239- PL-12, se presenta los resultados del análisis de vulnerabilidad y riesgo. En el Anexo V se presenta las memorias de la caracterización de la vulnerabilidad para cada predio.

ID DEL PREDIO	ÍNDICE DAÑO ACTUAL	IPa	TIPO VIVIENDA	SOLICITACIÓN ZONA A	SOLICITACIONES ZONA B	MATIZ DE DAÑO	IP	CATEGORÍA AMENAZA	CATEGORÍA VULNERABILIDAD	IVF = IPa+IP-(IPaxIP)	probabilidad de excedencia	IR	CATEGORÍA RIESGO
1	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
2	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63	0.034	0.028	Bajo
3	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
4	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
5	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63	0.034	0.028	Bajo
6	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
7	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.031	0.031	Bajo
8	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.031	0.031	Bajo
9	1	0.05	B3	VM5		I	0.05	MEDIA	BAJA	0.10	0.082	0.051	Medio
10	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
11	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63	0.034	0.028	Bajo
12	1	0.05	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.53	0.082	0.051	Medio
13	1	0.05	B2map		PL3	III	0.5	BAJA	MEDIA	0.53	0.082	0.051	Medio
14	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
15	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
16	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63	0.031	0.051	Medio
17	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63	0.031	0.051	Medio
18	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio
19	1	0.05	B3	VM5		I	0.05	MEDIA	BAJA	0.10	0.082	0.051	Medio
20	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29	0.082	0.051	Medio

Tabla 8 Análisis de Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento.

7 ZONAS DE APTITUD

En el área de estudio se distinguen cuatro zonas de aptitud las cuales se presenta a continuación:

7.1 Zona A

Esta zona comprende áreas con restricciones geológicas leves (estables de pendientes bajas entre 0% y 10%, utilizables). Son zonas relativamente estables por sus condiciones naturales, pero que por su conformación geológica, geomorfológica y topográfica son susceptibles a sufrir procesos

geológicos puntuales o de poca magnitud o verse afectados por el manejo inadecuado y/o evolución de sectores aledaños. En estas zonas se puede realizar la implementación de viviendas mediante un buen sistema de cimentación y bajo los parámetros de la NSR-10.

7.2 Zona B

Comprende áreas con restricciones geológicas moderadas (estabilidad condicionada o potencialmente inestables, pendientes entre 10% – 25%). Son terrenos que por sus condiciones geológicas, geomorfológicas y topográficas evidencian manifestaciones de inestabilidad o que presentan problemas debido a la forma como han sido intervenidos por las acciones antrópicas; sin embargo con algunas medidas correctivas y preventivas específicas, tales como: la protección de los taludes de corte (estructura de contención puntuales) y el drenaje superficial (cunetas), subsuperficial (trincheras), se pueden mejorar sus condiciones para ser utilizados en programas urbanísticos. Además los diseños urbanísticos deben adecuarse a las características específicas de los terrenos utilizando tecnologías constructivas adecuadas. La densificación acelerada y no planificada de estas zonas puede incrementar su deterioro y el de su entorno.

Para estas zonas de requiere una mayor inversión para el desarrollo de viviendas por el alto grado de sus pendientes, para el desarrollo de viviendas en esta zona requiere la construcción de obras de contención consistente en muros de más de 2 metros y cimentados por lo menos 1.50 metros sobre la roca parcialmente meteorizada, efectuando rellenos con material seleccionado y compactado mecánicamente garantizando los parámetros exigidos en la NSR – 10.

Además algunos sectores requieren obras de drenaje para garantizar la estabilidad de estas aéreas para posibles construcciones.

7.3 Zona C

Esta zona corresponde a áreas con restricciones geológicas severas. Son áreas afectadas por procesos geológicos activos e inactivos o que se consideren susceptibles a procesos de remoción en masa, presenta pendientes mayores a 25% y presentan un grado de deterioro que en caso de ser posible su recuperación implicaría grandes inversiones. Para que se considere factible ubicar en estas zonas o en parte de ellas desarrollos urbanísticos; bajo las condiciones de urbanismo actual su recuperación implicaría grandes inversiones. En caso de que la relación costo-beneficio no sea atractiva para desarrollos urbanísticos, se deben destinar para uso de protección, tales como parques o senderos ecológicos, áreas de reforestación, entre otros.

7.4 Zona D

Comprende zonas estables e inestables de manejo especial (áreas no utilizables). Corresponden a esta categoría de terreno los cañones y franjas de retiro de las corrientes de agua natural, áreas de protección y seguridad próximas a terrenos inestables, sectores de pendientes altas a escarpadas, áreas de interés ambiental, vías, entre otras. Son áreas que deben considerarse como de manejo especial y que requieren un uso específico buscando su protección y conservación.

En el plano GE-239-PL-13 Zonas Aptitud, se presenta la localización de las zonas de aptitud establecidas.

8 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

8.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las alternativas de mitigación planteadas para cada uno de los sitios identificados con problemas de fenómenos de remoción en masa, realizando un análisis costo / beneficio, con el fin de tener parámetros técnicos y económicos para adoptar una solución.

8.2 OBJETIVO

El objetivo de este capítulo es presentar a consideración del DPAE las obras o acciones que sean más convenientes para manejar el riesgo por fenómenos de remoción en masa en el asentamiento de Santa Ana de la localidad de Sumapaz.

8.3 METODOLOGÍA

Se debe determinar que acción tomar en las zonas con procesos que involucren viviendas. Para tal efecto, se utilizará la metodología propuesta por Carvalho (1996) para el manejo del riesgo en zonas urbanas.

8.3.1 El modelo de decisión

En la Ilustración 4, se presenta el árbol de decisiones general. En dicho árbol, se han considerado cuatro alternativas, a saber:

a) La primera (A0) consiste en “no hacer nada”, es decir, dejar las cosas como están.

b) La segunda alternativa (A1) consiste en realizar las obras de estabilización permanentes convencionales (cada caso requiere un estudio específico, según la complejidad del problema). En el caso de estudio, estas obras contemplan el terraceo y/o la construcción de estructuras de contención.

c) La tercera alternativa (A2) se refiere a la construcción de estructuras de estabilización temporales, seguidas posiblemente por la construcción de obras permanentes. Si la estructura temporal falla, puede haber dos opciones, que se pueda o no construir una estructura complementaria antes que los mayores daños ocurran. En el caso de estudio, estas obras contemplan en primera instancia obras de drenaje y en segunda instancia el terraceo y/o la estructura de contención.

d) Por último, la alternativa (A3) es la evacuación y reubicación de las áreas en peligro. En esta alternativa se debe tener en cuenta la posible reocupación de la zona.

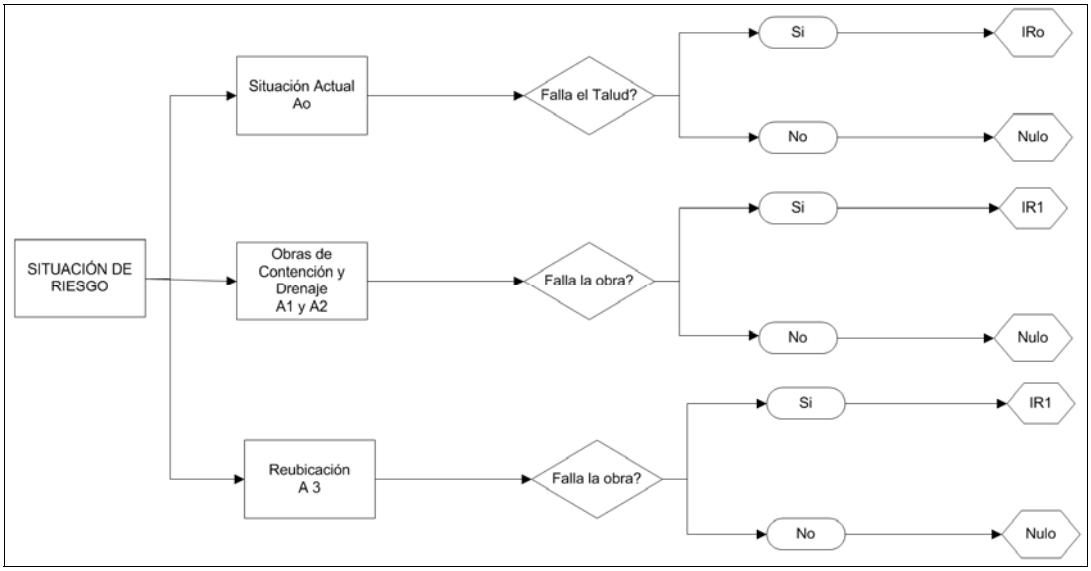


Ilustración 4 Árbol de decisiones[3]

8.3.2 Análisis de decisiones

Las consecuencias sociales son medidas en términos de pérdidas de vidas humanas. Las consecuencias económicas son expresadas por el valor de las casas. Ambas son tomadas

[3] Carvalho, C.S. **GERENCIAMIENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM COSTAS URBANAS: UMA PROPOSTA BASEADA NA ANÁLISE DE DECISAO.** Tesis de Doctorado. Universidad de Sao Pablo (Brasil). 1996.

como una función lineal del número de casas destruidas. El criterio de decisión adoptado es la minimización del "costo por vida salvada", expresada por la siguiente ecuación:

$$CVSi = \frac{[\,E(Ci) - E(C_0)\,]}{[\,E(D_0) - E(Di)\,]}$$

Donde,

CVS_i : Costo por vida salvada para la acción A_i
$E(C_i)$: Costo esperado por la acción A_i.
$E(C_0)$: Costo esperado por la acción A_0.
$E(D_i)$: Número esperado de personas afectadas al tomar la acción A_i.
$E(D_0)$: Número esperado de personas afectadas al tomar la acción A_0.

Los valores esperados son calculados por medio del árbol de decisión. Los costos esperados consisten en las consecuencias económicas esperadas más el costo de la acción por sí misma (tal como la construcción de estructuras de contención).

Para cada una de las acciones preseleccionadas en el árbol de eventos, se calcula el costo de vida salvada, siendo la mejor alternativa la que menor costo obtenga.

8.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para salvaguardar las viviendas de un posible fallo debido a que la zona donde se encuentran construidas es de materiales de relleno suelto que pueden general daños sobre pisos y estructuras, se recomiendan dos (2) alternativas así:

8.4.1 Alternativa 1.

Esta alternativa contempla la construcción de un muro en voladizo en la parte suroriental del asentamiento de 4.2 metros de altura, el cual estará cimentado 2,5 metros debajo del terreno actual, longitud aproximada de 50 m, además se plantea la construcción del sistema de drenaje para este muro consistente en cunetas trinchera y descoles de 453 metros de longitud como se presenta en la Ilustración 5.

Para la parte noroccidental donde se genera una gran acumulación de aguas se recomienda realizar un sistema de drenaje con el fin de abatir los niveles freáticos actuales, esta obra tiene una longitud de 312 metros

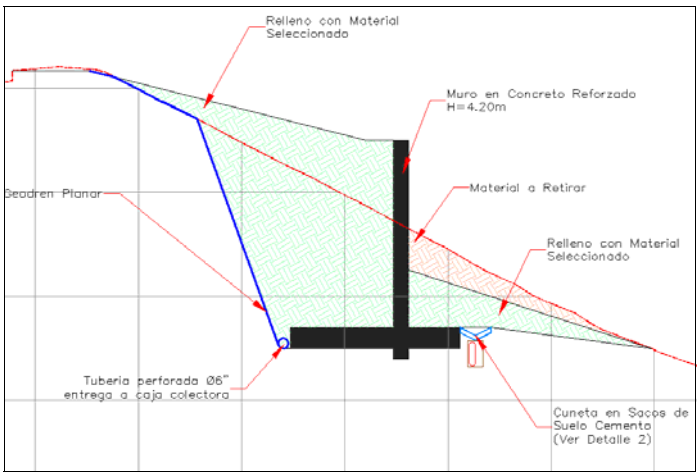


Ilustración 5 Detalle muro alternativa 1

8.4.2 Alternativa 2.

Esta alternativa contempla la construcción de un muro en voladizo de 2 metros de altura y longitud aproximada de 50 m, en la parte suroriental del asentamiento, el cual estará soportado por micro pilotes de 10 metros de profundidad y de 20 cm de diámetro, además se plantea la construcción del sistema de drenaje para este muro consistente en una cuneta trinchera de 453 metros de longitud. Como se presenta en la Ilustración 6.

Para la parte noroccidental donde se genera una gran acumulación de aguas se recomienda realizar un sistema de drenaje con el fin de abatir los niveles freáticos actuales, esta obra tiene una longitud de 312 metros

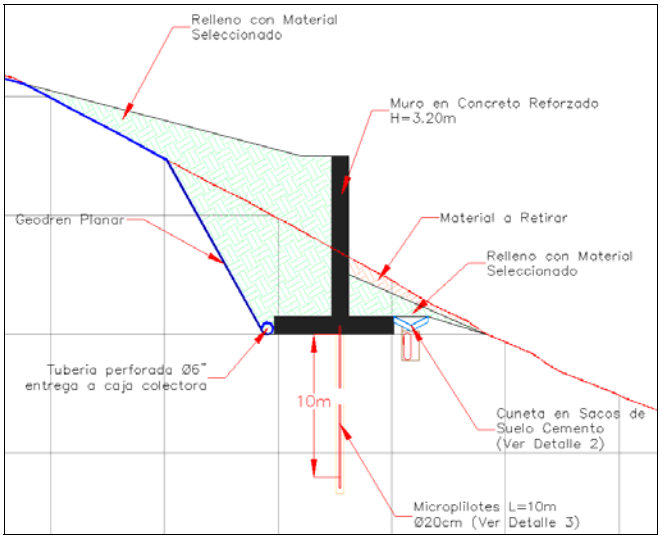


Ilustración 6 Detalle muro alternativa 2

Para las obras anteriormente propuestas se presenta el plano GE-239-PL-14 localización de obras, los detalles de las obras tanto para los sectores que no están generando inestabilidad en la zona como las alternativas que se presentan, en los planos GE-239-PL-14A, GE-239-PL-14B, GE-239-PL-14C, GE-239-PL-14D, GE-239-PL-14E; en el Anexo VII-A se presenta el cálculo estructural del muro de 4.2 m, en el Anexo VII-B se presenta el cálculo estructural del muro de 3.2 m y en el Anexo VII-C se presenta el cálculo de las cunetas de las cunetas.

9 RECOMENDACIÓN DE OBRAS SOBRE LOS PROCESOS

Para la estabilización de las áreas consideradas como de amenaza que no afecta la estabilidad del asentamiento Santa Ana, se realizo el plano GE-239-PL-08 Cuencas Topográficas para determinar divisorias de agua para definir las obras para dar estabilidad a los procesos que no están causando problemas de inestabilidad pero que se recomienda que los dueños de los predios donde se presenta tomen medidas con el fin de evitar posibles deslizamientos que los puedan afectar para ello se presentan en tres (3) alternativas así:

9.1 Recomendación 1.

Remoción de los materiales inestables y potencialmente inestables lo cual implica las siguientes etapas:

a) Construcción de accesos 700 ml. Desde la va hasta el sitio donde se presenta el flujo de tierras.
b) Descapote de la capa vegetal de espesor aproximado de 10 cm y acopio temporal con trinchos de retención.
c) Corte y retiro de los materiales inestables.
d) Transporte a botaderos por lo menos 20 km del sitio de la obra y adecuación de dichos botaderos. Es de anotar que por tratarse de una zona de páramo, los permisos ambientales serán muy difíciles de tramitar para la disposición de los sobrantes.
e) Reconformación del terreno con la capa vegetal retirada en la primera etapa.

Esta recomendación aunque es factible es demasiado costosa especialmente por la construcción de accesos, retiro, transporte y disposición de materiales. El propietario de cada predio donde se efectué la obra asumirá su costo y las implicaciones que conlleva esta recomendación.

9.2 Recomendación 2

Drenaje de las franjas criticas por medio de trincheras drenantes y cunetas con estructuras de disipación de energía para permitir la salida del agua. Esta recomendación implica:

a) Excavación de trincheras por tramos de 5 m hasta una profundidad de 2.50 m y la colocación de filtros con descoles alternados cada 10 m en sus costados.
b) Reconformación del terreno

Aunque no es una recomendación completamente radical cuando se considera el sismo de mayor magnitud y la saturación la mitigación es bastante importante especialmente para evitar que los desgarres de los flujos se presenten durante las épocas invernales por esta razón se considera la recomendación más adecuada ya que las trincheras drenantes garantizan la intersección de las líneas de flujo reduciendo la posibilidad de que se generen movimientos.

El propietario de cada predio donde se efectué la obra asumirá su costo y las implicaciones que conlleva esta recomendación

9.3 Recomendación 3.

Revegetalización mediante siembra de especies nativas (Vegetación arbustiva con altura menor de 5 m y predominio de elementos leñosos), para darle mayor resistencia a las zonas donde se presentan los flujos y como medida de drenaje.

Esta recomendación aunque puede mitigar el movimiento quedaran áreas sin drenar y comparada con la anterior es menos eficiente y es a largo plazo. Para garantizar la estabilidad mientras que las especies comienzan a crecer se debe realizar trinchos a lo largo del flujo, además con el transcurso del tiempo se debe verificar las zonas, para verificar el comportamiento de las especies y el favorecimiento a la estabilidad de estas zonas.

El propietario de cada predio donde se efectué la obra asumirá su costo y las implicaciones que conlleva esta recomendación.

10 PROCESO CONSTRUCTIVO, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

10.1 Proceso constructivo

La construcción de las obras propuestas para disminuir el riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en la zona de estudio, conllevan la realización de las siguientes actividades generales:

- Delimitación de las áreas de protección y aislamiento.
- Construcción de las obras de manejo de aguas.
- Construcción de obras de contención.
- Obras de paisajismo y urbanismo en la corona del talud.

10.2 Cantidades de obra

En el Anexo VI, se presenta el cálculo de las cantidades de obra para cada una de las alternativas planteadas, teniendo en cuenta el plano GE239-PL-14.

10.3 Presupuesto y Cantidades De Obra

10.3.1 Presupuesto

Con base en las cantidades de obra, se estimó el costo de las obras, el cual se discrimina en el Anexo VI-A presupuesto y análisis de precios unitarios alternativa 1 y Anexo VI-B presupuesto y

análisis de precios unitarios alternativa 2, en donde se obtuvo que el costo de las obras para cada una de ellas en la Tabla 9. Se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 9 Costo aproximado de las alternativas planteadas

Alternativa	Costo directo	AIU	Costo total
Alternativa 1	$ 207.469.725	41%	$ 292.532.312
Alternativa 2	$ 229.570.045	41%	$ 323.693.763

Adicionalmente a los costos de las obras, se debe tener en cuenta que el costo de la Interventoría es aproximadamente el 15% del valor de la obra.

La duración de la alternativa 1 es de 4.5 meses y de la alternativa 2 es de 5 meses.

Con base en lo anterior y lo descrito en el capítulo 8 se establece el análisis de costo beneficio que se presenta en la Tabla 10, el cálculo del costo beneficio se presenta en el Anexo VI-C.

Tabla 10 Análisis costo / beneficio de las obras de mitigación

Alternativa	Costo obra (Co)	IR		Costo daños posibles		Personas afectadas		CVS		
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Promedio
0	$ 0	0.051	0.038	$ 3,060,000	$ 2,257,200	2	1			
1	$ 207,469,725	0.050	0.030	$ 214,005,021	$ 209,274,712	2	1	$ 6,344,211	$ 6,097,718	$ 6,220,964
2	$ 229,570,045	0.050	0.030	$ 232,497,252	$ 230,263,601	2	1	$ 6,900,368	$ 6,715,947	$ 6,808,158
3	$ 420,000,000	0.680	0.440	$ 619,920,000	$ 512,400,000	24	15	$ 34,591,317	$ 14,394,714	$ 24,493,016

Después de realizar el análisis Beneficio/Costo, se observó que la alternativas más favorables en este sitio, corresponde a la alternativa 1; la cual mitigará el riesgo.

Las Especificaciones De Construcción se encuentran En El Anexo VIII

11 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO

Para el seguimiento de las obras se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Reconocimiento visual periódico de la zona: inspecciones detalladas a la zona, las cuales se deberán intensificar en periodos de lluvia.
- Medición de movimientos horizontales y verticales: durante la construcción se deben colocar puntos de control topográfico en algunos puntos sobre los taludes, los cuales se deben controlar con una frecuencia no menor de dos veces al año.

- Se recomienda a la comunidad, la protección y el buen uso de las obras propuestas para su buen funcionamiento y durabilidad.
- Para la realización de la obra, el contratista deberá realizar el manual de mantenimiento en donde se enmarque los procedimientos de trabajo y de control, ajustándose a las disposiciones de la comunidad y del distrito. Estos procedimientos deben tener las instrucciones en un lenguaje común y de fácil compresión para la comunidad. El diseño del manual de mantenimiento debe contemplar que existen algunas obras las cuales requieren mantenimiento continuo por parte de la comunidad.
- Se recomienda realizar un monitoreo o seguimiento durante la ejecución de las excavaciones para la realización de las obras correctivas y una vez se hayan ejecutado las mismas, este monitoreo lo realizara un ingeniero civil durante toda la fase de excavaciones.

El costo estimado del mantenimiento y seguimiento de las obras es de aproximadamente tres millones quinientos mil pesos ($3.500.000) cada 6 meses como mínimo, el cual contempla monitoreo topográfico (instalación de inclinometros y piezómetros), como mínimo tres instrumentaciones se deben realizar para poder tener un dato mar certero y se deben localizar en puntos donde se esté presentando este fenómeno el cual se definirá en campo, adicionalmente se debe realizar mantenimiento de los descoles y cunetas.

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados de reconocimiento geológico y geotécnico, la zona de estudio está compuesta por cuerpos deslizantes y flujos de tierra con espesores entre 1.0 y 2.0 m aproximadamente, roca alterada de la formación Bogotá con espesores entre 5.0 a 10.0 m aproximadamente y roca moderadamente meteorizada de la formación Bogotá.

De acuerdo a la evolución del los problemas de inestabilidad de las laderas no están afectando el asentamiento de Santa Ana, no obstante se presentan sector donde con Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) tipo flujos superficiales de tierra en los taludes de aproximadamente 180 m de longitud y espesores que varían entre 1.7 m a 2.0 metros aproximadamente, con avanzados problemas de saturación del material los cuales pertenecen a predios privados.

Como resultado de estos estudios se concluye que la causa de los problemas por fenómenos de remoción en masa se debe a los siguientes factores: altas pendientes que tiene la ladera, y saturación del material para los fenómenos de remoción en masa visto en la zona.

Desde el punto de vista geomorfológico en la zona se desarrolla una geoforma conocida como espinazo de cerdo que deja un filo sobre el cual se ubica el casco urbano.

En las depresiones hay geoformas dejadas por flujos de tierra y por consiguiente concentración de fenómenos de remoción en masa.

Desde el punto de vista geotécnico la zona del poblado se ubica en una cresta donde predominan los horizontes de roca alterada y lateralmente en las laderas hay presencia de flujos con alta susceptibilidad al deslizamiento.

Para salvaguardar las viviendas de un posible fallo debido a que la zona donde se encuentran construidas es de materiales de relleno suelto que pueden general daños sobre pisos y estructuras, se recomiendan dos (2) alternativas así:

1. Muro de concreto de 4.2 metros cimentado a 2.5 metros bajo el terreno actual.
2. Muro de concreto de dos (3.2) metros cimentado sobre micro pilotes de 20 cm de diámetro y 10 metros de longitud.

Los costos para cada alternativa se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11 Costo aproximado de las alternativas planteadas

Alternativa	Costo directo	AIU	Costo total
Alternativa 1	$ 207.469.725	41%	$ 292.532.312
Alternativa 2	$ 229.570.045	41%	$ 323.693.763

De acuerdo al árbol de decisiones del numeral 8.3 del presente documento la alternativa más favorable es la 1 teniendo en cuenta que las dos son idénticas y que reduce la amenaza para el mismo número de viviendas y su diferencia se encuentra en sus respectivos costos se recomienda la alternativa 1. Como se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12 Análisis Costo/Beneficio Alternativas de mitigación

Alternativa	Descripción	Costo obra (Co)	CVS Máximo	CVS Mínimo	CVS Promedio
0	Consiste en “no hacer nada”, es decir, dejar las cosas como están.	$ 0			
1	Consiste en realizar las obras de estabilización permanentes convencionales (cada caso requiere un estudio específico, según la complejidad del problema). En el caso de estudio, estas obras contemplan el terraceo y/o la construcción de estructuras de contención.	$ 207,469,725	$ 6,344,211	$ 6,097,718	$ 6,220,964
2	Construcción de estructuras de estabilización temporales, seguidas posiblemente por la construcción de obras permanentes. Si la estructura temporal falla, puede haber dos opciones, que se pueda o no construir una estructura complementaria antes que los mayores daños ocurran. En el caso de estudio, estas obras contemplan en primera instancia obras de drenaje y en segunda instancia el terraceo y/o la estructura de contención.	$ 229,570,045	$ 6,900,368	$ 6,715,947	$ 6,808,158
3	es la evacuación y reubicación de las áreas en peligro. En esta alternativa se debe tener en cuenta la posible reocupación de la zona.	$ 420,000,000	$ 34,591,317	$ 14,394,714	$ 24,493,016

Para la estabilización de las áreas consideradas como de amenaza que no afecta la estabilidad del asentamiento Santa Ana, para dar estabilidad a los procesos que no están causando problemas de inestabilidad pero que se recomienda que los dueños de los predios donde se presenta tomen medidas con el fin de evitar posibles deslizamientos que los puedan afectar para ello se presentan en tres (3) recomendaciones así:

Tabla 13 Análisis Costo/Beneficio Alternativas de mitigación

Recomendación		Descripción
1	Remoción de los materiales inestables y potencialmente inestables	a) Construcción de accesos 700 ml., b) Retiro del descapote de la capa vegetal de 10 cm de espesor y acopio temporal con trinchos de retención. c) Corte y retiro de los materiales inestables. d) Transporte a botaderos por lo menos 20 km del sitio de la obra y adecuación de dichos botaderos. Es de anotar que por tratarse de una zona de paramo en los permisos ambientales serán muy difíciles de tramitar para la disposición de los sobrantes. e) Reconformación del terreno con la capa vegetal retirada en la primera etapa.
2	Drenaje de las franjas criticas por medio de trincheras drenantes y cunetas con estructuras de disipación de energía para permitir la salida del agua	a) Excavación de trincheras por tramos de 5m hasta una profundidad de 2.50m y la colocación de filtros con descoles alternados cada 10m en sus costados. b) Reconformación del terreno c) Obra de contención: Se propone realizar un muro de concreto reforzado en la corona del flujo 2, con una longitud de 40 metros, cimentado sobre la roca alterada de la Formación Bogotá a una profundidad de aproximadamente 2 metros, y altura de 2 m, en la aparte que cruza el sitio 3 con la vía se propone realizar un muro de contención con una longitud de 45 metros, cimentado sobre la roca alterada de la Formación Bogotá a una profundidad de aproximadamente 2 metros, y altura de 2 m.
3	Revegetalización	Revegetalización mediante siembra de especies nativas (Vegetación arbustiva con altura menor de 5 m y predominio de elementos leñosos), para darle mayor resistencia a las zonas donde se presentan los flujos y como medida de drenaje.

Recomendación 1: Esta recomendación aunque es factible es demasiado costosa especialmente por la construcción de accesos, retiro, transporte y disposición de materiales. El propietario de cada predio donde se efectué la obra asumirá su costo y las implicaciones que conlleva esta recomendación.

Recomendación 2: Drenaje de las franjas criticas por medio de trincheras drenantes y cunetas con estructuras de disipación de energía para permitir la salida del agua. Esta recomendación es la más viable y la más factible implica:

Aunque no es una recomendación completamente radical cuando se considera el sismo de mayor magnitud y la saturación la mitigación es bastante importante especialmente para evitar que los desgarres de los flujos se presenten durante las épocas invernales por esta razón se considera la solución más adecuada ya que las trincheras drenantes garantizan la intersección de las líneas de flujo reduciendo la posibilidad de que se generen movimientos.

El propietario de cada predio donde se efectué la obra asumirá su costo y las implicaciones que conlleva esta recomendación

Recomendación 3: Esta recomendación aunque puede mitigar el movimiento quedaran áreas sin drenar y comparada con la anterior es menos eficiente y es a largo plazo. Para garantizar la estabilidad mientras que las especies comienzan a crecer se debe realizar trinchos a lo largo del flujo, además con el transcurso del tiempo se debe verificar las zonas, para verificar el comportamiento de las especies y el favorecimiento a la estabilidad de estas zonas.

El propietario de cada predio donde se efectué la obra asumirá su costo y las implicaciones que conlleva esta recomendación.

De otra parte se recomienda a la entidad de acuerdo a plano GE-239-PL-13 Zonas actitud restringir la expansión del corregimiento debido a las altas pendientes y a los problemas de inestabilidad de laderas a las zonas catalogadas como zonas A siempre y cuando no se realicen las obras de drenajes en aquellos lugares donde se pueble realizar la expansión del Asentamiento.

Se aconseja capacitar a los habitantes en formas de construcción seguras debido a que la gran mayoría de viviendas se encuentran cimentadas sobre palafitos de madera los cuales según las encuestas de vulnerabilidad presentan condiciones de deterioro.

Cabe de anotar que para la realización de las obras hay que tener en cuenta que estas se realizarán en predios privados y para lo cual se necesitan los permisos correspondientes antes de la ejecución de estas obras.

Con la construcción de los drenajes se verán afectados los aljibes existentes ocasionando disminución en los niveles de estos, los cuales pueden afectar la comunidad, no obstante el asentamiento de Santa Ana cuenta con un Acueducto Veredal maneado por la Junta de Acción Comunal. Se debe concientizar a la comunidad sobre el buen manejo que se debe realizar a las aguas para evitar que se siga saturando las laderas circundantes al asentamiento.

De otra parte dentro del contrato de construcción, incluido dentro del AIU respectivo, se contempla que como parte de las obligaciones del constructor se contemple la revisión de los estudios y

realización o apropiación de los diseños para lo cual se recomienda que la entidad contratante estipule dentro de los términos de referencia lo siguiente:

- **Alcance de las revisiones o apropiación de los diseños:** contempla las siguientes actividades: realizar como mínimo dos sondeos a 3 metros de profundidad cada uno con sus respectivos ensayos de laboratorio, topografía detallada del sector, diseño geotécnico, diseño estructural, diseño hidráulico.

- **Personal mínimo:** Los profesionales indispensables que se requieren para garantizar un adecuado trabajo, se relacionan a continuación, los cuales deben cumplir con la profesión y experiencia mínima descrita en la Tabla 14.

- **Tiempo de ejecución:** de la apropiación de los estudios tiene un tiempo estimado de 20 días.

Tabla 14 Relación de personal mínimo revisión estudios y diseños

CARGO	PROFESIÓN	EXPERIENCIA MÍNIMA
Especialista en Geotecnia	Ingeniero Civil, Ingeniero Geólogo, Geólogo	8 años de experiencia profesional general, con título de postgrado en geotecnia o 4 años de experiencia específica como geotécnista en estudios geotécnicos y/o estudios de amenaza y/o riesgos por fenómenos de remoción en masa
Especialista en Estructuras	Ingeniero Civil	6 años de experiencia profesional general, título de postgrado en estructuras o 3 años de experiencia específica en análisis y diseño estructural de edificaciones
Especialista en hidráulica	Ingeniero civil, ingeniero Ambiental y/o sanitario	6 años de experiencia profesional general, título de postgrado en hidráulica o 2 años de experiencia específica en estudios de Hidrología y/o hidráulica aplicada.

13 LIMITACIONES

Las recomendaciones dadas en este trabajo se basan en los resultados de los trabajos de investigación del subsuelo, los levantamientos geológicos en superficie y las características topográficas del sector de estudio; si durante los trabajos de construcción se llegan a encontrar características diferentes a las aquí mencionadas se deberá dar aviso a GEOCING S.A.S, con el fin de

verificar las hipótesis de diseño y las características topográficas del sector, y determinar si aplican para la época de realización de las obras.

GEOCING S.A.S no se hace responsable de las interpretaciones que personas ajenas a la firma hagan del contenido de este informe ni de las consecuencias que de ello se derive.