ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Fondo de Prevención y Atención de Emergencias

TITULO: Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y evaluación de alternativas de mitigación para el asentamiento menor de Santa Ana (Santo Domingo) de la localidad de Sumapaz, en Bogotá D. C.

AUTORES: GEOCING S.A.S

RESUMEN: En este informe se presentan los estudios necesarios para evaluar los riesgos por fenómenos de remoción en masa para el asentamiento menor de Santa Ana (santo Domingo) de la localidad de Sumapaz, en Bogotá D.C., presentando las medidas de mitigación posibles.

PALABRAS CLAVE: Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Fenómenos de Remoción en Masa, Deslizamientos, Caída de Rocas, asentamiento menor de Santa Ana , Localidad de Sumapaz.

TÉRMINOS PARA GLOSARIO E ÍNDICE:

Fenómenos de remoción en masa: Deslizamientos de tierra, Caída de Rocas.

Amenaza: Probabilidad de excedencia de un fenómeno dado.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD:	CONTRATO:	IDIOMA:	NÚMERO DE PÁGINAS:	NÚMERO DE COPIAS:
Clasificado	486 de 2010	Español		

NOTAS Y OBSERVACIONES:

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

CLASE DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	FECHA:
Informe Final	GE-239	23/03/2011

LISTA DE DESTINATARIOS

DESTINATARIO DEL INFORME	IDENTIFICACIÓN
Desarrollo, Planeación E infraestructura Ltda	Interventoría
FOPAE	Contratante

CONTROL DE MODIFICACIONES

ÍNDICE REVISIÓN	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES	APROBADO
A	General	07/03/2011		
B	General	15/03/2011		
C	General	23/03/2011		

GLOSARIO

Amenaza

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso en un periodo de tiempo, en un sitio dado.

Antrópico

Se refieren a todas las actividades mediante las cuales el hombre transforma el medio natural., Obras civiles, Deforestación, Minería, Actividades Agrícolas, Sobrepastoreo, Uso del suelo.

Cuenca

Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones.

Deslizamientos

Son movimientos en masa que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies de falla ó a través de una franja relativamente estrecha del material. Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles o pueden deducirse razonablemente.

Deslizamientos Rotacionales

Tienen lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna, de forma aproximadamente circular y cóncava.

Deslizamientos Traslacionales

En este tipo de deslizamientos la masa de terreno se desplaza hacia fuera y abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada, con pequeños movimientos de rotación.

Escarpe

Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia de área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

Geomorfología

En pocas palabras, la geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre; pues, según las partículas que componen el término, "geo" es tierra, "morfo" es forma y "logía" es tratado o estudio. Por lo tanto, esta ciencia se remite sólo al estudio de la topografía terrestre. En otras circunstancias, en el estudio de los paisajes de otros astros deberá omitirse el término "geo", y se podrá decir, por ejemplo, morfología de la luna, morfología de Marte, etc. En esos casos, se supone, que habrá toda otra serie de factores muy diferentes a los de la tierra que han dado lugar a la fisonomía de los paisajes en dichos astros.

Riesgo

Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una fusión de la amenaza y la vulnerabilidad.

Superficie De Falla

Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

Vulnerabilidad

Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultados de la probable ocurrencia de un suceso desastroso.

Zonas de Actitud

Es la zonificación que se genera a partir de un mapa de pendientes, zonas de saturación y procesos de inestabilidad para definir qué zonas son aptas para desarrollos urbanos

TABLA DE CONTENIDO

GENERALIDADES 23

1.1 Introducción 23

1.2 JUSTIFICACIÓN 25

1.3 OBJETIVOS 25

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO 26

1.5 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LAS CONDICIONES DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO. 27

1.5.1 Descripción de actividades realizadas 27

1.5.2 Descripción del problema y sus posibles causas 29

1.6 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 29

2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 30

2.1 GENERALIDADES 30

2.1.1 Metodología de campo 30

2.1.2 Traslado de coordenadas reales 32

2.2 MÉTODO DE TRABAJO 32

2.2.1 Trabajo de campo 32

2.2.2 Trabajo de oficina 34

3 DESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO PARA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, DE COBERTURA Y USO DEL SUELO 34

4 INVENTARIO DE VIVIENDAS. 35

5 DESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO. 35

5.1 Marco geológico regional 35
5.1.1 Formación Chipaque (Kch) 35
5.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg) 36
5.1.3 Formación Guaduas (Kpgg), ... 36
5.1.4 Lodolitas de Fusagasugá (Pglf) 36
5.2 Programación de exploración del subsuelo 37
5.3 GEOLOGÍA LOCAL 39
5.3.1 MODELO GEOLÓGICO 40
5.3.2 ESTRATIGRAFÍA 40
5.3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 41
5.4 GEOMORFOLOGÍA 41
5.4.1 Drenaje 42
5.4.2 Geoformas 42
5.4.3 Unidades Morfogenéticas 42
5.4.4 Procesos 43
5.5 GEOTECNIA 44
6 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 45
6.1 Métodos Directos 45
6.2 Métodos Indirectos: Refracción Sísmica 50
7 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS 55
7.1 Procedimiento de Ejecución 55
7.2 Análisis Hidrológico e Hidráulico 56

7.2.1 Caracterización Climatológica 56
7.2.2 Precipitaciones de Corta Duración 57
7.3 Caudal máximo por escorrentía en la zona de estudio 62
7.3.1 Obras de drenaje superficial 62
8 Hidrogeología 63
8.1 Descripción de las Unidades Hidrogeológicas 63
8.1.1 Relevamiento de Puntos de Agua 64
8.1.2 Movimiento del Agua 64
9 Amenaza Sísmica 65
9.1 Fuentes Sismogénicas 65
9.1.1 Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas – Uniandes, 1997) 65
9.2 Cualificación de Amenaza Local 66
9.2.1 Fuente Local 66
9.2.2 Fuente Intermedia 66
9.2.3 Fuente Lejana 66
9.3 Respuesta Dinámica del Suelo 66
9.4 Fuente Sismogénica 67
9.4.1 Perfil Típico: 68
9.4.2 Espectro de Diseño 68
10 CLASIFICACIÓN DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO 69
10.1 Matorrales M 69
10.2 Pastos P 71

10.3 Zonas Urbanas Zu 71

11 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO 72

11.1 CONSIDERACIONES GENERALES 73

11.2 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 73

11.2.1 Estudios De Campo 73

11.2.2 Sondeos y apiques 74

11.2.3 Ensayos de laboratorio 74

11.2.4 Investigaciones De Laboratorio 75

11.3 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA 76

11.3.1 Rellenos Antropicos (Qb y Qa) 76

11.3.2 Cuerpos Deslizantes y Flujos de Tierra (Qd y Qft) 76

11.3.3 Roca Alterada de la Formación Bogotá (Tess/Tcl) 77

11.3.4 Roca Moderadamente Meteorizada de la Formación Bogotá (Te) 77

11.4 Descripción de los procesos 78

11.5 Formulación del modelo de estabilidad 78

11.5.1 SITIO 1 79

11.5.2 SITIO 2 80

11.5.3 SITIO 3 83

11.5.4 SITIO 4 85

11.5.5 SITIO 5 86

11.5.6 SITIO 6 87

11.5.7 SITIO 7 88

12 ÍNDICE DE ESTABILIDAD ACTUAL 88
12.1 ÍNDICE DE ESTABILIDAD ACTUAL 91
12.2 ZONAS DE INUNDACIÓN 93
13 EVALUACIÓN DE AMENAZA 94
13.1 Generalidades 94
13.2 Resultado de análisis 95
13.3 Escenario actual 95
13.3.1 Sitio 1 95
13.3.2 Sitio 2 96
13.3.3 Sitio 3 96
13.3.4 Sitio 4 96
13.3.5 Sitio 5 96
13.3.6 Sitio 6 97
13.3.7 Sitio 7 97
13.4 Escenario con obras 98
13.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 99
13.5.1 La Zona de flujos 99
13.5.2 Las zonas de rellenos antrópicos 99
13.5.3 La zona de rocas meteorizadas 99
14 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO 99
14.1 Vulnerabilidad 100
14.1.1 Tipificación de las estructuras 100

14.1.2 Calificación de los daños 101
14.1.3 Tipos de movimientos y solicitaciones 103
14.1.4 Matriz de daño 105
14.2 Índice de vulnerabilidad física (IVF) 105
14.2.1 Mapa de vulnerabilidad 106
14.3 Riesgo 107
14.3.1 Método de análisis 107
14.3.2 Criterios aplicados y resultados obtenidos 111
15 ZONAS DE APTITUD 113
15.1 Zona A 113
15.2 Zona B 113
15.3 Zona C 114
15.4 Zona D 114
16 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 114
16.1 INTRODUCCIÓN 114
16.2 OBJETIVO 114
16.3 METODOLOGÍA 115
16.3.1 El modelo de decisión 115
16.3.2 Análisis de decisiones 116
16.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 117
16.4.1 Alternativa 1. 117
16.4.2 Alternativa 2. 118

17 RECOMENDACIÓN DE OBRAS SOBRE LOS PROCESOS 119

17.1 Recomendación 1. 119

17.2 Recomendación 2 119

17.3 Recomendación 3. 120

18 PROCESO CONSTRUCTIVO, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO. 120

18.1 Proceso constructivo 120

18.2 Cantidades de obra 121

18.3 Presupuesto y Cantidades De Obra 121

18.3.1 Presupuesto 121

19 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO 122

20 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL 123

20.1 Descripción 123

20.2 Objetivos 123

20.3 Personal Social Necesarios Contratista E Interventoría 123

20.4 Estrategias 124

20.4.1 Puntos Crea (Centro de Reunión, Encuentro y Atención) 124

20.4.2 Comités CREA 125

20.4.3 Afiches informativos 125

20.4.4 Volantes de información 126

20.5 SUBPROGRAMAS 126

20.5.1 Subprograma de información 126

20.5.2 Subprograma de divulgación del proyecto 128

20.5.3 Levantamiento de actas de vecindad 128
20.5.4 Convocatorias 129
20.5.5 Información sobre las etapas de la obra 130
20.5.6 Divulgación del plan de manejo de tráfico (PMT) 130
20.5.7 Definición de piezas de comunicación 130
20.5.8 Subprograma de Atención al Ciudadano 131
20.6 Programa de Sostenibilidad 133
20.6.1 Conformación Comité CREA. 133
20.6.2 Talleres de sostenibilidad 133
20.6.3 Programa de capacitación a empleados y subcontratistas. 134
20.6.4 Contratación de personal no calificado 135
20.6.5 Información de los subcontratistas 135
20.6.6 Dotación de implementos de trabajo 136
20.7 DOCUMENTOS A ENTREGAR 136
20.8 COSTO 136
21 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 137
22 LIMITACIONES 142
23 BIBLIOGRAFÍA 143

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del sitio de estudio origen Bogotá 23
Tabla 2 Puntos referenciados en campo 31
Tabla 3. Listado de coordenadas de los puntos de amarre 32

Tabla 4. Relación de equipos y recursos utilizados en el levantamiento topográfico 33

Tabla 5 Exploración de campo 39

Tabla 6 Coordenadas De Los Sondeos, Apiques y Trincheras y Barrenos Manuales 46

Tabla 7 Información Recolectada En La Estación San Juan 56

Tabla 8 Serie Histórica de Precipitación Máxima (mm) Estación San Juan 58

Tabla 9 Precipitación Máxima para Diferentes Periodos de Retorno 59

Tabla 10 Fuente:F.C. Bell 59

Tabla 11 Fuente: D.M. Hershfield y W.T. Wilson 59

Tabla 12 Precipitación – Duración – Tr. 60

Tabla 13 Curvas Intensidad – Duración – Tr. 61

Tabla 14. Caudal máximo por escorrentía en la zona de estudio 62

Tabla 15 Fuentes Sismogénicas para Amenaza Sísmica en Bogotá y su Zona Rural 65

Tabla 16 Factores de Amplificación para Diferentes Tipos de Suelo (Medvedev, 1965) 67

Tabla 17 Aceleraciones Máximas en Superficie y de Diseño 69

Tabla 18 Ensayos de laboratorio realizados. 75

Tabla 19 relación ensayos de laboratorio efectuados 75

Tabla 20 Parámetros Botaderos laterales de la vía (Qb) 76

Tabla 21 Parámetros Cuerpos Deslizantes y Flujos de Tierra (Qd y Qft) 77

Tabla 22 Parámetros Roca Alterada de la Formación Bogotá (Tess/Tcl) 77

Tabla 23 parámetros moderadamente meteorizada 78

Tabla 24. Parámetros de resistencia de los materiales 88

Tabla 25 Índice de estabilidad definidos por el método SINMAP 91

Tabla 26 Parámetros Geotécnicos tomados para el modelo SINMAP 92

Tabla 27. Categorización de Amenaza por FRM. 95

Tabla 28 Resumen factores de seguridad área de estudio 97

Tabla 29 Resumen análisis de muro de concreto 98

Tabla 30 Criterios de resistencia de la estructura 100

Tabla 31 Clasificación de la tipología de vivienda 101

Tabla 32 Clasificación de los daños según el DRM 102

Tabla 33 Tipo de solicitación 103

Tabla 34 Rangos de velocidad utilizadas en el estudio 104

Tabla 35 Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio 105

Tabla 36 Matriz de daño utilizada en el estudio 105

Tabla 37 Criterios de categorización de la vulnerabilidad 106

Tabla 38 Resumen de los resultados de vulnerabilidad 107

Tabla 39 Categorización del riesgo 112

Tabla 40 Análisis de Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento. 112

Tabla 41 Costo aproximado de las alternativas planteadas 121

Tabla 42 Análisis costo / beneficio de las obras de mitigación 121

Tabla 43. Personal social requerido por el contratista 124

Tabla 44 Costo aproximado de las alternativas planteadas 138

Tabla 45 Análisis Costo/Beneficio Alternativas de mitigación 138

Tabla 46 Análisis Costo/Beneficio Alternativas de mitigación 139

Tabla 47 Relación de personal mínimo revisión estudios y diseños 142

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de la zona del polígono de estudio. 24

Ilustración 2 esquema de la geología presente en el área de estudio 37

Ilustración 3 imagen raster generada en SIG del área de estudio 38

Ilustración 4 Línea De Refracción Sísmica LRS-1 51

Ilustración 5 Línea De Refracción Sísmica LRS-2 52

Ilustración 6 Línea De Refracción Sísmica LRS-3 53

Ilustración 7 Línea De Refracción Sísmica LRS-4 54

Ilustración 8 Velocidad de transmisión de ondas sísmicas longitudinales P en distintos materiales 55

Ilustración 9 Perfil 1 costado sur del asentamiento Santa Ana 79

Ilustración 10 Perfil 2 80

Ilustración 11 Perfil 3 83

Ilustración 12 perfil 4 83

Ilustración 13 Perfil 5 sector noroccidental del asentamiento Santa Ana 86

Ilustración 14 Índice de estabilidad actual del Asentamiento Santa Ana de la localidad de Sumapaz 92

Ilustración 15 Índice de zonas de acumulación del Asentamiento Santa Ana de la localidad de Sumapaz 93

Ilustración 16 Esquema de deslizamiento 104

Ilustración 17 Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos 106

Ilustración 18 Conjuntos difusos trapezoidales 109

Ilustración 19 Cálculo del riesgo por conjuntos difusos trapezoidales 111

Ilustración 20 Árbol de decisiones.....116

Ilustración 21 Detalle muro alternativa 1.....117

Ilustración 22 Detalle muro alternativa 2.....118

LISTADO DE GRAFICAS

Gráfica 1 Variación Temporal de la Precipitación Media Mensual (Estación San Juan).....57

Gráfica 2 Curvas Precipitación – Duración – Tr. 60

Gráfica 3 Curvas Intensidad – Duración – Tr. 61

Gráfica 4 Distribución porcentual de la tipologías de las viviendas 101

Gráfica 5 Índice de daño reportado en el asentamiento de Santa Ana 103

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 erosión presentada costado sur del Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo).....27

Fotografía 2 Deslizamiento presentado al costado norte del Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo).....28

Fotografía 3 vertimientos de agua sobre el talud sobro el costado occidental del Asentamiento Menor de Santa Ana (Santo Domingo 28

Fotografía 4 Mojón 1.....31

Fotografía 5 Mojón 2.....31

Fotografía 6 Mojón 3.....31

Fotografía 7 Levantamiento topográfico y vista Mojón 1 33

Fotografía 8 Levantamiento topográfico y vista mojón 2 33

Fotografía 9 Levantamiento topográfico y vista Mojón 3 34

Fotografía 10 Deslizamiento En El Costado Nor-Oriental 44
Fotografía 11 SM-1 47
Fotografía 12 SM-1 47
Fotografía 13 SM-2 47
Fotografía 14 SM-2 47
Fotografía 15 SM-3 47
Fotografía 16 SM-3 47
Fotografía 17 SM-4 48
Fotografía 18 SM-4 48
Fotografía 19 SM-5 48
Fotografía 20 SM-5 48
Fotografía 21 APIQUE 1 48
Fotografía 22 APIQUE 2 48
Fotografía 23 APIQUE 3 49
Fotografía 24 APIQUE 4 49
Fotografía 25 TRINCHERA 1 49
Fotografía 26 TRINCHERA 2 49
Fotografía 27 BARRENO 1 49
Fotografía 28 BARRENO 2 49
Fotografía 29 Vista a la zona con matorrales Densos 70
Fotografía 30 Vista a la zona con matorrales abiertos 70
Fotografía 31 Vista general sobre los pastos presentes en la zona 71

Fotografía 32 Vista general de esta unidad 72

Fotografía 33 Aspecto de la depresión con pequeños indicios de deformaciones debido al movimiento del flujo .. 81

Fotografía 34 Zona de intercalaciones de areniscas en cuya base se presentan las descargas de las aguas subterráneas que constituyen el factor detonante de inestabilidad en la parte inferior, en donde se evidencia el mayor desplazamiento del flujo de tierras. 82

Fotografía 35 Franja del flujo restringido al fondo de la depresión sonde se presentan mayores desplazamientos del flujo de tierras 84

Fotografía 36 Ramificaciones de la zona del flujo principal. 85

Fotografía 37 Aspecto del escarpe generado hacia la base de un flujo local cuyo cuerpo deslizante es pequeño y aislado que no constituye una amenaza inminente para el casco urbano. 85

Fotografía 38 Se ilustra hacia la parte superior la descarga de una obra de drenaje de la vía que contribuye con el humedecimiento del área y en la parte media la zona inestable. 87

ANEXOS

Anexo I TOPOGRAFÍA
- Anexo I-A Certificación del IGAC
- Anexo I-B Calibración del equipo
- Anexo I-C Listado de coordenadas
- Anexo I-D Amarre de coordenadas
- Anexo I-E Poligonal Santa Ana
- Anexo I-F Datos crudos
- Anexo I-G Fichas Posicionamiento GPS

Anexo II INVENTARIO DE VIVIENDAS PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD
- Anexo II A Formato de Vulnerabilidad
- Anexo II B Inventario de Viviendas

Anexo III INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO
- Anexo III-A Registros De Campo
- Anexo III-B Ensayos de Laboratorio
  - Anexo III B-1 Ensayos en roca
  - Anexo III B-1 Ensayos en suelo

Anexo IV ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
- Anexo IV-A ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL

Anexo IV-B ANÁLISIS DE ESTABILIDAD OBRAS

Anexo V ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO
Anexo VI PRESUPUESTOS
Anexo VI-A Presupuesto y análisis de precios unitarios
Anexo VI-A-1 Presupuesto y análisis de precios unitarios alternativa 1
Anexo VI-A-2 Presupuesto y análisis de precios unitarios alternativa 2
Anexo VI-B Análisis Costo beneficio de las obras
Anexo VII DISEÑO DE ESTRUCTURAS
Anexo VII-A Diseño de Muro de concreto de 4.2 m
Anexo VII-B Diseño de Muro de concreto de 3.2 m
Anexo VII-C Diseño cunetas
Anexo VIII ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN
Anexo IX PLANOS

LISTADO DE PLANOS

GE-239-PL-01 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO
GE-239-PL-02 GEOLOGÍA LOCAL
GE-239-PL-02A PERFILES GEOLÓGICOS
GE-239-PL-03 GEOMORFOLOGÍA LOCAL
GE-239-PL-04 USO Y COBERTURA DEL SUELO
GE-239-PL-05 PENDIENTES
GE-239-PL-06 ÍNDICE ESTABILIDAD
GE-239-PL-07 SATURACIÓN DEL SUELO POR AGUA
GE-239-PL-08 CUENCAS TOPOGRÁFICAS
GE-239-PL-09 ZONAS HOMOGÉNEAS
GE-239-PL-10A AMENAZA CONDICIÓN ACTUAL
GE-239-PL-10B AMENAZA CONDICIÓN EXTREMA 50 AÑOS
GE-239-PL-11 VULNERABILIDAD
GE-239-PL-12 RIESGO
GE-239-PL-13-ZONAS ACTITUD
GE-239-PL-14 LOCALIZACIÓN DE OBRAS
GE-239-PL-14 A PERFILES DE CUNETAS Y DESCOLES
GE-239-PL-14 B PERFILES DE CUNETAS Y DESCOLES
GE-239-PL-14 C PERFILES DE CUNETAS Y DESCOLES
GE-239-PL-14 D PERFILES DE CUNETAS Y DESCOLES
GE-239-PL-14 E ESTRUCTURAL OBRAS DE MITIGACIÓN

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.

1.6 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Las fuentes de información secundaria recopiladas para el desarrollo del objeto del estudio se presentan a continuación:

- ✓ Diagnostico Técnico DI-2860. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias. Julio de 2007.
- ✓ Diagnostico Técnico DI-4183. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias. Julio de 2009.
- ✓ Informe tecnico visita de emergencia realizada al municipio de cabrera Cundinamarca. INGEOMINAS. Agosto de 2001.
- ✓ Atlas Geológico de Colombia escala 1: 500.000. INGEOMINAS.
- ✓ Estudio de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa y Evaluación de Alternativas de Mitigación para el Centro Poblado de San Juan de Sumapaz, de la Localidad de Sumapaz, en Bogotá D.C. realizado por GIA CONSULTORES LTDA, de Julio de 2010.

.

2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.1 GENERALIDADES

Se presenta en este informe una descripción del trabajo de campo y oficina que se desarrolló para la elaboración de los planos topográficos del área de estudio localizado en el asentamiento menor de Santa Ana (Santo Domingo) de la localidad de Sumapaz, en Bogotá D.C.

Alcance específico del trabajo topográfico

Llevar a cabo el levantamiento topográfico (planimétrico y altimétrico), con coordenadas reales y demarcación de dos (2) vértices, siguiendo los parámetros básicos que se mencionan a continuación:

- ✓ Amarre de coordenadas al sistema IGAC de la estación CAPITOLIO (Ver Anexo I-D).
- ✓ Información topográfica tomada para cada punto, levantado en las 3 dimensiones: X (Este), Y (Norte), Z (Cota).
- ✓ Levantamiento topográfico detallado del sitio con: postes, hidrantes, válvulas, cajas, pozos, vías, paramentos, cercas, y demás detalles.
- ✓ Generación de curvas de nivel cada 0.5 m

2.1.1 Metodología de campo

El traslado de coordenadas se realizo por medio del sistema de posicionamiento global GPS, teniendo como punto certificado por el IGAC el CAPITOLIO CD-883, perteneciente a la red Magna Syrgas y cuyos datos se anexan como copia en el Anexo I-A.

Se materializaron en terreno tres placas marcadas en bajo relieve, para lo cual se incluye su descripción y coordenadas definitivas. Con base en lo anterior se realizo una poligonal interna para radiar desde cada vértice cada uno de los puntos a levantar con ayuda de una estación total marca TOPCON GTS-211D, (Ver Anexo I-B, certificados de calibración).

El día 30 de octubre 2010 se desplazo la comisión topográfica al sitio de estudio, se realizo el traslado de coordenadas y demarcación de los dos (2) vértices a referenciar, como se aprecia en la

Tabla 2, se observa en la Fotografía 4 y la Fotografía 5, además se definieron los puntos auxiliares para la radiación de los detalles e inventario de redes.

Tabla 2 Puntos referenciados en campo

	COORDENADAS			
MOJÓN	NORTE	ESTE	COTA	SISTEMA
MJ-1	934.406,529	970.528.835	3213,840	CARTESIANAS GAUSS
MJ-2	934.311,685	970.450,4473	3215,310	
MJ -3	934.346,994	970.436,0981	3209.792	



Fotografía 4 Mojón 1



Fotografía 5 Mojón 2



Fotografía 6 Mojón 3

2.1.2 Traslado de coordenadas reales

Se verifico el vértice Geodésico de Primer Orden, que sirvió de apoyo para el traslado de coordenadas geográficas del proyecto, por medio del sistema de posicionamiento global GPS y es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (I.G.A.C.). La Entidad oficial que expide el Certificado de las coordenadas geodésicas, Planas Cartesianas y Altitud de los vértices solicitados, para nuestro caso es el CAPITOLIO CD-883 (Ver Anexo I-A), cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 3 .

Tabla 3. Listado de coordenadas de los puntos de amarre

MOJÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD ELIPSOIDAL
CAPITOLIO CD-883	04° 01' 08.83473"	74°19'42.41060"	3502.153 m

Este punto pertenece a la Nueva Red Geodésica del Distrito Capital (RGDC – 2003), ligados al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA), que a su vez es una densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS). Este sistema esta acoplado al Elipsoide GRS 80 o WGS 84.

2.2 MÉTODO DE TRABAJO

2.2.1 Trabajo de campo

2.2.1.1 Altimetría y planimetría

Con base en el punto CAPITOLIO CD-883 se hizo una cesión de GPS, desde este punto hasta dos vértices de la poligonal interna los cuales fueron materializados con placa marcada en bajo relieve, con las siglas del FOPAE., numero de contrato (486 / 2010), las siglas del contratista y su respectiva identificación, adicionalmente se realizo la materialización del mojón 3 directamente desde el Mojón 1.

El equipo y los recursos utilizados por la comisión para realizar el levantamiento topográfico, son los que se relacionan en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación de equipos y recursos utilizados en el levantamiento topográfico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
TOPCON GTS-211D	1
GPS GNSS	2
Topógrafo	1
Cadenero primero	1
Cadenero segundo	2
Radios de onda corta	4
Vehículo	1
Otros elementos	2

Con la poligonal básica nivelada, ajustada y verificada, se procedió a tomar los detalles mediante radiación con estación total (Ver Fotografía 7, Fotografía 8 y Fotografía 9), de tal manera que se pudo determinar la silueta de las vías, levantando con exactitud los sardineles de confinamiento, los accesos a garajes, los paramentos, los antejardines, sardineles de separadores, y todos aquellos otros detalles que se necesitaron para la obtención de una silueta general y detallada del área levantada, como se presenta Anexo I-E y Anexo I-F.



Fotografía 7 Levantamiento topográfico y vista Mojón 1



Fotografía 8 Levantamiento topográfico y vista mojón 2



Fotografía 9 Levantamiento topográfico y vista Mojón 3

2.2.2 Trabajo de oficina

Una vez tomada la información en campo se procede a bajar los datos del colector al computador, esta labor se realizo diariamente y se dibujo inmediatamente, para el interface se utilizo el software PROLONK V 1.5 y para el dibujo AUTOCAD V.2007, en el Anexo I-C se presenta el Listado de coordenadas que se levantaron en campo como resultado de este levantamiento se obtuvo el Plano topográfico GE-239-PL-01, en el Anexo I-F, se presenta los datos crudos de la estación y en el Anexo I-G, se presenta las fichas del posicionamiento de los dos mojones.

3 DESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO PARA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, DE COBERTURA Y USO DEL SUELO

En el desarrollo de las actividades de geología se realizó con el Geólogo Rodolfo franco Latorre, comenzando el día mates 16 de noviembre de 2010 la fase de reconocimiento de campo, la cual se termino el día 18 de noviembre de 2010, donde se caracterizó la geología local teniendo en cuenta aspectos de génesis, litología, estratigrafía y geología estructural, unidades de superficie, perfiles de meteorización y procesos de erosión presentes en el área de estudio.

El levantamiento geológico, geomorfológico y cobertura y usos del suelo de detalle se realizó a escala 1:250 para representarse finalmente a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0.50m, de acuerdo al reconocimiento de campo, el levantamiento de columnas estratigráficas y el levantamiento de datos estructurales (rumbos y buzamientos de las capas y estructuras presentes, así como la identificación

de apertura, rugosidad y relleno de las discontinuidades) como un registro fotográfico, en número suficiente para tener la información representativa que se requiere en los análisis de estabilidad.

La evaluación de estos aspectos estuvo orientada principalmente hacia la obtención de un modelo geológico y estratigráfico que permitiera la optimización de la exploración geotécnica e interpretación de las condiciones regionales y locales de estabilidad. A su vez la información obtenida durante la exploración geotécnica se consideró para mejorar el modelo geológico inicial.

4 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.

5 DESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.

5.1 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.

5.1.1 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.

5.1.2 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

5.1.3 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

5.1.4 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.

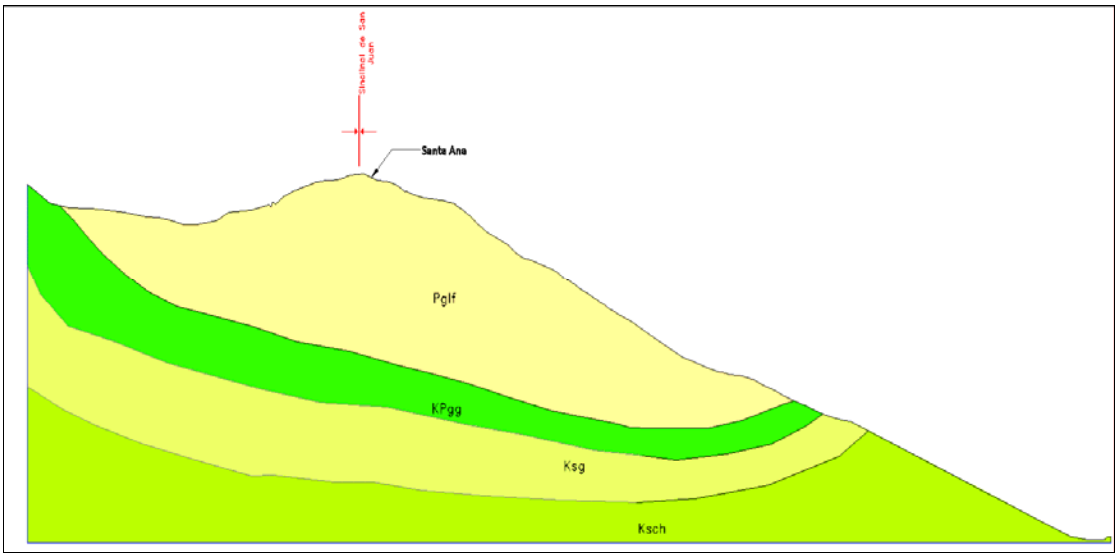


Ilustración 2 esquema de la geología presente en el área de estudio

5.2 Programación de exploración del subsuelo

De acuerdo con lo anterior y a la Ilustración 3, donde se presenta una imagen raster de la elevación de curvas de nivel en 3D del área de estudio con el fin de identificar las zonas de acumulación de material donde se determino la localización de la exploración del subsuelo, características y propiedades geomecánicas de los diferentes estratos que componen el subsuelo del área de estudio, y en base al Estudio de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa y Evaluación de Alternativas de Mitigación para el Centro Poblado de San Juan de Sumapaz de la Localidad de Sumapaz en Bogotá D.C., realizado por GIA CONSULTORES LTDA, de Julio de 2010; el cual es el único estudio cercano al sitio de interés y que se encuentra ubicado sobre la cuchilla de loma alta de la cual pertenece también el caserío de Santa Ana (Santo Domingo), donde se distinguieron unidades superficiales tales como Rellenos Antrópicos Mixtos con un espesor promedio de 2 m; Depósitos Coluviales con un espesor promedio de 2 m; Suelos Residuales de las Limolitas de la

Formación Fusagasuga con espesor variable de 5 m a 7 m; Suelos Residuales de las Lodolitas de la Formación Fusagasuga con espesor variable de 5 m a 11 m, por tal razón se definió que la profundidad que se debió alcanzar para la caracterización del subsuelo acertada estubiera entre 8 a 12 metros de profundidad.

En base a lo anterior se adelantó una serie de actividades de exploración del subsuelo sobre el costados oriental y occidental del asentamiento Santa Ana (Santo Domingo), consistentes en 5 perforaciones mecánicas a profundidad anteriormente mencionadas, 3 líneas de refracción sísmica de 80 metros y 1 línea de refracción sísmica de 160 m de tal manera que permitan complementar y confirmar las propiedades y disposición espacial de los materiales involucrados, las cuales estuvieron acompañadas de sondeos de calibración que permitieron extender con propiedad los resultados de las interpretaciones realizadas, 4 apiques a profundidades hasta 2 metros, 2 trincheras de entre 5 a 10 metros y dos barrenos manuales con profundidades entre 5.8 y 6.6 metros . De forma complementaria se realizaron ensayos de campo para determinar parámetros mecánicos de los materiales. En suelos granulares se realizó ensayos de penetración estándar (SPT) para estimación indirecta de parámetros efectivos de Resistencia al Corte, sin embargo, no se estimó para el caso de suelos finos. Los trabajos de exploración del subsuelo comenzaron el día martes 9 de noviembre y culminaron el 30 de noviembre de 2010, debido a problemas mecánicos con la maquina, el equipo empleado para realizar la exploración geotécnica fue una maquina Petty, esta contó con un Operador y dos ayudantes debidamente capacitados y con la experiencia suficiente para la realización de los trabajos. La localización de la exploración geotécnica se presenta en el plano GE-239-PL-01 .

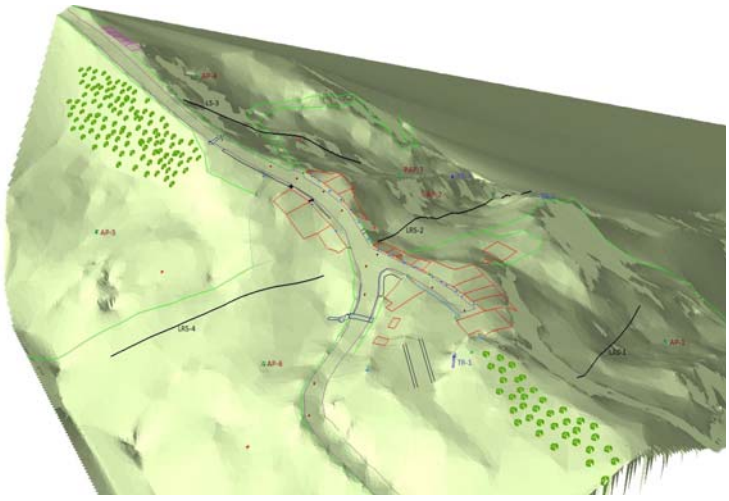


Ilustración 3 imagen raster generada en SIG del área de estudio

Todas las perforaciones mecánicas alcanzaron por lo menos dos (2) metros dentro de roca firme, sin limitarse a ello, cuando los mecanismos de falla consecuentes con el modelo geológico-geotécnico inferido para la definición del plan de exploración del subsuelo, permitieron definir la ubicación más probable de superficies o zonas de falla. Las exploraciones realizadas en estas zonas tuvieron como mínimo dos metros por debajo de dichos rasgos.

En todos los casos se tomaron muestras representativas de los materiales, procurando contar con un abundante número de muestras inalteradas. Se llevó un registro detallado de la exploración, identificando el tipo de exploración, localización, tipo y profundidad de las muestras obtenidas, descripción visual de las muestras, cambios estratigráficos observados, condiciones del nivel de agua del subsuelo y demás parámetros que fueron de interés para la caracterización geotécnica. Para cada exploración se registró fotográficamente la columna estratigráfica y definio esquemáticamente dentro del informe de campo y demás pertinentes.

Se efectuaron las consultas e investigaciones de campo necesarias a fin de no producir daño alguno durante la exploración a las redes de servicios existentes en el área.

Además de las citadas pruebas, se realizaron otros ensayos de campo que se estimaron convenientes para complementar la caracterización que se hizo en laboratorio, pero en todos los casos, estos ensayos estuvieron normalizados y debidamente documentados en la literatura técnica. En la Tabla 5, se resume las cantidades de exploración del subsuelo realizadas tal como se presenta en el plano GE-239-PL-01.

Tabla 5 Exploración de campo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD ejecutada
1	Perforación mecánica en suelo (residual y/o relleno)	Metro	40	23.1
2	Perforación mecánica en roca (arcillolita, arenisca, fluvioglacial o coluvion)	Metro	22	34.3
3	Apiques (1.0x1.0m de sección). de hasta 2 metros de profundidad. Con o sin entibar	Unidad	6	4
4	Trincheras	Unidad	3	2
5	Líneas de Refracción sísmica	Unidad	4	4

5.3 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.

5.3.1 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.

5.3.2 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.

5.3.2.1 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.

5.3.2.2 Depósitos Cuaternarios

5.3.2.2.1 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.

5.3.2.2.2 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.

5.3.2.2.3 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.

5.3.2.2.4 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.

5.3.3 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.

5.4 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.

5.4.1 Drenaje

5.4.1.1 Integración

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

5.4.1.2 Adaptación

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

5.4.1.3 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.

5.4.1.4 Patrón

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

5.4.2 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.

5.4.3 Unidades Morfogenéticas

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

5.4.3.1 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.

5.4.3.2 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.

5.4.3.3 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.

5.4.4 Procesos

5.4.4.1 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.

5.4.4.2 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 10.



Fotografía 10 Deslizamiento En El Costado Nor-Oriental

5.5 GEOTECNIA

Con base en el modelo geológico anteriormente descrito se ejecutaron 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.

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

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

Desde el punto de vista geotécnico las zonas de mayor concentración inestabilidad se encuentran en las depresiones y se prevé que estas áreas presentan una amenaza alta que obviamente debe ser tenida en cuenta para evitar la ubicación de obras de ingeniería tales como acueductos, vías y en general líneas vitales que se puedan emplazar en estas laderas.

Para mitigar los efectos de inestabilidad en las laderas donde están presentes los flujos de tierra se recomienda la ejecución de drenajes sub superficiales y profundos en el caso de que se requiera la ubicación de algún tipo de obra, para evitar el deterioro de esta. Así mismo, se ejecutaron análisis de estabilidad si se programan movimientos de tierra que puedan dejar sin soporte este tipo de terrenos.

6 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

6.1 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 6 se citan las coordenadas y profundidades de los sondeos, los apiques y las trincheras ejecutados.

Tabla 6 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

A continuación se presenta un registro fotográfico de la exploración del subsuelo de la Fotografía 11 a la Fotografía 28.



Fotografía 11 SM-1



Fotografía 12 SM-1



Fotografía 13 SM-2



Fotografía 14 SM-2



Fotografía 15 SM-3



Fotografía 16 SM-3



Fotografía 17 SM-4



Fotografía 18 SM-4



Fotografía 19 SM-5



Fotografía 20 SM-5



Fotografía 21 APIQUE 1



Fotografía 22 APIQUE 2



Fotografía 23 APIQUE 3



Fotografía 24 APIQUE 4



Fotografía 25 TRINCHERA 1



Fotografía 26 TRINCHERA 2



Fotografía 27 BARRENO 1



Fotografía 28 BARRENO 2

6.2 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.

En la Ilustración 4 a la Ilustración 7, se presentan los resultados obtenidos de las Líneas de Refracción Sísmica 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

AM INGENIEROS NIT. 830.063.920-4

PROCESO EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Título: Perfil de Velocidades

Emisión del formato: Octubre 18 de 2006

Código: EPY ES R 07

HOJA 1 DE 1

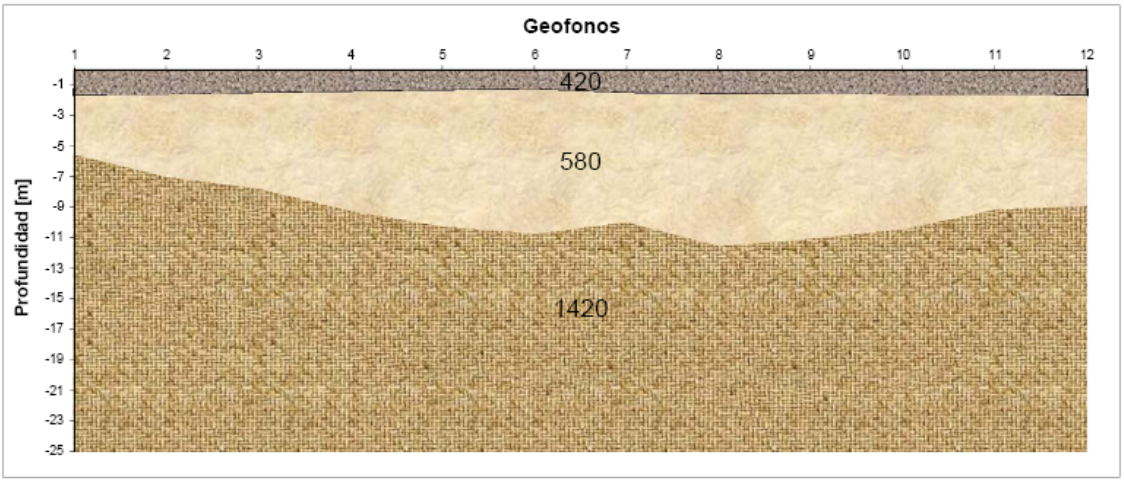
PERFIL DE VELOCIDADES

Proyecto:	ESTABILIDAD CACERIA SANTANA	Fecha Ensayo:	08/12/2010	LS No: 1
Cliente:	GEOCING LTDA	Longitud:	77 m	
Ubicación:	SUMAPAZ	Separación:	7 m	

VELOCIDAD DE ONDA DE COMPRESION (V_P)

TIEMPO TOTAL: 95,75
PROF DISPARO: 0

GEOFONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V1_P$ (m/s)	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
$V2_P$ (m/s)	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
$V3_P$ (m/s)	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420
V1s (m/s)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
V2s (m/s)	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
V3s (m/s)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
TD1	20	28	36	46	53	60	64	72	78	83	89	96
TD2	96	93	87	81	77	72	66	63	55	48	38	31
Ti1	8	8	7	7	6	6	7	8	8	8	8	8
DELTOT	10,13	12,39	13,50	15,74	17,25	18,00	17,00	19,50	18,75	17,75	15,75	15,38
DELT1	4,00	3,85	3,60	3,40	3,20	3,00	3,65	3,75	3,80	3,85	3,90	4,00
DELT2	6,13	8,54	9,90	12,34	14,05	15,00	13,35	15,75	14,95	13,90	11,85	11,38
PROF 1	1,68	1,62	1,51	1,43	1,34	1,26	1,53	1,58	1,60	1,62	1,64	1,68
PROF 2	3,89	5,42	6,29	7,84	8,93	9,53	8,48	10,01	9,50	8,83	7,53	7,23
PROF TOTAL	5,57	7,04	7,80	9,27	10,27	10,79	10,02	11,58	11,10	10,45	9,17	8,91



EL PRESENTE ENSAYO NO PODRA REPRODUCIRSE NI PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA APROBACION POR PARTE DE AM INGENIEROS S.A.

Ilustración 4 Línea De Refracción Sísmica LRS-1

AM INGENIEROS NIT. 830.063.825-4

PROCESO EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Título: Perfil de Velocidades

Emisión del formato: Octubre 18 de 2006

Código: EPY ES R 07

HOJA 1 DE 1

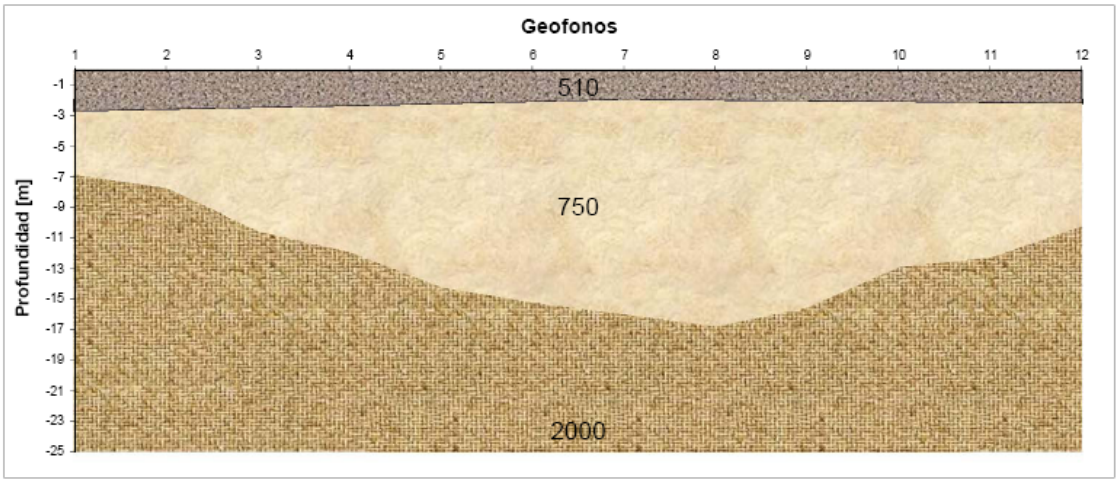
PERFIL DE VELOCIDADES

Proyecto:	ESTABILIDAD CACERIA SANTANA	Fecha Ensayo:	08/12/2010	LS No: 2
Cliente:	GEOCING LTDA	Longitud:	77 m	
Ubicación:	SUMAPAZ	Separación:	7 m	

VELOCIDAD DE ONDA DE COMPRESION (V_P)

TIEMPO TOTAL: 80,05
PROF DISPARO: 0

GEOFONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V1_P$ (m/s)	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510
$V2_P$ (m/s)	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
$V3_P$ (m/s)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
V1s (m/s)	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
V2s (m/s)	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
V3s (m/s)	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790
TD1	20	25	33	40	47	53	58	64	66	68	74	79
TD2	81	78	77	73	72	68	65	61	56	47	40	30
Ti1	11	11	10	10	9	9	8	8	8	9	9	9
DELTOT	10,63	11,63	14,98	16,63	19,38	20,53	21,38	22,38	20,88	17,63	16,88	14,38
DELT1	5,50	5,25	5,00	4,80	4,55	4,30	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50
DELT2	5,13	6,38	9,98	11,83	14,83	16,23	17,38	18,28	16,68	13,33	12,48	9,88
PROF 1	2,81	2,68	2,55	2,45	2,32	2,19	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,30
PROF 2	4,15	5,16	8,07	9,57	11,99	13,13	14,06	14,79	13,49	10,78	10,09	7,99
PROF TOTAL	6,95	7,84	10,62	12,01	14,31	15,32	16,10	16,88	15,63	12,97	12,34	10,28



EL PRESENTE ENSAYO NO PODRA REPRODUCIRSE NI PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA APROBACION POR PARTE DE AM INGENIEROS S.A.

Ilustración 5 Línea De Refracción Sísmica LRS-2

	PROCESO EJECUCIÓN DE PROYECTOS	Código:
AM INGENIEROS	Título: Perfil de Velocidades	EPY ES R 07
	Emisión del formato: Octubre 18 de 2006	HOJA 1 DE 1

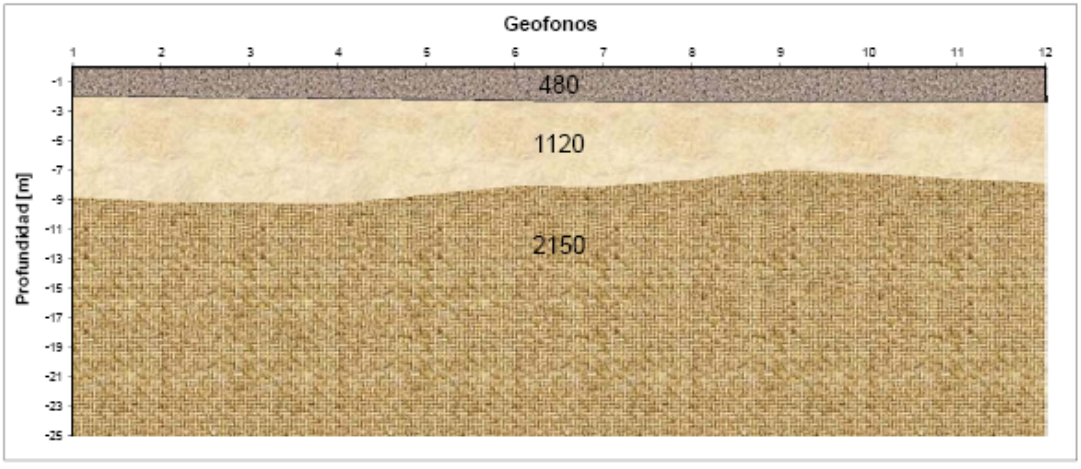
PERFIL DE VELOCIDADES

Proyecto:	ESTABILIDAD SANTANA	Fecha Ensayo:	08/12/2010	LS No: 3
Cliente:	GEOCING LTDA	Longitud:	77 m	
Ubicación:	SUMAPAZ	Separación:	7 m	

VELOCIDAD DE ONDA DE COMPRESION (V_P)

TIEMPO TOTAL:	54,15
PROF DISPARO:	0

GEOFONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V1_P$ (m/s)	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
$V2_P$ (m/s)	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
$V3_P$ (m/s)	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150
V1s (m/s)	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
V2s (m/s)	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
V3s (m/s)	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880
TD1	13	16	19	22	25	27	31	34	37	42	45	49
TD2	60	58	55	52	49	46	42	38	34	30	27	24
TI1	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10
DELTOT	9,33	9,68	9,83	9,98	9,58	9,18	9,33	8,98	8,48	8,68	8,93	9,18
DELT1	4,15	4,30	4,45	4,60	4,70	4,80	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
DELT2	5,18	5,38	5,38	5,38	4,88	4,38	4,33	3,98	3,48	3,68	3,93	4,18
PROF 1	1,99	2,06	2,14	2,21	2,26	2,30	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
PROF 2	6,79	7,05	7,05	7,05	6,40	5,74	5,67	5,22	4,56	4,82	5,15	5,48
PROF TOTAI	8,78	9,12	9,19	9,26	8,65	8,04	8,07	7,62	6,96	7,22	7,55	7,88



EL PRESENTE ENSAYO NO PODRA REPRODUCIRSE NI PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA APROBACION POR PARTE DE AM INGENIEROS S.A.

Ilustración 6 Línea De Refracción Sísmica LRS-3

AM INGENIEROS NIT. 830.063.923-4

PROCESO EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Título: Perfil de Velocidades

Emisión del formato: Octubre 18 de 2006

Código: EPY ES R 07

HOJA 1 DE 1

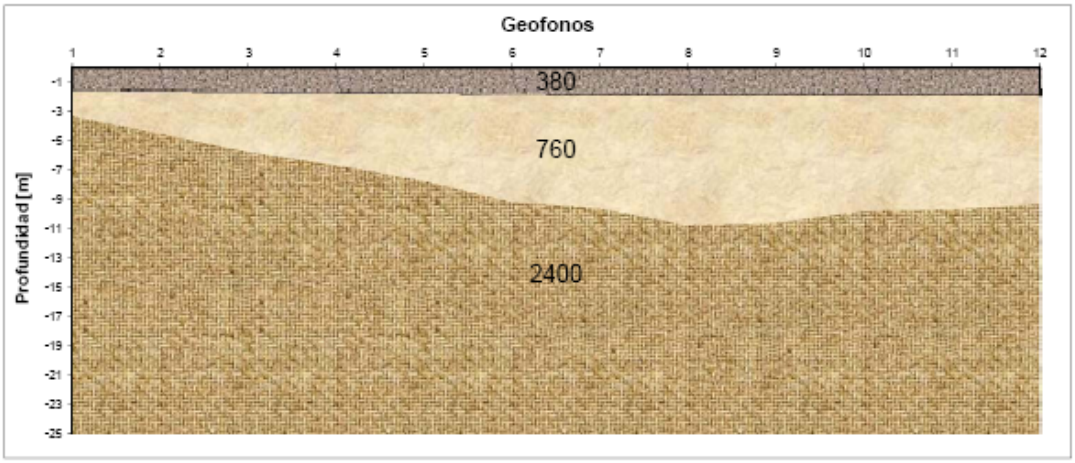
PERFIL DE VELOCIDADES

Proyecto:	ESTABILIDAD CACERIA SANTANA	Fecha Ensayo:	08/12/2010	LS No: 4
Cliente:	CEOGING LTDA	Longitud:	77 m	
Ubicación:	SUMAPAZ	Separación:	7 m	

VELOCIDAD DE ONDA DE COMPRESION (V_p)

TIEMPO TOTAL:	62,375
PROF DISPARO:	0

GEOFONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V1_p$ (m/s)	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
$V2_p$ (m/s)	760	760	760	760	760	760	760	760	760	760	760	760
$V3_p$ (m/s)	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
V1s (m/s)	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
V2s (m/s)	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
V3s (m/s)	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
TD1	17	22	27	32	37	42	46	51	53	58	62	67
TD2	58	57	55	52	50	49	46	44	41	35	30	24
TI1	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10
DELTOT	6,31	7,86	9,51	10,69	12,06	13,94	14,61	15,99	15,81	14,81	14,69	14,19
DELT1	4,15	4,30	4,45	4,60	4,70	4,80	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
DELT2	2,16	3,56	5,06	6,09	7,36	9,14	9,61	10,99	10,81	9,81	9,69	9,19
PROF 1	1,58	1,63	1,69	1,75	1,79	1,82	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
PROF 2	1,73	2,85	4,06	4,88	5,90	7,32	7,70	8,80	8,66	7,86	7,76	7,36
PROF TOTAI	3,31	4,49	5,75	6,63	7,69	9,15	9,60	10,70	10,56	9,76	9,66	9,26



EL PRESENTE ENSAYO NO PODRA REPRODUCIRSE NI PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA APROBACION POR PARTE DE AM INGENIEROS S.A.

Ilustración 7 Línea De Refracción Sísmica LRS-4

Con base a los resultados de las líneas de refracción sísmica presentados anteriormente y con la Ilustración 8, se puede determinar que los materiales encontrados pertenecientes a las velocidades de ondas reportadas entre 380 m/s a 510 m/s corresponden a suelos, los valores de ondas correspondientes entre 580 m/s a 1120 m/s corresponde a suelos con intercalaciones de arcillolita con una profundidad promedio de 6.80 m; para las velocidades de onda entre 1450 m/s y 2400 m/s se encuentra un material del tipo de arcillas cambiando a intercalaciones de areniscas.

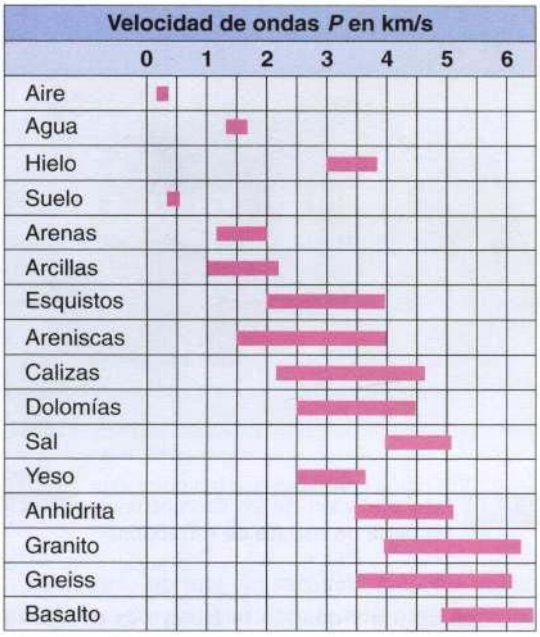


Ilustración 8 Velocidad de transmisión de ondas sísmicas longitudinales P en distintos materiales

7 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

7.1 Procedimiento de Ejecución

A fe de conocer el patrón de respuesta de la precipitación en la porción de la vertiente y de aportar elementos de juicio a la investigación de relación predictiva lluvia-deslizamiento, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Consulta de la plancha topográfica 265-IV-A del IGAC (1967).

• Consulta en el IDEAM de la información hidrológica de la microcuenca. Información recolectada en la estación pluviométrica San Juan, cuyas características se relacionan a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7 Información Recolectada En La Estación San Juan

Estación	Coordenadas Este	Norte	Categoría	Elevación	Código
San Juan	973693.4	937365.1	PM	3524.4	2119027

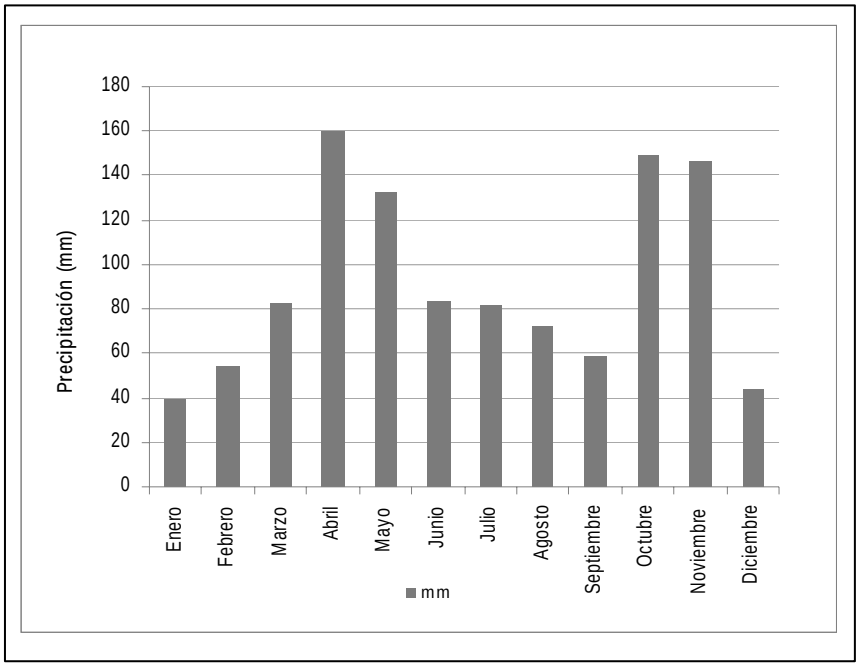
7.2 Análisis Hidrológico e Hidráulico

En el instituto Geográfico se obtuvo la plancha 265-IV-A a escala 1:25000, que cubre las laderas vertientes receptoras del centro poblado; sobre la plancha se delimitaron las microcuencas, de las corrientes principales. La información cartográfica se complementó con visitas de campo efectuadas el 8 de enero de 2011 realizada por Alejandro Bonilla ingeniero de apoyo de la parte de hidráulica e Hidrología y el levantamiento topográfico.

7.2.1 Caracterización Climatológica

La caracterización climatológica, está soportada en los registros de las estaciones dispuestas próximas a San Juan de Sumapaz y con la información secundaria disponible; sin embargo, pocos son los réditos: los documentos técnicos brillan por su ausencia, la precipitación es el único parámetro climatológico monitoreado y la estación San Juan (código 2119027; Lat. 04º01'; Long. 74º18') es la fuente exclusiva.

San Juan recibe una descarga media anual tipo bimodal de 1102.8 mm, distribuida en dos periodos de lluvias mínimas (veranos) una entre diciembre y febrero, y el otro desde julio hasta septiembre, y dos periodos de lluvias máximas; el primero desencadenado entre marzo y junio, y el segundo a lo largo de los meses de octubre y noviembre como se presenta en la Gráfica 1.



Gráfica 1 Variación Temporal de la Precipitación Media Mensual (Estación San Juan)

El verano más intenso concuerda con el primer trimestre seco del año; en él, la precipitación mínima tiene lugar durante el mes de enero con 39.5 mm en promedio, equivalente al 3.6% de la precipitación media anual, y la lluvia acumulada en el período (diciembre, enero y febrero) es apenas del 12.5% del total medio anual.

El segundo periodo "seco" (apodado así aunque la lluvia hace presencia) recoge el 19.2% de la precipitación media anual, el 5.3%, es decir 58.5 mm sólo en septiembre.

Las mayores lluvias caen entre marzo y junio, lapso de tiempo en el que el acumulado toca el 41.6% de la media anual, y el máximo se alcanza en abril con un promedio mensual de 160.1 mm (cantidad cercana al 14.57% de la media anual). El segundo periodo invernal recoge el 26.7% del acumulado medio anual, y más de la mitad: 148.7 mm se precipita en octubre.

7.2.2 Precipitaciones de Corta Duración

El primer paso para la construcción de las curvas IDF, implica la configuración de la serie anual de precipitación máxima, tarea adelantada gracias a los registros máximos mensuales, y compilada en la Tabla 8.

Tabla 8 Serie Histórica de Precipitación Máxima (mm) Estación San Juan

Orden	Pmax(mm)
1	52
2	80
3	17.3
4	65
5	32.5
6	42.6
7	35
8	31.2
9	23.2
10	31
11	47
12	28.2

El análisis estadístico de la serie, se lleva a cabo al ajustar los registros a una función de distribución de probabilidad, en este caso la Gumbel Tipo I, que puede expresarse como:

$$P\max = 40.42 - \frac{18.09}{0.9833}\left\{0.5035 + \ln\left(\ln\left(\frac{Tr}{Tr-1}\right)\right)\right\}$$

en la que:

Pmax.- es la precipitación máxima en 24 horas en mm.

Tr.- es el período de retorno en años.

Definida la función de probabilidad se deducen las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, espectro compilado en la Tabla 9. Conocidas estas últimas, se elaboran las curvas de Precipitación–Duración–Período de Retorno, labor que se soporta en los hallazgos de investigadores como: B.M. Reich, D.M. Hershfield, L.L. Weiss y W.T. Wilson[1], que proponen que las relaciones

[1] A.C. Goswami. "Short Duration Rainfall Depth-Duration-Frequency Map of India". Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology. Fort Collins, Colorado, USA 1972.

duración–lluvia obtenidas en Estados Unidos y otros países, pueden ser aplicadas en otras regiones del mundo, con localizaciones y climas variados.

Tabla 9 Precipitación Máxima para Diferentes Periodos de Retorno

Tr (años)	P máx. (mm/24 Horas)
2.33	41.8
5	58.7
10	72.6
15	80.3
20	85.8
25	90.0
50	102.9
100	115.8

En este sentido el Departamento Meteorológico de los Estados Unidos (U.S. Weather Bureau) y otros autores, han concluido que: “La lluvia de t minutos de duración tiene un cociente o relación estable con la lluvia de una hora y mismo período de retorno”. Al respecto, F.C. Bell reporta algunas relaciones para duraciones cortas, indicando que tales cocientes son independientes del período de retorno Tabla 10, y D.M. Hershfield y W.T. Wilson sugiere relaciones entre la lluvia de 1 hora y la de 24 horas, para una amplia variedad de climas del mundo Tabla 11.

Duraciones, en Minutos						
5	10	15	30	45	60	120
0.30	0.45	0.57	0.79	0.91	1.00	1.25

Tabla 10 Fuente:F.C. Bell

Número medio de días con lluvia al año.	1	8	16	24
Relación entre la lluvia de 1 hora y 24 horas.	0.20	0.30	0.40	0.50

Tabla 11 Fuente: D.M. Hershfield y W.T. Wilson

Al concatenar el marco teórico expuesto se obtienen las curvas Precipitación–Duración–Periodo de Retorno e Intensidad–Duración–Periodo de Retorno; unas y otras sintetizadas en la Tabla 12, en la Tabla 13, Gráfica 2 y en la Gráfica 3. Instrumentos indispensables para el cálculo de los caudales máximos.

Tabla 12 Precipitación – Duración – Tr.

Duración (mín) / Tr (años)	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	5.3	9.7	12.3	16.8	19.4	21.2	25.7	41.6
5	7.4	13.7	17.3	23.6	27.2	29.8	36.1	58.4
10	9.2	16.9	21.4	29.1	33.6	36.8	44.5	72.2
15	10.2	18.7	23.7	32.2	37.2	40.8	49.3	79.9
20	10.9	20.0	25.3	34.4	39.8	43.5	52.7	85.4
25	11.4	20.9	26.5	36.1	41.7	45.7	55.2	89.5
50	13.0	24.0	30.4	41.3	47.7	52.2	63.2	102.4
100	14.6	26.9	34.1	46.5	53.7	58.8	71.1	115.2

Nota: la precipitación se expresa en mm

Gráfica 2 Curvas Precipitación – Duración – Tr.

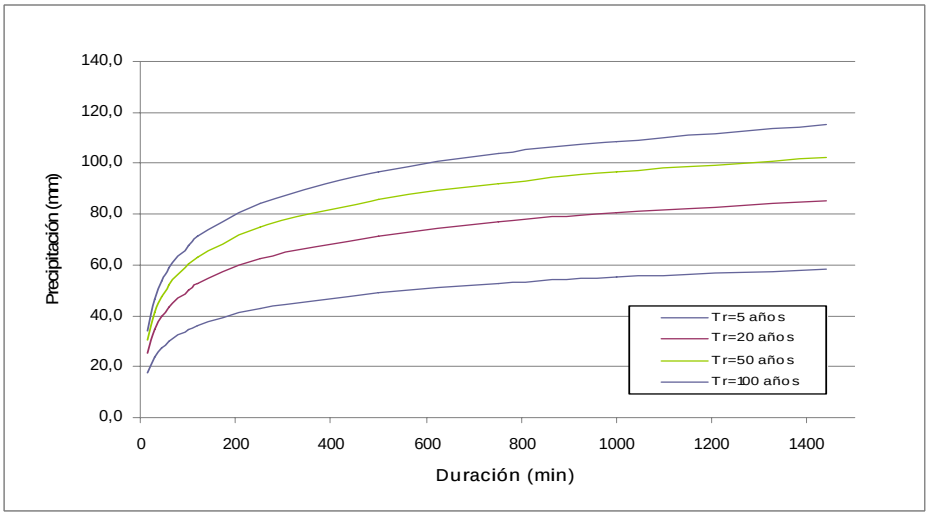
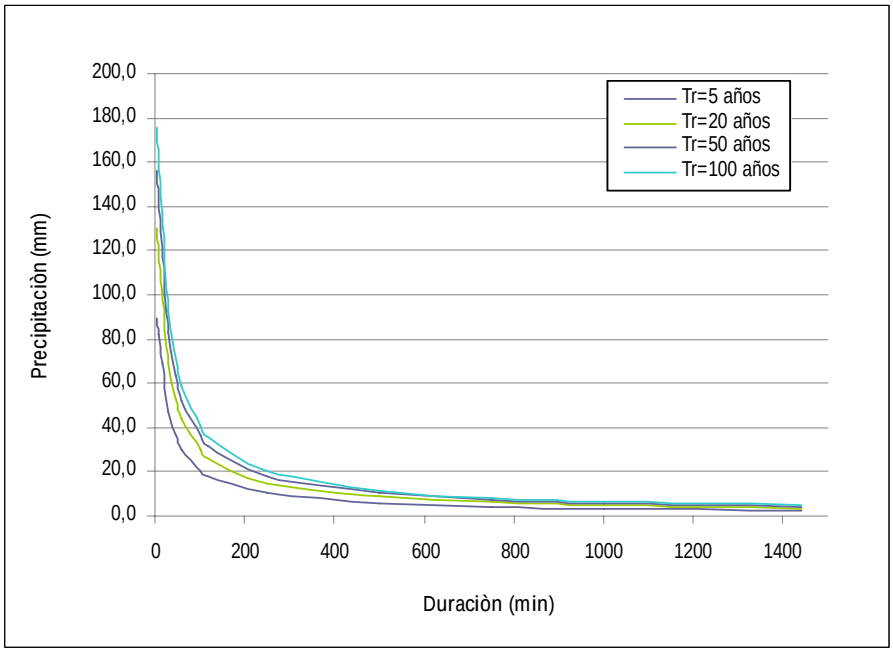


Tabla 13 Curvas Intensidad – Duración – Tr.

Duración (mín) / Tr (años)	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	63.4	58.4	49.3	33.5	25.8	21.2	12.8	1.7
5	89.2	82.0	69.3	47.1	36.3	29.8	18.0	2.4
10	110.1	101.3	85.6	58.2	44.8	36.8	22.3	3.0
15	121.9	112.2	94.8	64.5	49.6	40.8	24.7	3.3
20	130.2	119.8	101.2	68.8	53.0	43.5	26.3	3.6
25	136.6	125.7	106.2	72.2	55.6	45.7	27.6	3.7
50	156.2	143.8	121.4	82.6	63.6	52.2	31.6	4.3
100	175.7	161.7	136.6	92.9	71.5	58.8	35.5	4.8

Nota: la intensidad es dada en mm/h

Gráfica 3 Curvas Intensidad – Duración – Tr.



7.3 Caudal máximo por escorrentía en la zona de estudio

Para la estimación de los caudales máximos esperados en los diferentes sitios de la zona en estudio, se utilizó el Método Racional, aceptado para cuencas con superficies inferiores a 1.0 Km2; este modelo de estimación, obtiene el caudal máximo por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{0.36}$$

Donde Q es el caudal pico (l/s); I la intensidad máxima para la frecuencia de diseño de 50 años, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca vertiente (mm/h) de 10 min; A el área aferente (ha) esta área de drenaje se estimo de la cuenca mayor tomándose como critica, la cual se presenta en el plano GE-239-PL-08 CUENCAS TOPOGRÁFICAS; C el coeficiente de escorrentía, con valor numérico entre 0 y 1 que depende de las características fisiográficas del área de drenaje y la cobertura del suelo. En la Tabla 14 se presentan los valores obtenidos para el caudal máximo por escorrentía en la zona de estudio.

Tabla 14. Caudal máximo por escorrentía en la zona de estudio

PARÁMETROS	VALOR
Área de drenaje	1,5 ha
Intensidad	144 mm/h
Coeficiente de escorrentía	0.3
Caudal	180 l/s

7.3.1 Obras de drenaje superficial

Las obras de drenaje superficial propuestas son cunetas o canales, que servirán para recoger las aguas procedentes de las partes altas de las laderas o los taludes de corte (denominado comúnmente zanja de coronación), con el fin de evitar la erosión superficial y la infiltración y/o saturación en los taludes. Para el cálculo de estas estructuras se utilizó la fórmula de Manning para flujo uniforme:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

Donde:

Q es el caudal (m3/s)

R es el radio hidráulico (m)

S es la pendiente del canal (m/m)

A es el área de la sección mojada del canal (m2)

n es el coeficiente de rugosidad de Manning.

Los principales criterios de diseño de las cunetas y canales son los siguientes:

Las frecuencias de las crecientes de diseño (Tr), es de 50 años (para estar en concordancia con los lineamientos de la Resolución 227 de 2006).

Si las pendientes longitudinales de las estructuras son superiores al 2%, se recomienda revestirlas en piedra pegada, concreto y/o sacos de suelo-cemento, con el fin de evitar la profundización de los mismos.

La velocidad mínima debe ser de 0.25 m/s y la velocidad máxima admisible de 6 m/s.

En el Anexo VII – C, se presentan los cálculos de la sección de cuneta rectangular revestida en piedra pegada, para diferentes pendientes, calculando el caudal máximo

8 Hidrogeología

8.1 Descripción de las Unidades Hidrogeológicas

Para describir el comportamiento hidrogeológico se utilizó la descripción estratigráfica esbozada en el numeral 5.3.2 de este informe y la percepción junto con el reconocimiento en campo. Las unidades cuaternarias se comportan como acuíferos puesto que los paquetes sedimentarios que las componen tienen las características petrofísicas pertinentes para poder no sólo almacenar sino también trasmitir agua con facilidad. El agua almacenada se encuentra a la presión atmosférica, lo que significa que, cualquier cambio sobre la superficie del terreno afectará el nivel de agua dentro del acuífero, aumentándolo o disminuyéndolo, estos tipos de acuíferos son denominados freáticos. La facilidad de flujo de agua en estos depósitos está condicionada al tipo de matriz, así las cosas, la de mejor respuesta es la de conformación arenosa mientras que la de tipo arcilloso impide el transito normal del liquido.

Los acuíferos freáticos son muy lábiles a las condiciones superficiales, así a mayor lluvia los niveles suben y se acercan a la superficie. Una pequeña variación de la presión atmosférica se traduce en un cambio de posición en la freática o de la tabla de agua. Esta eficiencia barométrica es menos importante que la variación que se produce a expensas de la mayor precipitación, pero es pertinente tenerla en cuenta y considerarla, pues ayuda a dilucidar el grado de afectación que poseen los acuíferos a los cambios externos.

Las rocas de la formación Fusagasugá desempeñan el rol de acuitardos, ellas tienen capacidad de almacenar agua pero no pueden cederla con facilidad. Este es un comportamiento típico para formaciones compuestas por limos y arcillas. Los bancos de areniscas, pueden comportarse como acuíferos, pero confinados, dado que se encuentran sometidos a la presión que le ejercen las unidades suprayacentes.

8.1.1 Relevamiento de Puntos de Agua

Durante el reconocimiento de campo, se realizó un censo de puntos de agua (perforaciones, pozos de bombeo, manantiales, etc.) en el predio y áreas circunvecinas; no se identificaron pozos de bombeo ni freatímetros, en su lugar se hallan dos cauces, el primero al sureste del asentamiento urbano que atraviesa la vía hacia la unión por una alcantarilla de 32'' mostrando características de drenaje intermitente, siendo parte de un desague de aguas lluvias y no muestra un recorrido continúo; el segundo en la franja central de San Juan que no hace parte del área de estudio.

8.1.2 Movimiento del Agua

Se definió con base en las líneas de flujo subterráneo, que no son más que los trazos perpendiculares a las freatimétricas. El flujo superficial (en apariencia) en el norte descarga en la vía. El movimiento del agua, se hace a favor de la pendiente topográfica en sentido N y S para todo el sector parcialmente, condicionado por la memoria hidrogeológica de los antiguos cursos de agua. Los nichos de recarga del acuífero involucran las fracciones más altas de las vertientes y los de descarga los más bajos y planos o donde se presente un cambio notorio en la disminución del gradiente del terreno. Prueba de ello es la recurrente infiltración en los apiques Ap-1, Ap2.

Todo lo anterior permitió suponer que los estados de trabajo extremos máximos de los depósitos cuaternarios involucran su saturación, es decir, el nivel freático en superficie, en especial en las masas coluviales y en los horizontes residuales, sobre los que se cimienta la totalidad de las viviendas, en especial los de los corredores sur y norte, y los receptores del paleodrenaje. Los niveles freáticos se encontraron a los 2 metros bajo del terreno actual y en algunos casos no se encontró. Este último escenario deducido de la respuesta en las trincheras Tr-1, Tr-2.

9 Amenaza Sísmica

9.1 Fuentes Sismogénicas

El desarrollo de este numeral y la cuantificación de la amenaza sísmica se fundamentaron, exclusivamente, en el análisis y recopilación de información secundaria, es decir en estudios regionales y locales que involucran el distrito capital. La Información consolidada y consultada para el desarrollo de este apartado es presentada a continuación:

Estudio General de Amenaza Sísmica (AIS – Ingeominas – Uniandes, 1996)

Este documento, incorporado a la norma NSR-10, califica la amenaza sísmica de Bogotá, idealizándola como un punto. Enmarca a la ciudad capital en la región 3, catalogada como de Amenaza Sísmica Intermedia, y le fija como aceleración máxima horizontal a nivel de roca, Aa, 0.20g, para eventos con periodos de retorno de 475 años. En la Tabla 15 donde se condensa y discrimina las fuentes simogénicas relevantes consideradas por la AIS (1996), el tipo de evento y su aporte a la amenaza. Sin embargo es perentorio recalcar que si bien Santa Ana (Santo Domingo) hace parte de la localidad de Sumapaz, la que a su vez es parte integral del Distrito Capital, la catalogaría como zona de Amenaza Media, no se debe desestimar su cercanía a poblaciones como Une, Quetame, Cabrera, Cáqueza, Fómeque y Junín, las cuales han sido reseñadas como zona de amenaza sísmica Alta – Región 6 – con Aa 0.25g para el mismo periodo de recurrencia

Tabla 15 Fuentes Sismogénicas para Amenaza Sísmica en Bogotá y su Zona Rural

Nombre de Fuente Activa	Carácter del Evento	Aporte a la Amenaza
Frontal Cordillera Oriental	Intraplaca	67.60%
Salinas	Intraplaca	27.70%
Otras Fallas	Intraplaca e Interplaca	4.70%

9.1.1 Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas – Uniandes, 1997)

Este estudio aunque fue realizado para el Distrito Capital se restringe a la zona urbana y no allega información alguna de la fracción rural, bajo este panorama no fue considerado para definir parámetros sísmicos y espectros de respuesta, es decir aceleraciones pico efectiva Ag y la mínima Ad, para períodos de retorno y de recurrencia.

9.2 Cualificación de Amenaza Local

Con base en los estudios mencionados para Santa Ana se tienen tres sistemas sismogénicos principales:

9.2.1 Fuente Local

Responde a un evento en el dominio del Campo Cercano proveniente de alguna de las fallas que trasiegan tanto al noroeste como al suroriente del poblado como son las Fallas de: Sumapaz, Pilar, Paquillo, Florida, Tasajeras, Chochal, y Nazareth, circunscritas en un radio de acción hasta de 15 Km alrededor de la población, con foco de poca profundidad y Magnitud máxima probable, Ms, entre 6.0 y 6.5. La aceleración máxima horizontal a nivel de roca es de 0.20g. Los acelerogramas típicos esperados son de corta duración y su periodo fundamental pequeño: T<0.30 seg.

9.2.2 Fuente Intermedia

Involucra eventos sísmicos generados por el Sistema de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, también denominado sistema de Guaicaramo, a una distancia de 60 Km. Su profundidad oscila entre los 15 Km y los 60 Km. Esta fuente contribuye con el 67.6% de la amenaza sísmica para el campo intermedio y sus eventos tienen una magnitud máxima probable, Ms, de 7.5; la aceleración máxima horizontal esperada en roca es de 0.20g.

9.2.3 Fuente Lejana

Designa a los eventos producidos en la Zona de Subducción del Pacífico, a una distancia entre 350 Km y 400 Km de San Juan de Sumapaz y con una aceleración horizontal en roca de 0.04g.

9.3 Respuesta Dinámica del Suelo

Los modelos de respuesta del sitio que se esbozan en adelante son a todas luces una simplificación gruesa, pues implican exclusivamente la mayoración (cualitativa) del coeficiente de aceleración horizontal en roca en función del tipo de material y de su espesor, del escenario de aceleración máxima horizontal, i.e. de la fuente sismogénica, no se ignora que el desarrollo riguroso del tema implica:

a) La definición de los acelerogramas típicos para cada fuente sismogénica,
b) La determinación de los parámetros estáticos y dinámicos de las unidades de suelo y roca, i.e. relación de poisson, velocidad de corte y Módulo de corte máximo, Gmax, y las curvas de amortiguamiento por material, entre otros, y

c) La modelación tal procedimiento está fuera de los alcances del estudio.

Bajo este panorama, los factores de amplificación, Fv y Fa son tomados de fuentes secundarias: bien de Medvedev (1965), o bien del NSR 2010. En el primer caso Fv se asume igual a la unidad y Fa es una constante que toma valores entre 0.10 y 3.90, según el perfil lo domine rocas duras o depósitos antrópicos, respectivamente. Si la herramienta técnica recae en el NSR, es pertinente el tratamiento de los siguientes elementos básicos. La discriminación del conjunto de coeficientes se ilustra en la Tabla 16.

a) Periodo fundamental de la fuente sismogénica.
b) Perfil típico en la ladera
c) Coeficientes de amplificación: Fa y Fv según el periodo de análisis, y d) el espectro de diseño, así:

Tabla 16 Factores de Amplificación para Diferentes Tipos de Suelo (Medvedev, 1965)

No	Grupo de Rocas	Tipo Suelo NSR-10	Factor de Amplificación, Fa
1	Rocas Duras	A	0.1 - 0.8
2	Rocas Alteradas	B	0.7 - 1.1
3	Depósitos Granulares no cohesivos: bloques, gravas, arenas.	C	0.9 - 1.5 1.2 - 1.8
4	Depósitos Blandos Cohesivos: Arcillas, Limos.	D	1.2 - 1.6 1.3 - 1.8
5	Antrópicos: Escombreras, Suelos Orgánicos.	E	2.3 - 2.6 2.6 - 3.0
6	Depósitos Saturados: Bloques, Gravas, Arenosos, Arcillosos Antrópicos.	F	1.6 - 2.0 2.0 - 2.4 2.4 - 2.8 3.3 - 3.9

9.4 Fuente Sismogénica

Si es local el periodo de vibración fundamental es inferior a 0.30 seg, registro extraído del acelerograma de Loma Prieta – Corralitos (1989); si es frontal o lejana el periodo oscila entre 0.90 seg y 1.0 seg, el primero tomado del sismo de Riviera (1967 Fuente Frontal) y el segundo de México (1985 – Fuente lejana)

9.4.1 Perfil Típico:

Está constituido casi en esencia por módulos cuaternarios, Qft, Qra1, Qra2, Qra3, Qd1 y Qd2 y de suelo residual, en caso alguno con espesor superior a 12 metros, que descansan espacialmente sobre potentes bancos de lodolitas o arcillolitas, lo que indefectiblemente los clasifica dentro de perfiles Tipo B o D (véase la Tabla A 2.4-1 de la NSR,2010). La secuencia indiferenciada se describe a continuación:

- Depósitos coluviales (Qco): Agrupan suelos arcillosos, en ocasiones con fragmentos pétreos de gran tamaño, con espesores menores al metro, ubicados indiferentemente en laderas inclinadas.

- Depósitos antrópicos (Qra1, Qra2, Qra3, Qd1 y Qd2): Son masas heterogéneas, que aglutinan bloques y cantos de areniscas, lodolitas y residuos sólidos (plásticos, zapatos, etc) en una matriz limosa a arcillosa. Los espesores típicos trasiegan desde los 6 metros hasta los 10 metros.

- Suelos residuales (Pglf-Lsr y Pglf-Ldsr): entrelaza suelos arcillosos a areno-arcillosos, con fragmentos arcillosos. Espacialmente subyace a los cuerpos fluviotorrenciales y antrópicos. En general su espesor es inferior a los 2 m y yacen con ángulos próximos a los veinticinco grados.

- Formación Fusagasuga: está marcada por secuencias de areniscas, limolitas y arcillolitas spuestas en capas gruesas a muy gruesas (de 14 a 20 metros de espesor, de acuerdo con los sondeos y la columna estratigráfica levantada) y configuran bancos hasta de 60 m (extraído de la secuencia en los dos primeros niveles).

Los Coeficientes de Amplificación Fa y Fv, hacen referencia a los valores fijados en las figuras A.2.4-1 y A.2.4-2 de la NSR (2010). Acorde con los perfiles referidos atrás los coeficientes son:

- Fa = Fv = 1.0, si se trata del perfil tipo B
- Fa = 1.40 o 1.60 y Fv = 2.40 a 2.0, en lo que atañe al Perfil Tipo D, según el coeficiente de aceleración máximo sea de 0.24g o 0.20g, respectivamente.

9.4.2 Espectro de Diseño

Como el periodo fundamental de los sismos de referencia es próximo al segundo, se adopta como espectro fundamental:

Sa = 1.20*Aa*Fv*I/T

donde:

Aa: es la aceleración máxima horizontal en roca
Fv: Coeficiente de amplificación tomado de la Tabla A.2.4-3 y A.2.4-4 (NSR,2010)
I: Coeficiente de importancia, equivalente a uno.
T: periodo del sismo, en este caso 1 segundo.

De la conjunción de las variables anteriores, para uno u otro procedimiento (o fuente técnica), las aceleraciones a nivel de superficie oscilan entre 0.24g y 0.50g. El primer coeficiente toda vez que la secuencia sea exclusivamente rocosa, y el segundo en el irrestricto escenario del Cuaternario: llenos traslocados o fluviotorrenciales. La Tabla 17 agrupa las aceleraciones máximas en superficie y las aceleraciones para diseño que se adoptan al amparo de este proyecto.

Tabla 17 Aceleraciones Máximas en Superficie y de Diseño

Material	Tipo de Suelo NSR-10	Factores de Amplificación			Aceleración en Superficies Sa		Aceleración de Diseño
		Medvedev Fa	NSR - 10 Fa	NSR - 10 Fv	Medvedev (1965)	NSR (1998)	2/3 *Sa
Qco, Qram, Pglf-Lsr y Pglf-Ldsr	D	1.40 a 1.60 (se adopta 1.50)	1.5	2.2	0.349 g	0.518 g	0.22 g
Pglf	B	0.7 - 1.10 (Se adopta 1.0)	1.0	1.0	0.24 g	0.460 g	0.16 g

10 CLASIFICACIÓN DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO

La cobertura del suelo se presenta en el PLANO GE-239-PL-04 y la clasificación se describe a continuación:

10.1 Matorrales M

- Matorral Denso (Md): Esta cobertura está conformada por la dominancia de arbustos de portes medios y altos de apariencia homogénea y que por lo general corresponden a etapas de regeneración del bosque original que existió en la zona; en algunos casos este tipo estructural arbustivo se mantiene de forma permanente debido a factores limitantes mezcla con elementos remanentes del bosque original al igual que con coberturas de tipo agropecuario. No presentan formas regulares, se observan dependiendo de la región de vida



Fotografía 29 Vista a la zona con matorrales Densos

- Matorral Abierto (Ma): Esta cobertura está conformada por la dominancia de arbustos de portes bajos de apariencia homogénea y que por lo general corresponden a etapas de regeneración del bosque original que existió en la zona; en algunos casos este tipo estructural arbustivo se mantiene de forma permanente debido a factores limitantes mezcla con elementos remanentes del bosque original al igual que con coberturas de tipo agropecuario. No presentan formas regulares, se observan dependiendo de la región de vida. En la Fotografía 30 se presenta una panorámica de esta zona. En la Fotografía 30 se presenta una vista general de esta unidad.



Fotografía 30 Vista a la zona con matorrales abiertos

Los matorrales abiertos constituyen matorrales entresacados o clareados de los que originalmente eran bosques y matorrales densos por ello su descripción corresponde a la anteriormente expuesta para los bosques y matorrales densos.

10.2 Pastos P

Entran dentro de esta categoría aquellas zonas por lo general planas o semionduladas dedicadas al pastoreo, recreación o sin ningún uso aparente, cuyo cubrimiento básico son potreros en pastos o hierbas, principalmente gramíneas y cyperaceas. Corresponde a extensiones considerables de terreno (en su mayoría) que sostienen pastos y hierbas de bajo porte y cuya cobertura domina sobre otras como los cultivos, estas coberturas por lo general corresponden a zonas que sostienen ganadería, sin embargo hay modalidades que varían desde usos recreativos hasta lotes de engorde.



Fotografía 31 Vista general sobre los pastos presentes en la zona

10.3 Zonas Urbanas Zu

Son zonas donde presenta intervención del hombre para su servicio y beneficio dentro de estas se encuentran las clases: residencial, educativa, deportiva, institucional, vial, construcciones entre otras como se presenta en la Fotografía 32.



Fotografía 32 Vista general de esta unidad

11 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

Con base en los estudios básicos requeridos y desarrollados, y la caracterización de los procesos de inestabilidad presentados en el sitio de estudio, con el apoyo de secciones y perfiles transversales y las líneas de refracción tomadas para el sitio, el modelo geológico-geotécnico del sector, permite establecer que la relación entre los rasgos geológicos: macizo rocoso compuesto por arcillolitas (Te-cl), de tonalidad rojiza y abigarrada con intercalaciones de areniscas (Te-ss), los suelos que conforman las laderas originados por la evolución estructural y modeladas por procesos denudativos, y los procesos de inestabilidad actuales y potenciales, está dada principalmente por la acción de saturación de las aguas infiltradas, originadas fundamentalmente por las lluvias.

La zona desde el punto de vista fisiográfico se ubica sobre una cresta conformada principalmente por rocas sedimentarias que son equivalentes a la Formación Bogotá, estas rocas se encuentran representadas por intercalaciones de arcillolitas y limolitas con areniscas en algunos casos de tipo lenticular. Concretamente en la zona el costado Sur está conformada sobre una contrapendiente estructural, es decir que el ángulo de los buzamientos es favorable para la estabilidad de la ladera, y el costado norte se encuentra en una pendiente estructural en donde hay desfavorabilidad por la inclinación del buzamiento.

En la zona se encuentran rocas alteradas principalmente en las crestas de los interfluvios y en los valles se han acumulado materiales arcillosos paulatinamente hasta alcanzar a formar un relleno de

materiales blandos los cuales se ubican sobre una superficie de rocas alteradas principalmente arcillosas. La infiltración del agua se ubica principalmente por la zona de contacto entre el depósito y las rocas alteradas que generan una superficie potencial de deslizamiento y que en algunos casos se han desarrollado formando pequeños escarpes y lóbulos en el fondo de los valles.

En cuanto a la ladera Norte, se ubica sobre una pendiente estructural en donde puede haber más susceptibilidad a los fenómenos debido a que los materiales de los flujos se deslizan sobre este plano estructural, la situación es muy similar desde el punto de vista estratigráfico al del costado Sur pero la pendiente del costado Norte es menor lo cual puede favorecer la estabilidad de los flujos de tierra para no ser tan marcados en este sitio. En este sector también se hicieron las investigaciones del subsuelo con sondeos y líneas de refracción para determinar la estratificación de las capas detectadas similares a las descritas anteriormente, es decir 2 m de flujo de tierras y posteriormente una franja de roca alterada principalmente de arcillolitas y limolitas que se convierten en arcillas y limos cuando son desintegrados y se colocan en el fondo de los valles para formar los flujos de tierra.

11.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Dentro de los elementos considerados para determinar la influencia y el comportamiento geomecánico de los materiales rocosos se tienen entre otros la litología, el grado de meteorización, la información estructural especialmente las discontinuidades con sus elementos principales el rumbo y buzamiento, espaciado, continuidad, apertura y relleno, y el grado de fracturamiento del macizo rocoso.

11.2 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Con el objeto de obtener un conocimiento acerca de la estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo en el sitio del proyecto con el fin de caracterizar cuantitativamente los procesos de inestabilidad identificados, se llevó a cabo un programa de investigación del subsuelo, con el alcance descrito a continuación:

11.2.1 Estudios De Campo

Se realizo una visita de campo con el fin de evaluar y realizar observaciones en el área y evaluar la existencia de sitios inestables. Se realizaron estudios de campo con base en observación superficial y exploraciones del subsuelo basada en barrenos manuales con base en esta información se hicieron los análisis para concebir la solución definitiva.

Los datos tomados de estas exploraciones se analizan en el numeral de estudios de suelos y de estabilidad de taludes para el diseño de fundaciones y se anexan tanto los registros como los resultados del análisis en dicho capítulo.

11.2.2 Sondeos y apiques

Se efectuaron cinco sondeos identificados como sondeos SM-1 a SM-5, con profundidades entre 7.00 m a 12.00 m, medidos desde el nivel de terreno en cada punto de sondeo, cuatro apiques con profundidades de 1.50 m a 2.00 m y dos barrenos manuales BM-1 y BM-2, con profundidades de 5,60 y 6,50 metros cada uno (ver localización de los sondeos realizados en el Plano GE-239 PL-01). Es necesario aclarar que la profundidad de los sondeos se limitó por la profundidad de la roca (rechazo en el ensayo SPT).

Durante la ejecución de los sondeos se tomaron muestras de cada estrato encontrado, las cuales fueron de tipo alterado, obtenidas con toma muestras de cuchara partida (Split Spoon) mediante el uso del ensayo de penetración estándar (SPT). Cada muestra fue clasificada visualmente en campo, rotulada y adecuadamente empacada para su transporte al laboratorio.

De cada sondeo se elaboró un registro de campo, en el cual se consignó la información concerniente al tipo y profundidad de cada muestra, descripción visual de los materiales que conforman cada estrato, profundidad a la cual se producen cambios en la estratigrafía y condiciones del agua en el subsuelo. Los registros de las perforaciones realizadas se presentan en el Anexo III-A.

11.2.3 Ensayos de laboratorio

Sobre las muestras obtenidas durante la ejecución de los sondeos se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, con el fin de clasificar y obtener estimativos de las propiedades geomecánicas de cada uno de los estratos que conforman el subsuelo en el sitio del proyecto.

El programa de ensayos de laboratorio incluyó límites de consistencia líquido y plástico, humedades naturales, porcentaje de finos, granulometría y resistencia a la compresión inconfinada. Tales ensayos permitieron obtener estimativos de las propiedades mecánicas del subsuelo de interés para el proyecto, en la Tabla 18 se presenta los ensayos efectuados y su respectiva norma.

Tabla 18 Ensayos de laboratorio realizados.

ENSAYO	NORMA
Contenido de humedad	INV-E122
Límite líquido y plástico	INV-E125 y 126
Granulometría por lavado y tamizado	INV-E123
Peso unitario total	INV-E121
Corte directo en suelo	INV-E154
Compresión inconfinada	INV – E152

En el ANEXO III-B1, se presenta los resultados de los ensayos efectuados al suelo y en el ANEXO III-B2, se presenta los resultados de los ensayos efectuados a la roca.

11.2.4 Investigaciones De Laboratorio

Para la evaluación de estabilidad de las laderas de acuerdo con la metodología tradicional se determinó las características geomecánicas de los materiales. Una vez ejecutados los sondeos se procedió a la selección de las muestras representativas para llevar a cabo los análisis de laboratorio que sirvieron para evaluar la estabilidad de los taludes con el Programa Stable. Los ensayos que se llevaron a cabo en las muestras seleccionadas, se presentan en el ANEXO III-B1 y ANEXO III-B2, y en la Tabla 19 se presenta la relación de ensayos efectuados.

Tabla 19 relación ensayos de laboratorio efectuados

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
Humedad natural	**64**
Peso Unitario en suelos	37
Peso Unitario en roca	18
Límite líquido limite plástico	57
Granulometría por lavado	57
Compresión inconfinada en suelo	35
Compresión inconfinada en roca con preparación de muestras	18
Corte directo en suelos 3 puntos	10
Corte directo en discontinuidades	10

No se pudieron realizar los ensayos de peso específico de sólidos en rocas ni la carga puntual en roca debido a que la recuperación de las muestras no alcanzó para realizar estos ensayos debido a que se llego con las perforaciones a roca altamente alterada motorizada y no a la roca sana.

11.3 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

Con base en los trabajos de investigación del subsuelo descritos en el Numeral 11.2, se presentan las características geomecánicas de los materiales que constituyen el subsuelo y que hacen parte del modelo geológico-geotécnico propuesto.

11.3.1 Rellenos Antropicos (Qb y Qa)

Los rellenos de la vía Qa, corresponden a rellenos relativamente delgados de los afirmados de la carretera y la calle de Santa Ana. Estos rellenos son del orden de 30 cm de espesor en afirmado compactado principalmente por el tráfico de la vía

Los botaderos laterales de la vía Qb, se trata de depósitos producto de los cortes de explanación de la vía cuyos materiales insitu correspondían a suelos residuales que fueron dispuestos lateralmente sobre los taludes de la vía en la actualidad estos materiales están sin compactación con resistencia baja, la granulometría corresponden principalmente a limos arcillosos de aspecto lateritico. El espesor promedio encontrado en los barrenos 1 y 2 es de 2.70 m.

El valor de los parámetros de resistencia al corte cohesión y fricción fueron obtenidos por correlación con el ensayo de penetración Standard y se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20 Parámetros Botaderos laterales de la vía (Qb)

Ensayos De Laboratorio	Resultado
- Peso Unitario	1.41
- Resistencia con base en SPT	c : 3 kpa y 25°
- Límite líquido	40 – 87
- Límite plástico	29 – 69
- Índice de plasticidad	7 - 18
- Granulometría	0 GRAVA, 0.0 – 11 ARENA, 92 - 86 FINOS
- Clasificación USC	ML

11.3.2 Cuerpos Deslizantes y Flujos de Tierra (Qd y Qft)

Corresponden básicamente a zonas conformadas por arcillas limosas con una cobertura de limo con materia orgánica. El espesor de los flujos en general es entre 1 m y 2 m, la capa vegetal es incipiente.

El valor de los parámetros de resistencia al corte cohesión y fricción fueron obtenidos por correlación con el ensayo de penetración Standard, en la Tabla 21 se presenta en resumen de parámetros utilizados.

Tabla 21 Parámetros Cuerpos Deslizantes y Flujos de Tierra (Qd y Qft)

Ensayos De Laboratorio	Resultado
- Peso Unitario	1.41
- Resistencia con base en SPT	c : 0.12 kpa y 26.5°
- Límite líquido	64 – 180
- Límite plástico	51 - 170
- Índice de plasticidad	47 - 94
- Granulometría	0 GRAVA, 0.0 – 15.6 ARENA, 84 – 100 FINOS
- Clasificación USC	OH, MH

11.3.3 Roca Alterada de la Formación Bogotá (Tess/Tcl)

Corresponden a la litología dominante en el área la cual está constituida principalmente por arcillolitas moteadas y areniscas de tonalidad rojiza. Las intercalaciones de arenisca pueden alcanzar espesores hasta de 10m pero normalmente se acuñan lateralmente formando lentes como el que se identificó en el costado sur en la contrapendiente estructural allí identificada.

Estos horizontes son relativamente blandos debido a un proceso de meteorización que deja estructuras heredadas de la estratificación y se han registrado en los sondeos como materiales arcillosos y limo arenosos, en la Tabla 22 se presenta el resumen de parámetros.

Tabla 22 Parámetros Roca Alterada de la Formación Bogotá (Tess/Tcl)

Ensayos De Laboratorio	Resultado
- Peso Unitario	2.77
- Corte Directo pico	c : 47 KPA y 32.7°

11.3.4 Roca Moderadamente Meteorizada de la Formación Bogotá (Te)

Corresponden a las arcillolitas y areniscas de la formación Bogotá las cuales en general presentan una resistencia muy alta y están afectadas por eventos tectónicos que generan diaclasamiento principalmente perpendicular a los planos de estratificación. Los valores de esta roca fueron tomados de valores típicos para roca blanda c : 50 KPA y 35°. Tabla 2.8.3 – Engineering Geology, Price.

Como es sabido los límites de los perfiles de meteorización no se pueden trazar como un elemento lineal sino como una zona de transición por tal razón se han asumido algunos valores inferiores a los que se encuentra la roca sana. Similares a los de la roca alterada y que constituyen la zona de influencia en donde pueden ocurrir los fenómenos de remoción. En el caso de asumir un valor más alto este podría estar a niveles más profundos en donde ya no se presentarían los fenómenos de remoción que se analizan en este caso.

La anterior consideración se basa en la revisión del comportamiento de los perfiles de meteorización en las rocas sedimentarias en la Tabla 3.35. Página 256 – Geotechincal Engineering Investigation Handbook, 2nd Edition, Roy E. Hunt. Para una roca blanda los valores de resistencia para el ángulo de fricción está entre 25 - 32 para una roca Altamente meteorizada y para un nivel de meteorización intermedia tiene valores que varían entre 32 – 42 y para una Roca Fresca el valor es de 40. Como se puede apreciar los rangos del ángulo de fricción pueden traslaparse en las dos unidades. RESPUESTA A LOS VALORES DE RESISTENCIA. En la Tabla 23 se presentan los parámetros de la roca moderadamente meteorizada.

Material	Peso especifico KN/m3	Angulo de fricción (°)	Cohesión Kpa
Roca Moderadamente Meteorizada de la Formación Bogotá (Te)	28	35	50

Tabla 23 parámetros moderadamente meteorizada

11.4 Descripción de los procesos

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 estos deslizamientos no está afectando la zona urbana.

11.5 Formulación del modelo de estabilidad

Las secciones típicas realizadas con base en los cortes presentados en el Plano GE-239-PL-09 ZONAS HOMOGÉNEAS, para la condición actual y proyectada se pueden distinguir en siete (7) sitios los cuales son:

11.5.1 SITIO 1

Perfil costado sur del asentamiento de Santa Ana, donde se presenta un flujo de tierras sobre roca alterada, como muestra la Ilustración 9

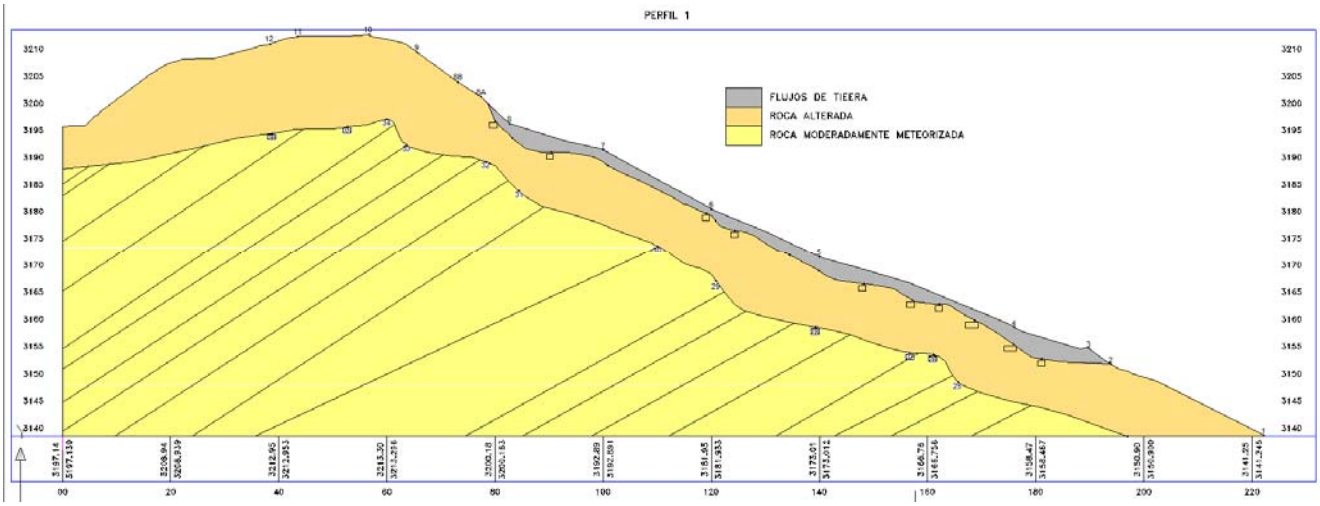


Ilustración 9 Perfil 1 costado sur del asentamiento Santa Ana.

Depresión con morfología típica de flujos de tierra pero no hay presencia de cicatrices o desgarramientos de materiales que indiquen un movimiento reciente, por lo tanto no se puede hablar de antigüedad puesto que no ha fallado todavía, en cuanto a su actividad es inactivo, el mecanismo de falla es traslacional, la propagación es remontante hasta los límites donde está cartografiado, la magnitud sería un 20% del área de influencia

En esta zona no se realizó exploración del subsuelo pero se hizo el análisis de estabilidad con base en las propiedades geomecánicas obtenidas para el sector.

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

Se aclara que este depósito es de carácter local y no muestra signos de desplazamientos recientes.

11.5.2 SITIO 2

En la Ilustración 10 se presenta el perfil típico del sector suroriental del asentamiento Santa Ana talud que presenta un flujo de material y en la parte central de este flujo se presenta una intercalación de arenisca en una contrapendiente estructural.

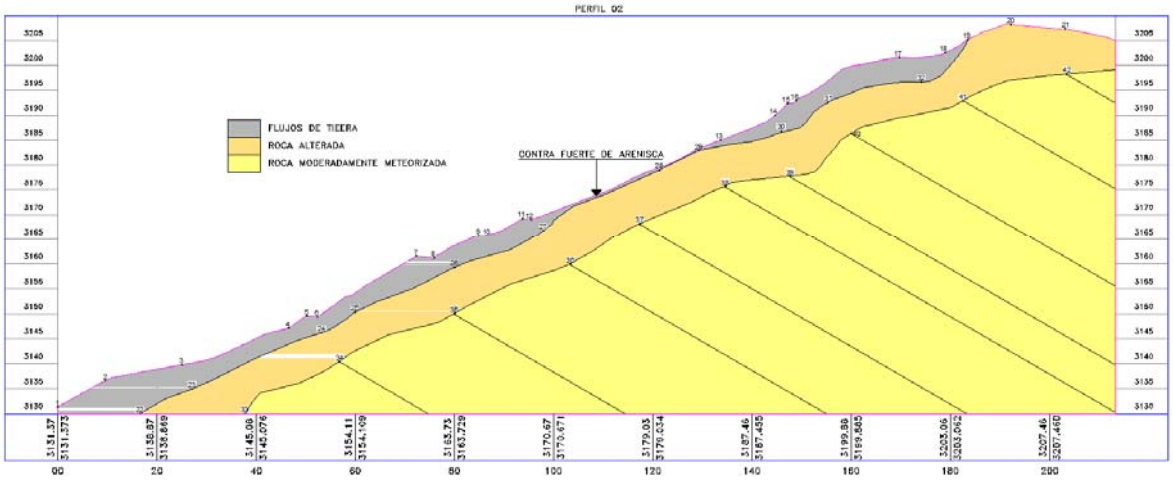


Ilustración 10 Perfil 2

Se trata de una depresión continua con dos sectores bien diferenciados, la parte alta una zona con pequeñas deformaciones y presencia de humedad en superficie como se aprecia en la Fotografía 33.

En la planta geológica se muestra la presencia del estrato lenticular de arenisca y en el perfil se observa una disminución del espesor del flujo de tierras que corresponde con el contrafuerte de arenisca.

En cuanto a su antigüedad no ha fallado todavía, en cuanto a su actividad es inactivo, el mecanismo de falla es traslacional, la propagación es remontante hasta los límites donde está cartografiado, la magnitud sería un 50% del área de influencia.

Desde el punto de vista de amenaza para el casco urbano de Santa Ana, la mayor incidencia esta en las limitaciones de capacidad portante que presentan los dos primeros metros de espesor del flujo en donde no se debe colocar ningún tipo de fundación. Haciendo tratamientos de evacuación de aguas las condiciones pueden mejorar un poco pero cuando coincidan los periodos invernales y el

sismo de mayor magnitud se correría mayor riesgo razón por la cual se recomienda la evacuación de las aguas que mejoran el factor de seguridad.

Esta misma franja hacia aguas abajo incrementa la pendiente debido a la presencia de una intercalación de areniscas en donde se presenta hacia la parte baja un pequeño desprendimiento superficial en la capa orgánica.



Fotografía 33 Aspecto de la depresión con pequeños indicios de deformaciones debido al movimiento del flujo

Hacia la base de la intercalación de arenisca, el flujo presenta una mayor deformación y agrietamientos constituyendo la zona más crítica de esta depresión que se debe indudablemente a la descarga de un acuífero confinado en el macizo rocoso. Es de anotar que el flujo de la parte alta es alimentado principalmente por aguas lluvias razón por la cual se han dividido en dos sectores la depresión de los flujos de tierra. Resumiendo, la parte alta del flujo presenta saturaciones durante épocas de aguas lluvias y la parte baja desarrolla una mayor concentración de aguas por la descarga del acuífero confinado que se puede acelerar aún más por las lluvias. Los acuitardos no permiten un flujo por debajo del depósito y por esta razón se genera la saturación.

En cuanto a su antigüedad probablemente empezó a finales del Holoceno tardío, en cuanto a su actividad es activo, el mecanismo de falla es traslacional, la propagación es remontante hasta la intercalación de arenisca, la magnitud sería un 30% del área de influencia.

En el caso de que coincidan el sismo de mayor magnitud y las lluvias máximas se pueden presentar deslizamientos aún con sistemas de drenaje pero debido a la presencia de la intercalación de areniscas que obra como un contrafuerte este movimiento no remontará hasta el casco urbano y las manifestaciones de estabilidad solo serán en el fondo del valle que influirán más que todo en una transformación de la superficie que no llega a remover materiales a una distancia de más de dos metros de profundidad. Si se desea minimizar este riesgo se recomienda la desecación de la zona con filtros y en el caso de que el sismo mayor ocurra tan solo se presentarán deformaciones en el fondo del valle en un área muy restringida que como ya se ha dicho no remontará hasta el casco urbano debido a la barrera de las areniscas.

En la Fotografía 34 se aprecia una zona de mayor pendiente que constituye la intercalación de arenisca y hacia la base la presencia del flujo con mayor desplazamiento.



Fotografía 34 Zona de intercalaciones de areniscas en cuya base se presentan las descargas de las aguas subterráneas que constituyen el factor detonante de inestabilidad en la parte inferior, en donde se evidencia el mayor desplazamiento del flujo de tierras.

Se realizaron dos sondeos para caracterizar el flujo de tierras con el fin de definir el espesor del material deslizado.

11.5.3 SITIO 3

Se presenta el Perfil de las depresiones afectadas por el fenómenos de remoción como se aprecia en la Ilustración 11, Ilustración 12 y el en plano GE-239-PL-02 GEOLOGÍA LOCAL y GE-239-PL-09 ZONAS HOMOGÉNEAS.

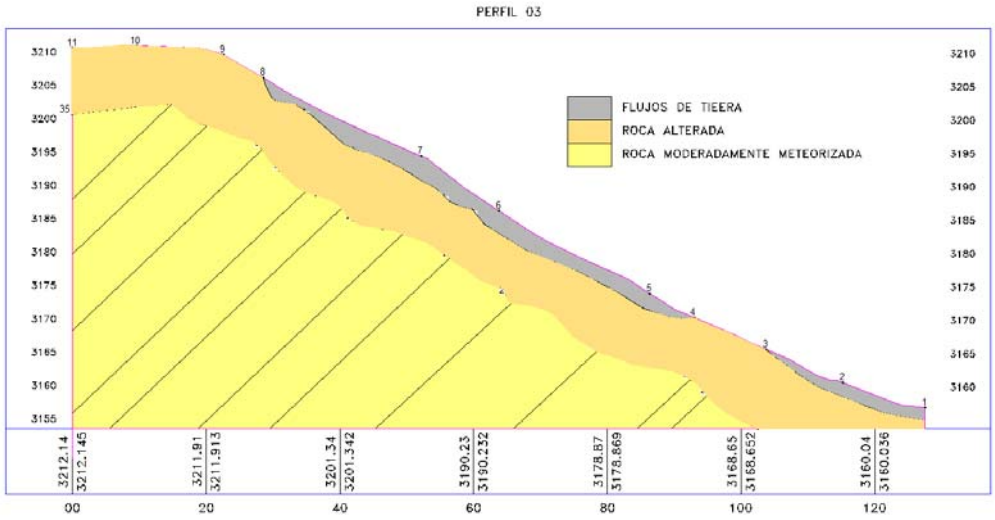


Ilustración 11 Perfil 3

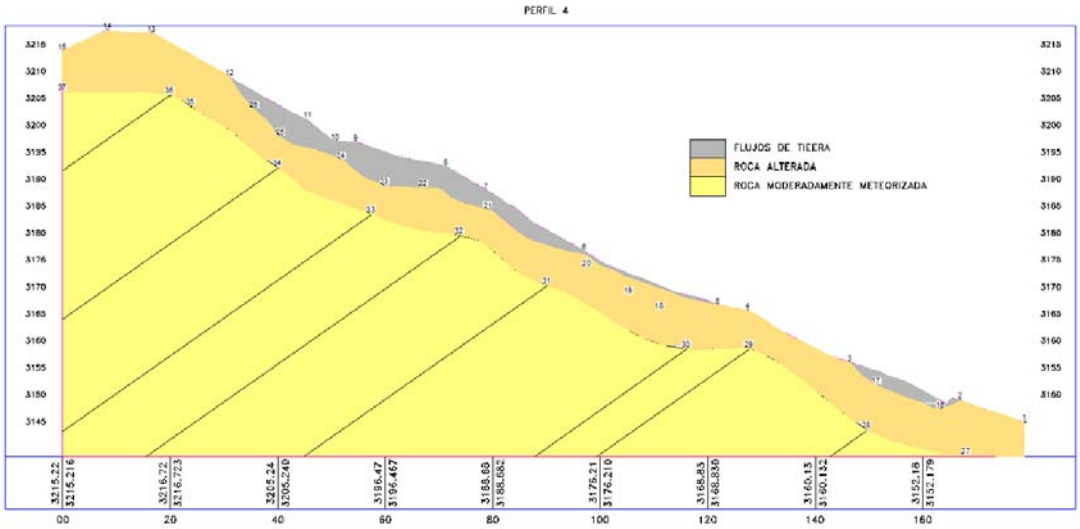


Ilustración 12 perfil 4

Depresión con una pequeña ramificación que presenta rasgos de movimientos recientes en las zonas vecinas debido a las aguas de escorrentía.

En cuanto a su antigüedad probablemente estos han tenido lugar desde finales del Holoceno en el proceso de entallamiento de estas corrientes, en cuanto a su actividad se considera activo como se aprecia en las fotografías que se ilustran, el mecanismo de falla es traslacional, la propagación es remontante hasta el límite del cuerpo cartografiado, la magnitud sería un 30% del área de influencia.

Esta inestabilidad está restringida principalmente al fondo de las depresiones y es un fenómeno que ha persistido a lo largo del tiempo y no ha llegado a afectar sensiblemente la cresta donde transcurre la carretera y se ubica el poblado. En el caso de que coincida una saturación por lluvias y el sismo más fuerte los mayores daños ocurrirán restringidos a la franja más profunda de la depresión más no a sus costados y en la actualidad esta no alcanza a remontar ni a la vía ni al casco urbano propiamente dicho, por esta razón se recomienda aumentar el factor de seguridad principalmente con la ejecución de drenajes y tener en cuenta que cuando coincida el sismo mayor con la saturación se presentarán desgarres relativamente superficiales que mitigan la amenaza para el casco urbano y para la vía.

Se ilustra el flujo central y sus ramificaciones en la Fotografía 35 y la Fotografía 36.



Fotografía 35 Franja del flujo restringido al fondo de la depresión sonde se presentan mayores desplazamientos del flujo de tierras



Fotografía 36 Ramificaciones de la zona del flujo principal.

11.5.4 SITIO 4

Deslizamiento activo en una pequeña área conformada por un flujo de tierras muy local y que si presenta movimiento rápido con desgarre, pero sin posibilidades de remontar hacia la zona de Santa Ana. No se puede hablar de antigüedad puesto que no ha fallado todavía, en cuanto a su actividad es inactivo, el mecanismo de falla se espera sea traslacional, la propagación es remontante hasta el límite cartografiado, la magnitud sería un 100% del área de influencia ver Fotografía 37.



Fotografía 37 Aspecto del escarpe generado hacia la base de un flujo local cuyo cuerpo deslizante es pequeño y aislado que no constituye una amenaza inminente para el casco urbano.

11.5.5 SITIO 5

Perfil típico costado noroccidental del asentamiento Santa Ana en donde se presenta un flujo de tierras inactivo sobre roca alterada en la dirección de la pendiente estructural sin que coincida el plano estructural con la inclinación de la ladera como muestra la Ilustración 13.

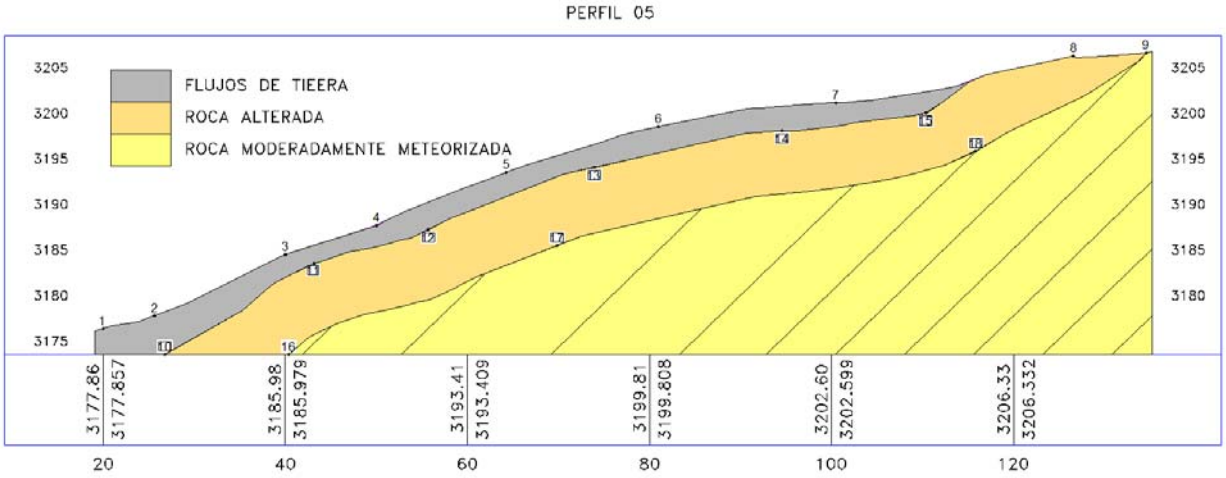


Ilustración 13 Perfil 5 sector noroccidental del asentamiento Santa Ana.

Área de flujos de tierra sobre la pendiente estructural de arcillolitas (costado Norte), que se ha incrementado debido al drenaje de la vía que alimenta dicha depresión y muestra una unidad de suelos con baja resistencia en superficie y de una pendiente menor a la de los 4 sitios mencionados anteriormente.

En la Fotografía 38 se ilustra un aspecto de la depresión con ligeros indicios de movimiento. En cuanto a su antigüedad probablemente empezó a finales del Holoceno tardío, en cuanto a su actividad es activo, el mecanismo de falla es traslacional, la propagación es remontante hasta el límite cartografiado, la magnitud sería un 100% del área de influencia.

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 del casco urbano de Santa Ana.



Fotografía 38 Se ilustra hacia la parte superior la descarga de una obra de drenaje de la vía que contribuye con el humedecimiento del área y en la parte media la zona inestable.

11.5.6 SITIO 6

Debido a que las viviendas en general están invadiendo parte del derecho de vía de la carretera utilizando el área de los botaderos antiguos se ha observado que algunas viviendas presentan deterioro. De acuerdo con la exploración realizada en estos rellenos se encontró un espesor de promedio de 6.0m, y se recomienda que las fundaciones para futuros asentamientos estén por debajo de dicho nivel así mismo se deberá verificar por parte de los propietarios si el nivel de fundación realmente corresponde a estos niveles y en caso contrario hacer obras de refuerzo que no permitan el colapso de dicha estructuras.

Se considera necesario colocar estructuras de contención del relleno pues en caso de lluvias fuertes y sismo estos pueden llevar al colapso de dichas casas, que se pueden dar por las bajas propiedades del relleno. Esto implicaría la reconstrucción de las viviendas afectadas previo un estudio para cada estructura pero es de aclarar que los sistemas de construcción deben hacerse con avances máximos de 3 m y ejecutando rápidamente la estructura y llevando a cabo un monitoreo continuo del comportamiento de las edificaciones y preferiblemente evacuarlas durante la construcción.

No se puede hablar de antigüedad puesto que no ha fallado todavía, en cuanto a su actividad es inactivo, el mecanismo de falla se espera sea traslacional, la propagación es remontante hasta el límite cartografiado, la magnitud sería un 100% del área de influencia.

11.5.7 SITIO 7

En este sitio se realizo un análisis de estabilidad del botadero lateral de la vía, en este caso la pendiente es menor y no requiere de obras de contención como se puede apreciar en el capítulo de análisis.

En la Tabla 24 se presenta los parámetros de resistencia de los materiales determinados para el análisis.

Tabla 24. Parámetros de resistencia de los materiales

Material	Peso especifico KN/m3	Angulo de fricción (°)	Cohesión Kpa
Botaderos Antiguos de la Vía	19.47	25	3
Cuerpos Deslizantes y Flujos de Tierra (Qd y Qft)	14.1	26.5	0.12
Roca Alterada de la Formación Bogotá(Tess/Tcl)	27.7	32.7	47
Roca Moderadamente Meteorizada de la Formación Bogotá (Te)	28	35	50

Para la realización de los análisis de estabilidad se hicieron con método de bloque deslizante debido a la configuración de los depósitos.

12 ÍNDICE DE ESTABILIDAD ACTUAL

La evaluación de la estabilidad de taludes se realizó mediante métodos determinanticos en los cuales se busca obtener factores de seguridad de los taludes en condiciones normales (intrínseca de la ladera) y con la influencia de factores detonantes lluvia, sismo e intervención antrópica.

El Factor de Seguridad (FS) de un talud está dado por la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes. A su vez las fuerzas resistentes son función de los parámetros de resistencia del material (ángulo de fricción ϕ, y cohesión c, si se utiliza un modelo de falla Mohr-Coulomb), la presión de poros (que se puede modelar como Ru o niveles piezométricos), la aceleración producida por el

sismo (α), el peso unitario (γ) y la geometría del talud (por ejemplo ángulo del talud, β). Se puede decir que, todas las anteriores variables son aleatorias (con su respectiva distribución de probabilidad) que se pueden considerar como independientes; la convolusión de estas variables (según el modelo de falla) determina la distribución de probabilidad del Factor de Seguridad (FS); se puede determinar la probabilidad de falla del talud (Pf) determinando la probabilidad de que el FS sea menor o igual a 1.0.

Bajo la hipótesis de que las variables son independientes, se puede decir que la distribución de probabilidades del factor de seguridad es igual a la multiplicación de las funciones de distribución de probabilidad de las variables aleatorias, es decir:

$$f(FS) \quad = \quad f(\phi) \cdot f(c) \cdot f(\alpha) \cdot f(Ru)$$

Además, se tiene que:

$$FS \quad = \quad \varphi(\phi, c, \alpha, Ru)$$

Entonces, la probabilidad de falla se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$Pf \quad = \quad P(FS \leq 1.0) \quad = \quad \iiint_S f(FS)\, dFS \quad = \quad \iiint_S f(\phi) \cdot f(c) \cdot f(\alpha) \cdot f(Ru)\, d\phi\, dc\, d\alpha\, dRu$$

Donde S es el conjunto de todo (ϕ, c,α, Ru) tal que φ(ϕ, c, α,Ru) es menor o igual a 1.0, es decir cuando el FS es menor a la unidad (o sea, falla el talud).

Para resolver la integral planteada, existen métodos de análisis numéricos complejos tal como el método de Monte Carlo y su representación se puede realizar mediante GIS.

Para el estudio de zonificación de amenazas se tomo la metodología SIMPAP basado en la información disponible y los alcances de la escala de trabajo.

SINMAP 2.0 (índice de asignación de Estabilidad) es una aplicación ArcGIS, que implementa el cálculo y asignación de un índice de estabilidad de taludes basado información geográfica, en especial datos digitales de elevación del terreno.

SINMAP 2.0 tiene su base teórica en el modelo de la estabilidad para taludes infinitos, con datos de pendiente y humedad (presiones de poro) obtenidos a partir de datos topográficos e hidrológicos.

El modelo de elevación (DEM), se utilizan para obtener la información de entrada necesaria (pendiente y área de influencia específica). Los parámetros pueden tener cierta distribución uniforme entre los límites especificados. Estos pueden ser ajustados (y calibrado) con base en los datos de suelo, vegetación o geología. La metodología incluye una calibración visual interactiva basada en los deslizamientos observados.

El enfoque SINMAP se aplica a los fenómenos superficiales, deslizamientos traslacionales controlados por la convergencia de flujo de agua subterránea poco profunda. No se aplica a los deslizamientos profundos incluyendo flujos de tierra profundos y deslizamientos rotacionales.

Para calcular el índice de estabilidad se utiliza la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{C + \cos\theta\left[1 - \min\left(\frac{Ra}{T\sin\theta}, 1\right)r\right]t\theta}{\sin\theta}$$

Donde las variables a y θ junto con los parámetros c, tanθ, r y R/T están en función de la topografía.

La relación de densidad r se toma como constante (0,5) pero debido a la incertidumbre permite tomara datos de limites inferir y superior. Estos límites definen distribuciones de probabilidad uniforme sobre cantidades que se supone varían al azar. Donde R/T = x, $\tan_\theta$= t, y la distribución uniforme de límites inferior y superior está dada por: C ~ U(C1, C2)

x ~ U(x1, x2) (10)

t ~ U(t1, t2)

Donde el menor (c1 y t1) junto con el mayor (x2) define el peor de los casos (más conservador) para escenarios bajo esta incertidumbre donde se supone una variabilidad de los diferentes parámetros.

Para las áreas donde el FS es mayor que 1 se considera que existen condiciones de estabilidad y se define como:

$$SI = FS\min = \frac{C1 + \cos\theta\left[1 - \min\left(x2\frac{a}{\sin\theta}, 1\right)r\right]t1}{\sin\theta}$$

Esta es una distribución espacial de la probabilidad basado en c, tanθ y T. Esta probabilidad tiene un elemento temporal R, humedad que puede variar con el tiempo. Por lo tanto la incertidumbre de x cambia la probabilidad espacial y temporal.

SI = Prob (FS > 1)

Cuando C = C2, x = x1, y t = t2 lo que conduce a:

$$FS\max = \frac{C2 + \cos\theta\left[1 - \min\left(x1\frac{a}{\sin\theta}, 1\right)r\right]t2}{\sin\theta}$$

Donde FS max < 1 entonces

SI = Prob (FS > 1) = 0

Áreas con SI > 1 (FS min >1), 0 < SI < 1 y SI = 0 (FSmax < 1), se define espacialmente en términos de la pendiente (tanθ) del área de influencia especifica.

12.1 ÍNDICE DE ESTABILIDAD ACTUAL

Siguiendo la metodología descrita anteriormente se realizo el procesamiento de información a través del SIG y el mapa de pendiente del terreno GE-239-PL-05 PENDIENTES. En la Tabla 25, se describen los índices de estabilidad que se utilizaron en función de los factores de seguridad y los alcances y limitaciones del análisis.

Tabla 25 Índice de estabilidad definidos por el método SINMAP

Condición	Descripción	Parámetros del modelo	Posible influencia de factores no incluidos en el modelo
SI > 1.5	Estable	Entre los rangos establecidos	Factores significativos de desestabilización
1.5 > SI >1.25	Alta Estabilidad	Entre los rangos establecidos	Factores moderados de desestabilización
1.25 > SI > 1.0	Moderada Estabilidad	Entre los rangos establecidos	Factores de desestabilización de menor influencia
1.0 > SI > 0.5	Baja Estabilidad	Requiere revisar parámetros	Factores inestables pueden ser responsables de la estabilidad
0.5 > SI	Muy baja Estabilidad	Requiere análisis especifico de estabilidad	Factores estables pueden ser responsables de la estabilidad
00 > SI	Inestable	Requiere análisis especifico de estabilidad	Son requerido análisis los factores de estabilidad para el análisis de estabilidad

Para el área de estudio se tomaron los siguientes parámetros basado en el comportamiento de los suelos y las rocas con las características geológicas y de acuerdo a resultados en trabajos de geotecnia en zonas similares de la Tabla 26 y georeferenciado en el plano GE-239-PL-06 Índice De Estabilidad.

Tabla 26 Parámetros Geotécnicos tomados para el modelo SINMAP

PARÁMETROS	VALORES
t / r (Limite inferior)	2000
t/r (Límite superior)	3000
Cohesión (Limite inferior)	0
Cohesión(Límite superior)	0.25
(grados) (Limite inferior)	30
(grados) (Limite superior)	45
Densidad del suelo (Kg/m3)	2000

En la Ilustración 14 se muestra los resultados del procesamiento los índices de estabilidad originales sin incluir los efectos de los factores detonantes y de calibración como se presenta en detalle el plano GE-239-PL-06 Índice De Estabilidad.

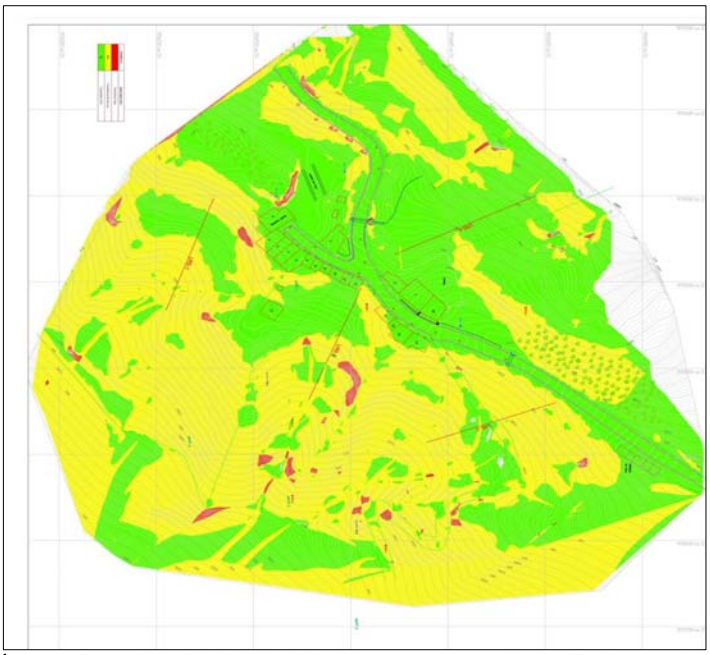


Ilustración 14 Índice de estabilidad actual del Asentamiento Santa Ana de la localidad de Sumapaz

12.2 ZONAS DE INUNDACIÓN

Para la generación de las áreas susceptibles de inundación se utilizo el software de SINMAP.02, que es aplicado para georeferenciar la trayectoria y acumulación de flujos de agua superficial y zonificación de deslizamientos translacionales.

El software se estructura en función de datos en red que toma como base el modelo de elevación digital de datos (DEM) y un caudal inicial estimado.

Las redes y cuadrícula creadas pasa por el procesamiento de Modelo de elevación digital de datos

- Dirección del flujo
- Pendiente longitudinal del flujo
- Contribuir Área aferente

Las zonas de susceptibilidad a empozamiento o acumulación de aguas se presenta en el PLANO GE-239-PL-07 denominado “Saturación del suelo por agua”, a continuación se presenta la Ilustración 15, esquemática de este plano.

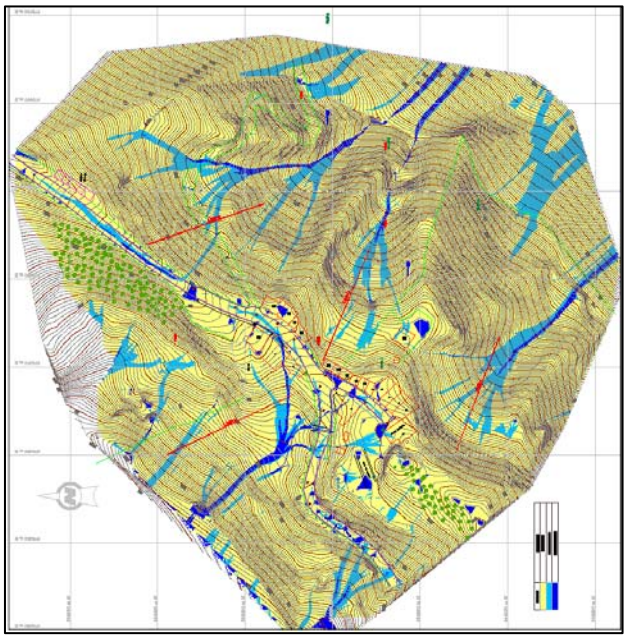


Ilustración 15 Índice de zonas de acumulación del Asentamiento Santa Ana de la localidad de Sumapaz

13 EVALUACIÓN DE AMENAZA

13.1 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.

13.2 Resultado de análisis

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizó como criterios de categorización los presentados en la Tabla 27, 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 27. 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).

13.3 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.

13.3.1 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.

13.3.2 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.

13.3.3 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.

13.3.4 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.

13.3.5 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.

13.3.6 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.

13.3.7 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 28 donde se resume los factores de seguridad obtenidos en los sitios analizados:

Tabla 28 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

13.4 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 29. En el plano GE-239-PL-14 se presenta la localización de esta obra.

Tabla 29 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.

13.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

En el área se Presentan 3 unidades claramente diferenciables así:

13.5.1 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.

13.5.2 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.

13.5.3 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

14 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.

14.1 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[2] y modificada por Soler Et Al[3]. 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).

14.1.1 Tipificación de las estructuras

En forma general la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la amenaza en la segunda variable (resistencia del elemento expuesto) se tipifican las viviendas teniendo en cuenta los criterios de resistencia de la estructura, en la Tabla 30 se muestra lo descrito con anterioridad.

Tabla 30 Criterios de resistencia de la estructura

Tipo de solicitación	Modos de daño	Criterio de resistencia de la estructura
Desplazamientos laterales	Transporte. Deformación. Asentamientos. Ruptura.	Profundidad de la cimentación. Arriostramiento de la estructura. Altura de la estructura.
Empujes laterales	Deformación. Ruptura.	Profundidad de la cimentación. Refuerzo.
Impactos	Deformación. Ruptura.	Refuerzo

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente, para tipificar las viviendas se adopta el criterio de Leone, el cual se resume a continuación en la Tabla 31.

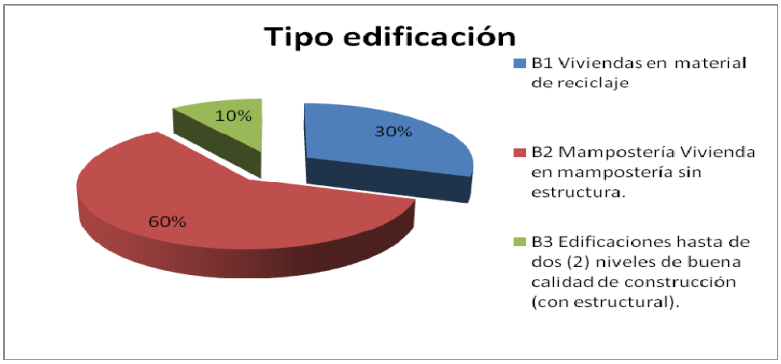
[2] Leone, F. (1999) CONCEPT DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES PAR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERREIN. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.

[3] 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.

Tabla 31 Clasificación de la tipología de vivienda

Tipo edificación	Descripción
B1	Viviendas en material de reciclaje
B2 Mampostería	Vivienda en mampostería sin estructura.
B2 Prefabricados	Vivienda prefabricada.
B3	Edificaciones hasta de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructural).
B4	Edificaciones de más de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructural).

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 4, se presenta en forma porcentual la distribución de las tipologías de viviendas del asentamiento de Santa Ana.



Gráfica 4 Distribución porcentual de la tipologías de las viviendas

14.1.2 Calificación de los daños

En la metodología propuesta por Leone, para calificar los daños producidos en las viviendas por fenómenos de remoción en masa, se sigue el criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32 Clasificación de los daños según el DRM

Índice de daño	Tipo de daño	Porcentaje de daño
1	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	0.0 - 0.1
2	Fisuración de paredes (muros). Reparaciones no urgentes.	0.2 - 0.3
3	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales.	0.4 - 0.6
4	Fracturación de la estructura. Evacuación inmediata.	0.7 - 0.8
5	Derrumbe parcial o total de la estructura.	0.9 - 1.0

El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone como:

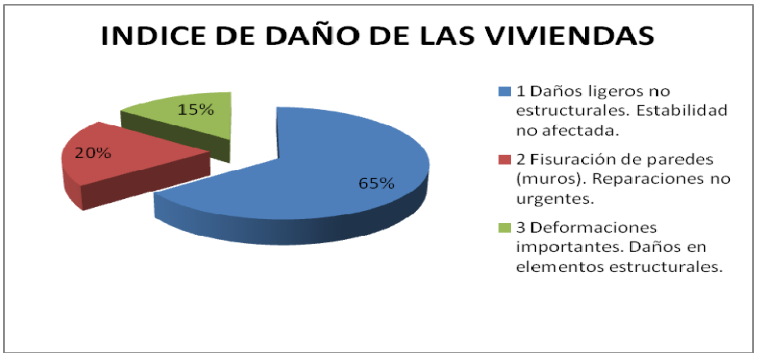
$$IP = \frac{(Vi - Vf)}{Vi}$$

Donde,

- Vi : Valor inicial del bien (antes del evento).
- Vf : Valor final del bien (después del evento).

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 5.



Gráfica 5 Índice de daño reportado en el asentamiento de Santa Ana

14.1.3 Tipos de movimientos y solicitaciones

El tipo de solicitación depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el fenómeno[4], tal como se presenta la Ilustración 16 y en la Tabla 33.

Tabla 33 Tipo de solicitación

Solicitación	DEFORMACIÓN[5]
Muy baja (MB)	Menor a $\lambda/480$
Baja (B)	Entre $\lambda/360$ y $\lambda/480$
Media (M)	Entre $\lambda/240$ y $\lambda/360$
Alta (A)	Entre $\lambda/180$ y $\lambda/240$
Muy Alta (MA)	Mayor a $\lambda/180$

[4] 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.

[5] λ se refiere a la luz de la viga o losa en una dirección.

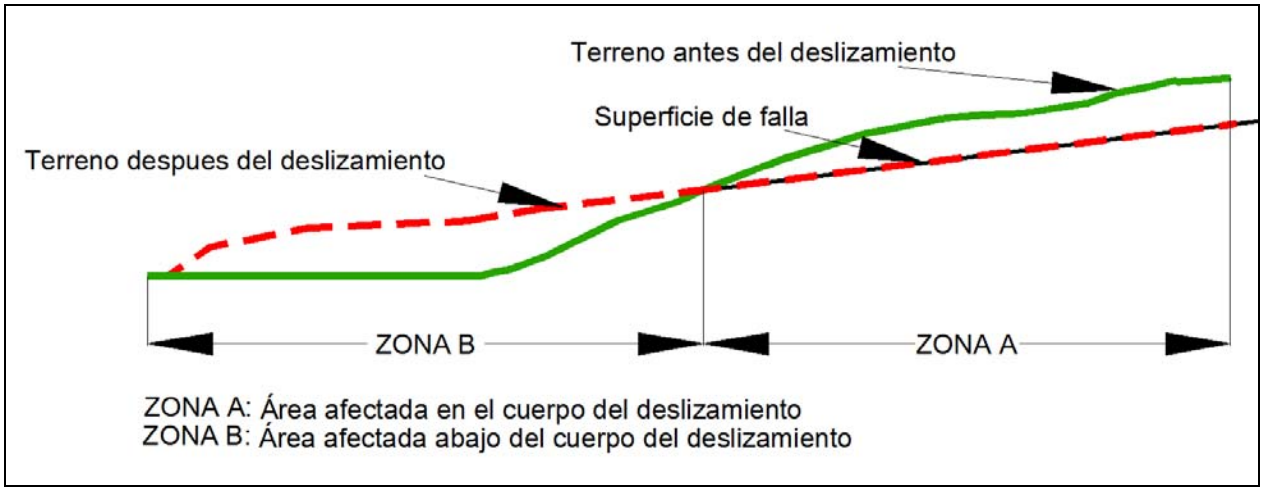


Ilustración 16 Esquema de deslizamiento

Como se puede observar en la Ilustración 16 se distinguen claramente dos (2) zonas.

- En la Zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Directa, los daños que sufrirían las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos laterales (DL) que a su vez dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utiliza la escala propuesta por Cruden y Varnes, presentada en la Tabla 34.

Tabla 34 Rangos de velocidad utilizadas en el estudio

Descripción	Clase	Velocidad característica
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/seg
Rápido	VM2	Entre 0,5 mm/seg y 50 mm/seg
Moderado	VM3	Entre 0,05 mm/seg y 0,5 mm/seg
Lento	VM4	Entre 0,005 mm/seg y 0,05 mm/seg
Muy lento	VM5	Menor a 0,005 mm/seg

- En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, los daños de las viviendas se pueden relacionar con los empujes laterales (EL) que igualmente se pueden asociar con la altura que alcanza la acumulación de material contra la vivienda (Tabla 35):

Tabla 35 Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio

Descripción	Clase	Característica
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

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), tal como se aprecia en el capítulo 11, donde se describen los procesos que se están generando en el asentamiento de santa Ana.

14.1.4 Matriz de daño

Se asocian los Índices de Daños Potenciales (IDp) ocasionados por un evento dado, de acuerdo tanto al tipo de solicitud (magnitud del evento) como a la tipología de la vivienda (resistencia del elemento expuesto). Las solicitaciones dependen del tipo de vivienda, y se asigna el índice de daño potencial (IP) de acuerdo con la siguiente matriz de daño utilizada en la Tabla 36.

Tabla 36 Matriz de daño utilizada en el estudio

CLASE DE SOLICITACIÓN		TIPOLOGÍA DE LA COSNTRUCCION			
		B1	B2	B3	B4
DESPLAZAMIENTOS LATERALES	VM1	V	V	V	IV
	VM2	V	V	IV	IV
	VM3	V	IV	III	III
	VM4	IV	III	III	II
	VM5	III	II	I	I
EMPUJES LATERALES	PL1	V	IV	III	III
	PL2	V	IV	III	II
	PL3	IV	III	II	I

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.

14.2 Índice de vulnerabilidad física (IVF)

El Índice de Daño se cuantifica por medio de conjuntos difusos presentada en la Ilustración 17, 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).

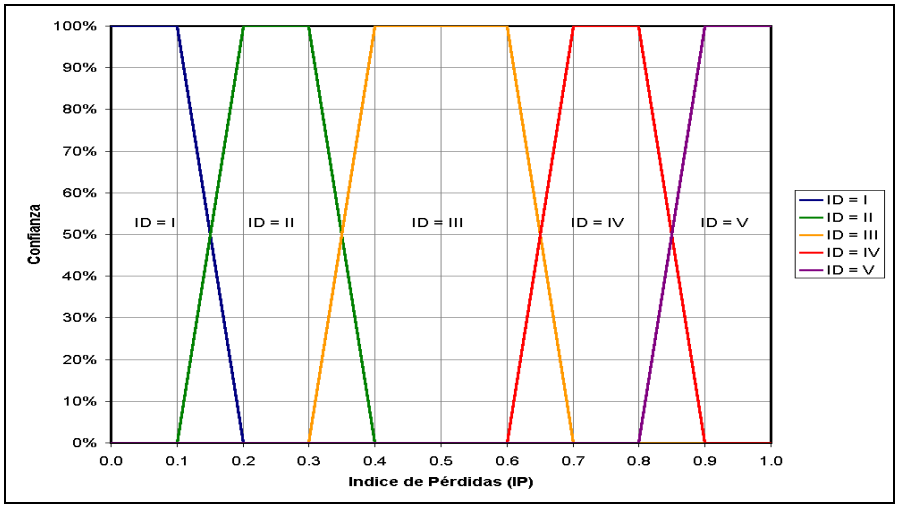


Ilustración 17 Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos

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:

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

14.2.1 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 37.

Tabla 37 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 38 un resumen del análisis realizado para cada vivienda.

Tabla 38 Resumen de los resultados de vulnerabilidad

ID DEL PREDIO	ÍNDICE DAÑO ACTUAL	IPa	TIPO VIVIENDA	SOLICITACION ZONA A	SOLICITACIONES ZONA B	MATIZ DE DAÑO	IP	CATEGORÍA AMENAZA	CATEGORÍA VULNERABILIDAD	IVF = IPa+IP-(IPaxIP)
1	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
2	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63
3	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
4	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
5	4	0.5	B1	VM5		IV	0.75	MEDIA	ALTA	0.88
6	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
7	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
8	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
9	1	0.05	B3	VM5		I	0.05	MEDIA	BAJA	0.10
10	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
11	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63
12	1	0.05	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.53
13	1	0.05	B2map		PL3	III	0.5	BAJA	MEDIA	0.53
14	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
15	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
16	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63
17	2	0.25	B1	VM5		III	0.5	MEDIA	MEDIA	0.63
18	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29
19	1	0.05	B3	VM5		I	0.05	MEDIA	BAJA	0.10
20	1	0.05	B2map	VM5		II	0.25	MEDIA	BAJA	0.29

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.

14.3 Riesgo

14.3.1 Método de análisis

El denominado riesgo (económico, social o ambiental, según sea el sector que represente al usuario) se puede simular mediante el modelo dinámico del tipo integral (Rivera, 2001):

$$R_{E,S,A} = \int P(e)\, \mathrm{P}_{(E,S,A)}$$

En donde,

$R_{E,S,A}$ Es el riesgo, sea económico (E), social (S) o ambiental (A).

$P(e)$ Es la probabilidad cuantitativa del evento que se pronostica; se denomina también amenaza (H).

$P_{(E,S,A)}$ Es la pérdida en el sector, sea económico (E), social (S) o ambiental (A), que se relaciona con el evento natural que se predice; también se suele denominar vulnerabilidad (V).

Para el caso en estudio, y una vez obtenida la amenaza y la vulnerabilidad, se puede estimar el riesgo físico individual de cada edificación definiendo el índice de riesgo (IR) como:

$$IR = P_f \cdot IVF$$

Teniendo en cuenta que la amenaza se definió como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y la vulnerabilidad como un índice de pérdidas, representado como un conjunto difuso, el índice de riesgo también es un conjunto difuso que, para el caso utilizado de conjuntos difusos trapezoidales, se puede representar por la función presentada en la Ilustración 18.

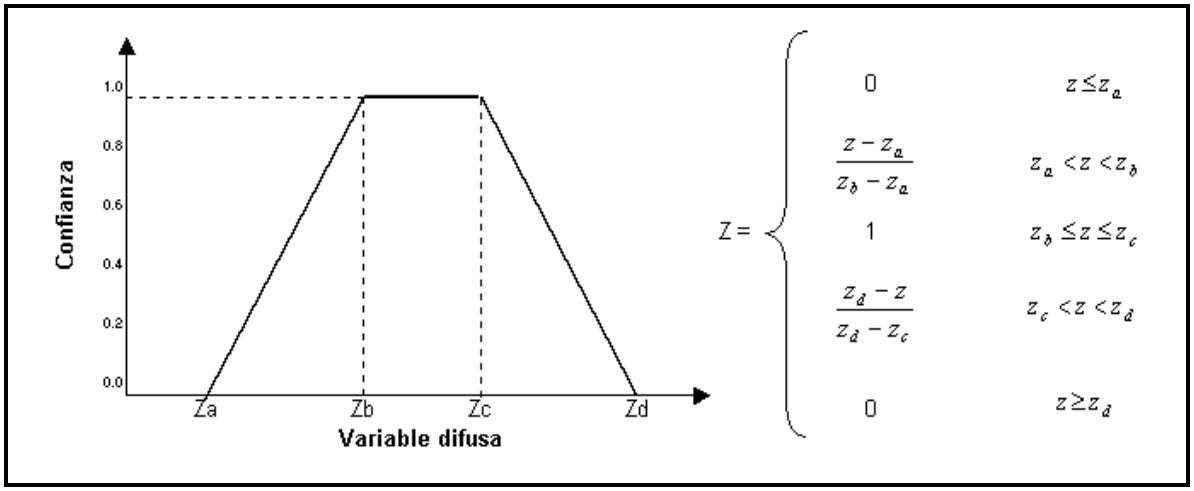


Ilustración 18 Conjuntos difusos trapezoidales

Una vez calculado el índice de riesgo representado como una variable difusa se puede calcular el riesgo como la probabilidad de excedencia de las pérdidas; hay dos (2) posibilidades para calcularla:

Hipótesis 1

En este caso se puede determinar la esperanza y la varianza del factor de seguridad como el primer momento y el radio de giro con respecto a la media de la función difusa, respectivamente; es decir,

- Media

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} z \cdot f(z)\, dz\,, \qquad \text{para la esperanza o media.}$$

Para el conjunto difuso trapezoidal se tiene que:

$$\mu = z_a + \frac{1}{A}\left[\frac{4A_1^{\,2}}{3} + A_2\left(\frac{A_2}{2} + 2A_1\right) + A_3\left(A_2 + 2A_1 + \frac{2A_3}{3}\right)\right]$$

Donde,

$$A_1 = \frac{z_b - z_a}{2}$$

$$A_2 = z_c - z_b$$

$$A_3 = \frac{z_d - z_c}{2}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

- Varianza

$$V(z) = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (z - \mu)^2 \cdot f(z)\, dz$$

Para el conjunto difuso trapezoidal

$$\sigma^2 = \frac{I_\mu}{A} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{A}$$

Donde,

$$I_1 = \frac{(z_b - z_a)^3}{36} + A_1 \left[\mu - \left(\frac{2\, z_b + z_a}{3} \right) \right]^2$$

$$I_2 = \frac{(z_c - z_b)^3}{12} + A_2 \left[\mu - \left(\frac{z_c + z_b}{2} \right) \right]^2$$

$$I_3 = \frac{(z_d - z_c)^3}{36} + A_3 \left[\mu - \left(\frac{z_d + 2\, z_c}{3} \right) \right]^2$$

Con la esperanza (o media) y la desviación estándar del IR, se puede calcular la probabilidad de excedencia de cierto valor de referencia (que son las pérdidas admisibles por el propietario, y conocido como el nivel riesgo admisible; este riesgo aceptado, es denominado en este estudio IRo), que es ajustado a una función de distribución de probabilidad (se debe a la de mejor ajuste, ya bien sea normal, log-normal, beta, etc.).

Hipótesis 2

Se calcula la probabilidad de excedencia de un valor dado como,

$$R = \frac{\int_{IR_0}^{\infty} Z\,dz}{\int_{-\infty}^{\infty} Z\,dz} \qquad Z \equiv IR$$

Para un conjunto difuso trapezoidal, la anterior ecuación da como resultado lo que se presenta en la Ilustración 19.

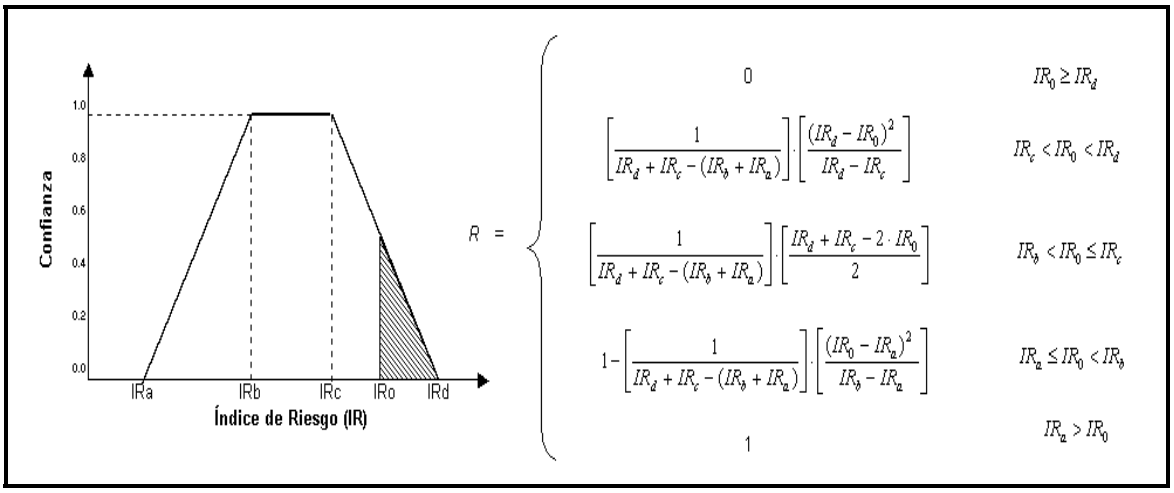


Ilustración 19 Cálculo del riesgo por conjuntos difusos trapezoidales

14.3.2 Criterios aplicados y resultados obtenidos

Para el caso en estudio se aplica la Hipótesis 1 que son las pérdidas admisibles por el propietario, y conocido como el nivel riesgo admisible, determinando los niveles de riesgo según la probabilidad de excedencia de las pérdidas probables admisibles (IRo), definidas en un 10%, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 39.

Tabla 39 Categorización del riesgo

Nivel de riesgo	Criterio
Bajo	La probabilidad de excedencia de las pérdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) es menor al 2%.
Medio	La probabilidad de excedencia de las pérdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) está entre el 10% y el 2%
Alto	La probabilidad de excedencia de las pérdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) es mayor al 10%.

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 40, 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.

Tabla 40 Análisis de Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento.

ID DEL PREDIO	INDICE DAÑO ACTUAL	IPa	TIPO VIVIENDA	SOLICITACION 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	4	0.5	B1	VM5		IV	0.75	MEDIA	ALTA	0.88	0.034	0.165	Alto
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

Para el predio 15 tanto la vulnerabilidad como el riesgo es alta, debido a que la construcción presenta deficiencias tanto de estructura como de cimentación.

15 ZONAS DE APTITUD

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

15.1 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.

15.2 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.

15.3 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.

15.4 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.

16 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

16.1 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.

16.2 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.

16.3 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.

16.3.1 El modelo de decisión

En la Ilustración 20, 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.

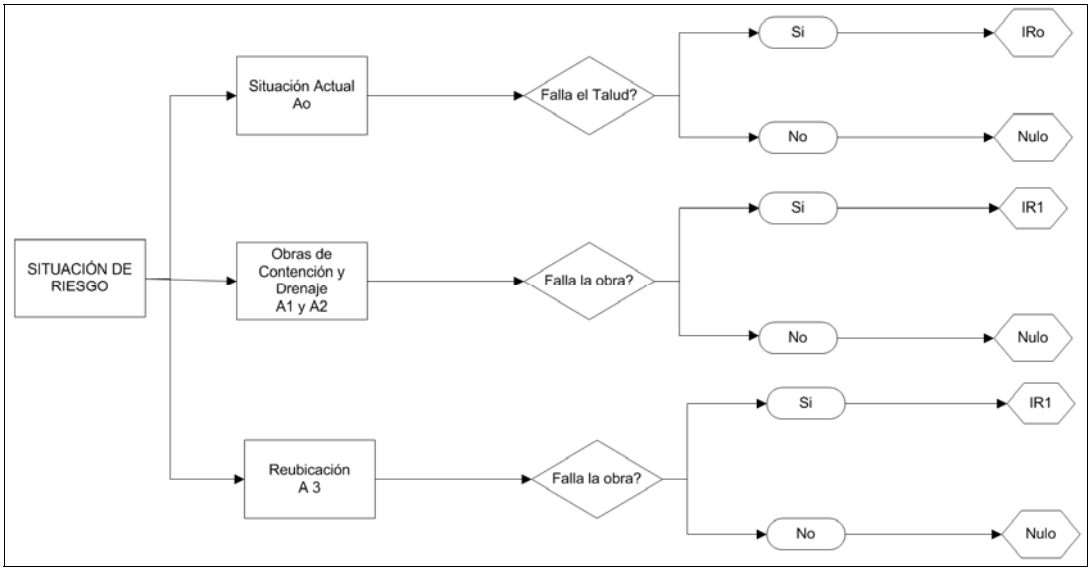


Ilustración 20 Árbol de decisiones[6]

16.3.2 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 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.

[6] 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.

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.

16.4 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:

16.4.1 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 21.

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

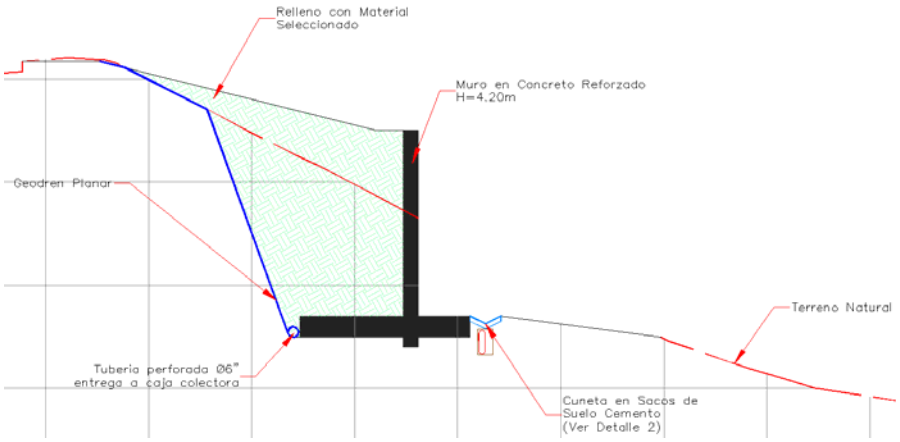


Ilustración 21 Detalle muro alternativa 1

16.4.2 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 22.

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

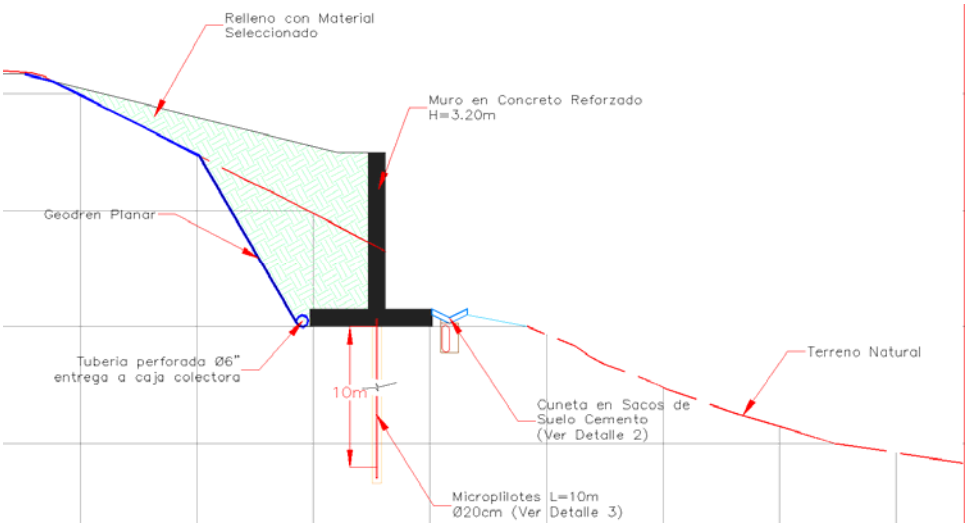


Ilustración 22 Detalle muro alternativa 2

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.

17 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:

17.1 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.

17.2 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

17.3 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.

18 PROCESO CONSTRUCTIVO, CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

18.1 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.

18.2 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.

18.3 Presupuesto y Cantidades De Obra

18.3.1 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 41. Se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 41 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 16 se establece el análisis de costo beneficio que se presenta en la Tabla 42, el cálculo del costo beneficio se presenta en el Anexo VI-C.

Tabla 42 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

19 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.

20 PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

20.1 Descripción

El Plan de Gestión Social corresponde a todas aquellas actividades que el contratista de la obra debe realizar con la comunidad, para dar cumplimiento a cabilidad con la ejecución de las obras de estabilización geotécnica del asentamiento de Santa Ana de la localidad de Sumapaz.

20.2 Objetivos

Los objetivos que se han establecido en el PGS son los siguientes:

- ✓ Mitigar los impactos negativos generados por la construcción de la obra.
- ✓ Brindar la información necesaria y requerida por la comunidad del área de influencia directa de la obra.
- ✓ Crear un escenario propicio para la participación comunitaria.
- ✓ Dar oportuna respuesta a las solicitudes, inquietudes y requerimientos de la comunidad propietaria, residente, habitante o comerciante del área de influencia directa del proyecto.
- ✓ Promover en las comunidades del área de influencia directa el uso, disfrute y cuidado del espacio público y Recurso humano de Gestión social requerido por el contratista para la etapa de construcción.

20.3 Personal Social Necesarios Contratista E Interventoría

El contratista deberá contar con el personal social requerido y descrito en la Tabla 43 (residente social), cuyas actividades y obligaciones son sin limitarse a estas:

- ✓ Responsable de la ejecución del PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.
- ✓ Representante del contratista de obra ante la comunidad en todo lo relacionado con el área social.
- ✓ Encargado de la supervisión y coordinación de la capacitación en todos los aspectos propios del PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.

- ✓ Participación en los comités sociales.
- ✓ Participación activa en la programación mensual y semanal en las actividades sociales propias de la obra.
- ✓ Coordinar y participar de las reuniones del contratista de obra con la comunidad.
- ✓ Responsable del montaje y funcionamiento de los Puntos de información a la comunidad (punto CREA).
- ✓ Presidirá los comités (punto CREA).
- ✓ Adelantará los informes y formatos propios del PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.
- ✓ Realizar los presupuestos y las solicitudes de insumos para adelantar las labores sociales propias del PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.
- ✓ En caso necesario, responder a las quejas y reclamos de la comunidad dando la solución pertinente y oportuna.
- ✓ Coordinar la elaboración y distribución de las piezas de comunicación para las diferentes actividades con la comunidad.

Tabla 43. Personal social requerido por el contratista

PERSONAL	REQUISITOS MÍNIMOS
Un (1) Residente Social Dedicación 50%	Deberá ser un profesional en el área social (Sociólogo, Psicólogo, Comunicador social o Trabajador social), con tarjeta profesional vigente, con experiencia general no menor de 2 años, de los cuales debe tener como mínimo 1 año de experiencia específica en el área Social en proyectos de infraestructura vial urbana, O 1 año de experiencia como mínimo en entidades de carácter estatal tiempo durante el cual debe haber sido responsable del manejo de proyectos en el área Social.

20.4 Estrategias

20.4.1 Puntos Crea (Centro de Reunión, Encuentro y Atención)

El contratista de las obras, deberá contar con un (1) sitio, donde se brinde toda la información que la comunidad requiera, este sitio deberá estar visible a los transeúntes y estar cerca a la obra.

Este punto de atención deberá ser liderado por el Residente Social, quien será el encargado de atender a la comunidad interesada en los proyectos, brindando toda la información que sobre la construcción de las obras requiera; así mismo, recibirá todas las inquietudes, quejas y reclamos que sobre las obras en construcción hagan las comunidades del área de influencia directa del proyecto.

20.4.2 Comités CREA

Los Comités CREA estarán conformados por ciudadanos líderes de la comunidad, propietarios, habitantes, residentes, comerciantes, propietarios de negocios del área de influencia directa del proyecto y que deseen hacer parte de ellos.

Las personas que estén interesadas en participar de los Comités CREA, se podrán inscribir en las reuniones de inicio o en los puntos CREA, comprometiéndose a representar a los miembros de la comunidad del área de influencia de las obras

Entre las funciones que deben desarrollar los miembros de la comunidad, integrantes de los Comités CREA tenemos:

- ✓ Divulgación e información entre los miembros de la comunidad del área de influencia de la obra, todo lo concerniente a la misma.
- ✓ Ejercer control de la obra, con el fin de lograr un buen desarrollo de la misma.
- ✓ Recoger e identificar todos los problemas que la comunidad manifiesta con relación a la obra y llevarlos a los comités para recibir respuestas y soluciones de parte del contratista.
- ✓ Informar a la comunidad, a los acuerdos que se lleguen y las soluciones que se den a los problemas por ellos identificados.
- ✓ Promover entre las comunidades del área de influencia de la obra, el uso y cuidado del espacio público y la preservación del medio ambiente.

Como mínimo se deben realizar estos comités cada 15 días durante el desarrollo de las obras.

20.4.3 Afiches informativos

Son herramientas de información masiva, que contiene información general sobre las obras, se colocan en los Puntos CREA y deberán permanecer como mínimo un mes en cada uno de los Puntos y se elaborarán previo acuerdo con la entidad contratante.

20.4.4 Volantes de información

Se describe en estos volantes los aspectos específicos de la obra, se distribuyen a la comunidad o se dejan a disposición en los Puntos CREA, con el fin de que la comunidad tenga fácil acceso a ellos.

Para efectos del proyecto se utilizarán cinco tipos de volantes:

- ✓ Volante de inicio de obra
- ✓ Volante de plan de manejo de tráfico
- ✓ Volante de finalización de obra
- ✓ Volante de invitación a reuniones
- ✓ Volante de información ciudadana

20.5 SUBPROGRAMAS

20.5.1 Subprograma de información

20.5.1.1 Reuniones generales informativas

El Contratista de la Obra deberá informar a la comunidad ubicada en el área de influencia, directa del proyecto a través de reuniones generales informativas, que serán:

- ✓ Reunión de Inicio de Obra
- ✓ Reunión de finalización del Proyecto

En su orden las reuniones de inicio de las obras las debe realizar el contratista ocho (8) días antes del inicio de la etapa de construcción y cuando la obra esté en el 90% se citará a la reunión de finalización de la misma. Las reuniones se realizarán con los residentes, comerciantes, arrendatarios y propietarios que se encuentren ubicados en el área de influencia directa de las obras a ejecutar.

Para la realización de estas reuniones el contratista de la obra convocará a todas las comunidades del área de influencia contando con la asesoría de un funcionario de la entidad contratante, además de la Interventoría.

Las invitaciones se harán a través de volantes de invitación a reunión, repartidos predio a predio y se harán por lo menos tres (3) días antes de la realización de la reunión.

20.5.1.2 Reunión inicio de obra – información general

El contratista de la obra deberá presentar la siguiente información:

- ✓ Presentación de la entidad contratante, del Contratista y del Interventor.
- ✓ Objetivos y tipo de Obra, diseños de señalización provisional, desplazamientos peatonales (si los hay).
- ✓ Diseño definitivo de la obra y características de diseño. Explicación detallada del proyecto y de las obras a construir, con planos en escala adecuada.
- ✓ Etapas de la obra, valor, plazo y cronograma de ejecución.
- ✓ Impactos Sociales. Estrategias y subprogramas para su mitigación.

20.5.1.3 Reunión finalización de la obra

El contratista de la obra informará a la comunidad el estado final de la misma, manifestará además la fecha de finalización, se recogerán todas las inquietudes que con relación a las obras tenga la comunidad, esto con el fin de dar una respuesta oportuna; a continuación se hará una entrega formal de las obras, realizando un recorrido por las mismas con todos los integrantes del Comité CREA.

20.5.1.4 Requerimientos para las reuniones

Las reuniones se realizarán en salones comunales, o en instituciones de la zona de influencia. El contratista levantara un acta de la reunión y se llenará el listado de asistentes a la misma, previamente el contratista habrá realizado las gestiones para consecución del sitio de la reunión.

Se convocará a los líderes de la comunidad tales como presidentes de Juntas de acción Comunal, Miembros de Asociaciones Comunitarias y a quienes requiera la entidad contratante o la interventoría.

Por exigencia de la comunidad afectada directamente por el proyecto, por orden de la Interventoría, o la entidad contratante, se podrá convocar a reuniones adicionales si la circunstancia así lo requiera.

20.5.2 Subprograma de divulgación del proyecto

20.5.2.1 Elementos de divulgación

Además de todos los elementos de divulgación que se dan el contratista deberá instalar lo siguiente:

- ✓ **Vallas Móviles**: Estas herramientas de divulgación sirven para informar la proximidad a un tramo de vía o andén que se encuentra en intervención.
- ✓ **Valla Fija**: Es otra herramienta de divulgación masiva que contiene información general del proyecto y se ubica en espacio público cercano a la obra, deberá instalarse como mínimo diez (10) días antes del inicio de la etapa de construcción, deberán estar colocadas al empezar y al finalizar la obra.

20.5.3 Levantamiento de actas de vecindad

Las Actas de Vecindad de la Guía de Manejo Ambiental para el desarrollo de infraestructura urbana en el Distrito Capital (Resolución 991 de 2001 expedida por el DAMA), se levantarán a través de visitas domiciliarias y deberán estar levantadas en su totalidad antes del inicio de obra.

El Contratista de la obra levantará las Actas de Vecindad para los predios afectados directamente por la obra.

Las Actas de Vecindad y su respectivo registro fotográfico, serán levantadas por un Ingeniero o Arquitecto (Director de obra o Residente), suministrado por el contratista, quien estará acompañado de un Trabajador Social y un representante de la Interventoría.

Para la toma de fotografías de las Actas de Vecindad, deberá tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Una fotografía general del antejardín del inmueble.
- ✓ Dos (2) fotografías, como mínimo, de la fachada del inmueble y las fotografías que se requieran para demostrar el estado interno de la vivienda.
- ✓ En las fotografías se deberán registrar los detalles o averías existentes en las paredes como humedad, fisuras, estado de la pintura, entre otros.
- ✓ Las fotografías serán impresas a color y en tamaño postal.

Se levantarán la totalidad de las actas de vecindad requeridas, para lo cual entregará una programación detallada de la metodología en la cual especifique, fecha, direcciones, hora y responsable del levantamiento de las actas. Esta información deberá ser entregada a la Interventoría para la correspondiente verificación, una semana antes del inicio del levantamiento de dichas actas.

Las Actas de Vecindad deberán ser entregadas a la Interventoría. Lo anterior sin perjuicio que, por exigencia de la Interventoría o del FOPAE, el Contratista de la obra presente informes anteriores o posteriores correspondientes al levantamiento de Actas de Vecindad. Cada Acta de Vecindad, entregada a la Interventoría, deberá contener impresiones de las fotos originales.

El Contratista de la obra, a través de los responsables de la Gestión Social en obra o el Director, informarán a la comunidad: propietarios, residentes, dueños o administradores de establecimientos comerciales, sobre la realización de las Actas de Vecindad.

Si se presentare algún reclamo por averías en los inmuebles, la persona que se desempeñe como Residente Social organizará una comisión integrada por un ingeniero, un arquitecto y un profesional en el Área Social, la Interventoría, y una persona idónea y competente para tomar nuevas fotografías.

Esta comisión visitará el sitio y cotejará en campo la situación del momento con el registro fotográfico inicial, en presencia de la persona que haya interpuesto la queja o reclamo. El nuevo registro fotográfico buscará captar los mismos ángulos visuales del primero y se anexará al archivo.

Si se llegare a probar que por causa de la obra se ocasionó un daño en los inmuebles, se abrirá un fólder con la respectiva documentación que respalde las medidas de compensación realizadas.

20.5.4 Convocatorias

Para cualquier invitación que se haga a la comunidad, el contratista lo hará a través de volantes de invitación, que serán entregados predio a predio, o en las Juntas de Acción Comunal, u organismos convocados, la especificación del volante la estipulará la entidad contratante.

Información en caso de actividades extraordinarias en desarrollo de la obra

En caso de ser necesario desarrollar actividades extraordinarias en la obra que afecten la cotidianidad de la comunidad aledaña a la misma, como la intervención forestal, la intervención de redes de servicios públicos que genere la suspensión de los mismos, planes de desvíos de las rutas de transporte público y cierre de vías, se deberá dar aviso a la comunidad afectada mediante volante informativo, con (3) tres días de anticipación.

La Interventoría y la entidad contratante definirán, dependiendo de la actividad, la metodología para la entrega de los volantes en cada una de las contingencias presentadas durante la ejecución de la obra.

20.5.5 Información sobre las etapas de la obra

El Contratista de la obra entregará puerta a puerta, los volantes informativos de inicio de obra a los predios ubicados en el área de influencia directa de cada una de las obras. Estos volantes se entregarán tres (3) días antes de la realización de la primera reunión de inicio de obra.

El contratista de la obra entregará puerta a puerta los volantes informativos de finalización de la obra a los predios ubicados en el área de influencia directa, al completarse el 90% de la etapa de construcción de la obra.

El Contratista de la obra demostrará la entrega de los volantes con el diligenciamiento del formato de entrega de volantes .

Cuando los Puntos Satélites escogidos no estuvieran siendo utilizados por otro Contratista, el Contratista del presente proyecto deberá realizar las gestiones correspondientes a la instalación y mantenimiento de los Puntos Satélites de Información descritas en el presente numeral.

20.5.6 Divulgación del plan de manejo de tráfico (PMT)

Es responsabilidad del Contratista de la obra suministrar información permanente a las comunidades directamente beneficiadas, sobre el Plan de Manejo de Tráfico, Señalización y Desvíos implementado por el Contratista, si fuere necesario. Tal información se debe difundir durante las Etapas de Preconstrucción y Construcción

20.5.7 Definición de piezas de comunicación

Como piezas de comunicación se tendrán las siguientes:

20.5.7.1 Afiches Informativos

Contienen información general sobre el proyecto, previamente definidos por el Contratista de la obra. Los afiches serán actualizados cada mes. El numero de afiches es de dos (2).

20.5.7.2 Volantes de Información

En estos volantes se describen los aspectos específicos de la obra, se distribuyen a la comunidad y se dejan en los Puntos Satélites de Información y en los Puntos CREA para que la comunidad tenga acceso a ellos.

Para efectos del presente proyecto son tres (3) los tipos de volantes: (i) volante de inicio de obra, (ii) volante de finalización de obra, (iii) volante de invitación a reunión.

20.5.7.3 Volantes de PMT

Son herramientas de información masiva que contienen información general del Proyecto y describen específicamente el Plan de Manejo de Trafico. (si fuere necesario)

Las especificaciones de diseño de los avisos de los Punto CREA, de los volantes de información y de los volantes del PMT (si fuere necesario), deberán ser solicitados por el Contratista a la entidad contratante, dentro de los cinco (5) primeros días del primer mes de la etapa de preconstrucción.

20.5.8 Subprograma de Atención al Ciudadano

20.5.8.1 Instalación del Punto de Atención al Ciudadano – Punto CREA

El Contratista de la obra deberá disponer de un (1) Punto de Atención al Ciudadano CREA, donde se realizarán las obras, este Punto deberá estar ubicado en cercanías del área afectada y funcionarán durante el período de ejecución de la obra y deberá ser instalado y acondicionado antes de iniciar la etapa de construcción.

En cada Punto CREA se establecerá un Sistema de Quejas y Reclamos, teniendo en cuenta que éstas se podrán presentar personal o telefónicamente. Se diligenciará diariamente el formato de quejas y reclamos, donde el Contratista de la obra explique claramente la queja presentada por el ciudadano (a) y la solución dada a la misma.

Cuando la queja presentada sea de directa competencia del Contratista de la obra, éste deberá dar solución a la misma inmediatamente, quedando consignada en el respectivo formato de quejas y reclamos. Los casos en los cuales la inquietud o queja planteada por el ciudadano (a) no sea de competencia directa del Contratista, éste deberá remitirla a quien le competa haciendo el seguimiento a la respuesta y solución que se de a la queja o inquietud formulada. Esta gestión deberá quedar consignada en el formulario respectivo. La gestión que realice el contratista con

relación a las quejas o reclamos presentadas se entenderán como solucionadas. Semanalmente en el informe Social que se entregue a la Interventoría deberá anexarse diligenciado dicho formulario

Los Puntos Crea deben estar equipados de la siguiente forma:

- ✓ Espacio de recepción
- ✓ Escritorio y silla para la persona encargada de la atención del Punto CREA.
- ✓ Computador
- ✓ Sillas para la atención a los usuarios con capacidad para 10 personas.
- ✓ Espacio adecuado para reuniones
- ✓ Cartelera
- ✓ Papelógrafo
- ✓ Tablero u otro elemento que cumpla igual función
- ✓ Marcadores, papel periódico para Papelógrafo.
- ✓ Cartulinas para carteleras.
- ✓ Buzón para sugerencias.
- ✓ Material impreso: Planos del proyecto, formato para la recepción de las sugerencias y quejas que presente la población (formato Guía de Manejo Ambiental)
- ✓ Medios de comunicación: Línea telefónica para uso exclusivo de recepción de llamadas realizadas por la población y cuenta de correo electrónico.

La atención a los ciudadanos en los Puntos CREA será en horario de cuatro (4) horas diarias durante los (5) cinco días hábiles de la semana y la atención telefónica deberá darse durante las ocho horas diarias.

En cada uno de los Puntos CREA, el Contratista deberá colocar los afiches que se produzcan en cumplimiento del presente Componente, así como las piezas de divulgación volantes.

20.6 Programa de Sostenibilidad

20.6.1 Conformación Comité CREA.

Antes de iniciar la Etapa de Construcción de las obras, el residente social deberá establecer un (1) Comité CREA que estarán conformados por miembros de la comunidad que deseen participar, tales como líderes de la comunidad, ciudadanos o residentes ubicados en el área de influencia directa de las obras. Las personas interesadas en participar de estos comités se inscribirán en las reuniones de inicio de la obra, quedando registradas por el residente social.

El Residente Social se reunirá mensualmente con los Comités CREA para informar a los participantes el estado de avance de las obras, los cambios ocurridos en la ejecución de las mismas; se identificarán las problemáticas manifestadas por los asistentes se ofrecerán alternativas y se implementarán actividades para la solución de las mismas.

Se levantará un acta de cada una de las reuniones, a cargo del Residente Social, quien a su vez la presentará en el informe Social que se presenta semanalmente.

Los integrantes de los Comités CREA, deberán ser miembros de la comunidad que deseen hacer parte de estos, habitantes, residentes o propietarios en el área de influencia directa, poseer negocio o industria en el sector, comprometerse a divulgar la información del proyecto, comprometerse a implementar alternativas de solución a los problemas identificados, así como del buen uso, cuidado y manteniendo del espacio público y del mobiliario urbano.

20.6.2 Talleres de sostenibilidad

Se realizarán tres talleres de sostenibilidad con los Comités CREA.

El Residente Social del Contratista de las obras deberá reunirse con el funcionario de la Oficina Asesora de Gestión Social del FOPAE para que éste haga entrega de los lineamientos para el desarrollo de los tres talleres de sostenibilidad.

- ✓ **Taller No. 1:** Uso y cuidado del espacio público y preservación del medio ambiente.

El Residente Social difundirá en este taller la importancia urbana de la obra, sus beneficios, e invitará a la comunidad al buen uso y preservación del medio ambiente: material vegetal existente en la zona, preservación del nuevo proyecto.

Se tendrán en cuenta elementos articuladores y estructuradores de la malla vial (corredores viales, equipamientos urbanos), ordenación de la vida urbana (flujos vehiculares y peatonales, mobiliario urbano), estructura ambiental (material vegetal) y los nuevos usos que permitirá la obra. Se definirán tareas y compromisos para el buen uso y cuidado de la obra de espacio público.

- ✓ **Taller No. 2:** Uso y cuidado del espacio público y preservación del medio ambiente

Este taller servirá para realizar el seguimiento a las tareas definidas en el Taller No 1, se establecerán problemáticas de la obra y se definirán responsables y soluciones.

- ✓ **Taller No 3:** Evaluación y seguimiento

En este taller se realizará una evaluación final de las tareas definidas en las actividades anteriores, y se hará una entrega a la comunidad asistente del nuevo espacio público construido. El taller se desarrollará a través de un recorrido por la obra.

El Asistente Social realizará los tres talleres de sostenibilidad, dentro de los siguientes tiempos: Taller No. 1, veinte (20) dias después del inicio de la Etapa de Construcción, Taller No 2 al cumplirse el 50% de la etapa de construcción y el Taller No 3 al completar el 90% de la etapa de construcción.

La residente social coordinará todas las actividades tendientes al desarrollo de los talleres de sostenibilidad, diseñará y elaborará el material pedagógico necesario para el desarrollo de los talleres contando con la aprobación de la entidad contratante y la Interventoría

20.6.3 Programa de capacitación a empleados y subcontratistas.

La capacitación que se dará a los empleados trabajadores y subcontratistas será responsabilidad del Contratista de obra y del Residente Social quien deberá programar, preparar y realizar las capacitaciones.

El contratista deberá garantizar que en todas las capacitaciones exigidas en el programa se entregue la información requerida y necesaria.

El Contratista de la Obra realizará, antes de iniciar cualquier tipo de actividad en la obra, a los empleados y trabajadores un (1) taller de capacitación de información y un (1) taller de capacitación para todos los empleados de las obras

Se tratarán los siguientes temas:

- ✓ Plan de Gestión Social : Punto CREA, Direcciones y Finalidad, Presentación del Residente Social, Uso de Elementos de Protección Personal, Procedimiento para la solicitud la dotación e implementos de protección personal en obra, Uso adecuado y obligatorio de cada uno de los elementos entregados, mantenimiento de los mismos y aseo, Elementos de Protección personal y Manual de identificación visual.
- ✓ Otros: Riesgos en obra (importancia de la señalización dentro de la obra), Disposición de basuras en obra, Documentos básicos que debe portar cada trabajador para poder ser atendido en caso de accidente

Para el registro de esta actividad el Contratista de la obra deberá diligenciar el formato Acta de Reunión y el formato de Control de Asistencia a reuniones.

El taller de capacitación se deberá realizar cinco (5) días antes del inicio de la etapa de Construcción.

20.6.4 Contratación de personal no calificado

El contratista de la obra deberá contratar por lo menos un 30% del personal no calificado para la obra, verificando que el domicilio de los mismos se encuentre en la localidad donde se encuentran localizada la obra; puede también recurrir al banco de Talentos del Departamento Administrativo de Bienestar Social del Distrito (DABS) o al Centro de Información para el empleo del SENA e identificar el personal allí inscrito que pertenezca a la localidad donde se realizan las obras.

20.6.5 Información de los subcontratistas

Los subcontratistas del Contratista de Obra y los que estos a su vez llegaren a contratar, al momento de firmar el contrato, deberán inscribir en la Oficina de Relaciones Laborales del Contratista el personal permanente que hace parte de sus equipos de trabajo, indicando nombre, identificación, cargo y oficio que desempeñarán.

Para que los aspirantes aseguren su vinculación laboral con el Contratista o con los subcontratistas de la misma, deberán cumplir con los requisitos exigidos para ocupar los puestos de trabajo que se demandan y de manera preferencial, residir en la localidad.

Para el lleno de las vacantes, la Residente Social presentará un informe en donde especifique:

- ✓ Número de vacantes por proveer
- ✓ Número de aspirantes, localidad de residencia.
- ✓ Número de contratados, localidad de residencia.
- ✓ Los resultados de esa relación los entregarán a la Interventoría.

El Contratista de la Obra llevará una planilla que registre esta circunstancia.

El Contratista de la Obra, entregará en cada comité Social el listado del personal no calificado (contratado directamente o por Subcontrato) que labora en la obra, indicando nombre, dirección, teléfono, ocupación y frente de obra donde está ubicado.

20.6.6 Dotación de implementos de trabajo

El Contratista de la obra dotará al personal contratado para la obra, de los implementos de trabajo o elementos de protección personal, tales como botas, overoles, y cascos.

20.7 DOCUMENTOS A ENTREGAR

Para registrar las labores de Gestión Social el Contratista de Obra deberá diligenciar los siguientes formatos, cuyo diseño debe implementar según las directrices de la entidad contratante o la interventoría: (i) Quejas y Reclamos, (ii) Acta de Reunión, (iii) Control de Asistencia a Reuniones, (iv) Control Entrega de Volantes y comunicados, (v) Registro de personal no calificado, (vi) Información a la comunidad, (vii) Registro de Integrantes al Comité CREA y (viii) Invitación a Reuniones.

El Contratista de la Obra deberá entregar la programación de todas las actividades de gestión social una (1) semana después de la firma del acta de inicio.

Quincenalmente, el Contratista de la Obra deberá entregar un informe en donde consigne la totalidad de las actividades desarrolladas en la quincena anterior a la presentación del informe.

20.8 COSTO

Teniendo en cuenta que la obra tiene una duración de 4.5 meses para la alternativa 1 y que el residente social debe estar por lo menos 15 días antes y después de la construcción de las obras, se estima los costos de la gestión social en un valor de $10.000.000 incluido el IVA.

Para la alternativa este costo es de $ 12.500.000 incluido IVA, conservando las mismas disposiciones que para la alternativa 1

21 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 44.

Tabla 44 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 16.3 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 45.

Tabla 45 Análisis Costo/Beneficio Alternativas de mitigación

Alternativa	Descripción	**Costo obra (Co)**	**CVS**		
			Máximo	**Mínimo**	**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

Alternativa	Descripción	Costo obra (Co)	CVS Máximo	CVS Mínimo	CVS Promedio
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 46 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.

Recomendación		Descripción
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 47.

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

Tabla 47 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.

22 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.

23 BIBLIOGRAFÍA

- ✓ www.sire.gov.co
- ✓ www.acueducto.com.co
- ✓ Estudio de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa y Evaluación de Alternativas de Mitigación para el Centro Poblado de San Juan de Sumapaz, de la Localidad de Sumapaz, en Bogotá D.C., JULIO DE 2010.
- ✓ Ficha para Sitios de Intervención en zonas de Ladera. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogota DPAE. Noviembre de 2006.
- ✓ Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá. Esc. 1:120.000; INGEOMINAS; 2005.
- ✓ Geología de la plancha 209-Sabana de Bogotá; INGEOMINAS, Memoria Explicativa; año 2005.
- ✓ Propuesta metodológica para los estudios de geomorfología aplicados a la ingeniería (Carvajal, J.H, y otros, Documento inédito; INGEOMINAS, Bogotá D.C, 2004).
- ✓ Propuesta metodológica para los estudios de geología aplicados a la ingeniería (Padilla, J.P., y otros, Documento inédito; INGEOMINAS, Bogotá D.C, 2003).
- ✓ CARO, P., GARCIA, J. Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá. INGEOMINAS-DAPD. Bogotá, 1988.

- ✓ CARVAJAL, José Henry. Características Geomorfológicas de la Sabana de Bogotá. Memoria Explicativa de mapas a escala 1:25.000. INGEOMINAS. Documento Inédito. Bogotá, D. C. 2005.

- ✓ PADILLA, Justo. Geología para Ingeniería de la Sabana de Bogotá. Memoria Explicativa de mapas a escala 1:25.000. INGEOMINAS. Documento inédito. Bogotá, D. C. 2005.

- ✓ Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá. IRH INGENIERÍA y RECURSOS HÍDRICOS LTDA. – EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, Noviembre de 1995.

- ✓ Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. INGEOMINAS, 1997.

- ✓ GUTIÉRREZ & COLEGIAL 1987. Trabajo de Grado Universidad Nacional de Colombia; INGEOMINAS (1997). Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Subproyecto No. 7. Estudios Geofísicos. Santa Fe de Bogotá D.C; INGEOCIM Ltda. – UPES – FOPAE (1998) – Escala 1:10.000

- ✓ INGEOMINAS 1997, Estudio Geológico para el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, Escala 1:50.000.

- ✓ INGEOCIM LTDA. – UPES – FOPAE. 1998, Escala 1:10.000.

- ✓ HELMENS KARIN & VAN DER HAMMEN. Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y alrededores. En Análisis Geográficos No. 24. IGAC. Subdirección de Geografía.

- ✓ Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá, D.C, INGEOCIM LTDA-UPES-FOPAE, 1998.

- ✓ Cardona-Arboleda, O, D, (1989). VULNERABILIDAD Y RIESGO POR DESASTRE – TÉRMINOS DE USO COMÚN EN MANEJO DE RIESGO. Primer taller de planificación en manejo de desastres. Oficina Nacional para la Atención de Desastres. Presidencia de la República de Colombia – Universidad Jorge Tadeo Lozano.

- ✓ Ministerio de Obras Públicas y Transporte – La Vialidad Ltda. (1988). Criterios y normas para el diseño geométrico de carreteras: El drenaje como factor determinante en obras viales. Reglamento técnico general de obras viales, Tomo III.

- ✓ Leone, F. (1999) Concept de vulnerabilite appliquea L'evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrein. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.

- ✓ 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.

- ✓ Adaptado de Leone (1996)

- ✓ Cruden, D. y Varnes D. (1991). Landslides types and processes. Universidad de Alberta.

- ✓ Sánchez-Silva, M. Taylor, C.A. & Blockley, D.I. HAZARD MANAGEMENT OF PROJECTS IN A EARTHQUAKE. In: Applications of Statistics and Probability.Lemaire, Favre & Marbarki (eds). Balkema, Rotterdam. 1995.

- ✓ Carvalho, C. GERENCIAMIENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ENCOSTAS URBANAS: UMA PROPOSTA BASEADA NA ANALISE DE DECISAO. Tesis de Doctorado. Universidad de Sao Paulo. 1996

- ✓ NSR 2010