

### CUADRO DE RESPONSABILIDADES

NUMERO DE REVISION		0	1	2
Responsable por la Elaboración	Nombre	Alfredo Engativá M.	Alfredo Engativá M.	
	Firma			
	Fecha	99-09	99-10	
Responsable por Revisión	Nombre	Guillermo Angel Reyes	Guillermo Angel Reyes	
	Firma			
	Fecha	99-09	99-10	
Aprobó	Nombre	Guillermo Angel Reyes	Guillermo Angel Reyes	
	Firma			
	Fecha	99-09	99-10	

### LISTA DE DISTRIBUCION

DEPENDENCIA	No. COPIAS	FECHA DE ENVIO	OBSERVACIONES
FOPAE	4	99-10	Versión Final Definitiva
IEH GRUCON	1	99-10	Versión Final Definitiva

### CUADRO DE MODIFICACIONES

INDICE REVISION	FECHA MODIFICACION	OBSERVACIONES
1	99-10	Versión Final Definitiva, atendiendo Observaciones de la Interventoría

Archivo Magnético: **Secre02 C:/Contratos/C-176 Eval.Altern/informes/Informe Final/Final/Texto/TextoFD.doc**

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>7</b>
<b>2. ESTUDIOS BASICOS</b>	<b>9</b>
2.1 CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA	9
2.2 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	10
2.2.1 Geología Regional	10
2.2.2 Geología Local	10
2.2.3 Geomorfología Local	13
2.2.4 Agua Subsuperficial	16
2.3 GEOTECNIA	16
2.3.1 Criterios de Planeamiento del Programa de Investigación	16
2.3.2 Exploración Directa y Ensayos de Laboratorio	16
2.3.3 Exploración Geoeléctrica	17
2.3.4 Análisis de los Resultados	17
2.4 INVENTARIO DE VIVIENDAS	19
2.5 HIDROLOGIA	21
2.5.1 Características Pluviométricas de la Zona	21
2.5.2 Comportamiento Hidrológico de la Quebrada Santa Librada	22
<b>3. ZONIFICACION GEOTECNICA, CONDICIONES Y EVALUACION DE ESTABILIDAD ESTATICA Y DINAMICA</b>	<b>40</b>
3.1 ZONIFICACION GEOTECNICA	40
3.1.1 Tipo de Material	40
3.1.2 Pendientes	40
3.1.3 Tipo de Laderas	41
3.1.4 Tipos de Procesos de Degradación	41
3.2 MECANISMOS DE FALLA POTENCIALES	41
3.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD	42
3.3.1 Caracterización Geomecánica de los Materiales	42
3.3.2 Resultados de los Análisis	43

<b>4.</b>	<b>ZONIFICACION POR AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO</b>	<b>53</b>
4.1	ZONIFICACION POR AMENAZA	53
4.2	EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD	54
4.2.1	Condición Actual	54
4.2.2	Evaluación de Daños Posibles	54
4.2.3	Asignación de Solicitación	55
4.2.4	Evaluación	56
4.3	EVALUACION DE RIESGO	57
4.4	VULNERABILIDAD Y RIESGO DEL SISTEMA VIAL	58
4.4.1	Consideraciones Generales	58
4.4.2	Evaluación	58
4.5	ANALISIS DE RESULTADOS	58
<b>5.</b>	<b>PLAN DE ACCIONES DE MITIGACION</b>	<b>68</b>
5.1	CONSIDERACIONES GENERALES	68
5.2	PLAN GENERAL DE ACCIONES	69
5.3	ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL	70
5.3.1	Alternativa I	70
5.3.2	Alternativa II	70
5.4	DISEÑO DEFINITIVO DEL SISTEMA COLECTOR SUPERFICIAL	71
5.4.1	Criterios Hidráulicos	71
5.4.2	Planos y Especificaciones	71
5.4.3	Cantidades de Obra y Presupuestos	72
5.5	DISEÑO OBRAS DE ESTABILIZACION SITIO CRITICO CALLE 85 SUR	72
5.5.1	Criterios	72
5.5.2	Planos y Especificaciones	73
5.5.3	Cantidades de Obras y Presupuestos	73
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA PLANES COMPLEMENTARIOS</b>	<b>80</b>
6.1	PERFILADO Y PROTECCION DE TALUDES	80
6.2	RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS	81
6.3	RECOMENDACIONES PARA LA ESTABILIZACION DE LOS SITIOS LOCALIZADOS SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DE LA QDA. STA. LIBRADA AGUAS ARRIBA Y ABAJO DE LA CALLE 86 SUR	83
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>88</b>

## LISTA DE CUADROS

- 2.1 Resumen de Resultados Ensayos de Laboratorio
- 2.2 Resumen General Inventario de Viviendas
  
- 3.1 Descripción General de Zonas Geomorfológicas
- 3.2 Resultados Análisis de Estabilidad
  
- 4.1 Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo
  
- 5.1 Planes de Mitigación Procesos de Inestabilidad de Terrenos Barrio el Pedregal – Matriz de Acciones y Responsabilidades
- 5.2 Presupuesto Obras de Mitigación Barrio el Pedregal
- 5.3 Cantidades de Obra y Presupuesto Sistema de Drenaje
- 5.4 Cantidades de Obra y Presupuesto Obras de Estabilización Sitio Crítico

## LISTA DE FIGURAS

- 2.1 Geología Regional
- 2.2 Localización Puntos de Exploración Geotécnica
- 2.3 Calificación Estructural de las Viviendas
- 2.4 Estaciones Pluviográficas Juan Rey - Histograma Mensual
- 2.5 Estación Pluviográfica La María – Histograma Mensual
- 2.6 Estación Pluviográfica Juan Rey - Histograma Máxima
- 2.7 Estación Pluviográfica La María – Histograma Máxima
- 2.8 Curvas Intensidad Duración Frecuencia
- 2.9 Mapa Hidrológico Escala 1:750
  
- 3.1 Perfil Geotécnico 1-1
- 3.2 Perfil Geotécnico 2-2
- 3.3 Envolverte Pedregal 68
- 3.4 Envolverte Pedregal 30
  
- 4.1 Función de Probabilidad de Falla, PF Vs. Fs
  
- 5.1 Sección de Análisis Sitio Crítico
- 6.1 Perfilado y Protección de Taludes

### **LISTA DE PLANOS**

- 1 Topográfico 1:750
- 2 Geología Local y Geomorfología 1:750
- 3 Zonificación Geomorfológica 1:750
- 4 Zonificación de Amenaza por F.R.M. Escala 1:750
- 5 Zonificación Vulnerabilidad. Escala 1:750
- 6 Zonificación Riesgo. Escala 1:750
- 7 Plan General de Obras Planta Escala 1:500
- 8 Secciones y Detalles Constructivos Sistema de Drenaje Superficial
- 9 Secciones y Detalles Constructivos Sistema de Drenaje Superficial  
Obras de Estabilización Sitio Crítico

### **LISTA DE ANEXOS** (Documento Aparte)

- 1 Carteras Topografía
- 2 Registro de Exploración Geotécnica
- 3 Informe Geoeléctrico
- 4 Memorias de Cálculo

## 1. INTRODUCCION

El presente documento corresponde al informe final del estudio realizado para evaluar la amenaza y el riesgo por fenómenos de remoción en masa en Los Barrios el Pedregal, Barranquillita y San Juan de Usme, realizado en virtud del contrato No CCS-204-99 suscrito para tal efecto entre el FOPAE e IEH GRUCON Ltda.

La zona de estudio se ubica en la localidad de Usme, al suroccidente del Distrito Capital. Específicamente el barrio el Pedregal al cual corresponde más del 60% del área estudiada, se trata de un desarrollo subnormal que ha venido asentándose en el área desde hace algo más de 12 años, de acuerdo con las versiones dadas por algunos de los miembros de la Junta de Acción Comunal. En este lapso, si bien el FOPAE ha hecho presencia para evaluar manifestaciones locales y menores de inestabilidad, no se han presentado situaciones críticas que hayan demandado acciones especiales.

Es así como este estudio tiene como objetivos y alcances, la zonificación por riesgo para las viviendas de los barrios específicamente por fenómenos de remoción en masa, sin entrar a evaluar la vulnerabilidad y el riesgo de las líneas vitales (acueducto, alcantarillado, vías, etc), toda vez que esta infraestructura a pesar que existe, ha sido construida por los moradores de una manera poco adecuada, sin cumplir las mínimas especificaciones técnicas exigidas en cuanto a materiales, métodos constructivos y capacidad, y por lo tanto debe ser reconstruida obedeciendo a planteamientos y diseños adecuados al medio, alcances no cubiertos por este estudio; sin embargo como se verá en el capítulo 4, se consideró necesario hacer un esfuerzo para tratar de evaluar de manera cualitativa la vulnerabilidad y el riesgo por remoción en masa del sistema vial existente. También es válido anotar que la evaluación del riesgo por efectos sísmicos para las viviendas y otras estructuras no esta considerado dentro de los alcances y objetivos de este estudio.

Este informe precisa, complementa y amplía lo que ha ya sido dado a conocer al FOPAE a través de 3 memorandos técnicos, presentados en el transcurso de los primeros 75 días de desarrollo de los trabajos y sobre los cuales la interventoría formuló observaciones y recomendaciones que se han tenido en cuenta para este informe final.

El documento de informe se ha estructurado de la siguiente manera después de esta introducción, un capítulo 2 de estudios básicos, donde se relacionan los trabajos y actividades realizadas en los aspectos de topografía, geología y geomorfología y geotecnia (exploración y ensayos de laboratorio), inventario de viviendas e hidrología; un

capítulo tres en el que se evalúan y cuantifican las amenazas potenciales de la zona por fenómenos remoción en masa, se zonifica el área por estos fenómenos y se hace la cuantificación de los niveles de riesgo de las viviendas e infraestructura potencialmente afectada; en el capítulo 4, a partir de los resultados de la zonificación por amenaza y riesgo se formula el plan de acciones que se podría llevar a cabo en el sector para minimizar estos riesgos y se comparan las alternativas de acción en aquellas situaciones en que estas están representadas en obras físicas; en el capítulo 5 se presentan los criterios para el planeamiento de las obras de mitigación y estabilización, así como los detalles y especificaciones especiales de las obras diseñadas; en el capítulo 6 se fijan las recomendaciones sobre acciones complementarias que deben ser asumidas principalmente por la comunidad para que el desarrollo futuro del área se pueda llevar a cabo de manera más técnica y ordenada, reduciendo así la posibilidad de fenómenos de carácter local; finalmente en el capítulo 7 se presentan las principales conclusiones del estudio.

## 2. ESTUDIOS BASICOS

### 2.1 CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

El área de estudio se encuentra cubierta con cartografía IGAC 1: 10000 y curvas de nivel cada 10 m, la que resulta útil con fines de ubicación, pero inadecuada para los propósitos del estudio; de otra parte, la Junta de Acción Comunal del Barrio el Pedregal suministro igualmente un plano en escala 1: 500 del área cubierta por este, el plano aunque muestra los rasgos del terreno y los planes de urbanismo y loteo, no cubre toda el área de estudio y sólo fue empleado como referencia. Teniendo en cuenta lo anterior, se adelantó un detallado levantamiento topográfico con las características que se indican a continuación.

Efectivamente, se realizó un levantamiento planimétrico y altimétrico de toda el área de estudio, amarrado a una de las placas existentes en la parte superior del barrio El Pedregal e identificada como T4812 (IGAC), placa antigua la cual fue corregida mediante una triangulación desde las placas CD605 y CD606 (IGAC) ubicadas en el cerro Doña Juana; la otra placa encontrada en inmediaciones del barrio se encontró bastante deteriorada y solo fue utilizada como referencia de la anterior. El levantamiento planimétrico se hizo mediante dos poligonales principales cerradas, lográndose precisiones de 1 : 12000 y 1 : 15000. A partir de estas poligonales se trazaron secciones transversales de nivelación cubriendo convenientemente toda el área de estudio.

Este trabajo se complemento con el levantamiento de la quebrada Sta. Librada, para lo cual se trazo una poligonal abierta por la margen izquierda del cauce, amarrándola a deltas de la poligonal principal y levantando secciones transversales, niveladas, a partir de misma.

El levantamiento de las viviendas se realizó midiendo los frentes de las viviendas con cinta, de acuerdo a los términos y a la propuesta presentada.

Se dejaron materializados todos los deltas principales por medio de estacas de madera, varillas y puntos existentes estables y de importancia para el proyecto. En el Plano 1 se presenta el plano topográfico del área de estudio en escala 1 : 750. En el Anexo 1 se presentan copias de las carteras de campo y cálculos realizados.



## **2.2 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA**

### **2.2.1 Geología Regional**

Dentro de esta denominación describimos la cartografía 1:5000, ver marco geológico regional en la Figura 2.1, basada en observaciones de fotografías aéreas y consulta de información existente y que se refiere básicamente al comportamiento de la litología y estructuras, que de una u otra forma puedan tener influencia en los procesos geomórficos que actúan en los barrios en estudio y por ende en la calificación de riesgo.

El área de interés se localiza en el extremo sur de la Sabana de Bogotá en una morfología de colinas de piedemonte que desciende suavemente al valle del río Tunjuelo al occidente y que se empina en forma considerable al oriente. El valle del río Tunjuelo es la geoforma predominante y se desarrolla en el núcleo del sinclinal de su mismo nombre sobre rocas blandas en las Formaciones Bogotá y Usme, mientras que en sus flancos se levanta al oriente y occidente cadenas montañosas conformadas por rocas más duras de las Formaciones Guaduas y Guadalupe, todas ellas con rumbo generalizado Norte - Sur.

La característica principal del área aledaña al barrio el Pedregal es que se trata de una zona altamente intervenida inicialmente por la explotación de materiales de construcción para agregados de concreto, obtenidos de las gravas del cono del río Tunjuelito y para la fabricación de ladrillo a partir de las arcillas y arcillolitas de la Formación Bogotá o Usme, sin contar con la utilización en menor escala de algunos materiales como relleno y las excavaciones para construcción de vías y vivienda.

Específicamente en el área más cercana al barrio el Pedregal sobresalen las colinas cubiertas por el aglomerado de la Formación Marichuela como un remanente, dentro de una amplia área donde en forma artificial han sido destapadas las arcillolitas de las Formaciones Regadera y Bogotá. Al W las arcillolitas son cubiertas por los materiales granulares del cono del río Tunjuelo.

El drenaje tiene una marcada influencia estructural, por cuanto sigue frecuentemente a lo largo de los rumbos de las capas y su recorrido transversal hacia el colector principal obedece un patrón ortogonal de fracturamiento.

A nivel regional la secuencia estratigráfica conocida en los flancos del sinclinal del Tunjuelo comprende las unidades de las formaciones Guadalupe, Guaduas, Bogotá, Regadera, Usme, Marichuela y Tunjuelo cuya descripción escapa a las necesidades de este estudio.

### **2.2.2 Geología Local**

Estos trabajos se realizaron a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas del IGAC a escala aproximada 1 : 5000 del año 1991, complementadas con inspecciones y reconocimientos de campo apoyados en los nuevos levantamientos topográficos y cuyos resultados además, se confrontaron con los de las exploraciones directas y geofísicas llevadas a cabo en el marco de los trabajos de geotecnia.

Geológicamente el área de estudio se encuentra situada sobre un plano estratigráfico de una estructura sinclinal bastante comprimida con ángulo de buzamiento que varía desde los 20° hasta los 40°, a través de la cual afloran capas de aglomerados, areniscas y arcillolitas, que en gran parte se encuentran cubiertas por depósitos de diferente origen, coluvial, aluvial y antrópico derivados los primeros de la acumulación de materiales rodados y erosionados de las formaciones aflorantes en la parte superior, los segundos por la acción de la quebrada Santa Librada en la parte inferior de la ladera y todos ellos afectados por las actividades mineras y del desarrollo urbano posterior, que se ha experimentado en la zona.

En general se trata de una secuencia sedimentaria de rocas duras y blandas, que como tal dan origen a una morfología escalonada, donde se diferencian altos y bajos topográficos como respuesta a la resistencia de cada nivel a la erosión, lo que además permite que las capas duras suprayacentes protejan las blandas infrayacentes generando perfiles de taludes empinados y hasta negativos.

De más antiguo a más joven se describen las unidades identificadas y cartografiadas en el Plano 2:

**Arcillolitas Moteadas:** afloran ampliamente en la base de la colina, en especial hacia los extremos NW y SE, donde son explotadas para la fabricación de ladrillo, por lo cual se pueden observar en los frentes de excavación. Conforman la parte sur del área de estudio donde se presenta una colina o promontorio en cuyo flanco se encuentran ya construidas algunas casas y que se prolonga en dirección de la quebrada Santa Librada.

Al parecer corresponden a la formación Regadera, son de color rojizo a morado claro, moteado de gris, en algunos casos de colores abigarrados, litificadas, es decir altamente consolidadas, presentan intercalaciones de areniscas finas y componente limoso. Hacia la parte superior son limitadas concordantemente por una costra de arenisca ferruginosa de unos 15 cm, más dura e impermeable y donde aflora conforma un escudo protector contra la erosión.

**Areniscas Friables:** sobre las arcillolitas moteadas se encuentran areniscas friables, amarillas, sucias, es decir con contenido de finos y que en su base muestran la presencia de la costra ferruginosa dura e impermeable descrita anteriormente. En los metros superiores sobresale un nivel blanco- grisoso, caolinítico, con contenido de vidrio, con origen en cenizas volcánicas. El espesor observado varía de 4 a 6 m y se observó principalmente en la cantera abandonada al extremo norte de la carrera 1 C Este (antigua calle 85D Sur). En la parte baja del barrio sobre la carrera paralela a la quebrada (calle 86 A Sur ), se puede observar suprayaciendo igualmente en contacto con las arcillolitas.

Las areniscas son blandas hasta friables y con poca resistencia a la erosión, con excepción del nivel ferruginoso que en algunas partes aflora como remanente.

**Nivel Superior de Arcillolitas:** en la zona más alta del Barrio se observa un cambio de pendiente en la ladera y una acumulación de coluvión y suelo orgánico que cubre un estrato blando, aflora unos metros más arriba en sitio marcado como 3 en la Figura 2.2,

consisten principalmente en arcillolitas rojas y amarillas plásticas, cuyo espesor no medido, se estima menor de 10 m.

**Aglomerado:** para este estudio se denomina de esta forma a la capa de sedimentos detríticos no seleccionados, con partículas que van desde arenas medias hasta bloques de gran tamaño, no cementados de manera general, que se encuentran cubriendo una superficie topográfica preexistente en forma discordante, Su composición es heterogénea hasta caótica en su granulometría y en su grado de redondez. Los componentes líticos son principalmente de areniscas de diferentes tamaños, desde arena y grava media hasta clastos, cantos y bloques de varios metros de diámetro, angulares a subangulares y hasta redondeados, con superficies pulidas y en ocasiones rastros de fricción orientados. Su espesor es variable habiéndose medido desde 0.60m en un corte en el sitio No. 3, hasta 4 m en la cantera de la parte media baja del Barrio El Pedregal. (Carrera 1°C Este)

Este aglomerado que inicialmente se identificó como resto de una morrena, ha sido delimitado cartográficamente y definido recientemente como depósitos de un sistema de abanicos de flujos torrenciales y gravitacionales que cubren una amplia área del valle del río Tunjuelito en un ambiente no relacionado con la topografía actual y se clasifican como Formación Marichuela (Helmes y Van der Hammen 1995). Su alto grado de deformación tectónica, al encontrarse suprayaciendo capas con buzamiento superior a los 35°, a una altura mayor de 150 m sobre el nivel del valle del río Tunjuelito y la presencia de sedimentos de grano muy grueso sugieren un origen sinorogénico, en un ambiente diferente al actual, es decir que hay que buscar su origen en la última fase del plegamiento del Mioceno.

Las observaciones hechas en los sedimentos del aglomerado muestran un comportamiento estable, aun en cortes verticales de 1 a 3 m de altura, sin embargo representa dificultades en la trabajabilidad, por la presencia de grandes bloques. Esto da lugar a taludes poco perfilados, en los que se favorece la erosión de la matriz, destapado y socavando bloques grandes.

**Coluvión:** como es normal en una ladera con inclinación parcial mayor de 30°, se presentan depósitos de ladera a todo lo largo del flanco, con espesores variables de acuerdo con los leves cambios topográficos. Los componentes del coluvión son bloques del aglomerado en una matriz limo arenosa y en algunos casos arcillosa, especialmente en la parte baja del barrio. En algunos casos se hace difícil la separación del aglomerado del coluvión, ya que por su composición pueden llegar a parecerse, sólo que el aglomerado se encuentra in-situ, mientras que el coluvión es transportado, o secundario.

La principal acumulación de coluvión se observa en la zona verde correspondiente al talud superior de la antigua vía del Ferrocarril a Usme, sitio No. 17, en cuya parte baja se registró un espesor menor a 2.0 m. El coluvión por su composición heterogénea y su contenido de finos representa el material más susceptible de inestabilidad y de hecho en la zona verde mencionada se registran rasgos de movimiento, como escalonamientos y pequeños escarpes remanentes.

En varios sitios estos depósitos se confunden además con zonas de botaderos y rellenos, con los materiales removidos por las actividades mineras, por los cortes de las vías y por las explanaciones de las casas.

**Aluvión:** a la altura del Barrio San Juan de Usme y Barranquillita, la quebrada Santa Librada corta su cauce en una pequeña terraza aluvial, compuesta principalmente por materiales de aglomerado, retrabajados por acción aluvial y coluvial, que son difíciles de separar, teniendo en cuenta su composición similar de bloque y gravas sin selección y que las geoformas originales han sido alteradas por acción antrópica. No se conoce su espesor, pero se estima que puede ser del orden de 3 a 4 m en la parte más alta de la terraza, mientras que en el cauce es del orden de 1m, cuando no se observan los afloramientos de arcillolita.

**Suelo Orgánico:** Sólo se encontró una pequeña acumulación de suelo orgánico en el bajo topográfico donde se ubica la vía peatonal de la Carrera 1° F Bis Este (antigua calle 85 sur), sitio No. 4, con un espesor aproximado de 1m en cuyo intermedio se identificó un nivel con apariencia bituminosa parecida al “neme”. Para efectos de estabilidad y riesgo este estrato no tiene importancia por la escasa área de cubrimiento.

### 2.2.3 Geomorfología Local

#### 2.2.3.1 Rasgos Generales de la Ladera

El área de estudio se encuentra localizada en el flanco de una colina afilada, orientada con azimut aproximado de 210°, cuya principal característica es la presencia de gran cantidad de bloques de diferente tamaño y angulosidad, que dan origen al nombre del Barrio El Pedregal; el costado NE de la colina se caracteriza por presentar un talud muy empinado, uniforme de más de 50 m de altura.

La zona de estudio tiene una forma triangular, con una mayor amplitud en la parte más baja donde es limitada por la quebrada Santa Librada, o Yomasa a una altura de 2656 msnm y asciende aproximadamente 121 m para cerrar el triángulo a una altura de 2777 msnm. Sus calles o diagonales se proyectan desde el vértice superior, radiando en dirección de la quebrada y las carreras. Al E y SE el Barrio se encuentra limitado por los frentes de excavación de la ladrillera Helios que explota las arcillas aflorantes en el área y que da origen a geoformas artificiales como huecos y piscinas en la base y taludes, terrazas y excavaciones para vías de acceso en los flancos, que cambian completamente la morfología original, abriendo entre otros un amplio boquete en la prolongación SE de la colina

En la parte alta a la altura de la Carrera 1° F Bis Este (antigua calle 85 sur), peatonal, se encuentra un cambio de pendiente importante en la vertiente, que indica la presencia de la cabeza de una capa o nivel blando entre dos capas más duras, que es erodado, dando origen a un pequeño bajo topográfico, donde como consecuencia se presenta una acumulación de suelo orgánico que drena siguiendo el rumbo de las capas en dos direcciones, hacia el Norte y hacia el Sur.

Otras geoformas identificadas en el área del barrio El Pedregal tienen que ver con los cortes de las vías, las explanaciones para la construcción de las casas que dejan taludes verticales de varios metros de altura y por último algunas canteras abandonadas que muestran cortes verticales. Una geoforma especial y característica es constituida por el afloramiento de grandes bloques de colores claros que se observan desde lejos y que en los sitios de mayor acumulación conforman promontorios, o topografías positivas.

En el extremo sur del Barrio El Pedregal se encuentra una colina orientada en forma ortogonal al rumbo de las capas, tiene una forma redondeada y sus flancos se encuentran descapotados mostrando las arcillas moteadas. En su parte superior se identifica la corteza de arenisca ferruginosa que protege a la arcillolita de la erosión.

En la parte media baja del barrio en la zona verde entre las dos calles principales se encuentra una sucesión de tres cambios de pendiente con pequeños escarpes y terrazas indicativos de movimientos escalonados que han afectado el coluvión y los rellenos allí presentes y que al parecer ya han encontrado una condición de equilibrio.

#### 2.2.3.2 Evolución de la Ladera

La colina donde se ubica la ladera debe verse como un relicto, o islote, ya que su continuidad se encuentra interrumpida hacia los cuatro costados por efectos naturales inicialmente y por la explotación de las arcillas infrayacentes en época más reciente; sobre la ladera misma son las actividades de explotación minera y el desarrollo urbano los que marcan sus rasgos geomórficos actuales y los procesos actuantes.

La ladera de estudio corresponde a una superficie estratigráfica relativamente dura, bastante uniforme inclinada, con ondulaciones de drenaje hacia los costados, facilitados por la presencia de un nivel blando intermedio; su evolución geomorfológica guarda relación directa con la respuesta de los materiales presentes a los agentes erosivos y modeladores, el agua y la gravedad principalmente, sin embargo, por sus propiedades físicas las rocas presentes se alzan con pendientes y taludes empinados sin señales de inestabilidad y de desarrollo de fenómenos de carácter masivo. En efecto, los rasgos geomorfológicos principales muestran un escalonamiento típico de las secuencias sedimentarias de rocas duras y blandas afectadas por meteorización y erosión diferencial. Las rocas duras conforman escarpes y protegen las blandas subyacentes dando lugar a taludes empinados, que incluso pueden llegar a ser negativos. Los niveles blandos, por su parte, dan lugar a ondonadas y geoformas de erosión, por donde se canalizan las aguas.

El drenaje original de la vertiente de la colina ha sido ampliamente alterado y hoy se encuentra básicamente canalizado a lo largo de los cortes de las calles del barrio, solo en la parte más alta del mismo, que no ha sido completamente urbanizada, el comportamiento del drenaje está determinado por la línea de pendiente hasta donde se presenta el cambio de la misma (Carrera 1° F Bis Este), donde se recogen las aguas lluvias de toda la parte alta y son conducidas sobre el rumbo de las capas hacia el NE y SE, limitando la acción erosiva de estas aguas sobre la zona central de la ladera.

#### 2.2.3.3 Procesos Geomórficos

Como ya se mencionó, los procesos geomórficos naturales muestran poca actividad en comparación con los inducidos por causa de la explotación de los materiales y del mismo proceso urbanístico, que encausa y dirige las aguas lluvias a lo largo de las excavaciones de las calles y carreras y que en algunos casos acrecienta la actividad erosiva y transportadora de las aguas en los cortes verticales desprotegidos. Los principales procesos observados y que son señalados en el Plano 2, son:

**Erosión:** se presenta en forma notoria en los terrenos descapotados y excavados, afectando principalmente las arcillolitas, con acción laminar y formando pequeños surcos,

por acción de la concentración de las aguas. Cuando se encuentran al descubierto niveles de diferente dureza y composición, la erosión diferencial puede llevar a la conformación de huecos o taludes negativos debajo de la capa superior más dura, pero que en los casos observados no tienen dimensiones significativas.

La presencia de una capa o nivel ferruginoso de mayor dureza y baja permeabilidad (impermeabilidad) sobre las arcillolitas las protege contra la erosión, e impide la alteración por absorción de agua en el nivel de contacto, haciendo más lenta la acción de los agentes geomorfológicos.

La acción erosiva sobre el nivel de aglomerado in-situ es baja, causa sin embargo, una lenta socavación alrededor de los bloques grandes, poniéndolos al descubierto y en algunos casos llegando a desestabilizarlos cuando la socavación alcanza su base y propicia entonces un desprendimiento por gravedad; sin embargo este proceso en la actualidad es incipiente y su probabilidad de ocurrencia es demasiado baja, llegando a ser nula si las obras recomendadas para el control de la escorrentía superficial, principal agente erosivo, se realizan en el corto o mediano plazo. En esa situación se encontraron algunos casos especialmente en los sitios de observación No. 14 y 19, en los cuales grandes y pequeños bloques sobresalen sobre el talud como consecuencia además de los cortes mineros y para adecuación de viviendas.

En general es de esperarse una acción importante de transporte de materiales y socavación a lo largo de las empinadas calles si no se encausan, se manejan y se entregan adecuadamente las aguas lluvias.

**Movimientos en Masa:** se observan movimientos en masa afectando los rellenos que se localizan sobre el coluvión de la zona verde donde se ubicó el sitio de observación No. 17; el sector presenta una morfología escalonada de pequeños escarpes y terrazas; allí, se pudo establecer que el espesor del relleno de detritos de construcción y estériles de la explotación de la cantera incluida su base coluvial, es menor a los 2.0 m y que esta descansando sobre el nivel de arcillolitas, que aquí se presentan plásticas y húmedas, situación que propicia la reducción de los parámetros de resistencia y facilitar la inestabilidad del depósito. El agua que se observa en la parte baja de este depósito proviene de las casas construidas en la parte superior y de la vía de acceso a las mismas.

Un segundo sitio se localiza en el extremo sur del barrio Barranquillita aguas abajo y arriba del puente sobre la calle 86 sur, sobre la margen izquierda de la quebrada Santa Librada y dentro de la ronda demarcada por la EAAB. ESP, son pequeños deslizamientos antiguos, hoy inactivos, movilizados al parecer por la descarga incontrolada de aguas lluvias y residuales sobre el cuerpo del coluvión; este sitio por su ubicación en el extremo del área de trabajo se ha eliminado del estudio de amenaza de la ladera del barrio Pedregal por limitaciones en la información requerida para su análisis, por no existir elementos en riesgo por su presencia y porque su tratamiento se debe enmarcar dentro de las obras de manejo y protección de la ronda, que son del resorte de la mencionada empresa. Sin embargo al final en el capítulo 6 se dan algunas recomendaciones generales para su mitigación y control.

**Desprendimientos:** se pueden presentar esporádicamente en los cortes verticales de calles y construcciones, cuando se dejan bloques descubiertos o semidescubiertos

embebidos en una matriz fina, que por acción posterior del agua de escorrentía, es erodada liberándolos y permitiendo su caída.

#### **2.2.4 Agua Subsuperficial**

Teniendo en cuenta las características texturales de los materiales presentes, la fuerte pendiente de la ladera, así como la situación de aislamiento de la colina respecto de su entorno, no se considera que existan condiciones para explicar la presencia importante de aguas subsuperficiales naturales, que pueda dar origen a problemas de inestabilidad.

En efecto, en las observaciones hechas tanto en superficie como en los cortes y en las excavaciones de apiques no se determinó la presencia de agua subterránea de manera sistemática y continua; se pudo detectar si, tanto con las determinaciones directas de humedad, así como por las variaciones de resistividad en los sondeos geoelectrónicos, la presencia de contenidos variables de humedad, no solo en los niveles de coluvión y/o rellenos, sino incluso en las arcillolitas; esta situación se explica por infiltraciones provenientes de las precarias instalaciones de acueducto existentes, a base de mangueras, así como del sistema de alcantarillado de aguas servidas, el cual también está construido en muchos sitios con mangueras.

### **2.3 GEOTECNIA**

#### **2.3.1 Criterios de Planeamiento del Programa de Investigación**

La exploración del subsuelo se realizó con dos objetivos principales: conocer en detalle y espacialmente la estratigrafía del subsuelo y los cambios de espesores de las diferentes capas, para este efecto se optó por una exploración combinada empleando tanto métodos directos como: destapes, apiques y barrenos manuales e indirectos, específicamente el de resistividad eléctrica. El segundo objetivo fue obtener un número adecuado de muestras para clasificar y caracterizar geotécnicamente los materiales encontrados.

#### **2.3.2 2.3.2 Exploración Directa y Ensayos de Laboratorio**

Mediante una detenida inspección del área, se seleccionaron e investigaron 21 sitios, se adoptó principalmente por la caracterización de los taludes de corte ejecutados para la adecuación del terreno de las viviendas y vías de los barrios, habida cuenta de la dificultad que se presenta para excavar estos materiales dada las dimensiones de los bloques presentes; en sólo tres puntos se abrieron apiques con los mismos objetivos. Su localización se puede observar en la Figura 2.2; mientras que sus registros se presentan en el Anexo 2 de este informe.

La metodología implementada consistió en destapar y limpiar los taludes seleccionados para exponer los materiales en condición fresca, este recurso se combinó en los sitios que lo permitían, con la apertura de apiques y/o barrenos manuales en la pata, tratando de establecer la continuidad del perfil encontrado, en profundidad. Observando la variación del perfil en cada sitio, se definieron los puntos y niveles de muestreo de manera que se lograra una adecuada representación de todos los materiales encontrados, es así como se tomaron muestras alteradas en bolsa, generalmente de la matriz de los depósitos,

muestras inalteradas de bloque y tubo de pared delgada en aquellos niveles de materiales más blandos y arcillosos.

Sobre las muestras obtenidas se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, el cual consistió en la ejecución de pruebas para clasificación y determinación del contenido de humedad natural y el peso unitario; sobre las muestras inalteradas se llevaron a cabo además pruebas de compresión inconfiada, corte directo y carga puntual. En el Cuadro 2.1 se presenta el resumen general de resultados.

### **2.3.3 Exploración Geoeléctrica**

Como ya se mencionó se implementaron métodos de resistividad eléctrica, adecuados a la geomorfología y composición textural de los materiales, mediante la combinación de perfiles continuos o calicatas y sondeos eléctricos verticales. Se realizaron 75 sondeos con distancia  $ab/2$  de 10 metros y separados entre sí 10 metros con el fin de tratar de obtener un perfilaje continuo, estos se distribuyeron en cuatro líneas cuya localización se muestra en la Figura 2.2. Las mediciones se hicieron a distancias  $ab/2$  de 1.5, 2.5, 4, 6, 8 y 10 metros, con una distribución tipo Schulmberger y se interpretaron usando el software del U.S. Geological Survey llamado "Direct Interpretation for Electrical Soundings" (Zhody y Birsdoff).

Adicionalmente se realizaron 4 sondeos geoeléctricos con distancias  $ab/2$  de hasta 50 metros con el objeto de ampliar la información geoeléctrica en profundidad y ayudar en la interpretación de los sondeos someros.

En el Anexo 3 se presentan los perfiles y resultados obtenidos con este trabajo, para cuya comprensión debe tenerse en cuenta la siguiente nomenclatura empleada:

Cada sondeo se identificó por una "S" seguida de varios números; el primero identifica el perfil y por lo tanto varía del 1 al 4 únicamente; los siguientes dígitos representan el número consecutivo del orden en que se realizó la medición; de esta manera por ejemplo, el sondeo S - 417 es la medición 17 ó sondeo 17 del Perfil 4.

### **2.3.4 Análisis de los Resultados**

De los resultados de los procesos de investigación descritos se pueden establecer las siguientes condiciones geotécnicas para la zona de estudio:

Las matrices de los diferentes depósitos presentes en el área (aglomerado, coluviones y rellenos de origen antrópico) son bastante similares, arenas y gravas arcillosas, con contenidos de finos del orden de un 30%; contenidos variables de humedad pero relativamente bajos entre el 2.5 y 7.7 %, reflejo del bajo grado de saturación de estos depósitos y muy por debajo de los límites de plasticidad de su fracción fina; por la dificultad para adelantar caracterización adecuada de estos materiales con muestras representativas y las limitaciones en los recursos económicos para aproximar este objetivo, no sea realizado una diferenciación cuantitativa de la resistencia al corte de estos depósitos, sin embargo la observación directa en los destapes y taludes expuestos, permiten de manera cualitativa establecer que el aglomerado presenta un mayor grado de resistencia al corte que el coluvión, mientras que los materiales de relleno se comportan como suelos relativamente sueltos, de menor resistencia. Además, como se desprende de



los registros de los destapes efectuados y de la interpretación de los sondeos geoelectricos que se evalúan más adelante, el espesor de estos depósitos es en general menor predominantemente del orden de 2 a 2.5 m en las partes altas y bajas de la ladera y muy localmente en la parte media, hasta de 4 m.

Por su parte las arcillolitas presentan límites de plasticidad relativamente variables entre el 12 y el 24 % para el límite plástico y 23 y 56% para el límite líquido, reflejo de las heterogeneidades de estos materiales; a su vez son evidentes en esta caracterización los diferentes grados de alteración observados en campo, claramente registrados por sus contenidos de humedad, en dos casos muy cerca al límite plástico y en una condición prácticamente de suelo, en los demás casos la humedad natural de la arcillolita esta bastante por debajo del límite plástico indicativo de su bajo grado de meteorización.

Los parámetros geomecánicos medidos sobre las arcillolitas son muy puntuales y resulta muy difícil un análisis de su significación, fuera de reflejar la naturaleza blanda de esta unidad y de servir de referente para los análisis que posteriormente se analizan en el capítulo 3.

En relación con los sondeos geoelectricos y teniendo en cuenta las observaciones anteriores resultan pertinentes las siguientes apreciaciones:

En el Perfil 1 corrido por la carrera 1ª F bis Este (calle 85 sur), en sentido SE-NW aproximadamente, se distinguen dos capas principales en el subsuelo, la superior con características de relleno heterogéneo de textura variable y la segunda correspondiente al basamento constituido por una roca arcillolítica. En relación con la capa superior en este sector es importante notar el cambio a la altura de sondeos 4 y 5, el cual es reflejo de la presencia de sectores arcillo limosos de bajo contenido de humedad con otros similares pero con rocas y cantos.

El basamento corresponde a una arcillolita seca, que se presenta relativamente homogénea en este perfil.

En el sector del Perfil 2, realizado en los tres tramos corridos por la carrera 1ª D Este (calle 85 B sur), la carrera 1ª C bis Este (calle 85 C sur) y la carrera 1 C bis A Este, el subsuelo se presenta irregular con abundantes variaciones laterales y en profundidad, excepto en el primer tramo.

A lo largo de la carrera 1ª D Este se interpretan dos capas, la primera de las cuales corresponde a un depósito arcilloso, enmascarado con una capa de recebo compactado y su espesor máximo es del orden de 1.3 m. El basamento tiene una resistividad más o menos constante y corresponde a una arcillolita en diferente estado a la del Perfil 1, probablemente con un mayor contenido de humedad, tal como se detecto en las determinaciones directas de este parámetro.

En la carrera 1ª C bis Este se detectan 3 zonas diferentes; por una parte en ambos extremos del perfil una secuencia de dos capas, un relleno de hasta 2.2 m de espesor sobre el basamento, mientras que en el sector intermedio aflora el basamento. Se hace notar que las resistividades del basamento en la zona central son más altas que en los lados, reflejo de las heterogeneidades del mismo, así como de sus contenidos variables

de humedad.

El tercer tramo de este perfil muestra un subsuelo muy heterogéneo con variaciones laterales tanto en la capa de relleno como en el basamento. Estas variaciones sugieren la presencia de varios materiales en ambas capas. En la primera capa o depósito de ladera hay zonas con resistividad más alta que contienen fragmentos de roca y zonas de resistividad más baja que tienden a ser más limo-arcillosas.

El Perfil 3 se compone de dos tramos, efectuados por la carrera 1ª C Este (antigua calle 85 D sur) y un poco más abajo por la zona verde.

La primera parte del perfil muestra cambios notorios tanto en el basamento como en el depósito superficial, el cual no sobrepasa los 2.2 m, en efecto, esta capa presenta resistividades altas en los sondeos 4, 5 y 6 localizados en la parte central mientras que en los lados la resistividad disminuye, los valores más altos se atribuyen a la mayor presencia de piedras y cantos. El basamento se encuentra con resistividades diferentes bajo los sondeos 1, 2 y 3 reflejando los cambios de estratificación referidos en la descripción litoestratigráfica.

La segunda parte de Perfil 3 continua con la tendencia anterior, es decir, muestra variaciones tanto en la capa superficial como en el basamento. Se insinúa la presencia de un paleocanal bajo el sondeo 14 que explicaría la disminución de resistividad del basamento en ese punto causada por un mayor contenido de humedad.

El sector correspondiente al Perfil 4, levantado por las calles 86 A sur y diagonal 86 sur (no hay nomenclatura nueva), presenta las mismas características de heterogeneidad y variabilidad ya descritas, es decir, discontinuidades tanto laterales como en profundidad, en una secuencia predominantemente de dos capas.

## **2.4 INVENTARIO DE VIVIENDAS**

A partir de una visita técnica de reconocimiento al área en estudio, en la cual se pudo observar la tipología general de las viviendas existentes, se diseñó un formato de inventario incluido en el Anexo 4 de este informe, con base en el cual se levantó la información correspondiente para un total de 369 viviendas, de las cuales 270 pertenecen al barrio El Pedregal, 14 al barrio Barranquillita y 85 al barrio San Juan de Usme.

En el Cuadro 2.2 se presenta el resumen general del inventario; es indispensable recalcar que la información recolectada es de carácter más cualitativo que cuantitativo sobre su tipología estructural, dentro del objetivo de poder aproximarse conceptualmente a su resistencia o capacidad de respuesta ante eventos de remoción en masa de diferentes magnitudes. Sobre este aspecto, conviene agregar además, que en general casi ninguna edificación y mucho menos las que ocupan la atención de este estudio son diseñadas, ni construidas específicamente para resistir empujes o fuerzas generadas por fenómenos de remoción en masa y que por tanto la evaluación que sobre el particular puede hacerse con base en el inventario es muy limitada. Mucho más cuando esta tampoco se enmarca dentro de una metodología como la que sugieren las normas y códigos antisísmicos, que de manera más sistemática buscan una evaluación más específica de la capacidad

intrínseca de la estructura existentes a eventos de tal naturaleza.

A partir del inventario realizado, se establecieron inicialmente cuatro (4) niveles de capacidad de respuesta de acuerdo al tipo de estructura de la vivienda inventariada, como se presenta en la siguiente tabla:

Nivel	Tipo de Cimentación	Tipo de estructura	Tipo de Cubierta
A	Ciclópeo y Viga de Amarre y/o Zapatas	Muros cargueros, columnas, placa de concreto de entrepiso o pórticos.	Teja de asbesto - cemento o placa de concreto. Generalmente la placa.
B	Ciclópeo y Viga de Amarre	Muros cargueros, columnas, placa de entrepiso.	Teja de Zinc o de Asbesto - cemento.
C	Ciclópeo	Muros cargueros, placa de entrepiso	Teja de Zinc
D		Informal	

En el nivel A se incluyen las casas que de forma aparente cumplen con rasgos y parámetros mínimos de rigidez y solidez estructural; representados en una estructura aporricada o el empleo de muros cargueros confinados por columnas a distancias razonables y con placa de entrepiso en concreto. Lo anterior, sin entrar a establecer la existencia o no de cálculos estructurales y el cumplimiento de otros requisitos a nivel de distribución y refuerzo mínimo, lo que no estaba dentro del alcance del presente estudio.

En nivel B, se clasifican las viviendas construidas con muros cargueros, tienen placa de entrepiso en concreto y la incorporación de columnas y elementos de amarre es local y esporádica, es decir son viviendas que en su concepción, tratan de adicionar algún tipo de refuerzo adicional a la metodología tradicional de muros y placas.

En el nivel C, entran todas las demás tipologías de viviendas, es decir viviendas con muros cargueros, fundados sobre cimiento ciclópeo, viviendas prefabricadas.

En el nivel D, se incluyen las viviendas construidas con madera, cartón o tejas metálicas o sus combinaciones informales, es decir viviendas informales.

Es válido anotar como se verá en el capítulo 4, de acuerdo al modelo de vulnerabilidad establecido para el estudio, que los niveles A y B fueron agrupados en el nivel A, el nivel C paso a ser el B, como C se clasificaron las viviendas prefabricadas, como D las viviendas informales y se crearon los niveles E para viviendas en proceso de construcción y F para los lotes vacíos.

Refiriéndose a esta última clasificación, se puede apreciar en los gráficos de la Figura 2.3 el mayor número de viviendas tanto en todo el sector de estudio como para cada barrio en particular clasifican en la categoría B, reflejo del grado de consolidación que presentan cada uno de estos desarrollos y de alguna manera de la vulnerabilidad relativa entre ellos.

## **2.5 HIDROLOGIA**

Este estudio se inició a partir de la recopilación y análisis de la información hidrometeorológica e hidrológica disponible en la EAAB E.S.P y el IDEAM, así como del estudio de informes técnicos que de manera específica han sido realizados para la quebrada Santa Librada por parte de la EAAB E.S.P.

### **2.5.1 Características Pluviométricas de la Zona**

#### **2.5.1.1 Lluvias Medias**

El comportamiento de la lluvia en los barrios objeto del estudio se puede establecer a partir de las estaciones pluviográficas más cercanas que son La María y Juan Rey, ambas operadas por la EAAB E.S.P. La estación La María esta ubicada a unos 3.5 km. hacia el oriente de la zona de estudio, sobre la quebrada La Colorada y a 3100 msnm, mientras que la estación Juan Rey se ubica a tan solo 1.5 km, también al oriente del área de estudio y a 2985 msnm. Ambas estaciones cuentan con un registro relativamente corto, La María con 7 años no continuos (1989-1996) y Juan Rey con 10 años (1990-1999).

La EAAB E.S.P por intermedio de su oficina de Hidrología suministró al consultor las series de precipitaciones medias, máximas y mínimas mensuales, las cuales se consignan en las Figuras 2.4 y 2.5. La precipitación media anual en Juan Rey es de 1143 milímetros (mm), mientras que en La María es de 1392 mm.

Los histogramas indican que el comportamiento de la lluvia es básicamente unimodal con un solo período invernal comprendido entre los meses de mayo a agosto, siendo el mes mas crítico el de julio con una precipitación media mensual de 200 y 228 mm respectivamente. Por el contrario los meses de verano corresponden a diciembre, enero y febrero. Los meses restantes son de transición de verano a invierno y viceversa. Este comportamiento está muy influido por el régimen hidrológico de los llanos orientales de Colombia. El mes de más baja precipitación corresponde a enero con una media de 55 mm en Juan Rey y de 49 mm en La María.

#### **2.5.1.2 Lluvias Extremas**

Además de la información descrita, la EAAB E.S.P suministró los datos de la precipitación máxima de 24 horas registrada en el mismo periodo de medición para las mismas estaciones de La María y Juan Rey. La más alta precipitación registrada en 24 horas en las estaciones Juan Rey y La María es de 75.6 y de 68.2 mm respectivamente. Este valor máximo ocurre en Juan Rey en el mes de mayo, mientras que en La María en el mes de octubre, lo que indica que se pueden presentar grandes avenidas en meses no catalogados de invierno.

Los histogramas de la precipitación máxima de 24 horas se presentan en las Figuras 2.6 y 2.7.

Los meses que presentan las medias más altas de máximos de 24 horas son mayo, julio y noviembre para Juan Rey, mientras que en La María corresponden a los meses de marzo, mayo y julio, lo que indica que en términos generales es esperable que las más grandes

avenidas ocurran con mayor probabilidad durante los periodos catalogados como de invierno.

El valor esperado de la precipitación máxima de 24 horas en Juan Rey es de 23 mm y de 22 mm en La María.

### 2.5.1.3 Intensidad Duración Frecuencia

Para la cuantificación de los caudales que deben ser conducidos mediante las obras de conducción de aguas lluvias del área de estudio se acudió al estudio de tormentas elaborado por la firma IRH Ltda. y terminado en 1996, el cual regionalizó espacialmente de las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia para toda la ciudad de Santa Fe de Bogotá, mediante la elaboración de una malla con nodos separados 500 m (6500 nodos) en los cuales se puede estimar las curvas IDF y sus correspondientes ecuaciones, para distintos períodos de retorno.

Para estimar estas curvas se seleccionó un punto con coordenadas conocidas 996,500 E y 991,000 N que representa adecuadamente el área de estudio y el sistema, al suministrarle estas coordenadas salta al nodo más próximo que corresponde a las coordenadas 996,648 E y 990,836 N donde calcula las curvas I-D-F mediante interpolación con las estaciones pluviográficas más cercanas. La curva I-D-F para este nodo se presenta en la Figura 2.8.

## 2.5.2 Comportamiento Hidrológico de la Quebrada Santa Librada

### 2.5.2.1 Estudios Anteriores

El área o la zona de estudio que corresponde a los barrios el Pedregal, Barranquillita y San Juan de Usme hace parte de la cuenca de la quebrada Santa Librada en su parte baja, por lo que se revisó el estudio de Adecuación Hidráulica de la quebrada Santa Librada, elaborado por la firma Giraldo y López Ltda para la EAAB en el año de 1989.

Dicho estudio propone la adecuación hidráulica de la quebrada Santa Librada en una longitud de 3 km a partir de su desembocadura en el río Tunjuelito.

En el estudio mencionado se subdividió la totalidad de la cuenca de la quebrada Santa Librada en subcuencas en consideración a sus afluentes principales, se determinaron sus características morfológicas, áreas de drenaje, tiempos de concentración e intensidades de la lluvia para lograr un estudio hidrológico detallado donde se estimaron los caudales de crecientes para períodos de retorno de 10, 25 y 100 años, siguiendo en un todo las normas de la EAAB y para la condición de desarrollo máximo.

La evaluación hidráulica de la quebrada Santa Librada en el tramo de estudio determinó la presencia de tres secciones típicas, las cuales se presentan por tramos de variada longitud.

- La tipo I corresponde a cauce profundo y suficiente capacidad hidráulica que requiere la rectificación de curvas y el desalojo de viviendas muy cercanas.

- La tipo II corresponde a cauce profundo con insuficiente capacidad hidráulica pero con planicie de inundación suficiente para alojar la creciente de diseño. Allí se requiere la demarcación de las rondas y la construcción de obras de adecuación.
- La tipo III corresponde a cauce poco profundo sin adecuada capacidad hidráulica y sin planicie de inundación, por lo que requiere su canalización completa.

Los barrios el Pedregal, Barranquillita y San Juan de Usme drenan por la margen derecha de la quebrada Santa Librada en el abscisado k1+100 a k1+750 del estudio mencionado, y allí se observa que en este tramo se presenta únicamente la sección tipo I.

Este cauce tipo I fue caracterizado como un lecho estable, conformado por material de tamaño entre grava gruesa a bloques de 2 o más metros de diámetro, embebidos generalmente en una matriz arcillosa bastante dura, eventualmente se observa en estos tramos control litológico por la presencia del basamento rocoso.

#### 2.5.2.2 Niveles de Inundación

En el tramo de interés de la quebrada se encuentran tres estructuras de paso o puentes, dos de los cuales cuentan con suficiente capacidad hidráulica y el tercero ubicado en la parte mas alta no cuenta con suficiente capacidad hidráulica para el paso de la creciente de diseño. En la Figura 2.9 se presenta el mapa hidrológico el cual contiene la planta de la quebrada Santa Librada y las secciones transversales en el sector de interés, sobre las cuales, con la información de caudales ajustados con las nuevas curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia, se muestran los niveles de inundación correspondientes a periodos de retorno de 10, 25 y 100 años, los cuales al ser revisados por este estudio, no presentan mayor diferencia con los análisis realizados en el estudio previo. Como puede apreciarse en esta figura el área afectada por estos eventos sólo parece afectar unas pocas viviendas y es significativamente menor que la establecida con la demarcación de la ronda ya realizada por la EAAB E.S.P y dentro de la cual deberán evacuarse y demolerse todas las estructuras existentes, algunas de cuyas acciones ya han sido iniciadas por el FOPAE.

### 3. ZONIFICACION GEOTECNICA, CONDICIONES Y EVALUACION DE ESTABILIDAD ESTATICA Y DINAMICA

#### 3.1 ZONIFICACION GEOTECNICA

Para la zonificación inicial de la ladera desde el punto de vista de su susceptibilidad al desarrollo de fenómenos de remoción en masa se tuvieron en cuenta cuatro elementos principales: material, pendiente del terreno, tipo de Ladera y tipo o tipos de procesos actuantes.

##### 3.1.1 Tipo de Material

De acuerdo con los trabajos de geología y exploración los siguientes son los tipos de materiales presentes en el área de estudio:

- **I** Aglomerado
- **II** Se tienen dos litologías:
  - **II1** Arcillolitas
  - **II2** Areniscas Friables
- **III** Qc. - Depósitos de Ladera y Coluviales.  
Qcr - Coluviones más rellenos antrópicos antiguos.
- **IV** Suelos Orgánicos
- **V** Qal - Depósitos Aluviales

##### 3.1.2 Pendientes

Con base en los intervalos de pendientes establecidos en estudios precedentes en el área en estudio, se generó un mapa de pendientes con fines de zonificación geotécnica con la siguiente nomenclatura:

- |                               |             |                                 |
|-------------------------------|-------------|---------------------------------|
| - <b>w</b> Pendiente muy Alta | $\geq 61\%$ | Zonas de explotación.           |
| - <b>a</b> Alta               | 37% - 61%   | Pendiente característica.       |
| - <b>m</b> Media              | 22% - 37%   | Zonas intervenidas localmente   |
| - <b>b</b> Baja               | 14% - 22%   | Zonas de transición             |
| - <b>p</b> Muy baja           | $< 14\%$    | Escalonamientos, terrazas, vías |

### 3.1.3 Tipo de Laderas

De acuerdo a lo establecido en el diagnóstico, los procesos de inestabilidad que afectan el área en estudio están directamente relacionados con la acción del hombre sobre el medio físico. Se determinaron entonces tres tipos de formas de las laderas:

- **N** Natural
- **A** Antrópica
- **Rd** Ronda

### 3.1.4 Tipos de Procesos de Degradación

Se establecieron tres tipos de procesos así:

- **e** - Erosión
- **F** - Deslizamientos
  - **Fdr** - Deslizamientos rotacionales
  - **Fdt** - Deslizamientos traslacionales
- **Fc** - Caídas o rodamientos de bloques.

De acuerdo con lo anterior, se genera el mapa de zonificación geotécnica, Plano 3, el cual establece quince zonas (15) delimitadas mediante el cruce temático de éstas cuatro variables, y cuyos rasgos se resumen en el Cuadro 3.1.

## 3.2 MECANISMOS DE FALLA POTENCIALES

Dadas las características litológicas de los materiales presentes en la ladera de estudio, la naturaleza de los procesos geomorfológicos actuantes en cada zona delimitada, muy pocos de carácter masivo, y teniendo en cuenta la disposición de los materiales en cada una de ellas, así como sobre la ladera en general, ver las secciones representativas en las Figuras 3.1 y 3.2, se formularon escenarios hipotéticos respecto de los modos o mecanismos de falla que bajo sollicitaciones extremas de lluvias y eventos sísmicos podrían eventualmente desencadenarse en las zonas previamente definidas o sobre la ladera como un todo, y que estarían favorecidos por la intensificación de los procesos de intemperización, denudación y cortes generados por las antiguas explotaciones mineras y los realizados para la construcción de viviendas.

Dentro de este marco se consideraron cuatro mecanismos potenciales de falla, a saber:

- Tipo 1: Deslizamientos superficiales de tipo rotacional que involucrarían únicamente los depósitos de aglomerado, coluviones y/o rellenos antrópicos, y que se detonarían como consecuencia de la ejecución de cortes subverticales para acomodar las viviendas.
- Tipo 2: Deslizamientos traslacionales que afectarían los mismos materiales, sin embargo, tendrían mayor extensión y se desarrollarían entre puntos con cambios marcados de pendiente, su superficie de falla estaría controlado por el contacto con el basamento rocoso.



- Tipo 3: Deslizamientos traslacionales de mayor profundidad, que involucrarían al macizo rocoso, estarían controlados por el buzamiento aparente de la estratificación con respecto a la ladera y se verían favorecidos con el tiempo por el proceso progresivo de alteración y meteorización del macizo arcillolítico, que ya se registra y que podría acentuarse en la medida que el basamento sea más expuesto a los agentes intemperantes.
- Tipo 4: Deslizamientos de tipo rotacional involucrando la totalidad de la ladera y a través del macizo rocoso sin control estructural alguno.

### **3.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD**

Para evaluar las condiciones generales de estabilidad de la ladera, de sitios de particular importancia de acuerdo con los levantamientos topográficos y geomorfológicos y sectores identificados como potencialmente inestables y, para los cuatro mecanismos de falla considerados se realizaron análisis de estabilidad por equilibrio límite sobre modelos geotécnicos que cubren el área en evaluación. Los perfiles de análisis se presentan en el Anexo 4.

Es válido aclarar que no se consideró representativo realizar análisis para los fenómenos de caídas de bloques, toda vez que como se comentó en la descripción de los procesos geomorfológicos actuantes, su ocurrencia esta supeditada al desarrollo de una erosión intensa que los libere y facilite su caída posterior, y cuya predicción en términos probabilísticos resulta muy difícil, por la complejidad de los procesos involucrados y las variables que condicionan su evolución y desarrollo; la amenaza por este fenómeno sin embargo, se considera como muy baja, por varias razones: la gran dimensión de los bloques embebidos lo que permite inferir un proceso erosivo intenso para su liberación y haciendo notar que estas caídas no han tenido lugar durante el tiempo en que el barrio ha existido, mas o menos 15 años, y que es precisamente para controlar los incipientes fenómenos de erosión que hoy se observan y para los cuales se formulan todas las obras de manejo y protección que se recomiendan más adelante, con el propósito de que prácticamente se elimine definitivamente cualquier nivel de amenaza y riesgo por este fenómeno. Sin embargo, el reconocimiento de la posibilidad de ocurrencia de estos fenómenos en sitios localizados y su superposición a la amenaza derivada de los otros tipos de inestabilidad considerados, llevaron a aumentar en un rango el nivel riesgo de los elementos expuestos en estos sitios.

#### **3.3.1 Caracterización Geomecánica de los Materiales**

Desde el punto de vista geomecánico las propiedades de los materiales interesados se establecieron a partir de las pocas pruebas de resistencia ejecutadas en esta ocasión, las cuales se complementaron y compararon con datos reportados en otros estudios realizados por la Firma en el sector y en estudios de áreas vecinas como son el Estudio Geotécnico Sector Pedregal, Fase II 1996 realizado por INGEOMINAS, el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para varias localidades de Santa Fe de Bogotá, realizado por INGEOCIM (1998) y el Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá, realizado por la Universidad de Los Andes en 1996.

Los parámetros de resistencia efectivos adoptados fueron los siguientes:

MATERIAL	COHESION t/m <sup>2</sup>	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	PESO UNITARIO t/m <sup>3</sup>
Aglomerado	4.0	27.0	1.85
Coluvión	2.0	23.0	1.80
Coluvión + Relleno	1.0 (0.0)	23.0 (18.0)	1.70
Arcillolita (macizo rocoso)	13.0 (0.0)	40.0 (15.0)	2.00
Arcillolita Reblandecida	7.0 - 11.0	9.0 - 23.0	2.00

Nota: En paréntesis parámetros residuales.

Los parámetros adoptados en el caso de los depósitos, corresponden a valores típicos muy cercanos e incluso algo menores a los valores mínimos y promedio reportados en otros estudios realizados en el área.

Para la definición de los parámetros que podrían gobernar la resistencia del macizo arcillolítico, ante un evento de falla de grandes dimensiones no controlado por el buzamiento se dedujeron envolventes de resistencia a partir del Índice RMR teniendo en cuenta la propuesta de Romana (1985) para su aplicación en taludes y adoptando las siguientes condiciones de estado, teniendo en cuenta lo observado en los taludes y ensayos de laboratorio.

PARAMETRO	RANGO DE VALORES	RANGO DE CALIFICACIÓN
Resistencia a la Compresión	50 a 5 kg/cm <sup>2</sup>	1 a 0
RQD	90 a 50 %	17 a 13
Espaciamento Discontinuidades	200 a 600 mm	10
Condición Discontinuidades	ligera a alta meteorización	25 a 20
Presencia de Agua	Ligeramente húmeda	10 a 7
Influencia por Orientación	alfa(s) - alfa (s) = 20 Bj=40 Bj - Bs= 10 Talud Natural	F1= .70 F2= .85 F3= -16 a -25 F4= 15
<b>RMR</b>		<b>68 a 50</b>

La calificación obtenida a partir de estos parámetros se compararon con las presentadas en el estudio realizado previamente por INGEOMINAS en el barrio Pedregal y en la que se estableció un RMR de 30. En las Figuras 3.3 y 3.4 se presentan las envolventes deducidas a partir de estas dos condiciones extremas de 68 y 30.

### 3.3.2 Resultados de los Análisis

En el Cuadro 3.2 se resumen los resultados de los análisis de estabilidad en términos de factores de seguridad, para los mecanismos de falla más críticos encontrados para cada zona y elaborados sobre 10 secciones representativas del área de estudio indicadas en el Plano 3, (ver perfiles de análisis en las memorias de trabajo) y bajo condiciones

extremas, esto es: máxima aceleración esperada de acuerdo con el estudio de microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá para este sector y condiciones de saturación total, condición esta última poco probable, si se tiene en cuenta la fuerte pendiente del terreno y su uso actual. Se hace notar en este cuadro, la no inclusión de ningún resultado con respecto al mecanismo de falla No 4 por haberse obtenido factores de seguridad extremadamente altos, reflejo de la nula probabilidad de un mecanismo como el planteado por esta hipótesis.

## 4. ZONIFICACION POR AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

### 4.1 ZONIFICACION POR AMENAZA

Para poder establecer una relación entre la probabilidad de falla y los factores de seguridad obtenidos y porque para lograr esto sería necesario adelantar un estudio sobre un área más amplia, se adoptó para este propósito la curva desarrollada en el curso del estudio de Zonificación realizado para la UPES por la firma INGEOCIM, esta curva fue desarrollada para una escenario de análisis de 10 años, y considerando la probabilidad de los eventos críticos de sismo y lluvia, esta última con base en la lluvia crítica acumulada capaz de disparar estos fenómenos. Ver Figura 4.1.

La curva mencionada para efectos de su aplicación en el área en estudio y obtener resultados más precisos y menos conservadores debe ser ajustada teniendo en cuenta entre otros aspectos la variación de los parámetros de resistencia de los materiales involucrados, ejercicio que resulta un tanto especulativo dada la poca información al respecto; de otra parte y como se verá más adelante los escenarios de amenaza y riesgo establecidos son tan poco críticos que no ameritan en principio un refinamiento de este ejercicio.

Como ya se mencionó, para perfil el geotécnico típico de cada una de las zonas establecidas se evaluó su estabilidad, teniendo en cuenta los fenómenos presentes y los mecanismos de falla potenciales considerados; con los factores de seguridad así obtenidos se determinó su probabilidad de ocurrencia y su grado de amenaza con base en la Función de Probabilidad ya referida, estableciendo los siguientes criterios cuantificados de amenaza, para un periodo de análisis de 10 años:

FACTOR DE SEGURIDAD	PROBABILIDAD DE FALLA	NIVEL DE AMENAZA
$\leq 0.625$	$> 0.731$	Muy Alta MA
$> 0.625 - 1.328$	$0.731 - < 0.326$	Alta A
$> 1.328 - 1.936$	$0.326 - < 0.121$	Media M
$> 1.936 - 3.408$	$0.121 - < 0.004$	Baja B
$> 3.408$	$\leq 0.0004$	Muy Baja MB

Por otra parte y para tener en cuenta el grado de amenaza que representan particularmente los cortes verticales al respaldo de los muros posterior y laterales en algunas viviendas, esta consultoría independientemente del factor de seguridad obtenido del análisis de estabilidad de la zona respectiva, les ha asignado un grado de amenaza alto.

En el Plano 4 se presentan la zonificación del área de acuerdo los resultados obtenidos de esta evaluación.

## **4.2 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD**

La evaluación de vulnerabilidad se adelantó siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos por LEONE, 1996. Así en forma semicuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad de las unidades de vivienda en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la zona de afectación previsible por el fenómeno amenazante.

El nivel de daño de los elementos expuestos se define tipificando las viviendas por su tipología establecida en el inventario y sus modos de daño asociados a la sollicitación impuesta por los diferentes eventos amenazantes, los que a su vez dependen de los mecanismos de falla y de su distancia de viaje.

### **4.2.1 Condición Actual**

A partir de la revisión y análisis de la información recolectada en el inventario de viviendas, como se comentó anteriormente, se establecieron seis tipologías de viviendas en función de su capacidad estructural de respuesta ante sollicitaciones impuestas por los fenómenos que representan amenaza:

- A** - Viviendas con estructura aporticada en concreto.
- B** - Viviendas con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado.
- C** - Viviendas de construcción normal y viviendas prefabricadas.
- D** - Viviendas informales.
- E** - Edificaciones en proceso de construcción.
- F** - Lotes vacíos

Así las viviendas tipo **A** se consideran menos vulnerables que las viviendas tipo **D**, es decir tienen una mayor capacidad de resistir. La clasificación E y F se tiene en cuenta por que se asumen que estos predios hacen parte del loteo de los barrios en estudio y de alguna forme representan algún valor par sus propietarios.

Por otra parte las viviendas se encuentran referenciadas en el área en estudio de tal forma que resulta simple asignarles el tipo de amenaza al que están expuestas.

### **4.2.2 Evaluación de Daños Posibles**

La estimación cuantitativa de daños posibles se adelanta para cada tipo de vivienda en función de la asignación de una sollicitación impuesta por un determinado proceso generador de daño, que a su vez depende del grado de exposición del elemento

expuesto. Este procedimiento se realiza a criterio del experto en evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa tomando como base la siguiente tabla de clasificación de daños propuesta por DRM {DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS} y presentada por LEONE, 1996.

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
1	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0,01 – 0,1
2	Fisuración de muros. Reparaciones no urgentes	0,2 – 0,3
3	Deformaciones importantes, fisuras 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

Donde el porcentaje de daño se define como la diferencia entre el valor inicial del bien antes del evento y el valor final del bien después del evento, dividida por el valor inicial del bien.

#### 4.2.3 Asignación de Solicitación

La asignación de solicitudes se realiza definiendo una zona de interacción entre el fenómeno y el elemento expuesto para el mecanismo de falla que arroje la condición más crítica en los análisis de estabilidad.

##### 4.2.3.1 Tipo de Movimientos y Solicitaciones

Se establece para el modelo de vulnerabilidad los deslizamientos rotacionales y traslacionales, como los eventos generadores de daño, para los cuales en cada zona geotécnica o condición local de manera cualitativa se le define su área de afectación, teniendo en cuenta tanto la magnitud del evento como la morfometría del frente de viaje del movimiento y su influencia en cuanto al retroceso de la corona del movimiento.

Se definen tres tipos de solicitudes:

- Desplazamientos verticales - DV
- Desplazamientos de componente lateral - CDL
- Empujes - E

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de los deslizamientos y su posible área de retroceso, su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida.

Los desplazamientos con componente lateral son experimentados por los elementos localizados en el cuerpo del movimiento. Su valoración cualitativa se realiza en función de la superficie de rotura y la intensidad de deformación de la superficie, de esta forma se

establecen tres posibles niveles de afectación:

**Nula** La superficie original se conserva en parte o en su totalidad.

**Media** La superficie original se deforma pero la superficie de falla es superficial.

**Alta** La superficie original presenta altas deformaciones y la superficie de rotura tiene una profundidad mayor a 1 m.

Las sollicitaciones por empuje son experimentadas por los elementos que se encuentran al frente de la masa en movimiento sobre la dirección de avance, su magnitud se establece con criterios geométricos, en función de la relación entre la altura de la acumulación del material movido y la del elemento expuesto, sobre la base de tres niveles:

**Alta** Altura de acumulación mayor a los 2/3 de la altura del elemento

**Media** Altura de acumulación entre 1/3 y 2/3 de la altura del elemento.

**Baja** Altura de acumulación menor a 1/3 de al altura del elemento.

#### 4.2.3.2 Cualificación de los Daños

La cualificación de los daños se realiza generando una matriz que permite adelantar la asignación de los índices correspondientes en función de la tipología de las viviendas y el tipo de sollicitación.

La tipología de las viviendas representa la capacidad de asimilación de la estructura a sollicitaciones impuestas por el fenómeno amenazante.

Con estos criterios se define la siguiente matriz:

MATRIZ DE INDICES DE DAÑOS						
SOLICITACION	TIPOLOGIA					
	A	B	C	D	E	F
Desplazamiento Vertical	3	3	3	4		1/3
Desplazamientos Laterales	2	2/4	3	2		1
Empujes	2	2	3	4	1	1
No Sollicitación						1

Nota: Índice de daño asociado según DRM

#### 4.2.4 Evaluación

Con base en la matriz de daños se establece el algoritmo de asignación en cada caso en particular definiendo el índice de vulnerabilidad como el porcentaje de pérdida esperado, evaluado en función del valor inicial de la vivienda antes del evento y el valor final una vez que ocurre el daño.

Como variable discriminante en este proceso se introduce el área de afectación del predio por efectos de la solicitud, ya que los movimientos en masa son de pequeña magnitud.

El Cuadro 4.1 muestra los resultados obtenidos, En promedio el área en las condiciones actuales configura un nivel de vulnerabilidad bajo con un índice de daño de 0.15.

Los intervalos de clasificación se establecen según la siguiente tabla:

<b>NIVELES</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>
MB Muy Bajo	$\leq 0.1$
B Bajo	$\leq 0.3$
M Medio	$\leq 0.6$
A Alto	$\leq 0.8$
MA Muy Alto	$\leq 1.0$

Tomada de UPES / INGEOCIM, 1998

La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se presenta en el Plano 5, empleando el criterio semáforo, esto es: en tonos rojos niveles de vulnerabilidad altos, en tonos amarillos niveles medio y en tono verdes y azules niveles de vulnerabilidad bajos.

### **4.3 EVALUACION DE RIESGO**

Una vez definida la amenaza en términos de probabilidad de ocurrencia y establecido los índices de vulnerabilidad en términos de costo de daño, ver Cuadro 4.1, el riesgo por fenómenos de remoción en masa en términos de costo esperado de falla se define como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad.

Adicionalmente se establece un índice de riesgo -IR- definido como el porcentaje de daño esperado, el cual permita establecer intervalos de riesgo.

Los resultados muestran que el nivel de riesgo del área en estudio es muy bajo, en promedio es de 2.6%, lo que implica costos de falla esperados de \$129'000.000.00 de pesos. Tomando como criterio de clasificación los intervalos de riesgo definidos en los estudios de carácter regional realizados por la UPES, el área se enmarca dentro un nivel de riesgo muy bajo.

De acuerdo a lo anterior y por no contar con otros elementos de juicio para ajustar los niveles de riesgo en la zona, debido tanto a la dificultad de evaluar y cuantificar la percepción del riesgo por la comunidad involucrada, así como por el mismo personal técnico que adelantó el estudio, se adoptaron tres niveles de riesgo así: un nivel de riesgo muy bajo para valores de IR menor al 10 %, un nivel bajo para valores de IR entre el 10 % y menores del 20, y un nivel de riesgo medio para valores del IR iguales o mayores al 20%, lo cual se representa cartográficamente en el Plano 6.



#### **4.4 VULNERABILIDAD Y RIESGO DEL SISTEMA VIAL**

De acuerdo a lo expuesto a lo largo del estudio y basados en las evaluaciones de estabilidad y grado de amenaza de las diferentes zonas geotécnicas y teniendo en cuenta las condiciones urbanísticas del sector, se consideró necesario adelantar una estimación cualitativa del nivel de vulnerabilidad y riesgo del sistema vial por fenómenos de remoción en masa.

##### **4.4.1 Consideraciones Generales**

El sistema vial del sector está conformado por unas vías principales con dirección preferencial norte - sur que cumple la función de acceso y comunicación del Barrio con sus alrededores y vías secundarias vehiculares y peatonales localizadas en dirección perpendicular a las vías principales. Ver Plano 1.

Las vías actualmente no cuentan con una estructura de pavimento técnicamente construida, en la exploración del subsuelo no se identificó estructuras de pavimento y en ocasiones la superficie de rodadura la conforma el suelo natural, especialmente hacia la parte alta del sector. La capa de rodadura de las vías de acceso al sector está conformada por una capa de recebo con espesores promedios menores a 20 cm.

##### **4.4.2 Evaluación**

En general el sistema vial del sector presenta un bajo nivel de exposición a movimientos en masa, la mayoría del trazado vial colinda con paramento de viviendas. Los sectores viales que se identificaron dentro de las zonas de influencia de afectación por la ocurrencia de deslizamientos son:

- Transversal 1ª B bis Este (Calle 86 sur) y carrera 1ª C Este (calle 85 D sur) - a la altura del sector afectado por el deslizamiento rotacional en relleno, clasificado de amenaza alta, en una longitud de 110 m.
- Carrera 1ª C Este (Calle 85 D sur) entre Dig. 71 sur y Dig. 70 C sur - expuesto a un deslizamiento traslacional en aglomerado, clasificado con un nivel de amenaza medio, en una longitud de 55 m.

A criterio de los evaluadores, para los sectores de vías mencionados se establece un nivel de riesgo por fenómenos de remoción en masa bajo, aunque el nivel de exposición de las vías sea alto, teniendo en cuenta la pequeña magnitud y superficialidad de los deslizamientos. Lo que implicaría que los niveles de daño posible se limitarían al efecto de taponamiento de la vía, situación muy simple de normalizar.

#### **4.5 ANALISIS DE RESULTADOS**

Las laderas del área en estudio se caracterizan por presentar niveles de amenaza baja a media en su condición natural y en función de la pendiente, como lo registran los sectores altos del barrio el Pedregal, Sectores Z I a/w N. Las laderas modificadas por la acción del hombre, presentan niveles de amenaza variable dependiendo de la pendiente generada, por ejemplo las zonas de corte con taludes seudoverticales presentan niveles de amenaza

media, mientras las zonas explanadas niveles de amenaza muy baja.

Los sectores conformados por depósitos coluviales presentan niveles de amenaza media, mientras los taludes compuestos por rellenos o botaderos representan niveles de amenaza alta, principalmente el sector localizado entre la carrera 1ª C Este y la transversal 1ª B bis Este, costado norte, igualmente los cortes posteriores y laterales casi verticales ejecutados durante la construcción de las viviendas. El mecanismo de falla crítico que condiciona la estabilidad de este sector es el movimiento de tipo traslacional sobre el aglomerado o en el contacto aglomerado - arcillolitas.

Localmente en las zonas de corte donde queda expuesta la arcillolita la falla a lo largo del macizo rocoso es la más crítica como el caso del sector Z I w/m A (4) localizado al centro del área.

De los tres tipo de solicitaciones establecidas el Empuje (E) sobre las viviendas es el más recurrente, 89 casos, mientras las deformaciones verticales (DV) representan 43 de los casos y los desplazamientos laterales (CDL) constituyen 23 casos. Es de anotar que 109 viviendas no se encuentran expuestas a ningún tipo de evento amenazante.

Los niveles de vulnerabilidad resultantes muestran que 9 viviendas presentan niveles de vulnerabilidad alta asociadas a solicitaciones de deformaciones verticales (DV) en 6 de los casos y a desplazamientos horizontales (CDL) en 3 casos. Esto significa que las viviendas más vulnerables son las localizadas en la parte alta de los escarpes que conforman los cortes mineros y de explanación para viviendas o vías. Adicionalmente estas viviendas presentan tipologías B y D y son: A-10, B-1,2,3, R-16, T-3, U-1,2 y la Y-3. 52 viviendas clasifican dentro del intervalo de vulnerabilidad media y las 204 restantes (excluyendo las 12 del barrio Barranquillita) como baja a muy baja. Las viviendas con niveles de vulnerabilidad media principalmente están sometidas a desplazamientos verticales mientras las de vulnerabilidades bajas están expuestas a empujes laterales, lo que se explica por la pequeña magnitud de los posibles deslizamientos y corta distancia de viaje de la masa que puede llegar a movilizarse; las tipologías características en este nivel son las de tipo B y tipo C.

De acuerdo al criterio establecido para categorizar el riesgo, 10 viviendas se enmarcan dentro de un nivel de riesgo medio, 40 viviendas se enmarcan dentro de un nivel de riesgo bajo y las restantes 215 como muy bajo. De las 10 viviendas las unidades numeradas B1, B2, B3 y A8, se localizan en la parte alta de la corona del corte minero ubicado al centro norte del área; las unidades B4, D1, D2, F2, S1 y O5 son amenazadas por la presencia de cortes verticales, todas presentando un índice de pérdida del 20 % al 26 %.

Con índices de pérdida de 11 % y 16% se identifican las unidades F4, T3, U1, U2, Y3 y R25, principalmente con tipologías tipo D con pobres características constructivas. Las manzanas AE y Z y la vivienda y2 localizadas sobre la margen derecha de la quebrada Santa Librada, que se encuentra dentro de la ronda del drenaje, presenta un índice de riesgo de 12 %.

De acuerdo a lo anterior se puede indicar que las zonas más sensibles a sufrir daño por la ocurrencia de movimientos en masa son la zona de ronda de la margen derecha de la quebrada, el frente de explotación abandonado localizado al centro – norte del área y

localmente los sectores utilizados para disposición de materiales producto de las excavaciones para la conformación de viviendas o de vías.

El sector de relleno que se definió como de amenaza alta y que se localiza entre las vías 85 D sur y 86 sur, no configura una zona que pueda llegar a generar un evento que cause daños graves, dada la pequeña magnitud de la masa que puede llegar a moverse. Su ocurrencia generaría niveles de riesgo bajo sobre los elementos expuestos que se encuentren en su área de influencia.

Los sectores donde se realizan cortes verticales para la construcción de viviendas y la ladera natural presenta una pendiente alta, se convierten en zonas potencialmente inestables que pueden llegar a generar problemas de emergencias y desastre que afectan a las viviendas directamente expuestas, si se deja avanzar la degradación de los materiales que conforman los cortes y no se da un correcto manejo de las aguas de escorrentía.

## **5. PLAN DE ACCIONES DE MITIGACION**

### **5.1 CONSIDERACIONES GENERALES**

Teniendo en cuenta los resultados de los ejercicios de zonificación por amenaza y riesgo presentados en el capítulo anterior, los cuales reflejan de manera adecuada la condición estable del área, así como la existencia local de amenazas moderadas por fenómenos de remoción en masa, con niveles de riesgo muy bajos para la población allí asentada y sus viviendas, no es aparente la necesidad de obras que puedan cambiar substancialmente esta situación, salvo en sitios muy específicos. En efecto, solamente en el sector ubicado al norte del área entre la transversal 1ª B bis Este y la carrera 1ª C Este, son evidentes las señales de un fenómeno de inestabilidad muy superficial que se desencadenó hace unos años y que involucra materiales de relleno dispuestos sobre la ladera, en la actualidad el sector se muestra estable, sin embargo y de acuerdo con los análisis de estabilidad puede reactivarse en condiciones extremas de saturación y sismo, y puede amenazar algunas viviendas localizadas sobre la calle 86 sur.

No obstante lo anterior, es evidente, principalmente en el área del barrio el Pedregal, la presencia de focos de erosión asociados a los cortes realizados para la construcción de las viviendas, a los rellenos originados por los mismos y a los terraceos abandonados por la dificultad en la ejecución de las excavaciones para la cimentación de las viviendas, los cuales de progresar crearían condiciones favorables para el eventual desencadenamiento de los fenómenos de masas potenciales y que por lo pronto presentan una muy baja probabilidad de ocurrencia.

En este orden de ideas y ante la ausencia de un sistema recolector de aguas de escorrentía y a la falta de planificación en el desarrollo urbanístico, se estima que los planes de mitigación deben tender a suplir en primera instancia estas deficiencias, con el diseño y construcción de un sistema de captación y conducción de las aguas superficiales de manera adecuada y controlada, que prevenga el arrastre de materiales; estas acciones serían complementadas con recomendaciones y pautas para que la comunidad adelante la construcción de nuevas viviendas dentro de criterios y parámetros que promuevan la protección general de las ladera y de manera muy especial la de los taludes expuestos por las excavaciones realizadas. Todo esto a partir de la definición urbanística de tres estructuras de ordenamiento esenciales, a saber: una estructura vial, una estructura peatonal y una estructura de zonas verdes, definidas con base en el uso actual del área

de estudio y sus condiciones de estabilidad general.

Lo anterior es aplicable casi que exclusivamente al barrio el Pedregal; los barrios Barranquillita y San Juan de Usme, se encuentran prácticamente consolidados, contando con sistemas de acueducto, alcantarillado e infraestructura vial definidos; sin que se presenten problemas como los descritos que requieran de algún tipo de intervención.

## **5.2 PLAN GENERAL DE ACCIONES**

Con base en lo anterior se han identificado tres grandes tipo de acciones o programas, cada una de las cuales además, tendría sus planes o proyectos específicos, los cuales se consideran esenciales para un control adecuado e integral de los fenómenos que afectan el área en la actualidad y que podrían dar origen a problemas de mayores dimensiones si nos son afrontados oportuna y sistemáticamente; dichos programas y proyectos son:

### **I. CONTROL DE EROSION**

- Control Escorrentía Superficial
- Perfilado de Taludes y Cobertura
- Recomendaciones de Construcción

### **II. ESTABILIZACION**

- Estabilidad Sitio Crítico 85 D Sur
- Retiro de Bloques en Sitios Determinados
- Retiro Materiales Botaderos
- Protección Cauces

### **III. CONSOLIDACION URBANA**

- Acueducto y Alcantarillado AN y ALL
- Restricción Areas
- Campañas Educativas

La puesta en marcha, así como la ejecución de este esquema de programas y proyectos es evidente que debe ser compartida por diferentes entidades además del FOPAE y naturalmente, como actor principal, por la comunidad interesada. Dentro de este marco y con el animo de dar respuesta a este último cuestionamiento sobre la responsabilidad de la ejecución, en el Cuadro 5.1 se presenta una matriz en la que a cada proyecto se le asigna no sólo un responsable, sino que esta responsabilidad es calificada en niveles. Esta matriz ha sido igualmente la base para que esta consultoría haya definido los proyectos y planes que podrían ser atendidos por el FOPAE y que están dentro de los alcances de este estudio.

Como puede apreciarse al nivel de proyectos materializables en obras físicas se identifican dos: el control de la escorrentía superficial y la estabilización del sitio crítico de la carrera 1ª C Este.

Siendo el costo del programa de control de aguas de escorrentía de alguna significación y estando en su ejecución comprometida la EAAB E.S.P, se estimo conveniente realizar previamente al diseño definitivo, un estudio de alternativas que se presenta a continuación; esta aproximación no se consideró necesaria para las obras de estabilización en el sitio crítico de la carrera 1ª C Este por tratarse de una intervención menor de bajo costo.

### **5.3 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL**

En principio y de manera preliminar se consideraron dos proyectos alternativos para el control y manejo de la escorrentía superficial, los cuales se describen a continuación:

#### **5.3.1 Alternativa I**

Consiste en una red de drenaje superficial, compuesta por cunetas de sección triangular revestidas en concreto reforzado, localizadas a lo largo de todas las vías peatonales y algunas vehiculares, conformando un sistema recolector secundario; este a su vez, entrega las aguas recolectadas a una red primaria de cunetas de sección rectangular y mayor capacidad, dotada de estructuras de disipación de energía y localizada a lo largo de las principales vías vehiculares del barrio, y que mediante estructuras tipo torrenteras en su extremo inferior entrega las aguas a la red de alcantarillado pluvial localizada en la calle 86 sur, recientemente construida y cuya descarga se hace a la quebrada Santa. Librada, aguas abajo del área en estudio.

#### **5.3.2 Alternativa II**

Esta alternativa contempla la construcción de dos redes principales de colectores que reemplazarían la red primaria de cunetas de la alternativa I; la red secundaria sería básicamente la misma planteada. Al ir enterrados por el centro de las vías permitirán dar mayor amplitud a las mismas, eliminando la construcción de los accesos vehiculares y peatonales obligatorios por sobre las cunetas hacia los garajes de las viviendas y disminuyendo el riesgo de accidentes de los peatones. Para la recolección de las aguas superficiales sobre las vías por donde se desarrollan y las recogidas por la red secundaria, se plantea la construcción de sumideros especiales transversales, entregando directamente al colector. La entrega a la red de alcantarillado pluvial existente se haría de manera directa, también por medio de tuberías enterradas, aliviadas igualmente con pozos de caída. Se estima sin embargo, que una obra de esta características debe ser compartida con la EAAB ESP, ya que indudablemente su objetivo no es únicamente el control de erosión y puede integrarse a un sistema de alcantarillado combinado que parecería ser la solución de saneamiento mas adecuada para el sector.

Teniendo en cuenta el costo relativo de esta última alternativa sería del doble de la primera, ver el Cuadro 5.2, se optó por el diseño del sistema superficial, con las características y especificaciones que se presentan más adelante en este capítulo. Vale anotar que las cantidades y presupuestos presentados en este cuadro obedecen al predimensionamiento realizado para efectos de selección, con precios promedio como en el caso del concreto y cantidades de obra aproximadas, de ahí el valor de imprevistos asumido en el análisis; en los cuadros 5.3 y 5.4 las cantidades y presupuestos difieren un poco de las presentadas inicialmente, como resultado del dimensionamiento detallado de las estructuras, el evaluar las cantidades de obra con el valor respectivo del concreto,

cuantías de acero, etc, y en el caso de las obras de estabilización la diferencia se establece en el no haber considerado necesario inicialmente el traslado del colector de aguas negras existente, lo que si se tuvo en cuenta en el diseño final, sin que esto influyera en la selección de alternativas.

## **5.4 DISEÑO DEFINITIVO DEL SISTEMA COLECTOR SUPERFICIAL**

### **5.4.1 Criterios Hidráulicos**

En general se adoptaron las normas dictadas por la EAAB-ESP en 1985, cuyos criterios generales se resumen a continuación.

Para mantener la uniformidad y estabilidad del flujo libre en la unión de los canales, cambios de dirección y dimensionamiento de las caídas, se mantuvo el valor del número de Froude menor de 0.9 para flujo subcrítico y mayor de 1.1 para el flujo supercrítico

Se adoptó una velocidad mínima de 1.0 m/s para evitar la sedimentación y una velocidad máxima de 4.0 m/s teniendo en cuenta la calidad del concreto de revestimiento.

Para la determinación de los caudales se empleo el método racional asignado a cada tramo el área aferente y el caudal acumulado correspondientes; el coeficiente de escorrentía se tomó de acuerdo al tipo de suelo y a la impermeabilidad de la zona, adoptando valores de 0.75 para las zonas duras, 0.30 para las zonas verdes y 0.55 para áreas mixtas. La intensidad del aguacero de diseño se determinó a partir de las curvas I-D-F presentadas en el capítulo 2, para un tiempo de concentración adoptado de 5 minutos y periodos de retorno de 3 y 5 años dependiendo del área aferente, es decir para áreas tributarias menores a 3.0 ha se tomó 3 años y para mayores y hasta 10 ha 5 años.

Finalmente, las dimensiones para las secciones transversales de los diferentes tipos de cunetas adoptados, fueron definidos de manera que además de cumplir con los requerimientos de capacidad hidráulica mas un borde libre de 10 cm, se minimizara en lo posible profundidad de las excavaciones y se mantuviera un ancho razonable de las vías vehiculares y peatonales, dentro de las restricciones físicas y de ordenamiento existentes. En el Anexo 4, memorias de cálculo, se presenta el cuadro general del dimensionamiento hidráulico y una muestra general de los cálculos realizados para aquellas estructuras de control que requerían tratamiento especial.

### **5.4.2 Planos y Especificaciones**

En el Plano 7 se presenta el plan general de las obras de ordenamiento recomendado y el sistema o red de drenaje superficial. En los Planos 8 y 9 los perfiles de las cunetas colectoras principales, plantas de estructuras especiales y demás detalles constructivos necesarios para la concepción correcta de las obras.

Las obras planteadas son de común implementación en el medio y por lo tanto no requieren especificaciones de construcción especiales adicionales a las especificaciones que se indican en los Planos 7, 8 y 9, las que corresponden a las "Especificaciones

Técnicas del Programa Santa Fe” dictadas por la EAAB-ESP y las “Especificaciones Generales de Construcción” de INVIAS-1996, las cuales son complementarias y cubren la totalidad de las obras recomendadas.

Las siguientes son las especificaciones particulares del INVIAS aplicables a este tipo de obras:

Excavaciones	INVIAS 210-96
Rellenos	INVIAS 610-96
Concretos	INVIAS 630-96
Aceros	INVIAS 640-96
Cunetas Revestidas	INVIAS 671-96

### **5.4.3 Cantidades de Obra y Presupuestos**

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los planos de construcción empleando las unidades de medidas establecidas en las especificaciones adoptadas y ya referidas.

En el Cuadro 5.3 se presentan las cantidades de obra aproximadas para la construcción del sistema de drenaje y el presupuesto estimado para su construcción, los precios unitarios establecidos para este fin han sido tomados de la base de datos de la firma para obras similares, revisados y complementados de acuerdo a las condiciones que imponen las características del barrio.

## **5.5 DISEÑO OBRAS DE ESTABILIZACION SITIO CRITICO CALLE 85 SUR**

### **5.5.1 Criterios**

Como se ha comentado anteriormente este sitio se localiza al norte del área entre la carrera 1ª C Este y transversal 1ª B bis Este, es un movimiento en masa muy superficial que se desencadenó hace algunos años como consecuencia al parecer de la rotura de tuberías de aguas negras de las casas localizadas sobre la carrera 1ª C Este y que cruza a lo largo de la masa deslizada, involucrando materiales de relleno provenientes de la cantera ya abandonada y dispuestos sin mayor control sobre la ladera afectada, la cual esta conformada además por un depósito coluvial de poco espesor, que suprayace la arcillolita, como se pudo determinar aproximadamente con los trabajos de exploración realizados para el efecto.

En la actualidad el sector se muestra estable, sin embargo y de acuerdo con los análisis de estabilidad realizados a partir del modelo presentado en la Figura 5.1, el movimiento para condiciones extremas de saturación y sismo puede reactivarse, situación que de todas maneras se considera de muy baja probabilidad de ocurrencia, dados los niveles de aceleración del sismo considerado en el análisis.

De acuerdo con lo anterior las obras que se plantean van mas dirigidas a una recuperación geomorfológica de la ladera y a minimizar la posibilidad de ocurrencia de saturación de estos materiales. Es así como las obras de mitigación consisten entonces la



construcción de un sistema de drenaje superficial y subsuperficial conformado por una cuneta de coronación que intercepte las aguas no captadas por el colector planteado en el sistema general de drenaje, provenientes de la carrera 1ª C Este, dos filtros tipo trinchera de poca profundidad localizados de manera transversal sobre la ladera; adicionalmente se consideró la construcción de un muro en gaviones en la parte baja y a lo largo de la transversal 1ª B bis, que permita la reconfiguración del talud mediante un pequeño relleno y a la vez sirva como un contrapeso adicional de contención.

Adicionalmente para corregir las deficiencias actuales del colector de aguas negras, se planteo y diseño un nuevo trazado para este, corriéndolo a una zona estable sobre el flanco izquierdo, para entregar al colector existente.

En el Anexo 4 se presentan las memorias de los cálculos de estabilidad y el dimensionamiento del muro.

### **5.5.2 Planos y Especificaciones**

En el Plano 7 se presenta la disposición general de las obras descritas y en el Plano 9 los detalles constructivos de las mismas; las especificaciones son las mismas adoptadas y comentadas anteriormente.

Las siguientes son las especificaciones particulares del INVIAS aplicables a este tipo de obras:

Excavaciones	INVIAS 210-96
Rellenos	INVIAS 610-96
Concretos	INVIAS 630-96
Aceros	INVIAS 640-96
Cunetas Revestidas	INVIAS 671-96
Filtros de Drenaje	INVIAS 673-96
Gaviones	INVIAS 681-96

### **5.5.3 Cantidades de Obras y Presupuestos**

En el Cuadro 5.4 se presentan las cantidades de obra estimadas y el presupuesto requerido por las mismas.

## **5.6 CONSOLIDACION URBANA**

El plan de obras de mitigación contempla en su numeral III, tres acciones tendientes a consolidar los barrios como un área residencial con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento de unas normas también mínimas que permitan un ordenamiento urbanístico tendiente a erradicar los agentes físicos de riesgo, su regularización dentro de los parámetros exigidos por la oficina de Planeación Distrital, la preservación del entorno y la mejor convivencia ciudadana. Estas tres acciones son:

- La construcción de sistemas adecuados de acueducto y alcantarillado de aguas negras y lluvias, cuya responsabilidad recae en la EAAB ESP y cuya implementación reduciría el grado de riesgo establecido por este estudio para los barrios.
- La restricción del uso de algunas áreas en beneficio de la estabilidad física del sector y cuya responsabilidad si recae en el FOPAE; estas áreas recomendadas han sido definidas como zonas verdes y de recreación pasiva, las cuales se muestran en el plano 10 y que han sido restringidas no por el grado de amenaza y riesgo establecido, sino porque son zonas que por su alta pendiente y estar conformadas por materiales muy difíciles de excavar e intervenir en forma técnica y económicamente razonable, y estar afectadas además por un alto grado de alteración por erosión, el permitir su adecuación para vivienda u otro tipo de uso, puede generar un aumento del grado de amenaza y potencializar un nivel riesgo que hoy día no existe y por otra parte, su establecimiento es elemento básico dentro del ordenamiento y estructura urbanística que facilite la regularización del barrio ante las autoridades de planeación.
- Establecer campañas educativas, que lleven a la comunidad a entender claramente el nivel de riesgo a que están expuestos, a identificar los agentes detonantes y como debe ser su manejo, a entender y conocer las bondades de las obras recomendadas para su mitigación y cómo debe ser su construcción y mantenimiento. Estas campañas deben ser realizadas por el FOPAE a través del CLE correspondiente, mediante charlas, talleres y/o cartillas de fácil entendimiento y divulgación.

## 6. RECOMENDACIONES PARA PLANES COMPLEMENTARIOS

En este capítulo se dan las recomendaciones y pautas bajo las cuales la comunidad debe adelantar acciones de protección y estabilización complementarias tanto en las viviendas ya construidas como en los nuevos desarrollos. Estas acciones son prioritarias en los cortes subverticales de todas aquellas viviendas calificadas en el capítulo 4 con un nivel de riesgo medio.

Así mismo las que se deben acometer en zonas específicas, demarcadas en el plano 7, donde se deben realizar labores de retiro de los bloques mas superficiales y/o también el retiro de los materiales provenientes de excavaciones y escombros de construcción, para se dispuestos en sitios aprobados para este fin.

### 6.1 PERFILADO Y PROTECCION DE TALUDES

Para los taludes de corte abiertos para la construcción de las viviendas y que forman o formaran los respaldos posteriores y/o laterales de las mismas, es indispensable tener en cuenta las siguientes recomendaciones para su conservación, sean o no permanentes y las cuales esquemáticamente se muestran en la Figura 6.1.

- Construir zanjas o cunetas de coronación a un 1.0 m del borde del talud y de pata en la base del talud, que recojan las aguas de escorrentía superiores y las que alcanzan a llegar a la superficie expuesta evitando la degradación del talud por erosión y la concentración de humedad contra las viviendas. Estas cunetas o zanjas pueden ser en tierra o revestidas con una delgada capa de mortero en relación 3 : 1.
- Retirar de la superficie del talud y en su parte inmediatamente superior los bloques de roca sueltos y aquellos que se encuentren sobresaliendo y amenacen caída.
- Perfilar los taludes con inclinaciones 1.5 V: 1.0 H, tratando en lo posible que su superficie sea lo más plana posible, para evitar mayor área de exposición y eliminar protuberancias que lleven a la formación de surcos de erosión.
- Para taludes superiores a los 2.0 m, es recomendable dotarlos de una berma de no menos de 1.0 m, localizada a media altura o cada 2.0 m de altura. La berma debe dejarse con una inclinación del 2 % hacia adentro de manera que sirva como cuneta no revestida para la recolección de las aguas de escorrentía. Este tratamiento debe realizarse de manera inmediata en aquellos taludes que muestren algún tipo de

agrietamiento en la parte superior.

- Los taludes que sean permanentes deber ser empradizados mediante la siembra de pasto o cespedones.

Para el caso de los taludes viales como son por ejemplo, los expuestos sobre la calle 85 D, tener en cuenta lo siguiente:

- Retiro de los bloques de roca localizados en la parte alta del talud o en su superficie.
- Perfilado del talud a una inclinación como la recomendada anteriormente, dotándolos de bermas de no menos de 2.0 m de ancho, dispuestas cada 3.0 m de altura e implementando una cuneta de sección triangular en la parte interna de la berma, revestida con concreto de baja especificación y pendiente del 2.0%.
- Construcción de cunetas de coronación revestidas.
- Empradizar tanto las superficies inclinadas como las bermas. Las bermas se pueden reforestar con especies arbustivas nativas. Evitar la siembra de Eucaliptos y/o Pinos.

En las zonas verdes recomendadas e indicadas en el Plano 10, además de las cunetas de recolección incluidas dentro del sistema principal de drenaje diseñado, es indispensable para su buena conservación y uso recreativo la realización de las siguientes actividades:

- Retiro de los bloques de roca localizados en superficie y que se aprecien puedan ser susceptibles a desprenderse. Algunos podrán dejarse como parte del ornato.
- Relleno de los huecos dejados por los bloques retirados, dejando la superficie con la misma inclinación del terreno circundante.
- Empradizar las zonas que en la actualidad están desprovistas de pasto.
- Siembra de especies arbustivas nativas y plantas ornamentales.

## **6.2 RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS**

En el Plano 10, se han indicado las tres estructuras básicas recomendadas para el ordenamiento del barrio, es decir la estructura de zonas verdes, la estructura de vías vehiculares y la estructura de vías peatonales; son las estructuras que desde el punto de vista arquitectónico deben establecerse para lograr un desarrollo y ordenamiento urbano acorde con las necesidades primordiales de un grupo humano, logrando los espacios necesarios y mínimos para una buena convivencia ciudadana. Se han planteado estas estructuras con base en la infraestructura existente y la forma como se ha desarrollado el barrio, tratando de integrar y mejorar de la mejor manera los trazados y demarcaciones de vías y manzanas.

Las áreas proyectadas como zonas verdes, como se comentó anteriormente obedecen a dos razones primordiales: unas son zonas que por su alta pendiente y estar conformadas

por materiales muy difíciles de excavar e intervenir en forma técnica y económica, afectados además por un alto grado de alteración por erosión, el permitir su adecuación para vivienda u otro tipo de uso, puede generar un grado de amenaza y potencializar un nivel de riesgo que hoy día no existe. Un segundo criterio ha sido la búsqueda de un concepto urbanístico más amable que facilite la regularización del barrio.

De acuerdo con lo anterior la construcción de nuevas viviendas sólo podría hacerse en los terrenos actualmente vacíos y que pertenecen a las manzanas ya establecidas y demarcadas.

Para las nuevas viviendas se establecen a continuación recomendaciones mínimas de construcción, a fin de que estas sean desarrolladas de acuerdo con el ordenamiento planteado y lo que es más importante, para buscar condiciones que propendan por garantizar la estabilidad del terreno a nivel local y general, la preservación de un medio ambiente más amable y lograr unas estructuras más resistentes a los fenómenos naturales:

- Planificar la distribución arquitectónica de la vivienda de acuerdo a la pendiente del terreno, es decir plantear un sistema de terrazas con diferencias de nivel no mayores a 0.50 m. En caso de mayores desniveles, en los que se recurra a una superestructura para su adecuación, se debe hacer la parte inferior de la estructura más rígida, mediante muros de contención o muros de mampostería confinados por columnetas separadas no más de 1.50 m.
- Seguir las recomendaciones dadas en el numeral 6.1 para el perfilado de los taludes de corte en la parte posterior de las viviendas, ya sean temporales o permanentes.
- Evitar la acumulación de materiales provenientes de excavación, estos materiales a no ser que se utilicen para rellenos dentro de la vivienda, deben ser dispuestos en sitios de botadero adecuados o autorizados para el efecto y alejados del barrio.
- Si se requiere realizar rellenos para lograr la nivelación del terreno en la parte baja del lote, estos deben confinarse previamente mediante muros de ciclópeo o concreto reforzado, levantados desde el nivel de la cimentación.
- Los rellenos pueden realizarse con los materiales de las excavaciones realizadas sobre los niveles de aglomerado y coluvión, una vez se haya realizado un descapote general de la capa orgánica, de los rellenos de basura y de cualquier otro depósito de material suelto y húmedo presente en el área de trabajo. Para lograr una mejor compactación de los rellenos con material de excavación se deben retirar de estos los bloques y cantos de roca con tamaños superiores a 7.5 cm y si se encuentran demasiado secos, humedecerlos mediante el rociado de agua.
- No se debe utilizar para los rellenos materiales provenientes de las excavaciones en roca arcillolita.
- Es recomendable llevar el nivel de desplante de las cimentaciones hasta el nivel de roca arcillolita, fundiendo el cimiento sobre una capa de recebo compactado de 10 cm

de espesor y dejándolo suficientemente aislado lateralmente del terreno natural; este aislamiento también puede hacerse con recebo.

- Independientemente del tipo de cimentación a utilizar, esta debe mostrar una distribución en planta tipo malla, formada por cuadrados o rectángulos, en cada nivel.
- Es indispensable cumplir los requerimientos estructurales dictados por el código NSR-98, en todo lo referente al Título E.
- Utilizar para las instalaciones hidráulicas y sanitarias, tuberías flexibles, siguiendo las recomendaciones de instalación y mantenimiento dictadas por los fabricantes.
- Se debe evitar en lo posible que las redes sanitarias no rompan las cimentaciones de tipo continuo o vigas de amarre en los cruces, estas si son mayores a 2 pulgadas, deben plantearse por encima del cimiento en consideración.
- Las aguas lluvias recolectadas por las cubiertas y patios, deben ser conducidas por instalaciones independientes a las sanitarias y disponerse adecuadamente a las cunetas de drenaje planteadas en las vías.

### **6.3 RECOMENDACIONES PARA LA ESTABILIZACION DE LOS SITIOS LOCALIZADOS SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DE LA QDA. STA. LIBRADA AGUAS ARRIBA Y ABAJO DE LA CALLE 86 SUR**

Como se comentó estos sitios se localizan dentro de la ronda de la quebrada y por lo tanto y de acuerdo con la matriz de acciones y responsabilidades (Cuadro 5.1), las obras para su recuperación se deben enmarcar dentro de las obras de manejo y protección integral de la ronda a cargo de la EAAB - ESP.

Este sitio por su ubicación en el extremo del área de trabajo (ver Plano 7) se ha eliminado del estudio de amenaza de la ladera del barrio Pedregal por limitaciones en la información requerida para su análisis, por no existir elementos en riesgo por su presencia. Son pequeños deslizamientos antiguos, inactivos, movilizados al parecer por la descarga incontrolada de aguas lluvias y residuales sobre el cuerpo del coluvión y por la disposición errática y antitécnica de escombros de construcción y basuras.

Sin embargo y como acciones complementarias al plan de obras de mitigación concebido en este estudio, es importante hacer algunas recomendaciones, tendientes a impedir su reactivación, acciones que en cualquier caso deben ser desarrolladas interinstitucionalmente:

- Retiro de los materiales de relleno, escombros de construcción y basuras, localizados en la parte más alta de la margen.
- Revisión del estado de las tuberías y estructuras de alcantarillado que se localizan sobre la calle 86 sur y las descargas que se hace en estos sitios, tendientes a su rehabilitación y reconstrucción.
- Perfilado, empradizado y reforestación intensiva, utilizando especies arbustivas nativas.
- Estudiar la necesidad de implementar obras de protección de orillas y estabilidad del cauce, como son muros en gaviones, bolsacretos, etc.

## 7. CONCLUSIONES

- El área del estudio se localiza en una ladera de forma triangular, con inclinaciones entre 20° y 40°, conformada por materiales geológicos de buen comportamiento desde el punto de vista de estabilidad de taludes, pero muy susceptibles a la degradación causada por agentes como el viento y el agua principalmente.
- En general la ladera se presenta estable, no existen procesos de movimientos en masa que involucren grandes áreas, a excepción del movimiento superficial ocurrido en el sector ubicado al norte del área entre las calles 86 sur y 85 D sur y para el cual se plantean obras tendientes a su control y a minimizar el riesgo asociado correspondiente.
- Las laderas del área en estudio se caracterizan por presentar niveles de amenaza baja a media en su condición natural y en función de la pendiente, como lo registran los sectores altos del barrio el Pedregal. Las laderas modificadas por la acción del hombre, presentan niveles de amenaza variable dependiendo de la pendiente generada, por ejemplo las zonas de corte con taludes seudoverticales presentan niveles de amenaza media, mientras las zonas explanadas niveles de amenaza muy baja.
- Los sectores conformados por depósitos coluviales presentan niveles de amenaza media, mientras los taludes compuestos por rellenos o botaderos representan niveles de amenaza alta, principalmente el sector localizado entre las calles 85 D sur y 86 sur, costado norte.
- Principalmente en el área del barrio el Pedregal, la presencia de factores antrópicos como son los focos de erosión asociados a los cortes realizados para la construcción de las viviendas, a los rellenos originados por los mismos y a los terracedos abandonados por la dificultad en la ejecución de las excavaciones para la cimentación de las viviendas, pueden crear condiciones favorables para una eventual ocurrencia de movimientos en masa, que sin embargo y de acuerdo a los análisis realizados presentan una muy baja probabilidad de falla y un nivel de amenaza igualmente bajo.
- De acuerdo al criterio establecido para categorizar el riesgo, 10 viviendas se enmarcan dentro de un nivel de riesgo medio, 40 viviendas se enmarcan dentro de un nivel de riesgo bajo y las restantes 215 como muy bajo. De las 10 viviendas las unidades numeradas B1, B2, B3 y A8, se localizan en la parte alta de la corona del

corte minero ubicado al centro norte del área; las unidades B4, D1, D2, F2, S1 y O5 son amenazadas por la presencia de cortes verticales, todas presentando un índice de pérdida del 20 % al 26 %.

- Con índices de pérdida de 11 % y 16% se identifican las unidades F4, T3, U1, U2, Y3 y R25, principalmente con tipologías tipo D con pobres características constructivas. Las manzanas AE y Z y la vivienda y2 localizadas sobre la margen derecha de la quebrada Santa Librada, que se encuentra dentro de la ronda del drenaje, presenta un índice de riesgo de 12 %.
- De acuerdo a lo anterior, es decir sin olvidar el grado de riesgo evaluado para estas zonas, se puede indicar que las zonas más sensibles a sufrir daño por la ocurrencia de movimientos en masa son la zona de ronda de la margen derecha de la quebrada, el frente de explotación abandonado localizado al centro – norte del área y localmente los sectores utilizados para disposición de materiales producto de las excavaciones para la conformación de viviendas o de vías. En ellas de acuerdo con el plan de acciones y responsabilidades presentado, se deben implementar las obras de perfilado y protección y remoción recomendadas.
- Los sectores donde se realizan cortes verticales para la construcción de viviendas (en primera instancia en las viviendas calificadas con un nivel de riesgo medio) y la ladera natural presenta una pendiente alta, se convierten en zonas potencialmente inestables que pueden llegar a generar problemas de emergencias y desastre que afectan a las viviendas directamente expuestas, si se deja avanzar la degradación de los materiales que conforman los cortes y no se da un correcto manejo de las aguas de escorrentía, de ahí la importancia de acometer en el corto plazo las obras de mitigación recomendadas.
- Desde el punto de vista arquitectónico, con base en la infraestructura existente y la forma como se ha desarrollado el barrio se han recomendado y demarcado tres estructuras básicas para el ordenamiento del mismo, a saber: la de zonas verdes, la de vías vehiculares y la de vías peatonales; que deben establecerse para lograr un desarrollo y ordenamiento urbano acorde con las necesidades primordiales de un grupo humano, logrando los espacios necesarios y mínimos para una buena convivencia ciudadana y por supuesto, buscando también su estabilidad geotécnica a largo plazo.
- Las áreas delimitadas como zonas verdes obedecen a dos razones primordiales: unas son zonas que por su alta pendiente y estar conformadas por materiales muy difíciles de excavar e intervenir en forma técnica y económicamente razonable, y estar afectadas además por un alto grado de alteración por erosión, el permitir su adecuación para vivienda u otro tipo de uso, puede generar un grado de amenaza y potencializar un nivel riesgo que hoy día no existe. Un segundo criterio ha sido la búsqueda de un concepto urbanístico más amable y que facilite la regularización del barrio ante las autoridades de planeación. De acuerdo con lo anterior se recomienda adelantar la construcción de nuevas viviendas solo en las manzanas ya establecidas y demarcadas.



- Como acciones específicas no tanto para reducir los bajos niveles de riesgo existentes, sino con el propósito principal de que así se mantengan, controlando los fenómenos de erosión que hoy se insinúan y se pueda entrar en un proceso de desmarginalización del sector del barrio El Pedregal, se ha diseñado un sistema superficial de manejo y colección de las aguas lluvias; así como unas obras de estabilización menores para la pequeña mas inestable identificada en el extremo norte de la calle 85D sur.
- Las acciones anteriores se complementan con recomendaciones muy concretas dirigidas a la comunidad para adelanten acciones específicas para la protección de los taludes de corte realizados para la adecuación de sus viviendas, así como con relación a la mejor forma de adelantar la construcción de estas.
- Teniendo en cuenta que las condiciones de estabilidad de la ladera permiten incorporar el barrio el Pedregal en un plan de desmarginalización, se estima que para ello la intervención de la EAAB E.S.P será particularmente importante en tres aspectos: la adecuación del precario sistema de acueducto que actualmente tiene el barrio y que contribuye a la presencia de filtraciones localizadas, que pueden desfavorecer la estabilidad de los cortes verticales al respaldo de las viviendas y la estabilidad general del barrio; el diseño y construcción de un sistema colector de aguas servidas, hoy en día igualmente deficitario, y la tercera la implementación de la obras recomendadas por estudios y diseños ya realizados para la EAAB ES.P en 1989, para el control de la erosión y el manejo de crecientes en la quebrada Santa Librada.

## 8. 8. BIBLIOGRAFIA

ASIAN TECHNICAL COMMITTEE ON GEOTECHNOLOGY FOR NATURAL HAZARD IN ISSMFE, Manual for Zonation on Areas Susceptible to Rain Induced Slope Failure. Japón 1997.

ASTÉ J. ET ALL, Riegos Naturales y Vulnerabilidad. I Simposio Panamericano de Deslizamientos de Tierras. Guayaquil, 1994.

BRABB, E. E. Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping. Fourth International Symposium on Landslide, Canadian Geotechnical Society, Toronto Canada, 1984.

D.N.P.A.P. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá, 1998.

E. HOEK Y J. W. BRAY. Rock Slope Engineering. 1977.

EAAB ESP. Especificaciones Técnicas, Programa Santa Fe, Redes Menores de Alcantarillado, Gerencia Técnica. 1996.

EAAB. Normas de Diseño, Construcción y Materiales para Alcantarillados. 1985.

FRANCISCO J. DOMINGUEZ S. Hidráulica. Universidad de Chile, 1978.

GIRALDO Y LÓPEZ LTDA. Adecuación de la Quebrada Santa Librada. Informe de Anteproyecto. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. 1989.

GONZALEZ G. A. J. Conceptos sobre la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos. IV Jornadas Geotécnicas SCI. Memorias Tomo I. 1990a.

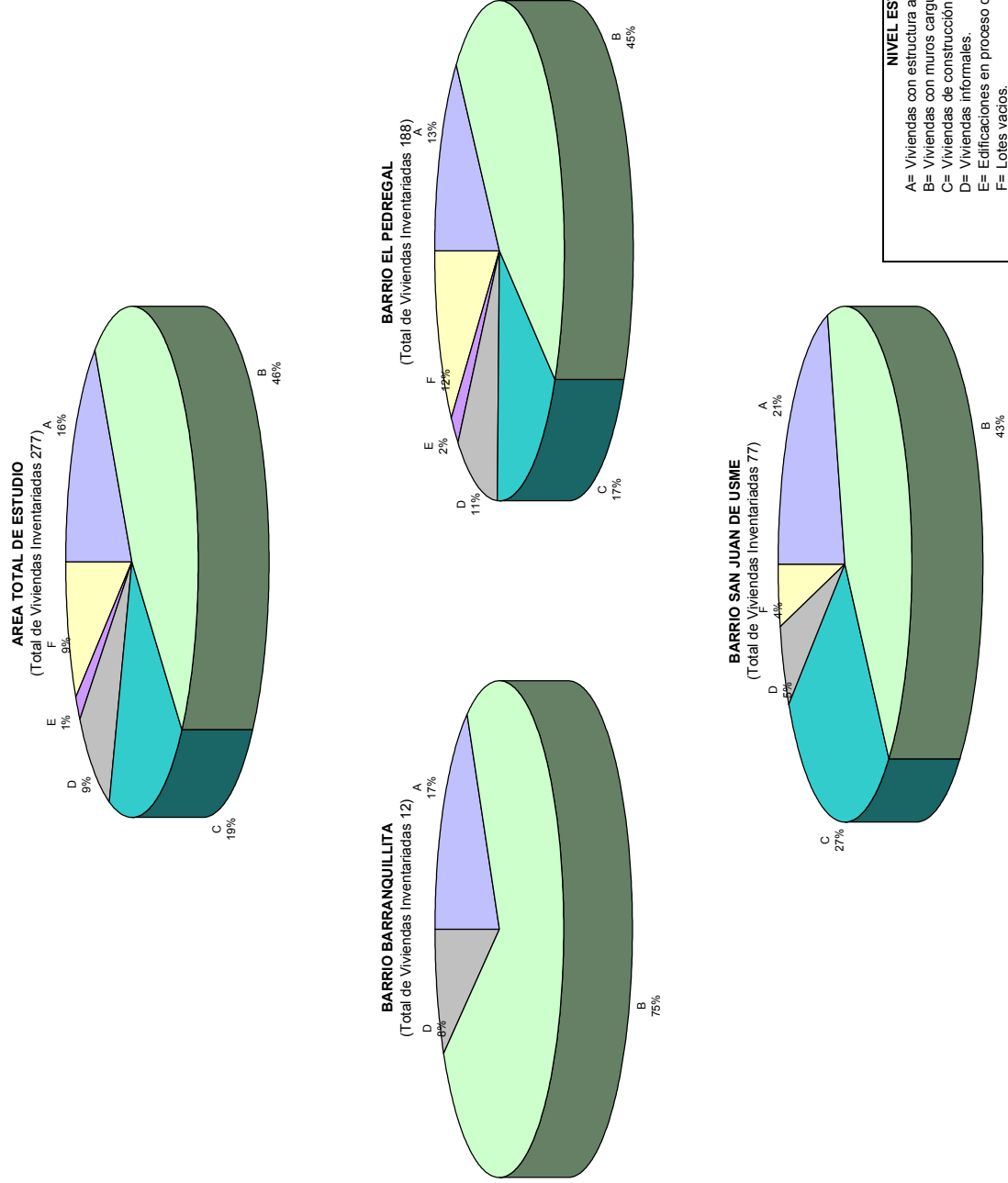
GONZALEZ G. A. J. Metodología para la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos a Nivel Intermedio, VI Jornadas Geotécnicas SCI. Memorias Tomo II, 1990b.

IEH GRUCON Ltda. Estudio Detallado de Zonificación por Riesgo para Diferentes Escenarios en el barrio Aurora II como consecuencia de la presencia de la cantera La Perdigona. UPES. 1999.

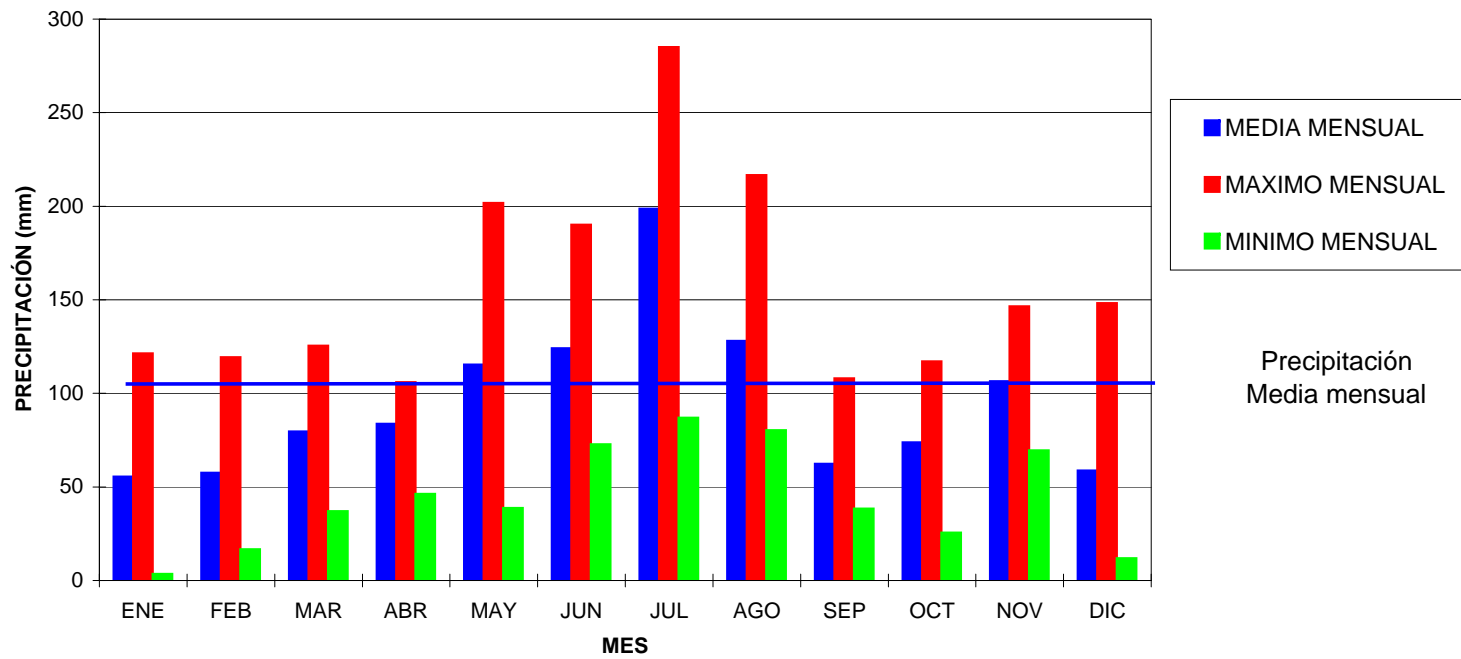
IEH Ltda. Estudios Geológicos - Geotécnicos barrios Aurora II y Marichuela, SOP. 1991.

- IGAC, Análisis Geográficos No. 24, Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y Alrededores. 1995.
- INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA. Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. 1996
- INGEOCIM Ltda. Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para varias Localidades de Santa Fe de Bogotá, UPES - FOPAE. 1998.
- INGEOMINAS, UPES, Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Convenio Interadministrativo 01-93. 1997.
- INGEOMINAS. Estudio Geotécnico Sector "El Pedregal". Fase II, Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá. 1996.
- JAIME SUAREZ DIAZ, Manual de Ingeniería para el Control de la Erosión. UIS.1992.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Subproyecto No. 11, Estabilidad Sísmica de Taludes no Intervenidos de los Cerros Orientales de Santa Fe de Bogotá D. C. Informe Definitivo. 1996.
- LEONE FRÉDERIC, Concept de Vulnerabilite Applique a L. Evaluation Des Risques Generes par les Phenomenes de Mouvements de Terrain. Université Joseph Fourier Grenoble; These de Doctorat, grenoble. 1996.
- MILLÁN, L, JAVIER. Lineamientos Metodológicos para la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa. Tesis de Maestría en Geotecnia, Universidad Nacional de Colombia. 1998.
- MILLÁN J. Y LOZANO J. La contrastación de mapas en la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa. IX Jornadas Geotécnicas, Sociedad Colombiana de ingenieros, Santa Fe de Bogotá 1997.
- MILLÁN J. Y LOZANO J. La Erosión en los Estudios de Zonificación de Areas Urbanas por Fenómenos de Remoción en Masa, VI Congreso Colombiano de Geotecnia, Bucaramanga 1996c.
- SHUK T. Y GONZALEZ A. J., Cuantificación de Parámetros de Riesgo por Inestabilidad de Taludes y de Costos para Aplicaciones Geotécnicas en una Carretera y un Sitio Regional. Boletín Colombiano de Geotecnia, No. 5, 1993.
- VARNES, D. J. Slopes Movement Types and Processes in: Landslides, Analysis y Control. TRB Special Report 176. 1978.
- VEN TE CHOW, Hidráulica de Canales Abiertos, 1982.

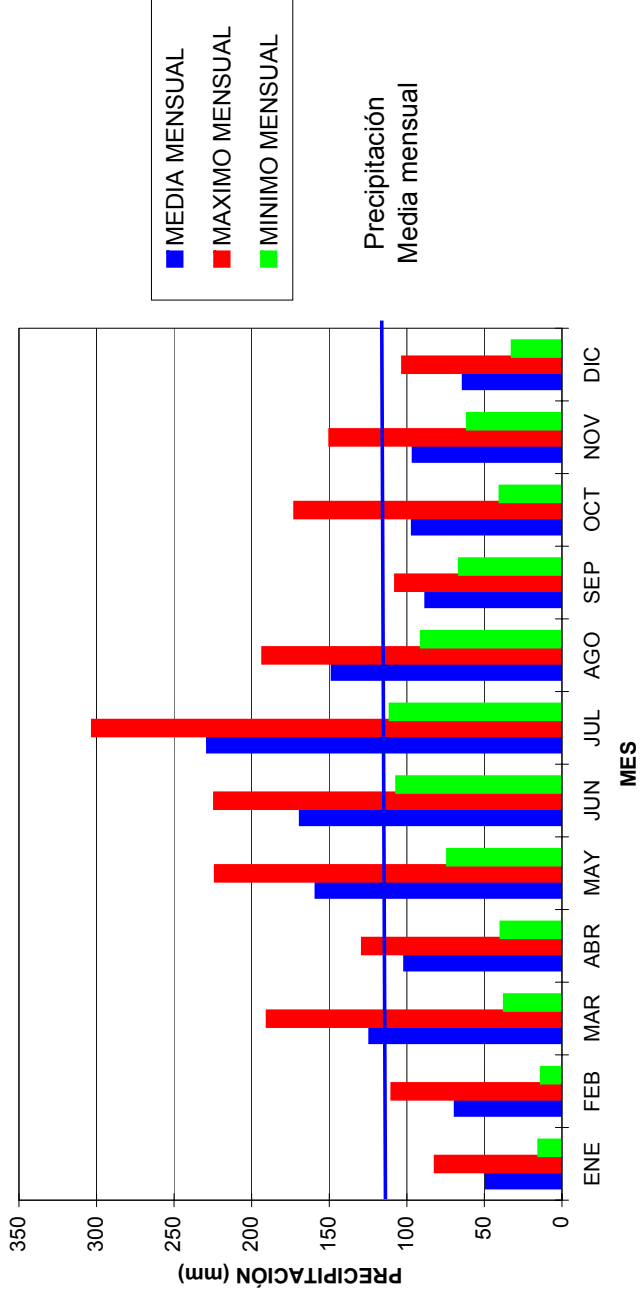
**FIGURA 2.3**  
**CALIFICACION ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS**



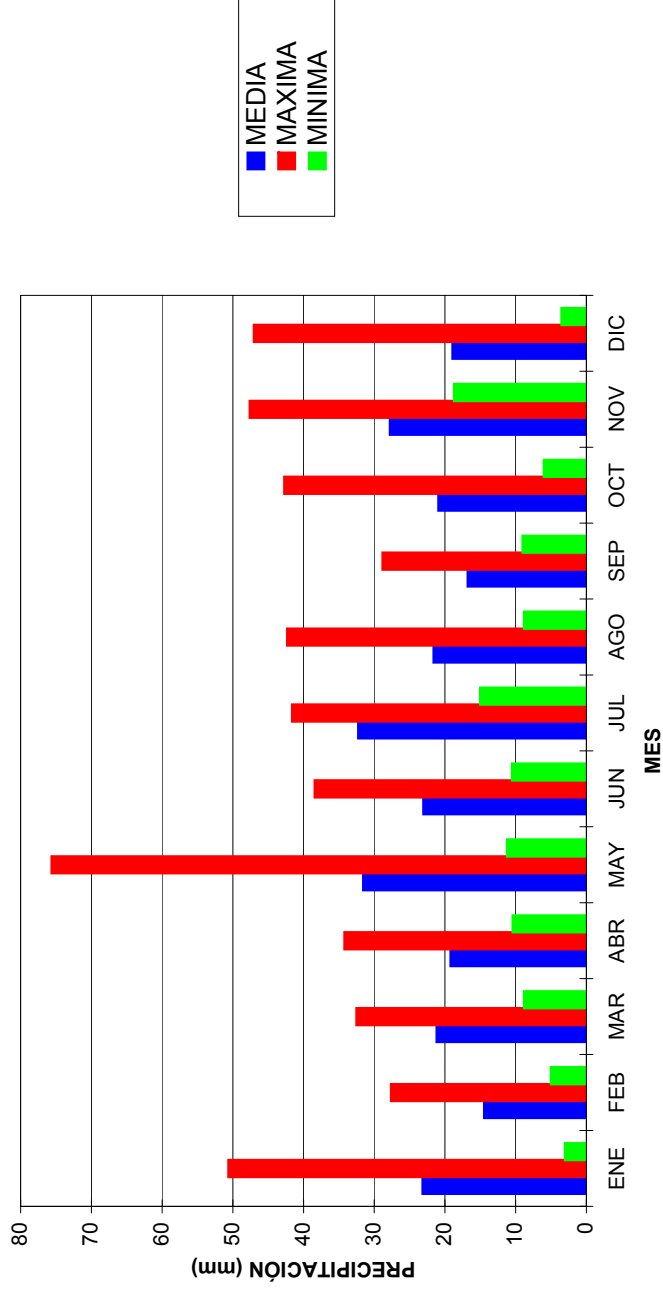
**FIGURA 2.4**  
**ESTACION PLUVIOGRAFICA JUAN REY**  
Histograma de Precipitación Mensual (1990-1999)  
Precipitación Media Anual: 1143 mm



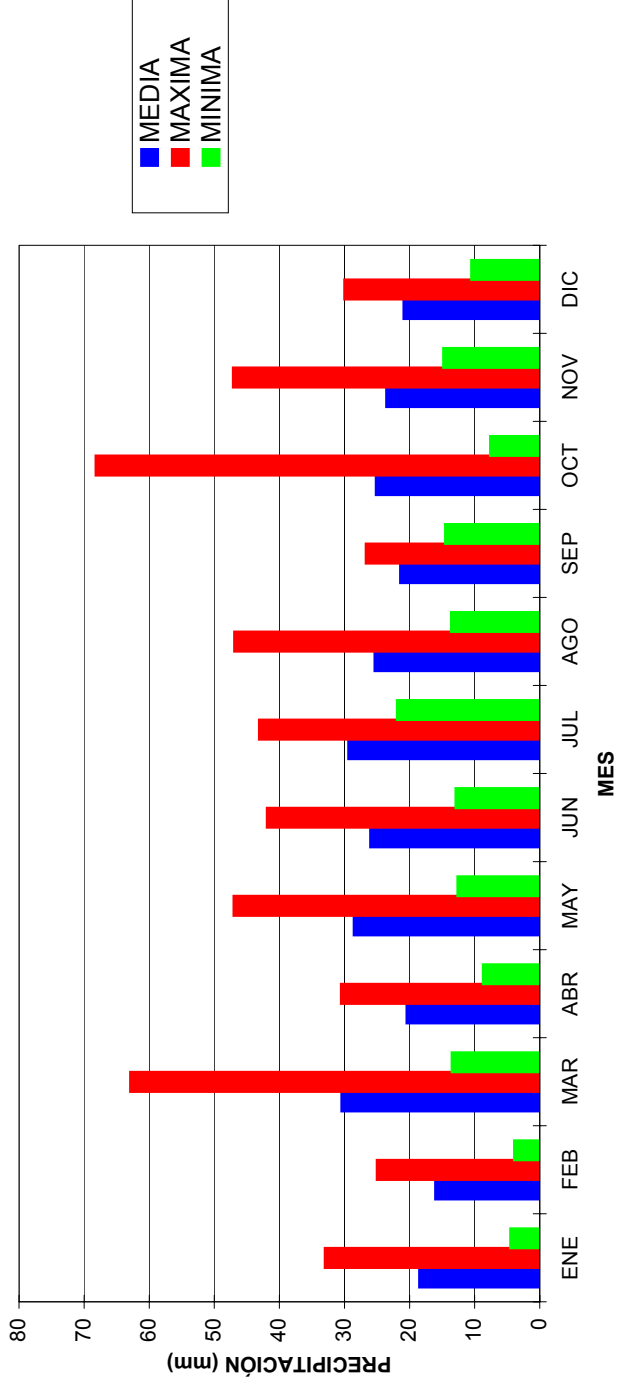
**FIGURA 2.5**  
**ESTACION PLUVIOGRAFICA LA MARIA**  
Histograma de Precipitación Mensual (1989-1996)  
Precipitación Media Anual: 1392 mm



**FIGURA 2.6**  
**ESTACION PLUVIOGRAFICA JUAN REY**  
Histograma de Precipitación Máxima en 24 horas (1990-1999)  
Precipitación Máxima 24 Horas 75.6 mm

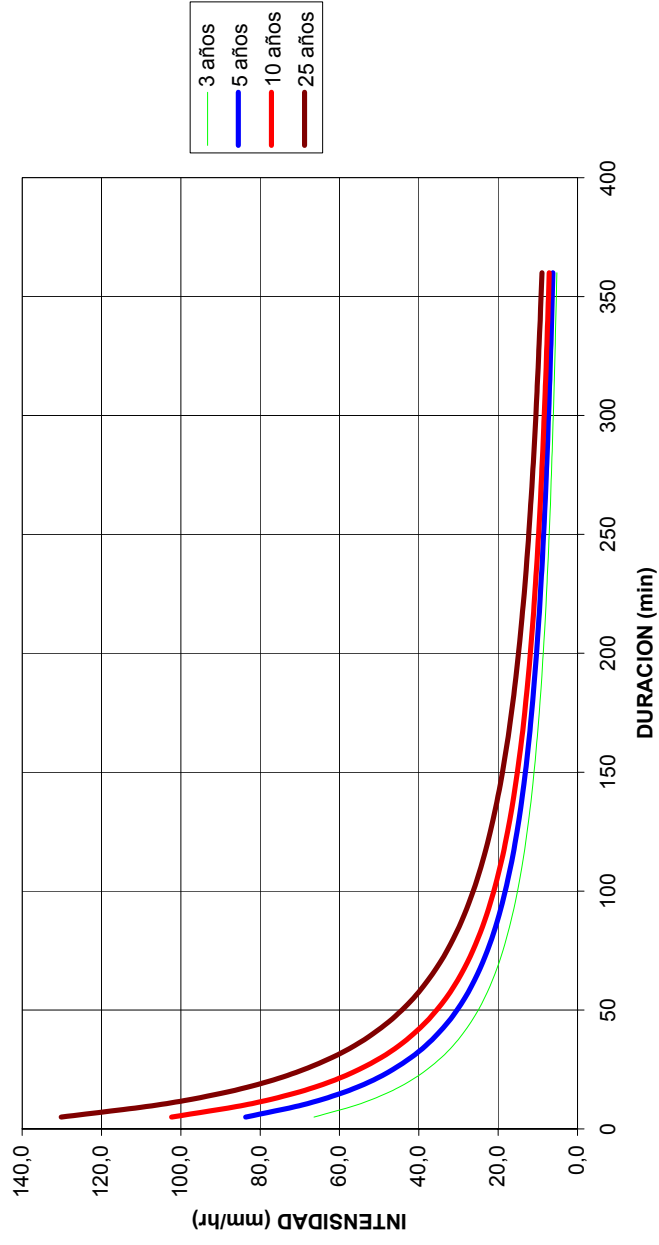


**FIGURA 2.7**  
**ESTACION PLUVIOGRAFICA LA MARIA**  
Histograma de Precipitación Máxima en 24 Horas (1989-1996)  
Precipitación Máxima 24 Horas 68.2 mm

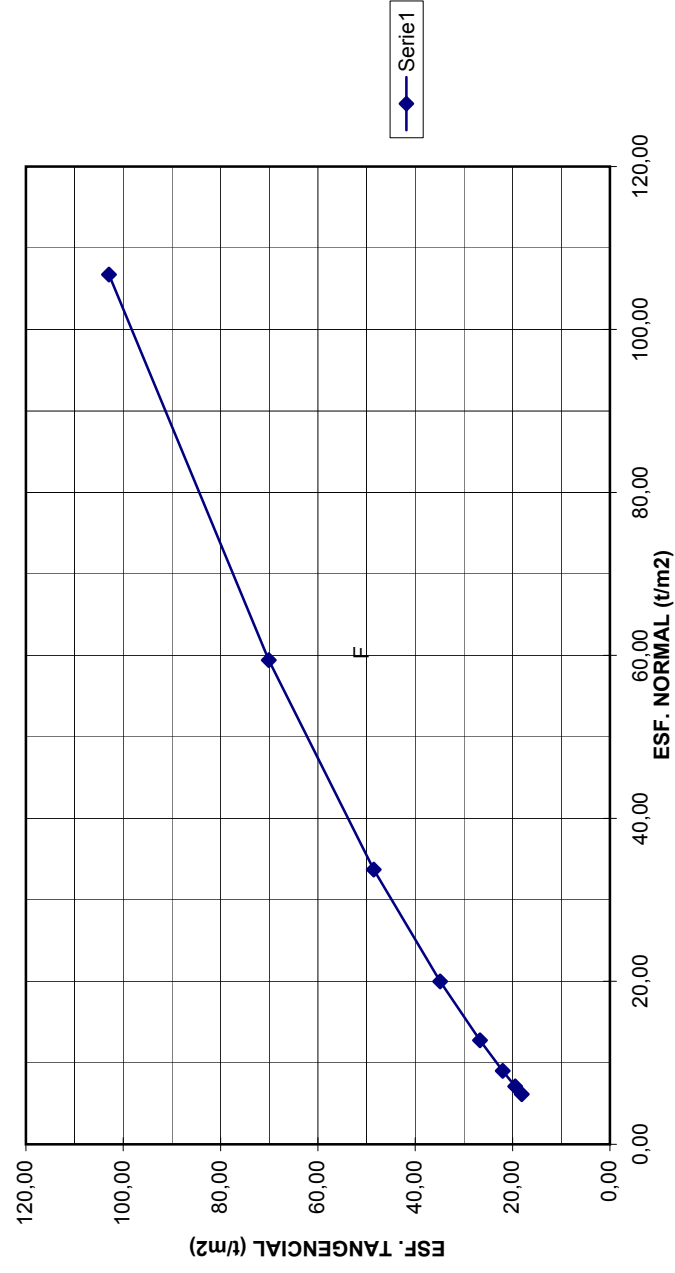




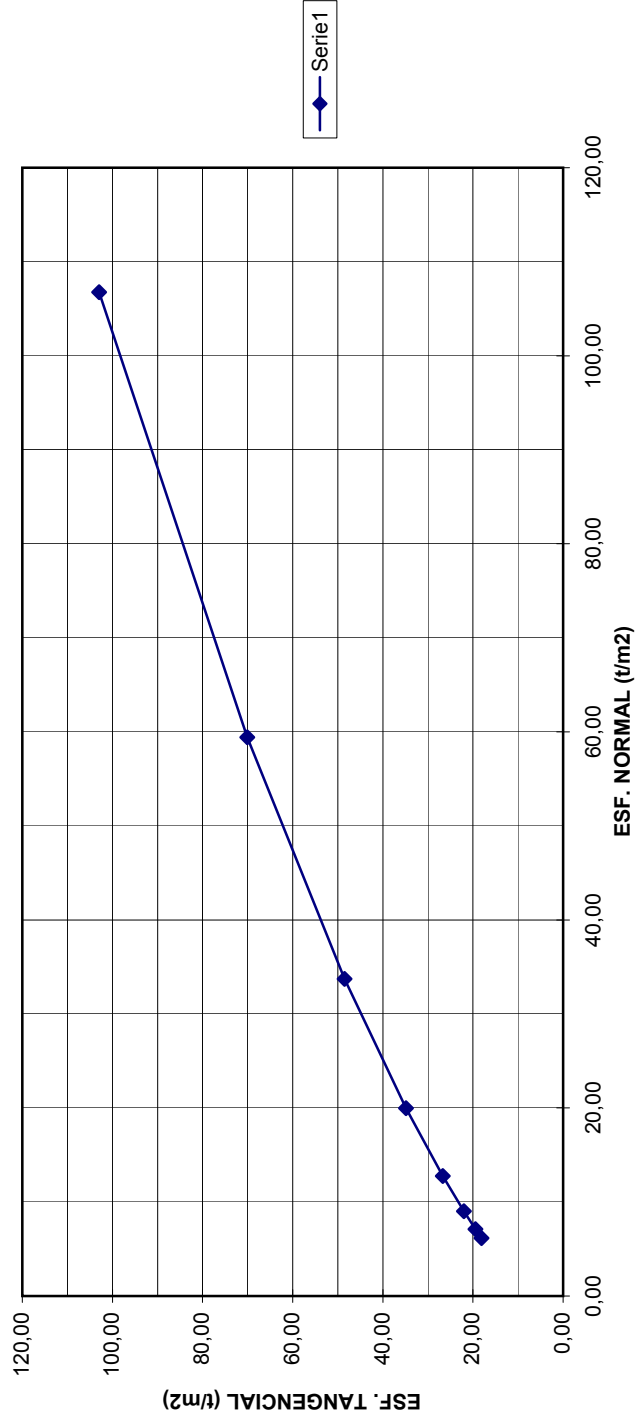
**FIGURA 2.8**  
**CURVAS INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA**  
Coordenadas Solicitadas 996,500 E 991,000 N  
Coordenadas Nodo Mas Proximo 996,648 E 990,836 N



**FIGURA 3.4**  
**ENVOLVENTE PEDREGAL 30**

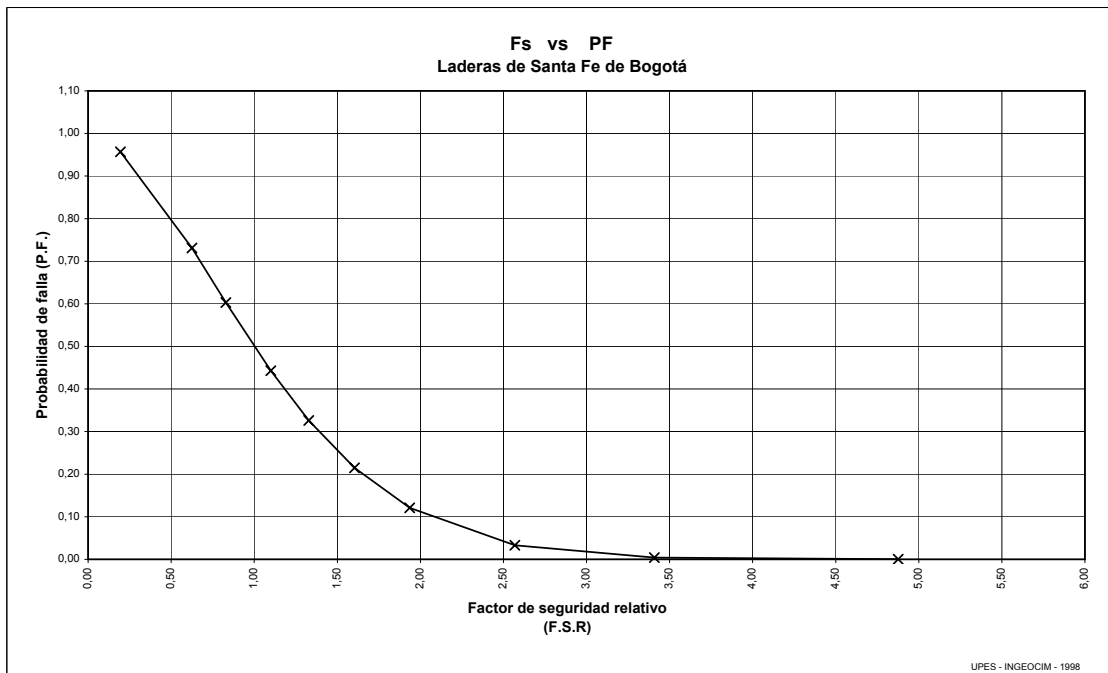


**FIGURA 3.3**  
**ENVOLVENTE PEDREGAL 68**



**FIGURA 4.1**  
**FUNCION DE PROBABILIDAD DE FALLA**  
**P.F. vs F.S. (t=10 Años)**

CATEGORIA AMENAZA	FACTOR SEGURIDAD	PROBABILIDAD FALLA
MA	0,195	0,957
A	0,625	0,731
A	0,829	0,603
A	1,100	0,443
M	1,328	0,326
M	1,604	0,215
B	1,936	0,121
B	2,569	0,033
MB	3,408	0,004
MB	4,876	0,000



Fuente: Zonificación de riesgo por inestabilidad del terreno. Upes-Ingeocim, 1998



**CONVENCIONES**

	Curva de Nivel cada metro
	Curva de Nivel Índice (5 metros)
	Manzanas-Paramentos
	Qda. Santa Librada
	Infraestructura Aguas Negras Existente Barrio El Pedregal
	Pozo Aguas Negras
	Pozo Aguas Iluvias
	Mojon Ronda de la Qda.
	Poste de Energia
	Poste de Telefonos
	Valvula
	Delta Levantamiento Topográfico
	Límite Ronda de la Quebrada Santa Librada

91550 N  
96050 E

C:\M\_dgc\logos\E\_FOP.bmp

Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.  
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FUENTES:  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN LA ZONA DE ESTUDIO  
LEVANTAMIENTO GEOLOGICO EN LA ZONA DE ESTUDIO  
FOTOGRAFÍAS AERIAS: ICAC R1131 FOTOS 1378-1379-1380/ESC.1:5000/1991  
ICAC C3312 FOTOS 198-199-200/ESC.1:44000/1997

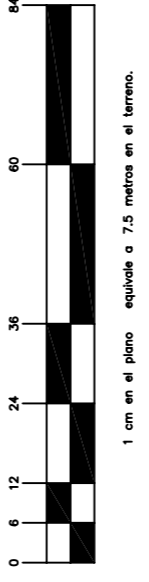
ELABORO:



IEH GRUCON LTDA.

INTERVENCIÓN:

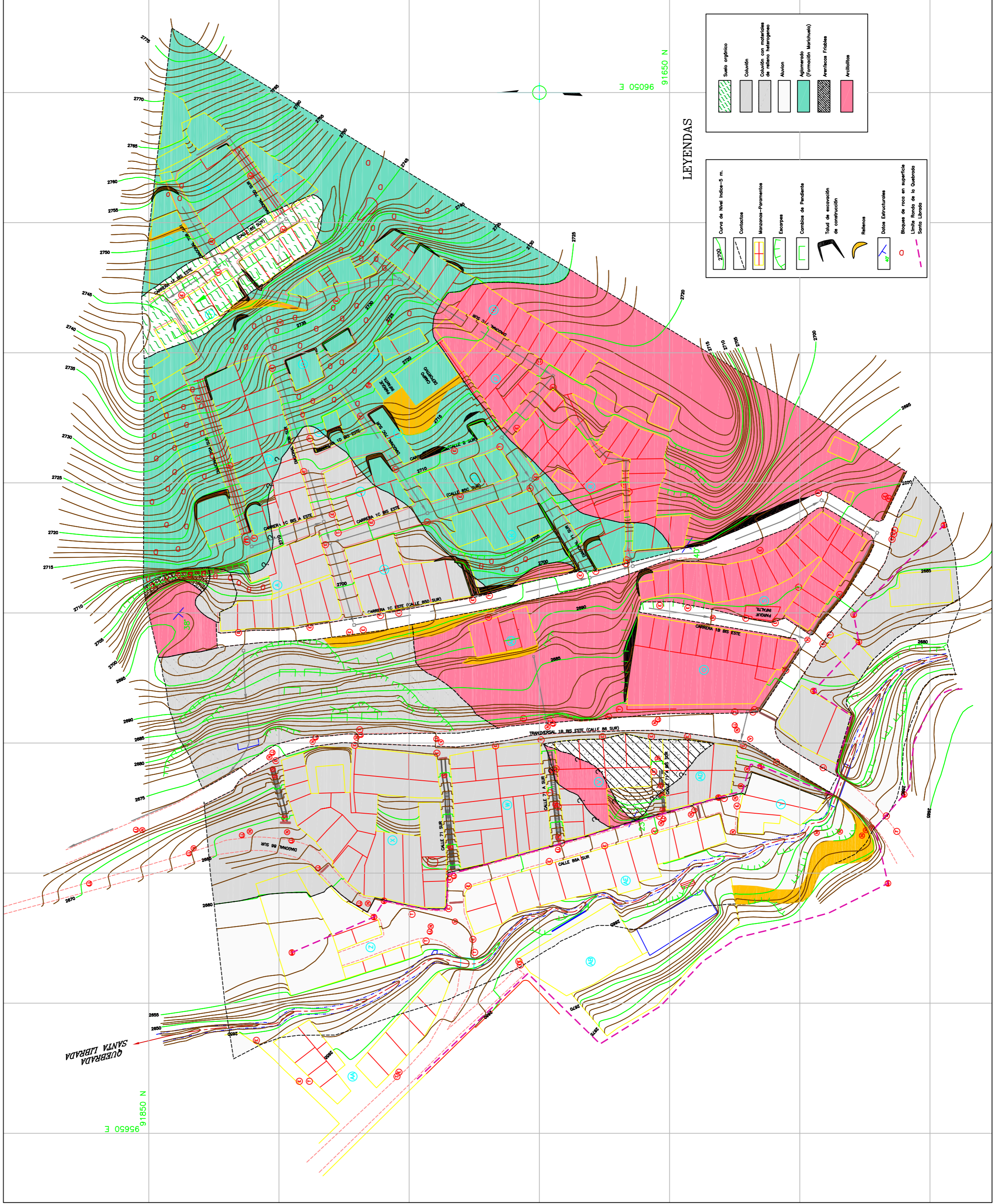
ANÁLISIS GEOTÉCNICOS COLOMBIANOS



DISEÑO:	FELIX ORTIZ	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
DIBUJO:	PEDRO A. CASTIBLANCO M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
REVISO:	ALFREDO ENGATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
APROBO:	GUILLERMO ANGEL R.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
V.O.B. INTERVENCIÓN:		FECHA:	

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME CONTRATO DE CONSULTORÍA CCS-204-99

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA LOCAL  
PLANO 2



C:\M\_dgc\logosa\E\_FOP.bmp

Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.  
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FUENTES:

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN LA ZONA DE ESTUDIO  
LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO  
LEVANTAMIENTO GEOTÉCNICO

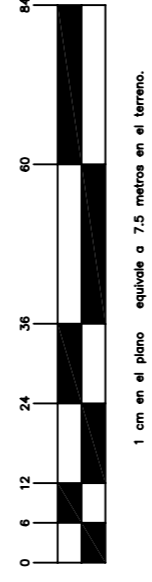
ELABORADO:



IEH GRUCON LTDA.

INTERVENIDORA:

ANÁLISIS GEOTÉCNICOS COLOMBIANOS



DISEÑO:	JAVIER ANTONIO MILLAN LOPEZ	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
DIBUJO:	PEDRO A. CASTIBLANCO M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
REVISO:	ALFREDO ENGATIVA MEDINA	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
APROBO:	GUILLEMO ANGEL R.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
Vo.B. INTERVENIDORA:		FECHA:	

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME CONTRATO DE CONSULTORIA CCS-204-89

ZONIFICACION GEOMORFOLOGICA DEL AREA EN ESTUDIO

PLANO 3



LEYENDAS

No.	ZONA	TIPO DE MATERIAL	(Pendiente %)	m	TIPO DE LADERA	PROCESOS
1	Zona	Aglomerado	37-51	dt	Natural	F, R, M, e
2	Zona	Aglomerado	37-51	dt	Natural	dt
3	Zona	Aglomerado	37-51	dt	Natural	dt
4	Zona	Aglomerado	22-37	>81	Artificial	dt, ch
5	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
6	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
7	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
8	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
9	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
10	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
11	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
12	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
13	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
14	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
15	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
16	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
17	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
18	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
19	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt
20	Zona	Arcaico-Areniscas	>81	Artificial	Artificial	dt

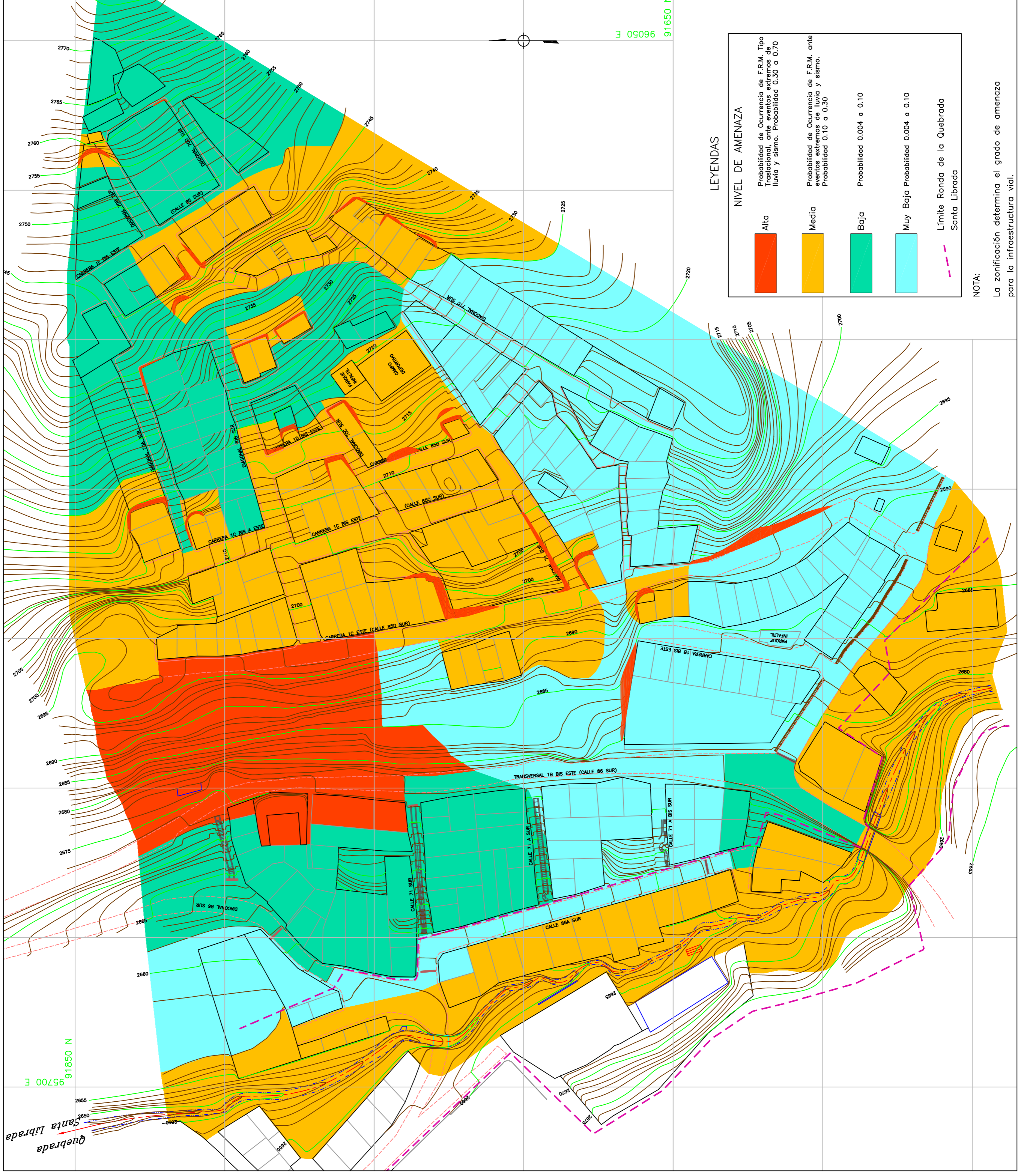
TIPO DE LADERAS:  
 I = Arcillas  
 II = Arcillas  
 III = Arcillas  
 IV = Arcillas  
 V = Arcillas  
 VI = Arcillas  
 VII = Arcillas  
 VIII = Arcillas  
 IX = Arcillas  
 X = Arcillas  
 XI = Arcillas  
 XII = Arcillas  
 XIII = Arcillas  
 XIV = Arcillas  
 XV = Arcillas  
 XVI = Arcillas  
 XVII = Arcillas  
 XVIII = Arcillas  
 XIX = Arcillas  
 XX = Arcillas  
 XXI = Arcillas  
 XXII = Arcillas  
 XXIII = Arcillas  
 XXIV = Arcillas  
 XXV = Arcillas  
 XXVI = Arcillas  
 XXVII = Arcillas  
 XXVIII = Arcillas  
 XXIX = Arcillas  
 XXX = Arcillas

PROCESOS DE DEGRADACION:  
 e = Erosión  
 F = Deslizamientos  
 Fd = Rotacional  
 Fd = Rotacional  
 Rd = Correda o resquebraje de bloques antiguos.  
 V = Suelo Orgánico  
 V = (Ocr) Coluviones mas recientes antropicos

PENDIENTES:  
 w = Muy alta >=61% (Zona de explotación)  
 a = Alta Entre 61%-37% (Pendiente característica)  
 m = Medio Entre 37%-22% (Zona intermedia localmente)  
 b = Baja Entre 22%-14% (Zona de transición)  
 p = Muy baja < 14% (Escalonamientos, terrazas y v(oz)

LEYENDAS

2700	Curva de nivel indica -5 m.
	Curva de nivel intermedia.
	Límite de zona
Zi	Identificación de la zona
	Marcas-permanentes
	Empresas
	Cambio de Pendiente
	Talud de reconstrucción de construcción
	Referencia
	Secciones de Análisis
	Límite Zona de la Quebrada Santa Librada



Quebrada Santa Librada

95700 E 91850 N

96050 E 91650 N

**LEYENDAS**


NIVEL DE AMENAZA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red;"></span> <b>Alta</b>	Probabilidad de Ocurrencia de F.R.M. Tipo Invasional, en eventos extremos de lluvia y sismo. Probabilidad 0.30 a 0.70
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow;"></span> <b>Media</b>	Probabilidad de Ocurrencia de F.R.M. ante eventos extremos de lluvia y sismo. Probabilidad 0.10 a 0.30
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green;"></span> <b>Baja</b>	Probabilidad 0.004 a 0.10
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:cyan;"></span> <b>Muy Baja</b>	Probabilidad 0.004 a 0.10
<span style="display:inline-block; width:15px; border-bottom:1px dashed pink;"></span>	Limite Ronda de la Quebrada Santa Librada

**NOTA:**  
La zonificación determina el grado de amenaza para la infraestructura vial.

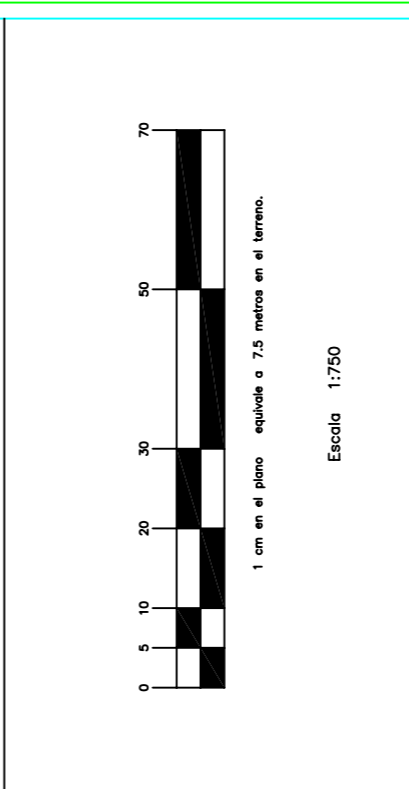
C:\M...doc\Luqosa\FOP.bmp

Secretaría  
GOBIERNO  
ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.  
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FUENTES:  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN LA ZONA DE ESTUDIO  
LEVANTAMIENTO GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO

ELABORADO:  
  
IEH GRUCON LTDA.

INTERVENIDORA:  
**ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS**

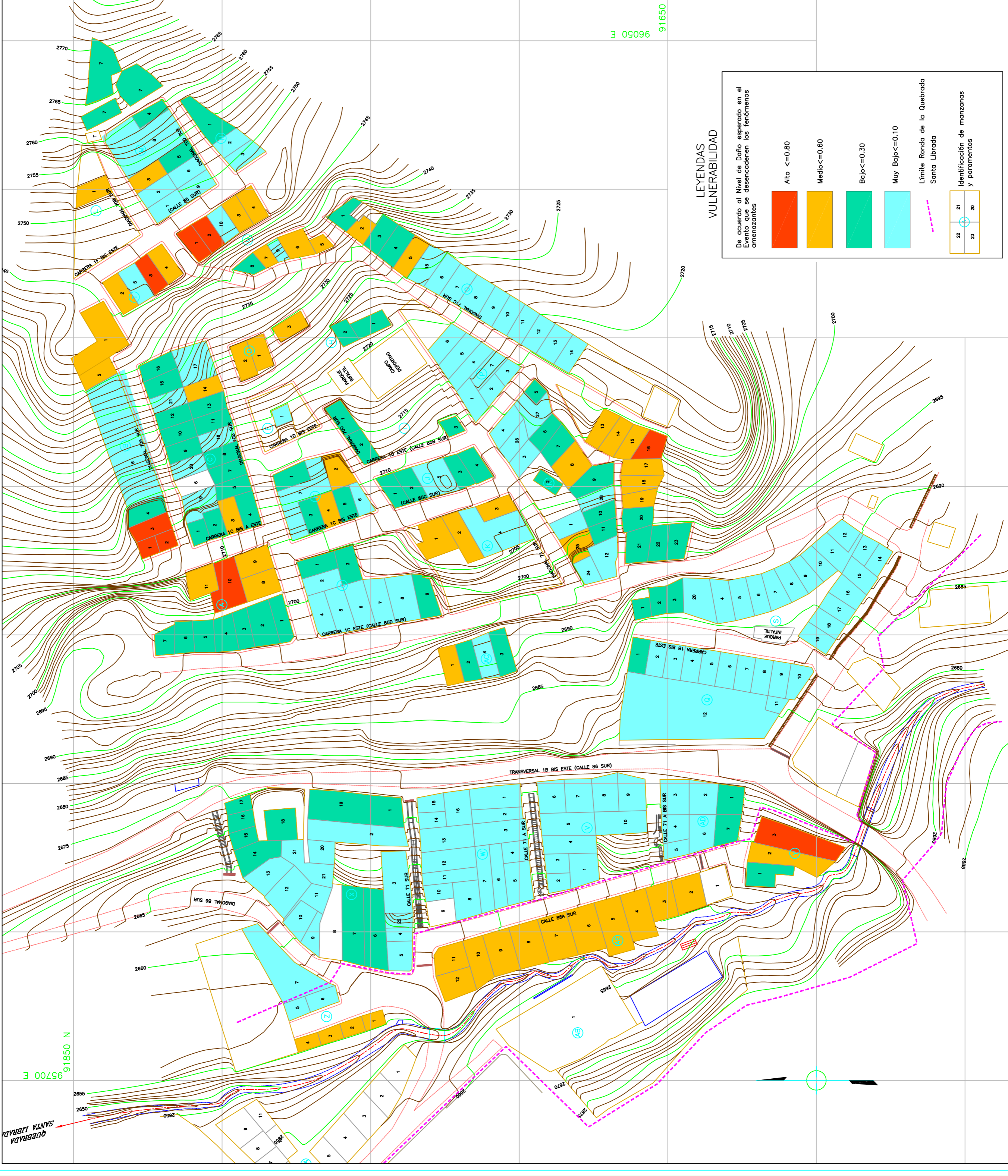


DISEÑO:	JAVIER A. MILLAN-ALFREDO ENCATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
DIBUJO:	PEDRO A. CASTIBLANCO M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
REVISO:	ALFREDO ENCATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
APROBO:	GUILLERMO ANGEL R.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
Vo.B. INTERVENIDORA:		FECHA:	

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME CONTRATO DE CONSULTORIA CCS-204-99

ZONIFICACION DE AMENAZA POR F.R.M.  
PLANO 4





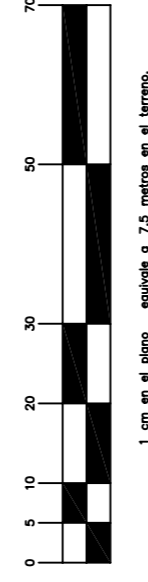
C:\M...doc\logos\E\_FOP.bmp

Secretaría  
GOBIERNO  
ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.  
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FUENTES:  
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN LA ZONA DE ESTUDIO

ELABORADO:  
IEH GRUCON LTDA.

INTERVENCIÓN:  
ANÁLISIS GEOTÉCNICOS COLOMBIANOS



Escala 1:750

DISEÑO:	JAVIER A. MILLAN-ALFREDO ENGATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
DIBUJO:	PEDRO A. CASTIBLANCO M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
REVISO:	ALFREDO ENGATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
APROBO:	GUILLEMO ANGEL R.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
V.O.B. INTERVENCIÓN:		FECHA:	

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME. CONTRATO DE CONSULTORÍA CCS-204-99

ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR F.R.M.  
PLANO 5

C:\M...doc\logoa\E\_FOP.bmp

Secretaría  
GOBIERNO  
ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.  
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FUENTES:

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN LA ZONA DE ESTUDIO

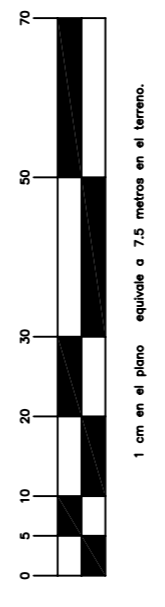
ELABORADO:



IEH GRUCON LTDA.

INTERVENCIÓN:

# ANÁLISIS GEOTÉCNICOS COLOMBIANOS



DISEÑO:	JAVIER A. MILLÁN-ALFREDO ENGATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
DIBUJO:	PEDRO A. CASTIBLANCO M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
REVISO:	ALFREDO ENGATIVA M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
APROBO:	GUILLEMO ANGEL R.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
V.O.B. INTERVENCIÓN:		FECHA:	

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRAQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME CONTRATO DE CONSULTORÍA CCS-204-99

ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR F.R.M.  
PLANO 6



**LEYENDAS RIESGO (IR)**

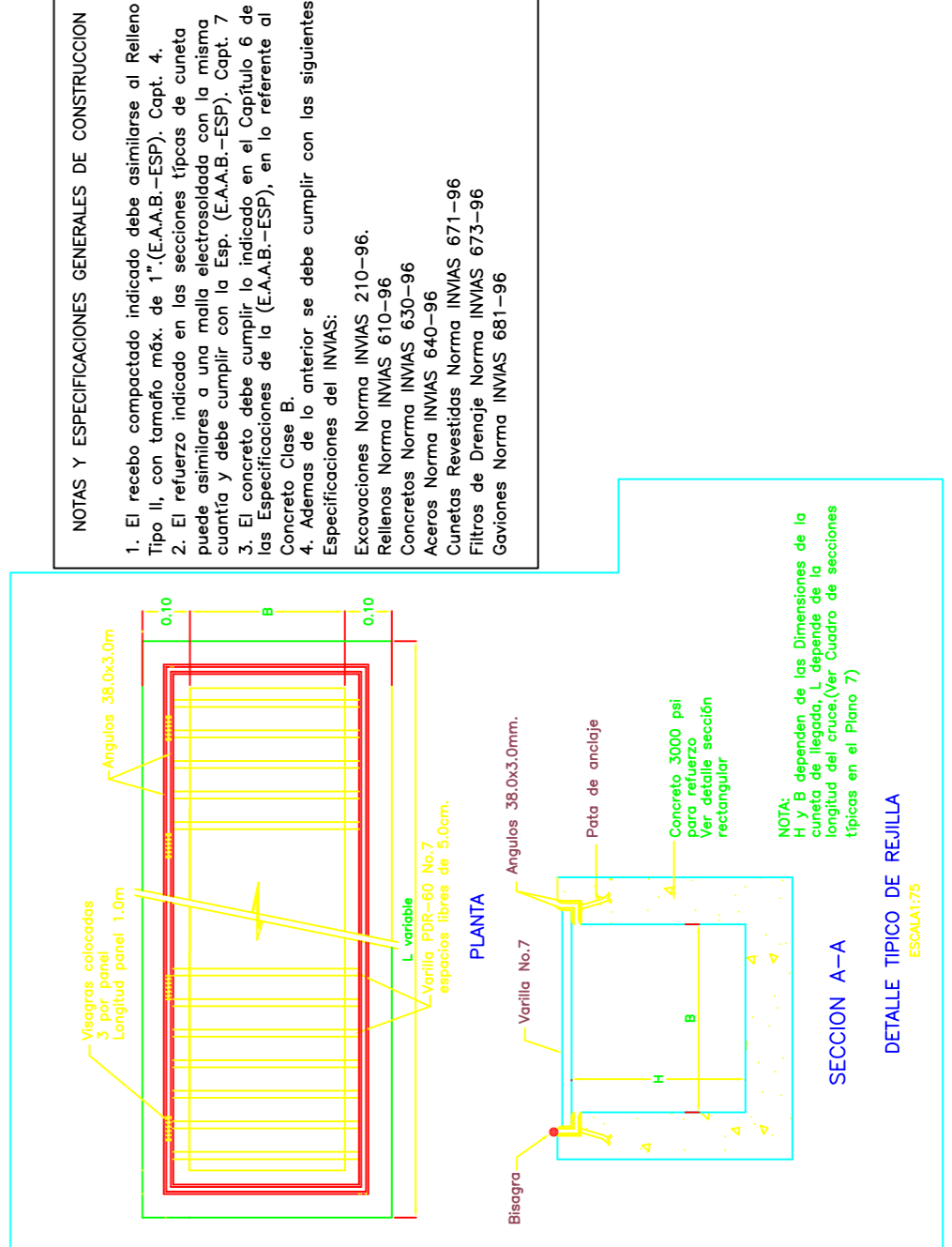
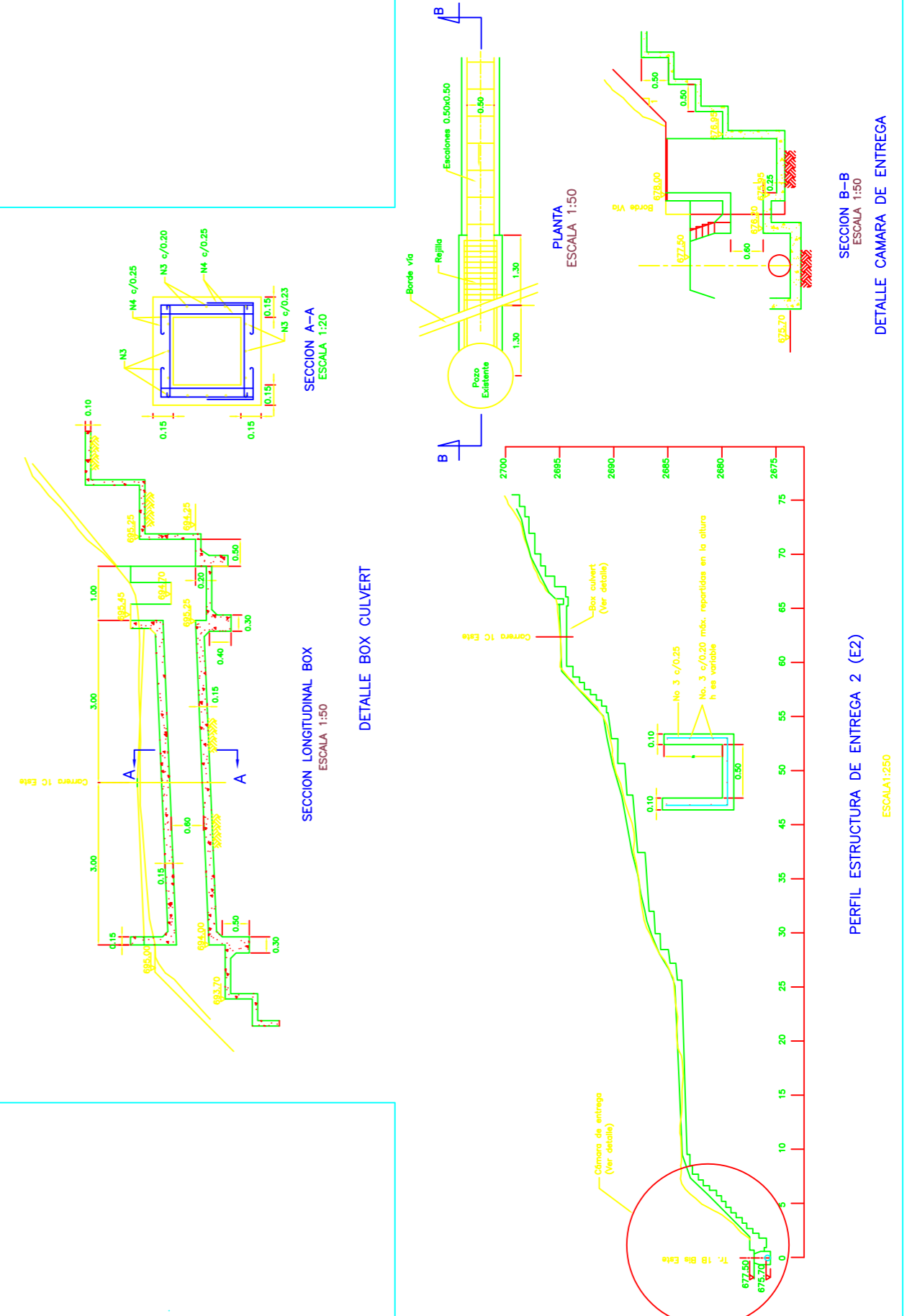
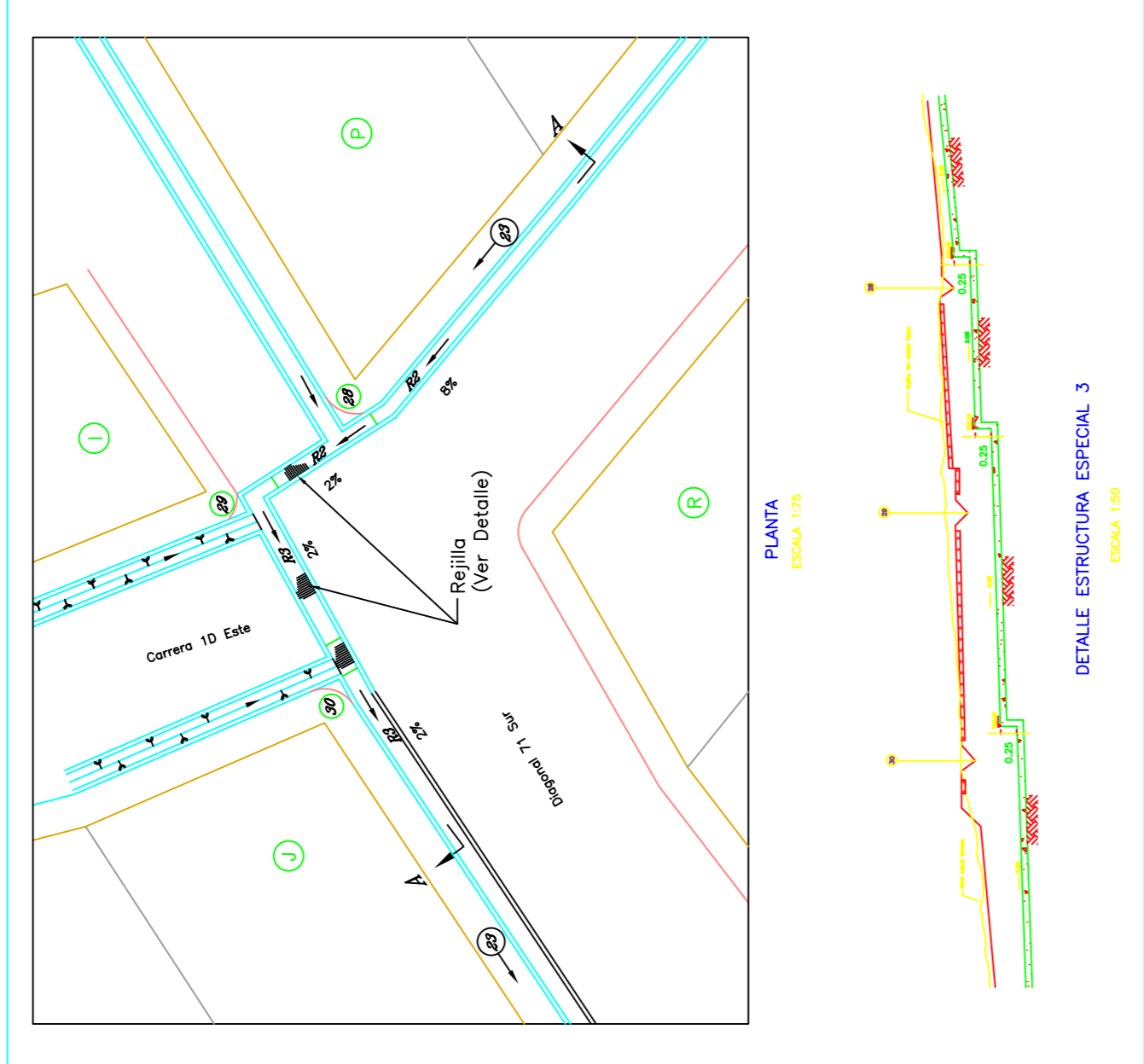
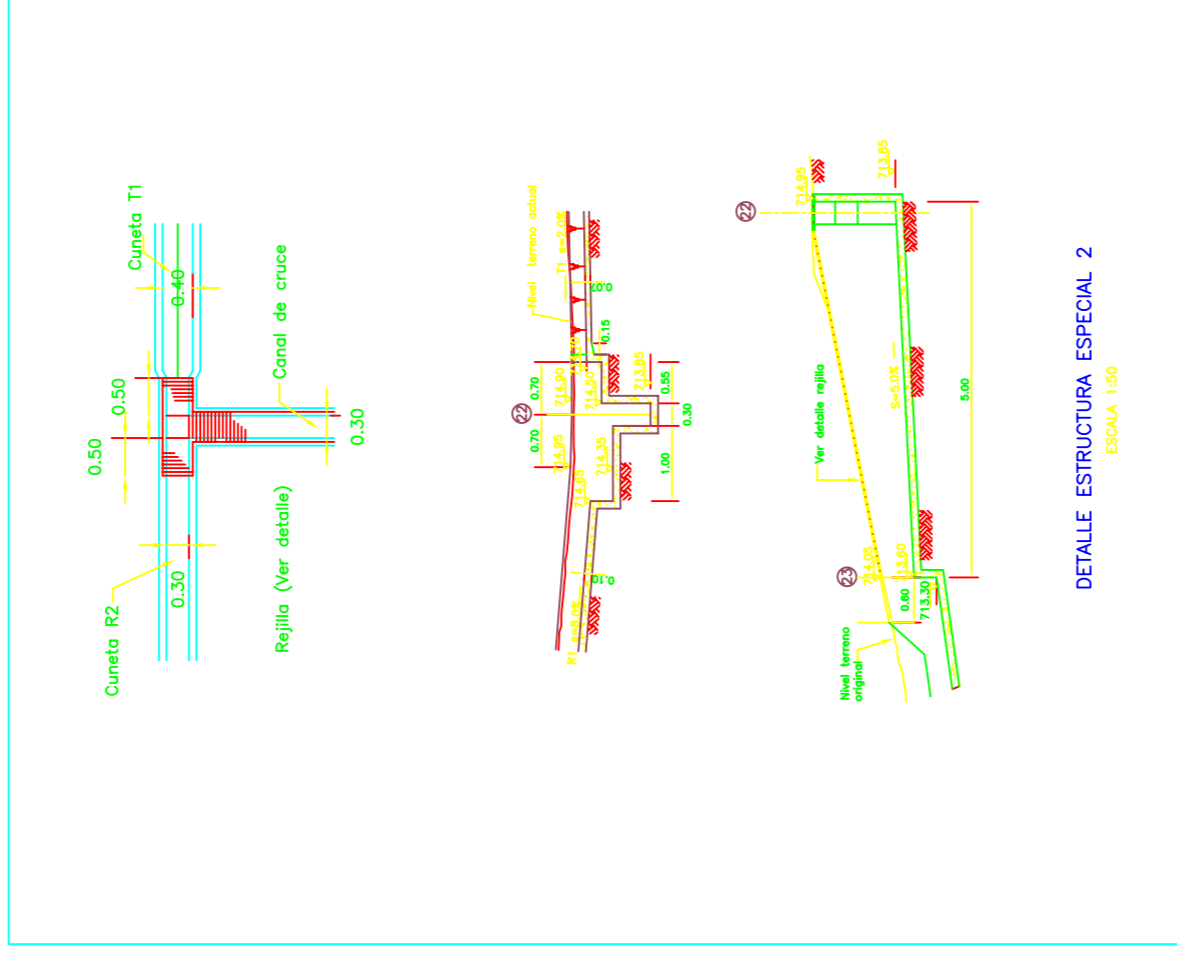
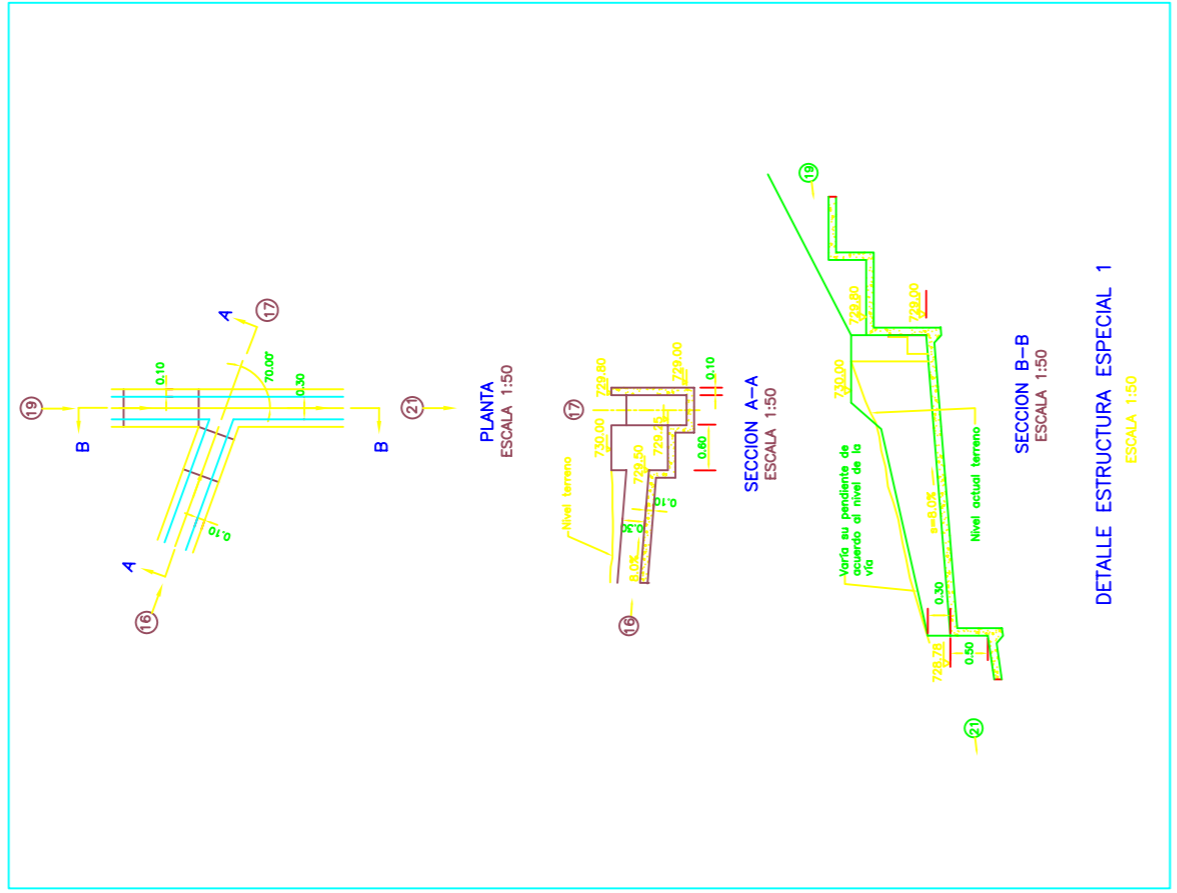
Porcentaje del daño esperado, asociado al índice de Pérdida

- Medio:  $M \geq 20\%$
- Bajo:  $10\% \leq B < 20\%$
- Muy Bajo:  $MB < 10\%$
- Viviendas demolidas
- Limite Ronda de la Quebrada Santa Librada

91850 N  
95700 E  
QUEBRADA SANTA LIBRADA

91650 N  
96050 E

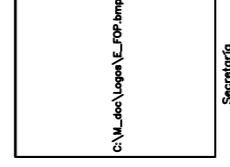




**NOTAS Y ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION**

1. El relleno compactado indicado debe asimilarse al Relleno Tipo II, con tamaño máx. de 1" (E.A.A.B.-ESP). Capt. 4.
2. El refuerzo indicado en las secciones típicas de cuneta puede asimilarse a una malla electrosoldada con la misma cuanta y debe cumplir con la Esp. (E.A.A.B.-ESP). Capt. 7
3. El concreto debe cumplir lo indicado en el Capítulo 6 de las Especificaciones de la (E.A.A.B.-ESP), en lo referente al Concreto Clase B.
4. Además de lo anterior se debe cumplir con las siguientes Especificaciones del INVIAS:
  - Excavaciones Norma INVIAS 210-96.
  - Rellenos Norma INVIAS 610-96
  - Concretos Norma INVIAS 630-96
  - Aceros Norma INVIAS 640-96
  - Cunetas Revestidas Norma INVIAS 671-96
  - Filtros de Drenaje Norma INVIAS 673-96
  - Gaviones Norma INVIAS 681-96

NOTA: H y B dependen de las Dimensiones de la longitud del cruce (Ver Cuadro de secciones típicas en el Plano 7)



SECRETARÍA  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

DISEROS DETALLADOS PARA EL PROYECTO



IEH GRUCON LTDA.

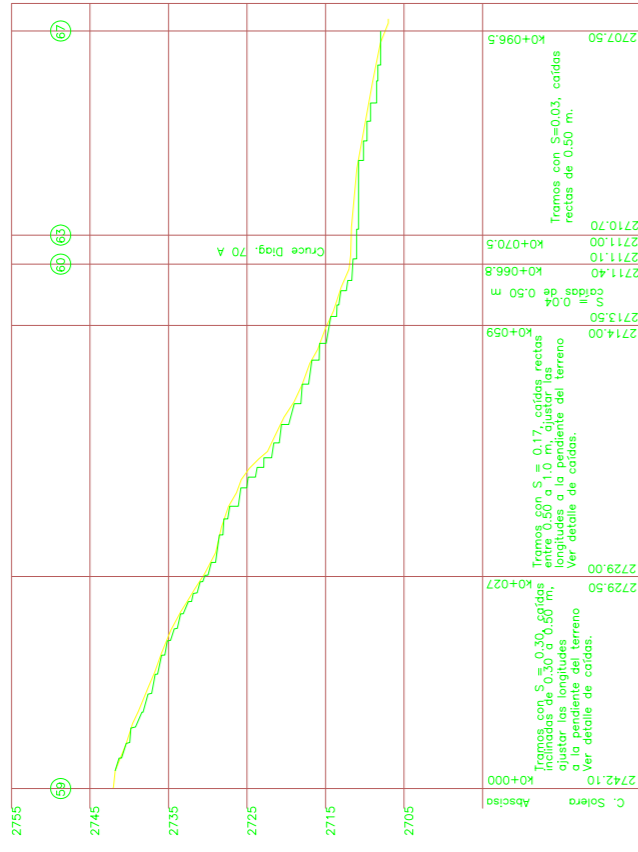
ANÁLISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS

INDICADAS

FECHA:	REVISOR:	INDICADAS:
OCTUBRE DE 1999	ALFREDO ENCATIVA M.	
OCTUBRE DE 1999	PEDRO A. CASTIBLANCO M.	
OCTUBRE DE 1999	ALFREDO ENCATIVA M.	
OCTUBRE DE 1999	GUILLEMO ANGEL R.	

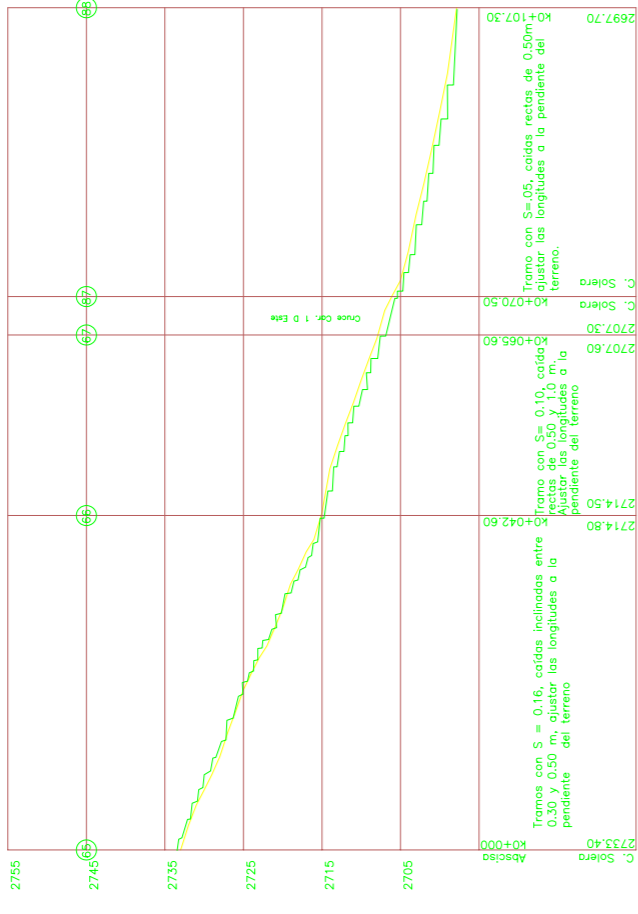
ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEROS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME. CONTRATO DE CONSULTORIA CCS-804-99

SECCIONES Y DETALLES PARA EL PROYECTO  
PLANO 8



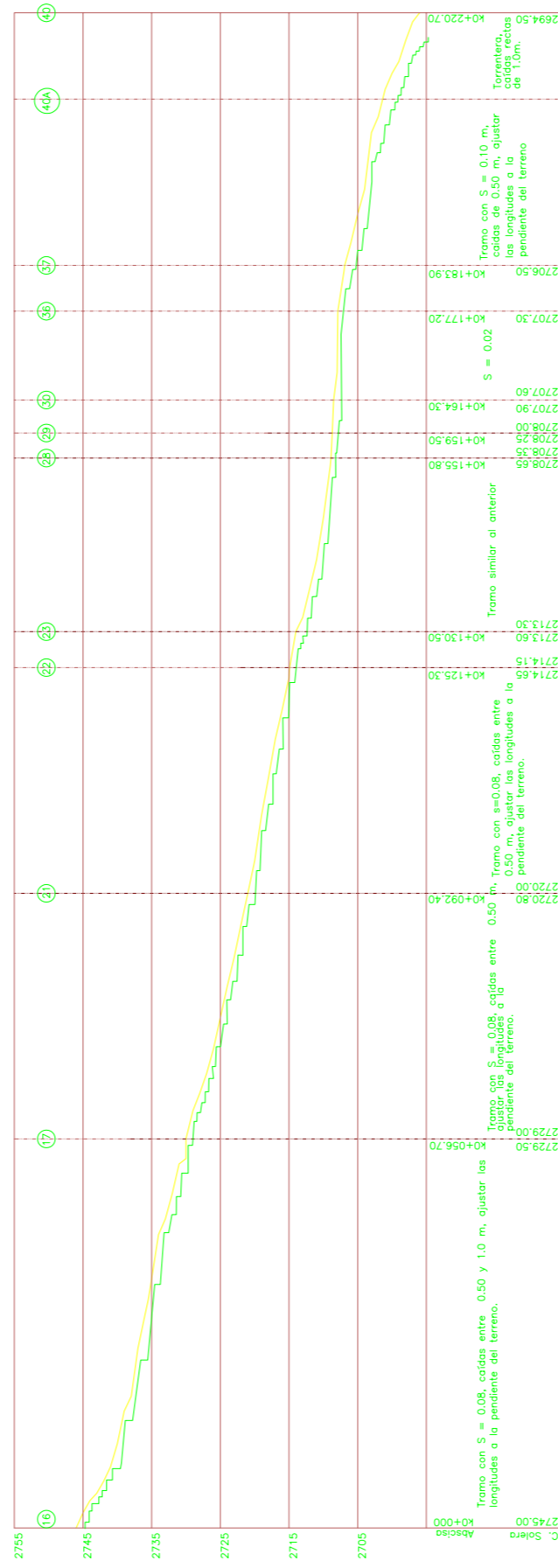
PERFIL COLECTOR DIAG. 70 A Sur (59 a 67)

Escala: H=V=1:500



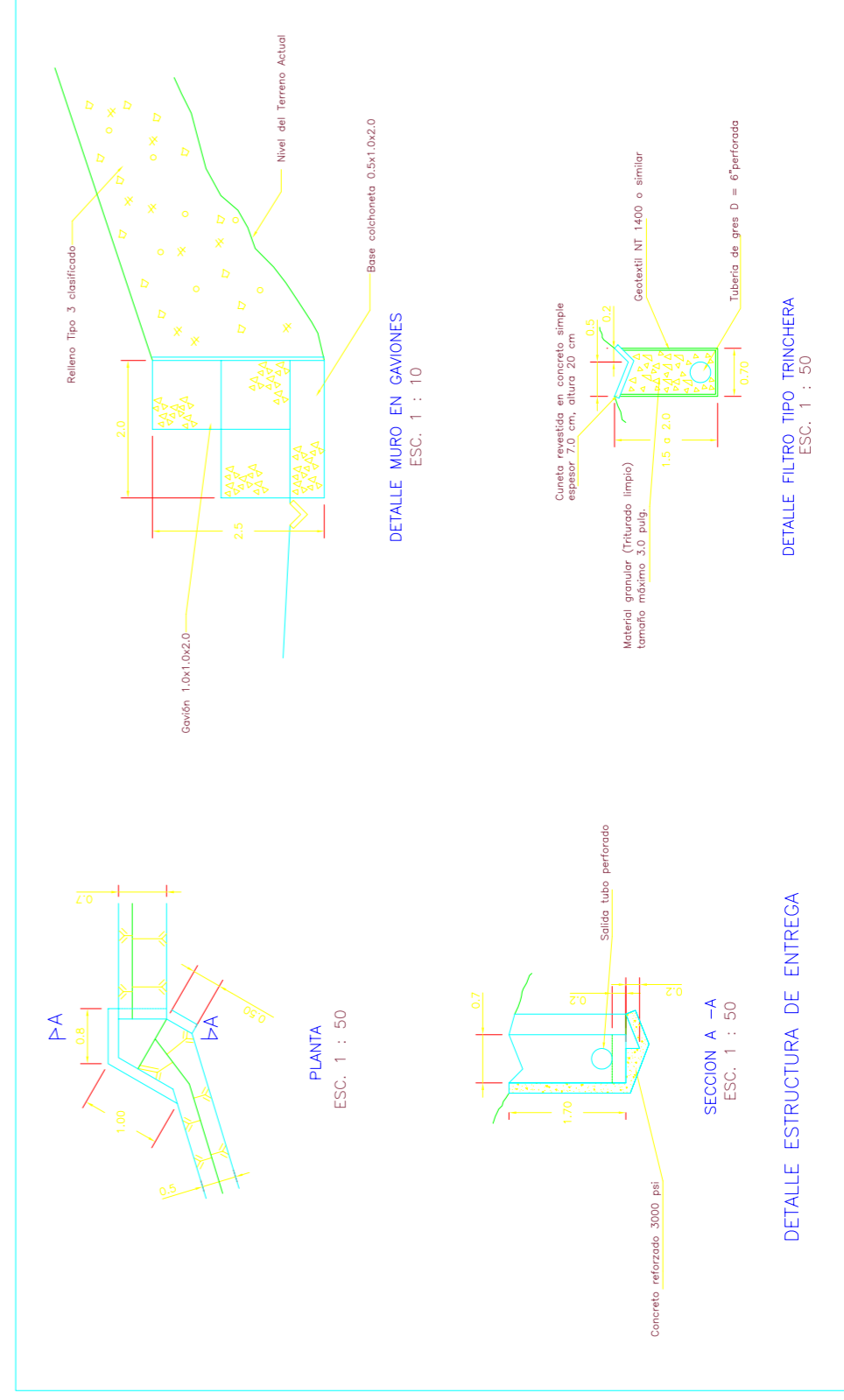
PERFIL COLECTOR DIAGONAL 70 B Sur (65 A 88)

Escala: 1 : 500

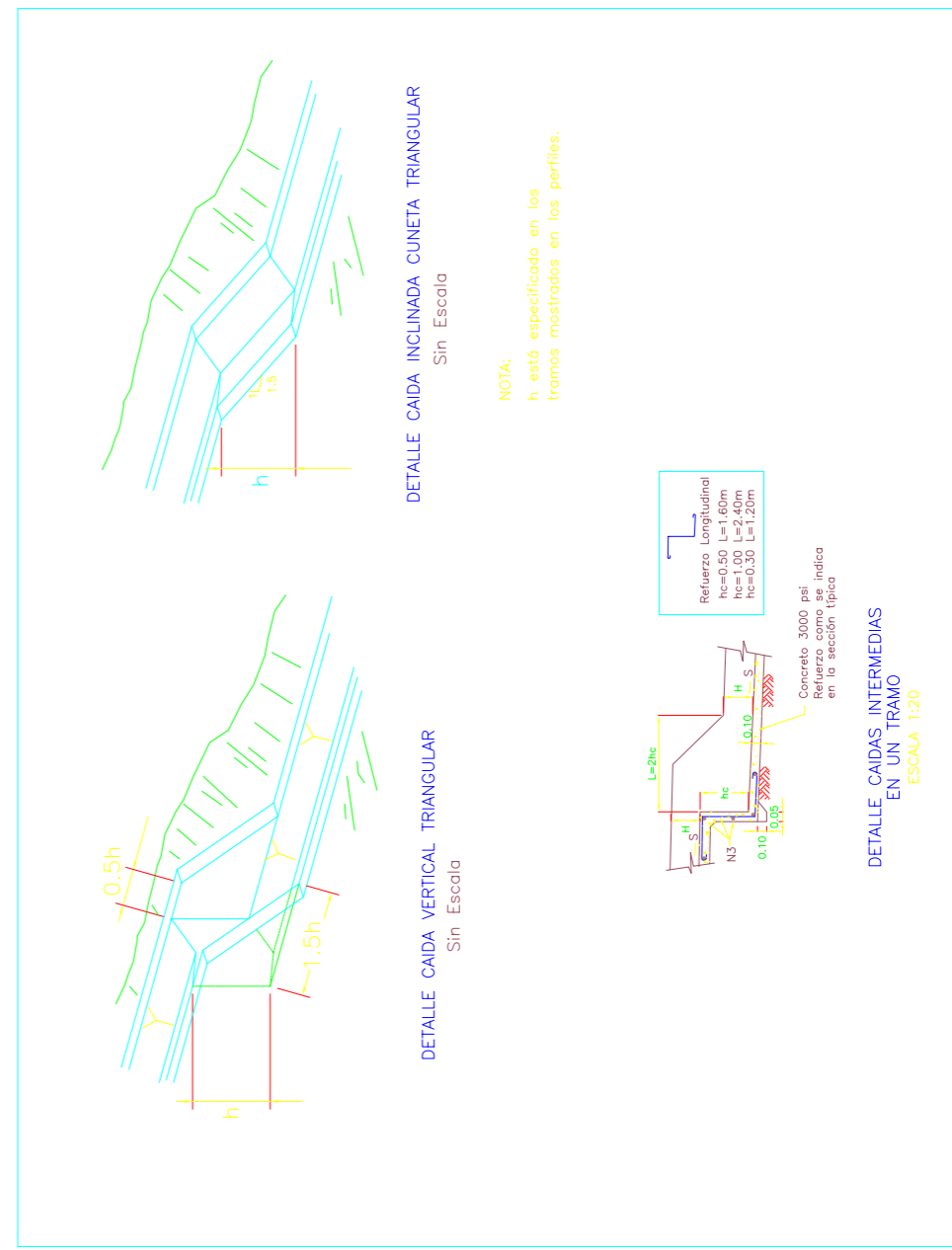


PERFIL CANAL COLECTOR DIAG. 71 C Sur, 71 Sur (16, 17, 22, 29, 40)

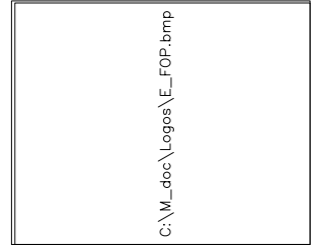
Escala: H=V=1:1000



DETALLES ESTRUCTURAS SITIO CRITICO



DETALLES CAIDAS



Secretaría de GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FUENTES:

DISEÑOS DETALLADOS PARA EL PROYECTO

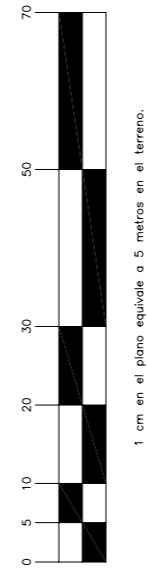
ELABORO:



IEH GRUCON LTDA.

INTERVENORIA:

ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS



Escala: 1:500

DISEÑO:	ALFREDO ENGATIVA MEDINA	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
DIBUJO:	PEDRO ALFREDO CASTIBLANCO M.	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
REVISO:	ALFREDO ENGATIVA MEDINA	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
APROBO:	GUILLERMO ANGEL REYES	FECHA:	OCTUBRE DE 1999
Vo.B. INTERVENORIA:		FECHA:	

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS BARRIOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME. LOCALIDAD DE USME CONTRATO DE CONSULTORIA CCS-204-99

SECCIONES Y DETALLES SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL

PLANO 9