

Santa Fe de Bogotá, D.C., Diciembre 18 de 1998

Señores  
**UPES - FOPAE**  
Atn : Ing. DORIS SUAZA  
Ciudad

 **UPES - Cite este Nro para Consultar ó Responder**

Fecha: 1998/12/21 - 09:00:20 Radicación: #1-1998-09297 E

Ref#: - Trámite: INFORME DE ACTIVIDADE Medio: VENT

Actividad: PRESENTACION Folios: 1 Anexos: 1

Destino: COORDINACIÓN ANALISIS DE RIESGOS

Copia A:

**REF : ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO  
EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME.**

Apreciados señores :

Con la presente estamos haciendo entrega de una (1) copia del informe final del proyecto de la referencia, cumpliendo así con lo estipulado en el contrato.

Agradeciendo su atención.

Cordialmente,

  
**CARLOS GUEVARA DELGADO**  
Gerente Técnico

Anexo : lo anunciado



**UPES**

UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

**FOPAE**

**ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS  
DE INESTABILIDAD DEL TERRENO  
EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD  
DE USME.**



**INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA.**  
ESTUDIOS AMBIENTALES & SIG

Transversal 44 No. 94 - 65 Tels. 6179507/ 6138092  
E-mail: [igl@col1.telecom.com.co](mailto:igl@col1.telecom.com.co)  
Santafé de Bogotá, D.C.

---



## CAPITULO 1

### TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION Y PRESENTACION.	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.	2
1.2 MARCO LEGAL.	2
1.3 FUNCIONES DE LA UPES.	3
1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO.	3
1.5 PRESENTACION DEL INFORME.	4



## CAPITULO 2

### TABLA DE CONTENIDO

2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA. _____	1
2.1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO. _____	1
2.2 LOCALIZACION DE AREAS INTERES. _____	1
2.3 INFORMACION EMPLEADA. _____	3
2.3.1. Técnica. _____	7
2.3.2 Cartografía. _____	8
2.3.3 Aerofotografía. _____	9
2.4 ASPECTOS FISICOS. _____	10
2.4.1. Geología. _____	13
2.4.2 Geomorfología. _____	13
2.4.3. Climatología. _____	14
2.4.4. Uso actual del suelo y cobertura vegetal. _____	17
2.4.5 Geotécnia. _____	17
2.5. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS. _____	17



## CAPITULO 3

### TABLA DE CONTENIDO

3. MARCO TEORICO Y METODOLOGIA. _____	1
3.1 CONCEPTOS. _____	2
3.1.1. Amenaza Natural (A). _____	2
3.1.2. Vulnerabilidad (V). _____	2
3.1.3. Riesgo. _____	2
3.1.4. Elementos bajo Riesgo. _____	3
3.1.5. Riesgo evitable. _____	3
3.1.6. Riesgo controlable. _____	3
3.1.7. Riesgo incontrolable. _____	3
3.2 ANALISIS DEL RIESGO POR REMOCION EN MASA. _____	3
3.2.1 Evaluación de la amenaza por remoción en masa. _____	3
3.2.1.1 Variables. _____	3
3.2.1.2 Parámetros. _____	4
3.2.2. Análisis de vulnerabilidad. _____	4
3.2.3. Evaluación del riesgo. _____	5
3.2.4. Mitigación y Prevenciones. _____	5
3.3 METODOLOGIA. _____	6
3.3.1. Recopilación y evaluación de la información. _____	6
3.3.2. Fotointerpretación y levantamiento de Información base. _____	6
3.3.3. Trabajo de campo. _____	6
3.3.4. Elaboración de los mapas temáticos. _____	7
3.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SIG. _____	7
3.4.1. Etapas del SIG. _____	7
3.4.1.1 Diseño de la base de datos y adecuación de la información. _____	8
3.4.1.2. Análisis y modelamiento. _____	10
3.4.2 Estabilidad ó Factor de Seguridad. _____	10
3.4.3. Análisis de Vulnerabilidad. _____	15



## CAPITULO 4

### TABLA DE CONTENIDO

4. EVALUACION DE LA AMENAZA. _____	1
4.1 GENERALIDADES. _____	1
4.1.1. El Factor de Seguridad. _____	1
4.2 ZONAS HOMOGÉNEAS DE SIMILAR ESTABILIDAD EN CONDICIONES NORMALES O SUSCEPTIBILIDAD A LA REMOCION EN MASA. _____	2
4.2.1 Parámetros evaluados. _____	2
Efectos de la urbanización. _____	3
Actividades de explotación. _____	3
4.2.1.1. Pendiente. _____	3
4.2.1.2 Tipo de material. _____	4
4.2.1.3. Relación pendiente de los taludes y buzamiento de las capas. _____	9
4.2.1.4. Grado de Infiltración. _____	10
4.2.2 Mapa del factor de seguridad promedio $fs_1$ . _____	14
4.2.3 Ajuste del Factor de seguridad en condiciones normales. _____	16
TABLA No. 4.18 VALORES DE A PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD. _____	17
4.2.4 Tipos de Laderas. _____	17
4.3 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES ESCENARIOS. _____	19
4.3.1 Sismicidad. _____	20
4.3.2 Precipitación. _____	22
4.4 MAPA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA. _____	23
4.4.1 Leyenda del mapa de amenaza por remoción en masa. _____	37



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

---

## CAPITULO 5

### TABLA DE CONTENIDO

5. ANALISIS DE VULNERABILIDAD. _____	1
5.1 VULNERABILIDAD GENERAL DE LA LOCALIDAD DE USME. _____	1
5.1.1. Vulnerabilidad física. _____	2
5.1.1.1. Tipología de la construcción. _____	2
5.1.1.2. Densidad de la construcción. _____	4
5.1.1.3. Estimación de la vulnerabilidad física. _____	4
5.1.2. Vulnerabilidad de la población. _____	5
5.1.3. Análisis. _____	17



## CAPITULO 6

### TABLA DE CONTENIDO

6. EVALUACION DEL RIESGO.	1
6.1. DESCRIPCION DE LA AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO DE LOS BARRIOS.	1
6.1.1. Sector Norte.	3
6.1.2. Riesgo en el Sector Norte.	11
6.1.3. Sector Sur.	13
6.1.4. Riesgo en el sector Sur.	25





## CAPITULO 7

### TABLA DE CONTENIDO

7. MITIGACIÓN Y RECOMENDACIONES. _____	1
7.1 TOPOGRAFIA.. _____	1
7.2 EXCAVACIONES. _____	1
7.3 RELLENOS. _____	2
7.4 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS. _____	2
7.5 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES. _____	2
7.6 ACOMETIDAS DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE. _____	2
7.7.CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LA VIVIENDA. _____	3
7.8 TERRAPLENES, SITIOS DE DISPOSICION DE MATERIALES ESTERILES O DE CORTE Y ANTIGUAS ZONAS DE CANTERA. _____	3
7.8 MITIGACION. _____	4
7.9 CONDICIONES ESPECÍFICAS. _____	4
7.9.1. Danubio Azul. _____	4
7.9.2. Daza II _____	7
7.9.3. La Fiscala Sector Daza. _____	7
7.9.4. La Fiscala Sector Central. _____	7
7.9.5 La Fiscala Los Tres Laureles. _____	8
7.9.6. La Fiscala Sector Rodríguez. _____	10
7.9.7 Santa Marta. _____	10
7.9.8 Santa Marta II Sector. _____	11
7.9.9. Villa Alejandría. _____	12
7.9.10. Barranquillita. _____	12
7.9.11. El Jordan, El Ruby II, San Juan I Sector, Santa Librada La Esperanza, El Refugio, Los Tejares II. _____	13
7.9.12. Santa Librada Salazar Salazar. _____	14
7.9.13. Olivares. _____	16



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

---

7.9.14 Marichuela III Sector.	18
7.9.15. Monteblanco.	19
7.9.16 La Esmeralda.	20
7.9.17. Bosque El Limonar II	20
7.9.18. Municipio de Usme.	21
7.9.19 Puerta Al Llano II.	21
7.10 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL	22
7.10.1 Medidas preventivas	22



## CAPITULO 8

### TABLA DE CONTENIDO

8. CONCLUSIONES GENERALES.	1
----------------------------	---



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

---

**CAPITULO 9**

**TABLA DE CONTENIDO**

9.RECOMENDACIONES GENERALES..... 1

**RESUMEN  
EJECUTIVO**



---

## RESUMEN EJECUTIVO

La evaluación de riesgo por inestabilidad del terreno de 27 barrios de la Localidad de Usme tuvo como pilar primordial el estudio geológico y geomorfológico detallado del área envolvente de dichos barrios.

Para poder generar el mapa de riesgo de cada uno de los barrios se utilizaron dos herramientas esenciales: los sensores remotos (SR) y el sistema de información geográfica (SIG). Dichas herramientas hacen parte de la metodología empleada por IGL INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA desde hace varios años en estudios similares, metodología que fue adaptada de acuerdo con las características propias del área estudiada.

A continuación se hace un recuento de la metodología desarrollada a lo largo del estudio haciendo énfasis en los puntos esenciales sin los cuales el resultado no tendría ningún valor.

Después de haber evaluado la información existente, especialmente la parte correspondiente a la cartografía se complementó la información altimétrica existente a escala 1 : 5.000. Este aspecto es importante para poder generar el Modelo Digital del Terreno (MDT) el cual es esencial para la aplicación del modelo SIG.

El siguiente punto importante es disponer de fotografías aéreas a escala grande de dos a tres fechas diferentes, una de ellas debe ser actual. El propósito de esto es poder realizar un análisis temporal de los procesos geomorfológicos y antrópicos actuantes en el área.

A partir de la fotointerpretación temática se generan los siguientes mapas preliminares : Geológico, Geomorfológico, Geotécnico, de Cobertura Vegetal y de Actividad Antrópica. Con estos mapas se planifica el trabajo de campo y se verifica la interpretación.

Es importante tener en cuenta que el levantamiento geológico y geomorfológico debe hacerse con el detalle necesario para poder formarse un criterio real de las condiciones físicas del macizo rocoso. Por ejemplo la actividad tectónica Pre-



Formación Usme, el ambiente de depositación, el tipo de estructuras formadas. Lo anterior marca el comportamiento geomecánico de las diferentes litologías y por consiguiente la susceptibilidad a la inestabilidad.

Uno de los puntos de incertidumbre que generaron dificultades fue el hecho de que los valores obtenidos para parámetros como cohesión ( $c$ ) y ángulo de fricción ( $\phi$ ) son puntuales. Para obviar esto se utilizó la cartografía geológica detallada, los procesos geomorfológicos presentes y la génesis de los depósitos. Con base en lo anterior se zonificó el macizo rocoso creándose unidades de roca y suelo los más uniforme posible. Posteriormente se caracterizó y muestreo cada una de dichas unidades. Con los resultados de laboratorio se estableció un rango de los valores para  $C$ ,  $\phi$  y gravedad específica. Estos valores fueron confrontados con los valores para litologías o depósitos similares en la literatura para luego usar el valor medio en la fórmula del factor de seguridad (FS).

Dentro del proceso del cálculo del factor de seguridad se utilizó el SIG para espacializar los valores matemáticos de las diferentes unidades, así como para el cruce de los mapas lógicos. En los capítulos 3 y 4 se describe los pasos seguidos y la ponderación dada para cada parámetro utilizado.

Otro de los problemas que se presentó fue como cuantificar los parámetros que no estaban dentro de la fórmula pero que era necesario incluirlos para disminuir la incertidumbre de lo puntual de los datos geotécnicos. Para esto se formó un grupo interdisciplinario que valoró cuantitativamente dichos parámetros (vegetación, actividad antrópica, tipo de ladera), para posteriormente crear factores modificadores del FS.

Una vez obtenido el mapa de FS con las condiciones actuales del terreno se hizo un control en campo del mismo con el propósito de verificar si los resultados eran lógicos o no. A pesar que la verificación en campo mostró que el modelo funcionaba fue necesario calibrar algunas ponderaciones y algunos de los factores modificadores como el valor dado a la lluvia, a la pendiente transversal y a los diferentes tipos de vegetación y cobertura.

Generado el mapa final del FS con estas condiciones se calculó nuevamente el FS para diferentes escenarios donde intervienen dos factores disparadores importantes :



los períodos de retorno de la precipitación y de los sismos. Para cada uno de estos nueve escenarios se obtuvo un valor de FS de cada celda unitaria (pixel de 5 x 5m). los cuales fueron agrupados en cuatro categorías con el propósito de permitir que una zona con un valor de FS determinado pudiera pasar a otra en el momento que uno de los parámetros utilizados en el cálculo del FS cambiara. De este modo se logra saber con certeza que áreas son inestables, cuales son estables y cuales pueden pasar a ser inestables o estables de acuerdo con la actividad antrópica y geomorfológica en la zona.

Como la amenaza es la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, en este caso, de inestabilidad se ponderaron los diferentes escenarios y se cálculo la desviación estándar del FS de los mismos para obtener una probabilidad, lo cual generó el mapa de amenaza por fenómenos de inestabilidad del terreno.

Ahora bien, para poder calcular el riesgo es necesario conocer la vulnerabilidad integral del elemento bajo amenaza. Como se determinó la vulnerabilidad? Primero se reconocieron los elementos vulnerables la población, las construcciones, las líneas, y puntos vitales. Luego se reconoció la predisposición y resistencia de cada uno de ellos. En la capacidad de recuperación del elemento se tuvo en cuenta las características sociales, educativas, culturales, económicas, y de salud de la comunidad y para la vulnerabilidad física se valoró el tipo de construcción y la densidad de la misma. Luego de acuerdo con el tipo y magnitud del fenómenos que amenazaba el elemento se el grado de exposición del elemento.

En los capítulos 3 y 5 se explica con detalle el procesos seguido y el valor de vulnerabilidad obtenida para cada barrio.

Teniendo los rangos de amenaza y de vulnerabilidad se cálculo el riesgo para cada barrio en general y para el elemento afectado en particular como se muestra en el capítulo 6. Realmente no existe una amenaza MUY ALTA que afecte los barrios, solamente el barrio La Fiscala Los Tres Laureles se ve amenazado en dos puntos (dos casas) por un fenómeno de caída de roca con un probabilidad de ocurrencia entre el 50 y 60% (AMENAZA ALTA). Igual ocurre en un sector del barrio Danubio Azul donde parte de la calle y un poste están amenazados por la generación de un deslizamiento debido a la infiltración del agua de una manguera rota. El resto de los barrios esta bajo





## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

---

amenaza MEDIA O BAJA lo cual origina que el riesgo calculado sea BAJO o MEDIO, rango que no son objeto del presente estudio.

En el capítulo 7 se hacen una serie de recomendaciones para minimizar la amenaza y vulnerabilidad con el propósito de disminuir aun más el riesgo calculado.

Se recomienda realizar un estudio detallado de los barrios Danubio Azul y la Fiscala los Tres Laureles, el cual debe incluir el diseño definitivo de las obras de protección y correctivas de los puntos bajo riesgo en estos barrios.

# **CAPITULO I**



## CAPITULO 1

### TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION Y PRESENTACION. _____	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO. _____	2
1.2 MARCO LEGAL. _____	2
1.3 FUNCIONES DE LA UPES. _____	3
1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO. _____	3
1.5 PRESENTACION DEL INFORME. _____	4



## 1. INTRODUCCION Y PRESENTACION

El presente informe resume las diferentes actividades realizadas por INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA para dar cumplimiento con el contrato No. G521-40/98 celebrado con el Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital y denominado **“Zonificación de Riesgo por Fenómenos de Inestabilidad del Terreno en 27 Barrios de la Localidad de Usme”**.

Actualmente el Departamento Administrativo de Planeación Distrital DAPD y las demás entidades del Distrito Capital están desarrollando el proyecto de legalización de barrios ubicados en áreas urbanas y suburbanas, para ampliar la cobertura de los diferentes servicios públicos, en el cual la UPES tiene como responsabilidad emitir el concepto técnico del grado y tipo de riesgo de los diferentes barrios a legalizar. Para cumplir con este compromiso, la UPES realizó una serie de contratos de consultoría, de los cuales este estudio hace parte.

Los procesos de urbanización en la localidad de Usme han sido muy dinámicos en los últimos años debido a la oferta de vivienda de interés social y al loteo de áreas urbanas alrededor de estas. Las familias que conforman esta localidad provienen de otros barrios del distrito o de fuera de él, teniendo en común el pertenecer a sectores de bajos ingresos que ven una posibilidad de obtener vivienda y costos bajos en los servicios públicos. Todo lo anterior ha dado lugar al

surgimiento de 202 barrios, de los cuales 108 se encuentran en proceso de legalización.

Al igual que en otras localidades del sur del Distrito Capital, Usme aporta mano de obra barata, materiales para la construcción (ladrillos, tubos, tejas, grava, gravilla, etc.) y artículos elaborados en microempresas. Sin embargo el nivel de vida de los pobladores es bajo o muy bajo, debido a la precariedad de los servicios públicos (salud, vivienda, agua, educación, recreación).

Las actividades programadas para el desarrollo de este estudio fueron:

1. Recopilar, analizar y seleccionar la información técnica, cartográfica y fotográfica que existe de la localidad de Usme.
2. Obtención de información primaria por medio de fotointerpretación y trabajo de campo.
3. Procesamiento y análisis de la información primaria y secundaria.
4. Uso de la herramienta del sistema de información geográfica (SIG) para la integración y combinación de los mapas temáticos utilizados en los análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
5. Evaluación de las alternativas de mitigación del riesgo y generación de



recomendaciones para la toma de decisiones.

## 6. Elaboración del informe final.

### 1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- ✦ Realizar la zonificación de riesgo por fenómenos de inestabilidad del terreno con el fin de fundamentar la legalización de los 27 barrios de la localidad de Usme objeto del presente estudio.
- ✦ Proponer acciones y/o un diseño funcional de obras de prevención y mitigación que garanticen la reducción del riesgo, estableciendo prioridades de tratamiento.

### 1.2 MARCO LEGAL

El presente estudio tiene como marco normativo general la ley 9 de 1989 o Ley de Reforma Urbana en sus artículos 2, 8, 10, 39, 70, 67 sobre asentamientos humanos en zona de riesgos, reubicación y renovación urbana. En lo referente a prevención de amenazas naturales, la Ley 388 de 1997 establece normas para el ordenamiento del territorio y determina que en los planes de Ordenamiento Territorial se deberá tener en cuenta lo relacionado con la conservación y la protección del medio ambiente, así como de los recursos naturales, la prevención de amenazas y los riesgos naturales. El Sistema para Prevención y Atención de Desastres fue creado por decreto 919 de 1989 de la Presidencia de la República quien organizó y determinó la obligación de las entidades

encargadas de la prestación de servicios públicos, de realizar análisis de vulnerabilidad y tomar medidas de protección contra desastres.

A nivel Distrital, el decreto 652 de 1990 de la Alcaldía de Bogotá, reglamentó el Fondo de Emergencias de Bogotá D.C. (FOPAE) y le asignó entre otras responsabilidades, la de prestar apoyo económico para la prevención y atención de emergencias y calamidades.

El acuerdo No. 11 de 1987 del Concejo Distrital creó el Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias en el Distrito Especial, cuyo objeto es la financiación de programas de prevención de desastres. Dicho Acuerdo también creó la oficina coordinadora para la Prevención y Atención de Emergencias y le asignó como funciones, entre otras, las de coordinar las acciones de prevención y atención de emergencias, así como adelantar estudios para la atención de las mismas.

Con el Decreto No. 485 de 1996 de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, se determinó la estructura interna y las funciones de las dependencias de la Secretaria de Gobierno, y entre ellas la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias.

El Decreto No. 657 de 1994 de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, determinó que la Oficina para la Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá debe ser el ente que emita, a solicitud de las entidades Distritales, el



concepto técnico sobre riesgos de tipo geológico, hidráulico o eléctrico existentes en la ciudad e informe sobre las zonas bajo riesgo para que no se permita su urbanización.

Además, en lo referente a desarrollo urbano, existe el Acuerdo No. 6 de 1990 del Concejo de Bogotá, Estatuto para el ordenamiento físico del Distrito Especial de Bogotá, el cual determina la forma de legalización de asentamientos humanos.

### 1.3 FUNCIONES DE LA UPES

Después de los problemas surgidos a finales de los años 80 en el Distrito Capital por los desbordamientos de varias quebradas, caños y la pérdida parcial o total de viviendas por la activación de fenómenos de remoción en masas, se creó la Oficina para la Prevención y Atención de Emergencias OPES quien lideró la prevención y atención de emergencias. Con el decreto No. 485 de 1996 se dio un paso para proporcionar mayores recursos humanos y materiales a esta institución, cambiando el nombre por el de Unidad para la Prevención y Atención de Emergencias -UPES-.

El objetivo de la UPES es planificar, dirigir, coordinar y controlar las actividades técnicas, administrativas, financieras y operativas que debe adelantar el Distrito capital para la prevención, atención de situaciones de desastre, calamidad o emergencia de carácter Distrital y administrar los recursos del Fondo para la

Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE).

Las funciones de la UPES son :

- ◆ Planificar, coordinar, supervisar y evaluar la gestión del Sistema Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias.
- ◆ Programar y combinar el cumplimiento de los objetivos del FOPAE y el manejo e inversión de sus recursos.
- ◆ Coordinar y planear las acciones interinstitucionales para la formulación, ejecución y elaboración del Plan Distrital de Prevención y atención de Emergencias y el Sistema Distrital de Prevención y Atención de Emergencias.
- ◆ Adelantar estudios sobre amenazas, identificación y análisis de vulnerabilidad y evaluación del riesgo.
- ◆ Coordinar los sistemas y programas Distritales de información y documentación, comunicaciones, centros de reserva, monitoreo y vigilancia.
- ◆ Promover la incorporación y fomento de la temática de prevención en los programas curriculares de educación formal y no formal, planes escolares de prevención, formular y adelantar programa de capacitación institucional y comunitaria, y de información y divulgación masiva.



- ◆ Asesorar y coordinar la formulación y ejecución de planes, programas y proyectos locales de contingencia, y de prevención y atención de emergencias.

#### 1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio realizó una zonificación de riesgo por inestabilidad del terreno a escala 1:5.000 de 27 barrios en la localidad de Usme. La amenaza utilizada para la zonificación del riesgo fue trabajada a escala 1:10.000 y cubrió toda el área de estudio. La vulnerabilidad fue trabajada a escala 1:5.000.

Para la determinación de las zonas de riesgo se siguieron las definiciones dadas por la UPES que a continuación se describen:

**Zonas de riesgo alto no mitigable:** Aquellas donde las obras de mitigación son más costosas y complejas que llevar a cabo la reubicación de las viviendas involucradas.

**Zonas de riesgo alto mitigable:** Corresponde a diferentes zonas, en las cuales la inestabilidad es controlable a través de obras de mitigación con un costo razonable y sin necesidad de reubicar viviendas.

**Zonas de riesgo medio:** Son extensiones del terreno, en las cuales los fenómenos de inestabilidad pueden ser controlados con obras de mitigación sencillas, que garanticen la seguridad de

las viviendas ubicadas en el área de influencia de los fenómenos.

**Zonas de riesgo bajo:** Donde solo se requieren medidas mínimas de prevención y/o de control.

#### 1.5 PRESENTACION DEL INFORME

Con el propósito que los ejecutivos puedan tener una idea completa de la situación actual de la parte occidental de la Localidad de Usme frente a la amenaza por inestabilidad del terreno, se ha organizado el presente informe en 9 capítulos y 7 anexos distribuidos así:

##### CAPITULO 1. INTRODUCCION Y PRESENTACION

En este capítulo se describen los objetivos, las actividades realizadas, el marco legal y el alcance para este estudio y la presentación del mismo.

##### CAPITULO 2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Presenta la localización del área de estudio y de los 27 barrios estudiados, la información empleada y la forma como se aplicaron los aspectos físicos y socioeconómicos.

##### CAPITULO 3. MARCO TEORICO Y METODOLOGIA

Describe el marco conceptual y metodológico con el cual se desarrollo este



estudio, señalándose los parámetros utilizados en el análisis del riesgo y las herramientas empleadas.

#### CAPITULO 4. EVALUACION DE LA AMENAZA.

Presenta una descripción de la forma como se obtuvieron las variables y los parámetros utilizados para hallar la amenaza. Además plantea el modelo matemático utilizado y la conceptualización de los modelos y submodelos aplicados para desarrollar el SIG.

#### CAPITULO 5. ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

Describe la manera como se obtuvieron las variables y los parámetros utilizados para hallar la vulnerabilidad física, humana y de líneas vitales.

#### CAPITULO 6. EVALUACION DEL RIESGO.

Define la metodología empleada para estimar el grado de los daños de los elementos que están en las áreas donde se pueden presentar fenómenos desastrosos por inestabilidad del terreno y donde la resistencia de estos es baja.

#### CAPITULO 7. MITIGACION Y RECOMENDACIONES.

Presenta las alternativas de mitigación para las zonas en riesgo mitigable y los posibles

usos del suelo para las zonas de riesgo alto no mitigable. Además presenta algunas recomendaciones generales para mitigar la amenaza donde el factor más importante es el antrópico.

#### CAPITULO 8. CONCLUSIONES.

Se enumeran las principales conclusiones generadas del estudio.

#### CAPITULO 9. RECOMENDACIONES PARA MITIGAR EL RIESGO.

Se plasma en forma espacial las recomendaciones reducir el riesgo en este sector de la Localidad de Usme de acuerdo con el mapa de probabilidad de falla.

#### ANEXOS.

ANEXO A1. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.

ANEXO A2. HIDROGRAFIA Y CLIMATOLOGIA.

ANEXO A3. USO ACTUAL DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL.

ANEXO A4. FACTOR ANTROPICO.

ANEXO A5. GEOTECNIA.

ANEXO A6. ESTUDIO SOCIOECONOMICO.

ANEXO A7. BIBLIOGRAFIA.



## **CAPITULO II**



## CAPITULO 2

### TABLA DE CONTENIDO

2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA. _____	1
2.1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO. _____	1
2.2 LOCALIZACION DE AREAS INTERES. _____	1
2.3 INFORMACION EMPLEADA. _____	3
2.3.1. Técnica. _____	7
2.3.2 Cartografía. _____	8
2.3.3 Aerofotografía. _____	9
2.4 ASPECTOS FISICOS. _____	10
2.4.1. Geología. _____	13
2.4.2 Geomorfología. _____	13
2.4.3. Climatología. _____	14
2.4.4. Uso actual del suelo y cobertura vegetal. _____	17
2.4.5 Geotécnia. _____	17
2.5. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS. _____	17



## 2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA

### 2.1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada en la parte sur de Santa Fe de Bogotá D.C., abarcando un área de 21,878 Km<sup>2</sup> que corresponde a la parte occidental de la Localidad 5 o de Usme. El área de estudio limita por el norte con los Barrios La Paz y Palermo de la Localidad 18 (Rafael Uribe Uribe), por el oriente con el parque Entrenubes de la Localidad 5 (Usme) y los Cerros El Zuque y La Teta, por el sur con la zona rural de la Localidad de Usme y por el occidente con la Localidad 19 (Ciudad Bolívar) y el Río Tunjuelo. (Ver FIGURA No. 2.1).

El polígono que encierra el área de estudio se encuentra dentro de las coordenadas (origen Bogotá):

N 94115,45	N 85798,38
E 94349,39	E 98000

Las principales vías de acceso a la localidad se restringen a la Avenida Boyacá, Carretera a Villavicencio, Avenida Caracas y la Avenida Usme. En los barrios legalizados las vías internas se encuentran, en un gran porcentaje, pavimentadas en contraste con los de los barrios sin legalizar.

El área se encuentra en la parte media de la vertiente oriental de la cuenca del Río Tunjuelo. Incluye las subcuencas: De Fucha, Yomasa, Santa Librada y La Hoya del Ramo. Sus condiciones orográficas y climáticas hacen de ésta una zona seca, de topografía ondulada a quebrada. La precipitación anual promedio es de 752 mm y la temperatura promedio es de 12 grados centígrados.

A pesar de la intensidad de los procesos de urbanización la mayor parte del área es rural y en algunos barrios se mezclan con lo urbano. Existen áreas con cultivos de papa, arveja, maíz, haba, pastos naturales y bosques, generando una diversidad de paisajes .

### 2.2 LOCALIZACION DE BARRIOS INTERES

Los 27 barrios están distribuidos en 4 sectores (Ver FIGURA No. 2.2) de la siguiente manera:

#### Sector Norte

En la TABLA No. 2.1 se nombran los barrios que contemplan dicho sector. Estos barrios se caracterizan por estar a menos de 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, con clima frío.



**TABLA No. 2.1 BARRIOS DEL SECTOR NORTE**

NUMERACION	NOMBRE DEL BARRIO
1	DAZA II**
2	DANUBIO AZUL
3	SUIZA**
4	LA FISCALA SECTOR CENTRAL
5	LA FISCALA LOS TRES LAURELES
6	LA FISCALA SECTOR DAZA
7	LA FISCALA SECTOR RODRIGUEZ
8	SANTA MARTA
9	SANTA MARTA II SECTOR
10	VILLA ALEJANDRIA
11	BARRANQUILLITA
12	EL JORDAN
13	EL RUBY SECTOR II
14	SAN JUAN I SECTOR
15	SANTA LIBRADA LA ESPERANZA
16	EL REFUGIO SECTOR SANTA LIBRADA**
17	SANTA LIBRADA SALAZAR SALAZAR**
18	LOS TEJARES SUR II SECTOR
19	OLIVARES

\*\*ZONA SUBURBANA

### Sector Sur

Algunos se encuentran ubicados al sur de la vía a Villavicencio con alturas que

varían entre 2550 y 2800 m.s.n.m. Otros se localizan al oriente de la misma vía (Ver TABLA No. 2.2).

**TABLA No. 2.2 BARRIOS DEL SECTOR SUR**

NUMERACION	NOMBRE DEL BARRIO
1	MARICHUELA III SECTOR (CAFAM)**
2	TENERIFE II**
3	MONTEBLANCO
4	PUERTA AL LLANO II**
5	SAN JOAQUIN EL UVAL
6	LA ESMERALDA **
7	MUNICIPIO DE USME**
8	BOSQUE EL LIMONAR II**

\*\*ZONA SUBURBANA



## 2.3 INFORMACION EMPLEADA

### 2.3.1. Técnica

La información utilizada en este estudio fue obtenida de las entidades distritales como el DADP, Catastro, Empresa de Acueducto y Alcantarillado, Empresa de Energía, y de organismos de carácter nacional como Ingeominas, la Universidad Nacional de Colombia y el IGAC. Toda esta documentación fue evaluada y organizada según los diferentes temas.

Partiendo de la información secundaria se levantó y actualizó la información faltante elaborándose estudios específicos sobre Hidrografía, climatología, Geología, Geomorfología, Uso del Suelo, Cobertura Vegetal, Análisis Socioeconómicos y la cartografía para cada uno de ellos.

A continuación se reseñan los estudios anteriores en la localidad de Usme:

- **EVALUACIÓN GEOLOGICA Y GEOMORFOLOGICA DE LA URBANIZACIÓN SANTA MARTA USME** FRANCO RODOLFO - UPES, 1996.

Este estudio fue realizado en el sector 3, entre los Barrios Compostela, Yomasita y El Mirador - El Rosal y tuvo como objetivo hacer una evaluación geológica para recomendar aspectos a tener en cuenta en el diseño de la urbanización. El estudio se realizó a escala 1:1.000,

se cartografiaron 5 tipos de depósitos cuaternario y se definió el comportamiento geotécnico haciéndose las recomendaciones para cada tipo de unidad.

- **“ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO LA FISCALA ALTA Y EL PEDREGAL” DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRITAL. INGEOMINAS.**

El estudio está realizado a escala detallada (1:1000) y tiene un alcance de diseño de obras de mitigación de la amenaza. Los estudios de geología, geomorfología, caracterización del subsuelo y el análisis de estabilidad, son buenos aportes del estudio en la etapa de mitigación de amenazas y riesgos.

- **“ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO VOZ DE ALERTA” DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRITAL. INGEOMINAS.**

Aunque los movimientos de masa se presentan sobre “depósitos de estériles”, el estudio hace un análisis de el macizo rocoso y las condiciones de estabilidad de éste, que pueden ayudar a inferir la estabilidad de las zonas de canteras, tipo de explotación característica de esta zona y verificar si las medidas correctivas propuestas pueden ser retomadas o adecuadas para la zona de canteras de la Fiscala.



- **“EVALUACION PRELIMINAR DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD BOLIVAR, RAFAEL URIBE URIBE, USME, SAN CRISTOBAL DE SANTA FE DE BOGOTA, D.C”. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRITAL. INGEOMINAS.**

El estudio se elaboró a escala 1:25.000 y cubre solo un 40% del área de la localidad de Usme. Aplica la metodología elaborada por Fernando Ramírez con adaptaciones para el área urbana. Fue utilizado como referencia, para el presente trabajo.

- **“MICROZONIFICACION SISMICA DE SANTA FE DE BOGOTA” INGEOMINAS Y UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. UPES, 1997.**

El estudio hace una evaluación de la amenaza sísmica regional y local para establecer la posibilidad de ocurrencia de un sismo desastroso. Se determinaron 3 fuentes (zona de subducción, la falla frontal de la Cordillera Oriental y sistema de fallas locales). Además incluye el estudio del subsuelo para establecer la respuesta de los materiales y la ampliación de la aceleración por efectos topográficos. A partir de lo anterior se elaboró una

microzonificación sísmica sobre la cual se determinó la vulnerabilidad y el riesgo por ocurrencia de sismos para Santa Fe de Bogotá.

- **“INVENTARIO DE PUNTOS CRÍTICOS EN LA LOCALIDAD DE USME”, UPES 1997. ALFONSO B, NANCY.**

Este estudio es una recopilación de las visitas y emergencias que se atendieron en los años 1996 y 1997 como parte de las funciones del consultor. De este informe se extrajeron los datos para el estudio de la relación lluvia-deslizamiento.

- **“ZONIFICACION DE RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCION EN MASA EN 101 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME”, IGL MAYO 1998.**

El estudio hace una evaluación de la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa trabajando diferentes escenarios de acuerdo con los disparadores presentes en el área de estudio. También evalúa la vulnerabilidad física, socioeconómica y cultural para llegar a determinar el riesgo alto en los diferentes barrios. El estudio se realizó a escala 1:10.000 y se aplicó la herramienta del SIG. De este estudio se tomó toda la información básica y temática.



### 2.3.2 Cartografía

Información parcial cartográfica fue suministrada por la UPES en forma digital del Mapa Digital de Catastro Distrital. Además se consultó la información disponible del IGAC de la cual se capturó información como drenajes, vías y curvas de nivel, que posteriormente sirvió para ser ensamblada a aquellos sectores de los cuales no se tiene información detallada.

La **TABLA No. 2.3** resume la información, utilizada del IGAC y digitalizada por IGL (IGL, mayo 1998). Completar la información altimétrica a escala 1:10.000 fue indispensable para poder generar el MDT (modelo digital del terreno), el cual fué básico para generar otros mapas que intervienen en el modelo del SIG utilizado en el estudio anterior y en el presente estudio.

**TABLA No. 2.3 PLANCHAS TOPOGRAFICAS - IGAC**

SECTOR	ESCALA	PLANCHAS
1	1:2.000	*L-79, L-80, L-89 L-90, L-99, L-100, P-10
	1:5.000	80 - 88
	1:10.000	*246-II-B-4
2	1:2.000	*L-68, L-78, L-88, L-98
	1:5.000	80, 88
	1:10.000	*246-II-B-4
3	1:2.000	*L-98, L-99, P-8, P-9
	1:5.000	79 - 87
	1:10.000	*246-II-D-2
4	1:2.000	*L-97, P-7, P-17, P-27, P-37
	1:5.000	79, 87
	1:10.000	*246-II-D-2
5	1:2.000	*P-9, P-10, P-29, P-30, P-39, P-40, P-19, P-28, L-90, L-99, L-100

\* PLANCHAS DIGITALIZADAS POR IGL.

### 2.3.3 Aerofotografía

En cuanto a las fotografías aéreas se consultó la información del IGAC y la del DAPD, (Ver **FIGURA No. 2.3**). Del IGAC se consultaron las fotografías aéreas de los

años 70 y 80 como se relaciona en la **TABLA No.2.4**. Las fotografías aéreas del DAPD fueron tomadas por la firma SADEC LTDA en 1996 a diferentes escalas. La **TABLA No. 2.5** resume las fotografías aéreas de SADEC utilizadas en el estudio.



**TABLA No. 2.4 RELACION DE VUELOS DEL IGAC, UTILIZADOS EN EL ESTUDIO**

VUELO	SOBRES	AÑO	FOTOS	ESCALA
C-1737	28733	1977	71-82	1 : 15000
C-2161	32441	1984	144-152	1: 10000
C-2168	32137	1986	106-110	1 :8000
C-1737	22840	1978	41-49	1: 5800
C-1737	22620	1978	77-82	1: 7250
C-1728	28672 B	1977	77-79	1:20.200

**TABLA No. 2.5 RELACION DE VUELOS DE SADEC. S.A, UTILIZADOS EN EL ESTUDIO**

VUELOS	FOTOGRAFIAS UTILIZADAS	ESCALA
F 3	141, 142, 143	1 :30.300
F 4	110, 111, 112	1 :30.000
F 6 s	1674	1 : 5.000
F 7 s	1900 - 1.903	1 : 5.000
F 8 s	1634	1 : 5.000
F 8-9 s	1923,1925,1927	1 : 5.000
F 9 s	1607 - 1609	1 : 5.000
F 10 s	1551, 1553, 1154, 1555	1 : 5.000
F 11 s	1523, 1525	1 : 5.000
F 12 s	1485, 1495,1496,1498,1499	1 : 5.000
F 13 s	1040	1 : 5.000

La **TABLA No. 2.6** relaciona las fotografías aéreas proporcionadas por la UPES que fueron utilizadas en la fotointerpretación del

sector occidental del área de estudio. Dichas fotografías las tomo la firma IFL en octubre de 1997.

**TABLA No. 2.6 VUELOS DE IFL UTILIZADOS EN EL ESTUDIO**

VUELO	FECHA	FOTOS	ESCALA
183	04/10/97	252-258	1 :12.000
183	09/28/97	497 - 505	1 : 5.000

## 2.4 ASPECTOS FISICOS

En este numeral se describen las características físicas del área de estudio y la aplicación o actualización dada a cada

aspecto temático, que se extrajo de los diversos estudios realizados.

Como se menciona en el **CAPITULO 1**, los detalles de la información base del







presente estudio se consignó en anexos para los técnicos interesados en profundizar en el tema de su interés. Para los técnicos ejecutivos que necesitan tener una idea completa del estudio sin entrar en detalles se elaboraron estos capítulos donde se muestra la aplicación de cada aspecto temático.

### **2.4.1. Geología**

Para este tipo de estudios la geología juega un papel importante en la determinación de áreas de mayor o menor probabilidad de que ocurra un fenómeno de remoción en masa. En el *ANEXO No. 1* se hace una descripción completa de la estratigrafía, la geología estructural y la evolución geológica.

Las unidades geológicas cartografiadas (*Ver PLANO No. 1*) se agruparon según sus características litoestratigráficas, de esta manera algunas formaciones fueron subdividas en varios niveles como las Formaciones Usme y Areniscas de La Regadera.

Los depósitos consolidados y no consolidados que reposan sobre las unidades de roca son en términos generales, los que presentan una mayor susceptibilidad a desplazarse, por ello fué importante identificar, zonificar y evaluar cada uno de ellos. En la zona se identificaron ocho (8) Unidades del cuaternario: Formación Tilatá, Depósitos Fluvioglaciares, Conos del Tunjuelo, Depósitos de Terraza, Fluviocoluvial,

Depósitos de Planicie, Depósitos Ladera y Depósitos de Ceniza.

En la zona los materiales con mayor susceptibilidad a sufrir la erosión y fenómenos de remoción en masa por sus características fisicoquímicas y diagenéticas son los Depósitos Fluvioglaciares, de Ladera y la Formación Tilatá.

De acuerdo con las características petrofísicas de cada una de las unidades cartografiadas se clasificaron las rocas según su coeficiente de porosidad y permeabilidad. La clasificación fue utilizada para inferir el grado de infiltración de la precipitación y la tabla de agua.

Con la identificación de las fallas y las estructuras plegadas se determinaron áreas donde el macizo se encuentra más afectado, contribuyendo al análisis sobre la influencia de las discontinuidades en las características geomecánicas. Los valores de rumbo y buzamiento de los estratos fueron utilizados para determinar las condiciones de favorabilidad de la relación de la posición de los estratos vs la orientación e inclinación de las laderas (*Ver CAPITULO 4*).

### **2.4.2 Geomorfología**

La geomorfología de un área refleja la historia y el presente de la acción de los diferentes agentes que actuaron o actúan sobre la superficie moldeándola y dejando formas de relieve como testimonio de su paso por ella. La diferenciación de



unidades geomorfológicas y la identificación de las áreas de mayor dinamismo fueron fundamentales para el ajuste de los modelos matemáticos utilizados para la probabilidad que se presenten fallas en los taludes y laderas naturales. (Ver CAPITULO 4.)

En el ANEXO No. 1 (Geología y Geomorfología) se describen las diferentes unidades morfológicas y los tipos de procesos denudativos presentes. En el PLANO No. 2 se aprecia la disposición geográfica de cada una de las geoformas y procesos denudativos. En resumen, en la zona se diferencian, de acuerdo con su génesis, áreas con pendientes suaves correspondientes a las zonas de los depósitos recientes, área de laderas escarpadas y valles agudos de la Formación Areniscas de La Regadera y áreas onduladas de la Formación Usme.

A partir del mapa geomorfológico se elaboró el mapa de áreas dinámicas. El primero de estos se utilizó en la corroboración y ajustes del factor de seguridad en condiciones normales. El segundo se empleó para el ajuste del mapa de amenaza.

El mapa geomorfológico subdivide en 5 grandes grupos las diferentes geoformas según su origen, (estructural, fluvial, mixto, denudativo y antrópico). Cada una de ellas a su vez fueron subdivididas según el tipo de perfil (plano, cóncavo o convexo). (Ver PLANO No. 2.)

El mapa de áreas dinámicas (Ver FIGURA No. 2.4) clasificó los procesos en antiguos, recientes y según el tipo de fenómeno presente (caídas de roca, cárcavas, deslizamientos, reptación de laderas). (Ver CAPITULO 4.)

### 2.4.3. Climatología

Las características climatológicas del área de estudio (Ver ANEXO No. 2) se utilizaron para la evaluación de la amenaza, en lo referente a los patrones de distribución de la precipitación, el volumen de infiltración de esta, los valores máximos de la precipitación en 24 horas en diferentes tiempos de retorno, la relación lluvia-deslizamiento. Conociendo la época en que se presentaron fenómenos de remoción en masa se analizaron los datos de lluvia durante el mes inmediatamente anterior a la ocurrencia del fenómeno.

Con esta información se hizo un análisis de la lluvia diaria acumulada a la fecha del evento. Durante el análisis se observó que para que ocurra el evento se necesitan 15 días de acumulación en los cuales deberán caer 78.8mm. (Ver ANEXO No. 2 párrafo 2.4.2.) Con esta última información se evaluó la incidencia de la precipitación como agente detonante y preparador de las condiciones de inestabilidad. (Ver CAPITULO 4.)



En síntesis, la zona se caracteriza por tener una precipitación promedio anual de 751.8 mm y una temperatura de 12°C. La precipitación varía de forma unimodal a bimodal del suroriente de la Localidad de Usme al noroccidente de ésta, lo cual incidió en la zonificación de la amenaza.

La información climatológica fue importante para inferir junto con la topografía, la vegetación, la porosidad y la permeabilidad del material, la tabla de agua en la localidad de Usme. Ver CAPITULO 4.

#### **2.4.4. Uso actual del suelo y cobertura vegetal**

La utilización de un área para un determinado uso ya sea, agrícola, reserva forestal, ganadería, urbano o industrial extraído, modifica o conserva las condiciones naturales de estabilidad, influye en la aceleración de los procesos erosivos y amplía el radio de acción de los fenómenos de remoción en masa. (Ver ANEXO No. 3). Este estudio se utilizó en dos etapas; la primera, en la determinación del grado de infiltración de las aguas lluvias dentro del subsuelo y, en la segunda, en la evaluación del papel de la cobertura vegetal en la protección de los taludes.

El proceso y los valores utilizados en las dos etapas se encuentran explicados en el CAPITULO 4; la distribución geográfica del uso del suelo de la cobertura vegetal, se puede apreciar en el PLANO No. 4.

#### **2.4.5 Geotecnia**

La determinación del comportamiento geotécnico de los diferentes materiales presentes en el área (Ver ANEXO No. 5) se enfocó desde dos aspectos: Determinación de las características geomecánicas de las diferentes unidades de roca y suelo y determinación de la resistencia al corte de los materiales involucrados en áreas inestables. Se obtuvieron 69 muestras para realizar ensayos de laboratorio. En campo se realizaron 140 pruebas in situ y se describieron alrededor de 30 puntos.

Las características geomecánicas y la fotointerpretación detalladas a escala 1:5.000, permitió elaborar el mapa geotécnico que contiene la clasificación de las unidades de roca y suelo según su comportamiento geomecánico (Ver PLANO No. 3).

Con los resultados de las pruebas en campo, el análisis de laboratorio y con los valores obtenidos de la literatura para materiales de características similares, se establecieron rangos para el coeficiente de fricción, la cohesión, el peso unitario y la gravedad específica. Estos rangos se utilizaron para la determinación del promedio del factor de seguridad. (Ver CAPITULO 4).

### **2.5. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS**

El proceso de urbanización y el desarrollo de comunidades en un sitio determinado,



influye en la transformación del medio ambiente. Este impacto del medio ambiente está condicionado al nivel de desarrollo, a la apropiación de las tecnologías y a las condiciones sociales y económicas de las comunidades.

El análisis socioeconómico ayudó a determinar la vulnerabilidad del área de estudio y a balancear la capacidad de resistencia y de resiliencia de las comunidades ante un fenómeno desastroso.

En el ANEXO No. A6 se presenta el estudio socioeconómico general de la zona y un estudio detallado en áreas de amenaza alta donde se evaluó: La composición de la familia, nivel de educación, presencia y calidad de los servicios básicos, infraestructura social, características de la vivienda y percepción de la amenaza.

Para la evaluación de la vulnerabilidad humana se tomaron los aspectos de equipamiento, organización comunitaria y capacidad de respuesta, en el CAPITULO 5 se explica como se analizó esta variable.

En síntesis la localidad de Usme posee 202 barrios, de los cuales 94 están legalizados y los otros se encuentran en proceso de legalización.

Aunque el municipio de Usme fue anexado en el gobierno de Rojas Pinilla al Distrito, es en los últimos 15 años donde han surgido la mayoría de los barrios allí

presentes. Paradójicamente el interés de anexar el municipio al distrito fue el de garantizar el recurso hídrico para Santa Fe de Bogotá, pero es precisamente en esta localidad donde se han presentado los mayores racionamientos de agua potable para la población.

Según el censo de población elaborado por el DANE en 1993, la localidad de Usme contaba con una población de 199.461 habitantes que ha aumentado en 1997 a 222.915 (según el DAPD), donde la mayor parte de la estratificación socioeconómica de los barrios incluye solamente los estratos 1 y 2. Existe un alto porcentaje de barrios sin servicios básicos como: acueducto, alcantarillado, salud y educación.

Los barrios existentes se pueden clasificar en: urbanizaciones planificadas de interés social (Valles de Cafam y Marichuela), barrios sin planificar consolidados (Santa Librada, Santa Marta), barrios semiconsolidados (Puerta al Llano) y barrios en proceso de urbanización (Bosque El Limonar II).

Este proceso de urbanización desordenada y antitécnica es el mayor preparador para que ocurra un fenómeno de remoción en masa. En forma general el área estudiada presenta pocos sectores susceptibles a la remoción en masa de acuerdo con las condiciones naturales. Por lo tanto, el principal causante de los fenómenos de inestabilidad en el área es el hombre, originando así movimientos desde



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDAE  
FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

---

puntuales y de menor magnitud hasta masa y superficie.  
movimientos que involucran una gran

## **CAPITULO III**



## CAPITULO 3

### TABLA DE CONTENIDO

3. MARCO TEORICO Y METODOLOGIA. _____	1
3.1 CONCEPTOS. _____	2
3.1.1. Amenaza Natural (A). _____	2
3.1.2. Vulnerabilidad (V). _____	2
3.1.3. Riesgo. _____	2
3.1.4. Elementos bajo Riesgo. _____	3
3.1.5. Riesgo evitable. _____	3
3.1.6. Riesgo controlable. _____	3
3.1.7. Riesgo incontrolable. _____	3
3.2 ANALISIS DEL RIESGO POR REMOCION EN MASA. _____	3
3.2.1 Evaluación de la amenaza por remoción en masa. _____	3
3.2.1.1 Variables. _____	3
3.2.1.2 Parámetros. _____	4
3.2.2. Análisis de vulnerabilidad. _____	4
3.2.3. Evaluación del riesgo. _____	5
3.2.4. Mitigación y Prevenciones. _____	5
3.3 METODOLOGIA. _____	6
3.3.1. Recopilación y evaluación de la información. _____	6
3.3.2. Fotointerpretación y levantamiento de Información base. _____	6
3.3.3. Trabajo de campo. _____	6
3.3.4. Elaboración de los mapas temáticos. _____	7
3.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SIG. _____	7
3.4.1. Etapas del SIG. _____	7
3.4.1.1 Diseño de la base de datos y adecuación de la información. _____	8
3.4.1.2. Análisis y modelamiento. _____	10
3.4.2 Estabilidad ó Factor de Seguridad. _____	10
3.4.3. Análisis de Vulnerabilidad. _____	15





### 3. MARCO TEORICO Y METODOLOGIA

Los desastres de tipo natural ocurridos en los últimos 20 años en Colombia han golpeado la frágil estructura social y económica del país. Aunque las amenazas que se presentan en las naciones denominadas del tercer mundo como Colombia tienen menor intensidad y magnitud que en las naciones desarrolladas, las consecuencias son más severas y se tarda mucho tiempo en recuperar las condiciones anteriores al desastre. Una de las necesidades que tiene la comunidad internacional es la de fortalecer la resistencia y la resiliencia de estas sociedades para que los efectos de este fenómeno no afecten los lazos que las unen en lo político y lo económico.

La disminución de las consecuencias que causan los desastres depende fundamentalmente del grado de desarrollo de estos países y de la eliminación de las barreras que impiden la planificación de una economía nacional.

La evaluación de una amenaza, cualquiera que sea, es el primer paso para determinar el grado de riesgo a que esta sometida la población, la infraestructura y el medio ambiente en un área determinada. El nivel de conocimiento que se logre de la amenaza permite evaluar los posibles riesgos y da la posibilidad de tomar medidas al respecto. Sin embargo, debido a que las relaciones entre los diferentes aspectos que intervienen en la ocurrencia de los fenómenos son complejas y a las limitaciones de los modelos matemáticos

para corresponder a dicha complejidad, existe un margen de imprecisión en los resultados finales. Lo anterior obliga a considerar rangos amplios sobre los grados de riesgo, es decir tener un punto de vista más preventivo.

La evaluación de la amenaza es parte del *Análisis de Riesgo*, que a su vez es el soporte técnico para la prevención y atención de desastres. Es necesario que ésta evaluación esté enmarcada dentro de las necesidades que requiere un estudio que permita analizar la vulnerabilidad y estimar el riesgo de dicha amenaza. La evaluación de la amenaza debe contestar preguntas como: ¿Qué región o área geográfica será afectada por la ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico?, ¿Qué características tiene este fenómeno, se presenta súbitamente o su comportamiento es lento?, ¿Según las condiciones actuales, en que tiempo podría presentarse si continúan o cambian las condiciones actuales?, ¿Cuáles son los agentes detonantes?, ¿Cuál es la susceptibilidad del macizo rocoso a la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad?.

El análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica. La severidad de los eventos está en relación directa con la capacidad que tengan los elementos involucrados en resistir la amenaza. El análisis de vulnerabilidad debe responder a



las siguientes preguntas: ¿Cuales y que tanto se verán afectados: la población, las edificaciones, el medio ambiente, la economía y la infraestructura, si ocurre la amenaza?, ¿Los daños presentados pueden ser fácilmente recuperados?. Existe alguna manera de mitigar la vulnerabilidad?.

La estimación del riesgo específico busca determinar las pérdidas esperadas en un período de tiempo que se puede expresar como una proporción del valor o costo de reemplazo de los elementos bajo riesgo.

### 3.1 CONCEPTOS

Para resolver los interrogantes de la evaluación de la amenaza, el análisis de vulnerabilidad y la estimación de riesgo específico, es necesario entrar a definir algunos conceptos básicos. Para este estudio tomamos las definiciones de UNDRO (Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator) - UNESCO:

#### 3.1.1. Amenaza Natural (A)

La amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de origen natural ó humano dentro de un área específica y un tiempo dado.

Los fenómenos de remoción en masa ocasionan diferentes niveles de amenaza dependiendo de la susceptibilidad de los materiales involucrados en el fenómeno y de la fuerza de la gravedad actuante para cada caso específico, así como de la magnitud del evento detonante.

De acuerdo con lo anterior la amenaza por remoción en masa es el producto de la susceptibilidad del material (SM), la fuerza de la gravedad (Fg) y la magnitud del factor detonante (I).

$$A = SM \times Fg \times I$$

#### 3.1.2. Vulnerabilidad (V)

Es el grado de pérdida de un conjunto de elementos o elemento dado bajo riesgo debido a la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. La vulnerabilidad (V) se puede descomponer en Exposición (E) y Resistencia (S) de los elementos al fenómeno y se expresa como:

$$V = E/S$$

Algunos de los efectos más importantes causados por un fenómeno de remoción en masa son:

- Daños Ambientales (componente físico-biótico).
- + Destrucción parcial o total del talud por desplazamientos, agrietamientos y hundimientos.
- + Cambios morfológicos a causa del desplazamiento de las masas.
- + Daños hidrobiológicos por represamientos y posteriormente por avalanchas.
- Daños Ambientales (componente socioeconómico).
- + Heridas a la población.



- + Destrucción parcial o total de las propiedades.
- + Parálisis de las actividades económicas.
- + Daños en las redes de servicios públicos, líneas vitales, etc.

### 3.1.3. Riesgo

Se define como la magnitud probable esperada de daños y fallas de uno o más elementos de un sistema, dentro de una área y período de tiempo dados, ocasionados por el desencadenamiento de un fenómeno en particular. El riesgo (R) es, por tanto, función de un peligro potencial o amenaza y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la amenaza.

Y se expresa como:

$$R = A \times V$$
$$R = A \times E/S$$

Otras definiciones que se tuvieron presentes fueron:

### 3.1.4. Elementos bajo Riesgo

Incluye la población, las propiedades, las actividades económicas, servicios públicos, líneas vitales, etc. en el área de afectación de un fenómeno dado.

### 3.1.5. Riesgo evitable

El riesgo es evitable cuando los factores generadores se pueden evitar y cuando las consecuencias se pueden anular con medidas u obras técnicas, económicas y socialmente factibles.

### 3.1.6. Riesgo controlable

Cuando el fenómeno amenazante puede predecirse, pero sus consecuencias sólo pueden atenuarse o mitigarse, pues no se pueden manejar completamente ni técnica, ni económica y ni socialmente.

### 3.1.7. Riesgo incontrolable

Es aquel en el cual la capacidad de predicción y de evaluación es incompleta, en donde la ciencia y la tecnología no están en capacidad para proveer soluciones técnicas, económicas y socialmente viables. González (1990a y 1990b).

## **3.2 ANALISIS DEL RIESGO POR REMOCION EN MASA**

### 3.2.1 Evaluación de la amenaza por remoción en masa

#### **3.2.1.1 Variables**

Las variables para la evaluación de la amenaza serían: Energía Potencial -PM-, la susceptibilidad de la masa (SM) y los agentes detonantes (D).

La energía potencial es controlada por las propiedades internas (volumen de la masa, fragilidad de los elementos de la masa y la resistencia remanente después del evento), y por factores externos (posición de la masa con respecto de los elementos amenazados y que contribuye a potenciar o disminuir la energía).



La susceptibilidad está controlada por los factores intrínsecos como los elementos que componen la masa, los esfuerzos a que están sometidos dichos elementos y el estado de equilibrio de su estructura interna.

Los eventos detonantes se consideran como factores externos, así: climatológicos, hidrológicos, sismológicos, erosión natural y antrópicos.

Para conocer las variables o agentes, que intervienen como originadores y/o detonantes de fenómenos de remoción en masa se realizaron estudios de geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia, climatología y agrología, de los cuales se obtienen los parámetros para evaluar cada una de las variables.

### 3.2.1.2 Parámetros

Teniendo en cuenta las características del área de estudio se evaluaron los siguientes parámetros que determinan la susceptibilidad a generar fenómenos de remoción en masa:

- ♦ La litología de los diferentes materiales presentes en la zona.
- ♦ El grado de fracturación de las unidades de roca y suelo.
- ♦ La presencia de plegamientos y replegamientos que generan discontinuidades.
- ♦ Las características geomecánicas de las unidades de roca y suelo.
- ♦ La inclinación y el rumbo de las capas.

- ♦ La relación entre la pendiente natural y la inclinación de las capas.
- ♦ El grado de infiltración de las aguas lluvias según la relación de cobertura del suelo y la pendiente del terreno.
- ♦ La distribución espacial de las lluvias.
- ♦ Las formas del relieve y las vertientes.
- ♦ La acción del hombre preparadora de los procesos de erosión.

En cuanto a los agentes detonantes se evaluó:

El Factor Antrópico, en cuanto a:

- ✓ La alteración de los taludes naturales por actividad minera y por los procesos de urbanización.
- ✓ La ocupación de rondas por viviendas, parques, centros educativos y por la disposición de basuras.
- ✓ La construcción antitécnica de asentamientos en áreas de antiguas canteras y chircales.
- ✓ La eliminación de la cobertura del suelo por los procesos de urbanización.
- ✓ La recolección antitécnica de las aguas lluvias y sanitarias en las áreas urbanas.
- ✓ La conducción de agua potable por mangueras en mal estado.

El Clima, en cuanto a:

- ✓ Sobrepasar el valor de la lluvia crítica.

La Erosión natural, en cuanto a:

- ✓ La socavación lateral y vertical de los cauces que debilitan la pata de los taludes.



- ✓ La pérdida de la matriz de los depósitos semiconsolidados por lavado del material.

La Sismicidad, en cuanto a:

- ✓ La pérdida del equilibrio de los materiales debido a la aceleración de la onda superficial de un sismo cercano, especialmente donde hay cambios bruscos del terreno.

### **3.2.2. Análisis de vulnerabilidad**

Un análisis de vulnerabilidad tienen como objetivo determinar el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o un grupo de elementos por una amenaza específica.

Para este estudio se hizo una evaluación socioeconómica y cultural del área de estudio, que involucró recolección de información de entidades distritales y la elaboración de encuestas a poblaciones determinadas, así como la evaluación física de los elementos amenazados, todo lo anterior dio un indicativo de la vulnerabilidad de la población, de las construcciones y de las líneas vitales frente a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Se evaluó el grado de exposición de los diferentes elementos bajo amenaza teniendo en cuenta, las características propias de las zonas de amenaza alta (la rapidez con que se produce los fenómenos que se presentan o pueden presentarse, el tipo de materiales implicados y el área de

influencia de éstos). Una vez determinado el nivel de exposición se evaluó la predisposición (resistencia y resiliencia) de los elementos a las diferentes situaciones que pueden generarse por la ocurrencia de dichos fenómenos.

### **3.2.3. Evaluación del riesgo**

Conociendo el tipo de amenaza, el grado de vulnerabilidad del elemento (especialmente el grado de exposición), o elementos amenazados se zonificó el riesgo teniendo presente el área de influencia de la amenaza.

Posteriormente se categoriza el riesgo en tres grados con respecto al fenómeno analizado: Alto, Medio y Bajo.

### **3.2.4. Mitigación y Prevenciones**

Con el propósito de disminuir la vulnerabilidad y la amenaza se contemplan medidas correctivas, preventivas y de control.

Las medidas preventivas evitan o minimizan el riesgo antes que este se presente; por lo tanto pueden aplicarse a la amenaza como al elemento o a los elementos amenazado(s).

Para reducir la vulnerabilidad lo más común y efectivo es anular la exposición al fenómeno amenazante (sí esto es posible), mediante su efusión. Lo anterior incluye: evacuación de personas, reglamentación del suelo, incrementar la resistencia de los



elementos expuestos y la ubicación adecuada de líneas y puntos vitales.

Para eliminar (cuando es posible), la amenaza se deben tomar medidas como: el adecuado manejo de la cobertura vegetal, del suelo, del drenaje y de la escorrentía; generar diseños y procesos constructivos adecuados para las obras civiles que se implementaran en áreas amenazadas; y realizar un monitoreo continuo de las zonas críticas. La observación sistemática y analítica del fenómeno permite aumentar la previsión del tiempo de ocurrencia de los movimientos.

Las medidas correctivas se aplican cuando no es posible la elusión de la amenaza ni disminuir la vulnerabilidad. Se debe pensar en obras de estabilización de remoción en masa, diques de control torrencial, obras de disipación, programas de ordenamiento de cuencas, refuerzo de obras de infraestructura, mejoramiento de la estructura de las edificaciones, obras de control de drenaje, etc.

En situaciones donde hay que convivir con la amenaza hay que desarrollar obras que controlen en parte los niveles de riesgo.

### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1. Recopilación y evaluación de la información

Durante las primeras dos (2) semanas del proyecto se recogió la mayor parte de la información digital, cartográfica,

aerofotográfica y bibliográfica; la cuál fue debidamente clasificada para las necesidades propias de este estudio.

En términos generales, la información fue escasa y de difícil consecución. Una de las causas que determinan esta situación es la forma acelerada del proceso de urbanización y la lentitud de las entidades distritales para registrar en forma de cartografía esta dinámica.

#### 3.3.2. Fotointerpretación y levantamiento de Información base

Con la información recopilada se paso a elaborar el mapa base del área de estudio, a escala 1:10.000 que contenía: manzanas, barrios, hidrografía, vías y curvas de nivel. Con las fotografías aéreas de diferentes años se realizó la fotointerpretación temática. Para la fotointerpretación temática (geológica, geomorfológica y geotécnica), se trato de seguir la metodología propuesta por Guevara (1985) y Guevara et al (1989) adaptándola al presente estudio. Se elaboraron los siguientes fotomapas:

- a Geología.
- a Geomorfológico.
- a Uso actual del suelo y cobertura vegetal.
- a Factor Antrópico.
- a Geotécnico.

#### 3.3.3. Trabajo de campo

En las dos (2) primeras semanas del mes de septiembre se recorrió el área para verificar la información recopilada y los



fotomapas elaborados en oficina. Este recorrido fue hecho por un grupo interdisciplinario de profesionales. Los datos recolectados en el campo fueron:

- Datos sobre el aspecto socioeconómico - cultural.
  - ♣ Población.
  - ♣ Salud y educación.
  - ♣ Servicios básicos.
  - ♣ Historia y estado actual de legalización de los barrios.
  - ♣ Desarrollo del proceso urbanístico.
  - ♣ Estado de las vías.
- Datos sobre Geología y Geomorfología.
  - ♣ Verificación de los contactos geológicos.
  - ♣ Ampliación de las descripciones de los depósitos cuaternarios en la zona. (litología, espesor y disposición).
  - ♣ Inventario de los fenómenos de remoción en masa.
- Datos recolectados sobre Geotécnia.
  - ♣ Muestreo del macizo rocoso y los depósitos.
  - ♣ Características geomecánicas de las diferentes unidades de suelo y roca.
  - ♣ Realización de ensayos en situ.
- Datos sobre uso y cobertura.
  - ♣ Verificación del mapa de vegetación.
  - ♣ Uso del suelo.
  - ♣ Actividad Antrópica.

### 3.3.4. Elaboración de los mapas temáticos

Con base en la información recolectada en campo se corrigieron los fotomapas temáticos y se generaron cuatro mapas básicos.

Los mapas elaborados fueron:

- ☆ Geológico.
- ☆ Geomorfológico.
- ☆ Uso actual del suelo y cobertura vegetal.
- ☆ Geotécnico.

Teniendo en cuenta los aspectos generales que se toman para la evaluación de estabilidad de taludes y de las características particulares del área de estudio se elaboraron mapas de primer, segundo y tercer nivel donde se gráfico la información necesaria para alimentar el Sistema de Información Geográfica -SIG-. Entre dichos mapas están:

- ☆ Pendiente del terreno vs Dirección del buzamiento.
- ☆ Isoyetas de precipitación multianual.
- ☆ Precipitación acumulada en 15 días.
- ☆ Erosión natural.
- ☆ Factor Antrópico.

### 3.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SIG

El Sistema de Información Geográfica (SIG) fue utilizado como herramienta básica para el análisis profundo de las relaciones e interacciones de las diversas variables biofísicas, permitiendo la diferenciación de áreas con diferente nivel de amenaza. El



grado de riesgo de estas áreas puede ser medido a través de los factores de susceptibilidad intrínseca y factores externos de inestabilidad, el grado de vulnerabilidad y finalmente el costo que acarrearía la minimización de impactos, recuperación y/o adecuación geotécnica y ecológica del área afectada por el fenómeno de remoción en masa.

Como es el caso del presente estudio, a través de los productos obtenidos con herramientas del SIG es posible tomar decisiones acerca de los barrios más susceptibles a la amenaza por remoción en masa y que implica mayores costos, a la hora de adelantar actividades de obras de control, minimización, monitoreo, etc.

### **3.4.1. Etapas del SIG**

La obtención de los productos del presente estudio comprendió una serie de procesos. Estos procesos fueron ejecutados con un número de capas que representan las características geográficas del mundo real. A través de operaciones especiales, estas capas tomadas como variables socioambientales fueron combinadas para llegar a la zonificación de la amenaza. En la ejecución de los diversos procesos estuvo presente el recurso humano asignado para la captura, almacenamiento, manipulación y análisis de la información recurso que constituye una parte principal del SIG.

Un proyecto SIG generalmente cumple una serie de etapas consecutivas, de un orden lógico. Inicialmente fueron establecidos los objetivos de esta fase del estudio. Con base

en éstas y partiendo de la información que se generó en la primera parte del estudio, se realizó la conceptualización de los modelos, conducentes a la zonificación de aspectos de estabilidad, para la toma de decisiones en cuanto a áreas favorables para la ejecución de proyectos de urbanización.

Posteriormente fue elaborado un diccionario de datos con la información necesaria para la etapa de análisis. Las capas y atributos de dicho diccionario fueron utilizados en el diseño de la base de datos.

La información sistematizada en la primera parte del estudio fue transformada y corregida de acuerdo al análisis y modelamiento a efectuarse. El desarrollo de este último comprendió combinaciones que simulan las relaciones existentes entre las variables que intervienen en la estabilidad del terreno, obteniéndose escenarios alternativos, de cuya evaluación, fueron obtenidos los mapas de factor de seguridad.

#### ***3.4.1.1 Diseño de la base de datos y adecuación de la información.***

Como se mencionó anteriormente, para iniciar esta etapa, fue necesario establecer los objetivos del estudio y los productos a obtenerse. El diseño se efectuó con base a la información a generarse en la primera fase y consistió en la definición de capas, descripción de sus características y atributos. Además se estableció la codificación y organización de éstos últimos. Con dicha información fue elaborado el diccionario de datos que contiene la explicación acerca de





las capas que sirvieron como datos de entrada para el modelo SIG desarrollado. Dicha información se refiere a nombre, tema, entidad, (polígono, punto arco), atributos y descripción.

Las diversas capas de entrada del SIG que fueron automatizadas en la primera parte constituyen las variables socioambientales a ser consideradas para el análisis de compatibilidad entre éstas últimas y el desarrollo del proyecto. Dichas variables llamadas dentro del SIG capas se dividieron en dos tipos:

- H Variables biofísicas.
- H Variables socioeconómicas.

- *Variables biofísicas*

Dentro de éstas, fueron seleccionadas las capas y datos que reflejan las condiciones de estabilidad de la región, su grado de susceptibilidad y uso actual del suelo.

En la TABLA No. 3.1 se presentan las variables biofísicas, además del criterio de análisis utilizado para cada una de ellas, de acuerdo al modelo SIG desarrollado.

**TABLA No. 3.1. VARIABLES BIOFISICAS UTILIZADAS COMO DATOS DE ENTRADA AL SIG.**

VARIABLES	CRITERIOS DE ANALISIS
Clima	Area con diferente intensidad de lluvias.
Pendiente	Clases de pendiente con mayor incidencia de movimientos en masa.
Geotecnia	Características físico mecánicas de las rocas y suelos para establecer susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.
Geología	Características litológicas y genéticas que inciden en la inestabilidad .
Geomorfología	Areas sometidas a procesos morfodinámicos y erosivos.
Tectónica	Zona de influencia de las fallas y de los pliegues.
Suelos	Aptitud natural de acuerdo a características físicas, susceptibilidad a la degradación.

- *Variables socioeconómicas y uso del suelo*

Consideradas en el presente estudio como el componente más importante del entorno por su dinámica y distribución en el espacio

geográfico, introduce las modificaciones al comportamiento del sistema natural.

Las variables del componente socioeconómico y los criterios para su análisis se sintetizan en la TABLA No. 3.2.



TABLA No. 3.2. VARIABLES SOCIOECONOMICAS UTILIZADAS COMO DATOS DE ENTRADA AL SIG

VARIABLE	DESCRIPCION
Usos del Suelo	Acciones antrópicas que desencadenan problemas de inestabilidad . Formas inadecuadas de aprovechamiento (sobrepastoreo, talas, quemas para limpiar potreros).
Vegetación	Tipo de vegetación y grado de cobertura.

Se creó la relación entre puntos, arcos o polígonos estableciendo su conectividad, continuidad y definiendo áreas. Se realizó además, la entrada de atributos para cada cobertura, consistente en el código por unidad de mapa.

#### 3.4.1.2. Análisis y modelamiento

Cada una de las capas de la base de datos del presente estudio contiene información relacionada con los componentes biofísicos y socioeconómicos que permitieron la identificación de áreas susceptibles a los fenómenos de inestabilidad. A su vez la asociación de las características de dichos componentes a través de operaciones especiales, relaciones entre tablas y superposición entre capas facilitó la diferenciación de zonas, donde especialmente convergen factores específicos, que dan lugar a fenómenos de inestabilidad.

Esta etapa consistió en la representación de los escenarios actuales, de las asociaciones de los componentes mencionados, a través de modelos, conceptualizados con base en la realidad. Dentro de las operaciones utilizadas para los diversos procesos de análisis se cuentan: radios de influencia en un objeto dado, clasificación de capas de

acuerdo a diversos criterios, cercanía de objetos, operaciones de lógica booleana y algebraicas entre diversas capas.

Otras operaciones fueron efectuadas sobre las tablas de atributos, a través de expresiones lógicas y aritméticas. Para su realización se adicionaron nuevas columnas en las tablas existentes. En dichas columnas fueron plasmados los resultados de estas operaciones y los cálculos de nuevos atributos.

A lo largo de las diversas fases del análisis fueron examinadas y validadas, en la medida de lo posible, los resultados obtenidos.

El modelo fue dividido en tres partes. Una primera denominada **características naturales**, en la que se alimentó el sistema. Una segunda llamada **estabilidad o factor de seguridad (FS)**, en la que se originaron mapas de FS para diferentes escenarios. La última se denominó **amenaza**, en la que se tomaron como datos de entrada además de los mapas de la segunda etapa el de actividad antrópica y el de áreas dinámicas generados en la primera parte del presente estudio. Producto del desarrollo de estas dos últimas etapas son los mapas de **riesgo** además de la zonificación de vulnerabilidad regional.



### 3.4.2 Estabilidad ó Factor de Seguridad

El cálculo de este factor se dividió en dos fases, una en la que se conjugan los factores de susceptibilidad a fenómenos de inestabilidad de acuerdo a las características intrínsecas de las diversas variables físicas. Otra en la que son tomados en cuenta los factores externos que actúan como catalizadores en el desencadenamiento de los fenómenos tratados.

Entre las variables físicas consideradas en la primera fase se cuentan: Pendientes, geología, tectónica, geomorfología, geotecnia, suelos, la erosión fluvial y pendiente topográfica vs. pendiente estructural. Para cada una de estas variables fue considerada la susceptibilidad y esta fue categorizada a través de la clasificación de dichas variables. El mapa intermedio producto de esta fase es el de la unión de todos los factores de susceptibilidad para producir una información areal, acerca de la convergencia de variables físicas que además definen el grado de susceptibilidad de acuerdo a la clase de cada una de ellas, que participe en la adición total.

La segunda fase considera factores externos como precipitación, actividad sísmica y acción antrópica reflejada en el aprovechamiento inadecuado y antitécnico del suelo que genera problemas de inestabilidad.

#### ♦ *Procesos de obtención.*

El grado de estabilidad de las diversas zonas fue valorado de acuerdo a factores de susceptibilidad y de disparo.

Los factores de susceptibilidad están estrechamente ligados con propiedades físicas, intrínsecas de las variables involucradas en la ocurrencia de los fenómenos. Los factores de disparo hacen alusión a las causas externas que facilitan el desencadenamiento de estos fenómenos.

En la conceptualización del modelo se tuvo presente las coberturas de entrada que constituyen las variables de susceptibilidad. A su vez estas coberturas forman parte del medio biofísico ocupado y explotado por la sociedad que cumple con diversas actividades en su proceso de desarrollo urbanístico. Luego se consideró que una de las actividades cumplidas por el hombre es el uso del suelo en forma inadecuada y antitécnica. A lo anterior se suma la degradación por la agresividad del clima y la actividad sísmica, que provoca el deterioro del medio natural. Estas acciones se constituyen en factores de disparo que aceleran la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad.

#### - *Clasificación de otras variables físicas para el análisis*

Ahora se procede a clasificar las variables físicas de geomorfología, geología, geotecnia y vegetación. Para la clasificación de éstas variables fueron considerados la susceptibilidad intrínseca a producir fenómenos de inestabilidad y el análisis de frecuencia de acuerdo a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masas activos e inactivos. Dichos fenómenos fueron cartografiados a través de fotografías aéreas y trabajo en campo. Para el análisis se



procedió a cruzar cada una de las variables consideradas con estos procesos obteniendo una frecuencia de eventos por cada unidad.

El procedimiento de clasificación consistió en la definición de tablas que contienen las unidades de cada capa y la susceptibilidad a movimientos en masa. Susceptibilidad que está expresada en tres clases: alta, media, y baja con valores respectivos de tres, dos y uno. Ver CAPITULO No 4.

También se elaboró una matriz de decisión para la cuantificación de los diversos parámetros de evaluación de la amenaza, que posteriormente fue ajustada por la información de los inventarios de fenómenos de remoción en masa y de análisis puntuales de estabilidad de taludes, y posteriormente se generaron los siguientes mapas:

- ✧ Aceleración de la onda sísmica según material y topografía.
- ✧ Tipo de material.
- ✧ Factor de seguridad.
- ✧ Probabilidad de falla.
- ✧ Vulnerabilidad física.
- ✧ Vulnerabilidad total.

El análisis de estabilidad se desarrolló a través de los siguientes pasos:

- ✧ Cálculo del Factor de Seguridad FS. Para cada uno de los polígonos con comportamiento geomecánico semejante se calculó el factor de seguridad promedio, teniendo en cuenta las condiciones normales del terreno.

- ✧ Ajuste del factor de seguridad con el mapa de vegetación.
- ✧ Ajuste del mapa del factor de seguridad (FSI) con el factor antrópico.
- ✧ Generación del mapa de amenaza en función de probabilidades, teniendo en cuenta la afectación del material debido a la ocurrencia de sismos y al cambio del volumen de infiltración de aguas en los taludes (Agentes detonantes).
- ✧ Ajuste del mapa de amenaza con el mapa de áreas dinámicas.

La TABLA No. 3.3 muestra los aspectos evaluados en cada uno de los parámetros escogidos para el análisis de estabilidad.

Para generar el Mapa del Parámetro Grado de Infiltración se tomaron cuatro (4) aspectos: precipitación, porosidad - permeabilidad, vegetación y pendiente transversal, y se cruzaron para generar un mapa. Con este mapa se calculó la profundidad de la tabla de agua Hw aplicando la siguiente fórmula:

$$Hw (cm) = \frac{1}{(3 R + P + 2 A) + V} \times 100$$

Donde:

R = valor de la porosidad y permeabilidad del material involucrado.

P = valor de la precipitación.

A = valor de la pendiente.

V = valor de la vegetación.



**TABLA No. 3.3 PARÁMETROS EVALUADOS PARA LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.**

PARAMETROS	ASPECTOS EVALUADOS
PENDIENTE TRANSVERSAL	- Rangos.
TIPO DE MATERIAL	- Litología. - Características geotécnicas. - Condición Estructural.
GRADO INFILTRACION	- Porosidad y permeabilidad de los diferentes materiales. - Distribución de la precipitación en el área. - Permisibilidad del tipo de cobertura a la infiltración. - Pendiente del terreno.
BUZAMIENTO Vs TOPOGRAFIA	- Dirección de la inclinación de las capas y laderas. - Grado de inclinación de las capas y laderas.
SISMICIDAD	- Aceleración horizontal. - Tipo de roca. - Aspectos topográficos.
USO Y COBERTURA VEGETAL	- Protección de las laderas. - Efectos negativos por sobrepeso. - Efectos de la urbanización.
TPO DE LADERAS	- Origen y Evolución. - Perfil Longitudinal de las laderas.
PRECIPITACION	- Precipitación máxima en 24 horas. - Periodo de retorno. - Relación lluvia - deslizamiento.
AREAS DINAMICAS	- Procesos antiguos. - Procesos actuales. - Actividades de explotación.

Se dio mayor peso al tipo de material (porosidad y permeabilidad) y a la pendiente, debido a las características climáticas de la zona y la espacialización de la cobertura.

**Mapa del factor de seguridad promedio  $fs_1$ .**

Una vez definidos los polígonos de diferentes tipos de materiales, grado de infiltración y buzamientos vs topografía, se utilizaron los rangos establecidos para las características físicas de los diferentes tipos de material. Es decir, que se utilizaron

los valores promedio de los datos de cohesión, ángulo de fricción, resistencia al corte y peso unitario para cada una de las combinaciones generadas. En la combinación de los parámetros arriba mencionados se utilizó la fórmula propuesta por C.J. Van Westen (1993), para el cálculo del Factor de Seguridad.

$$F.S_1 = \frac{C' + (\gamma - m\gamma_w) Z \cos^2\beta \tan\phi}{\gamma Z \sin\beta \cos\beta}$$

Donde:



C' = Cohesión.  
Z = profundidad de la falla.  
 $\gamma$  = peso unitario del suelo.  
 $\beta$  = pendiente del terreno.  
 $\gamma_w$  = Peso unitario del agua.  
 $Z_w$  = profundidad de la tabla de agua sobre la superficie de falla.  
 $\phi$  = Angulo de fricción.  
 $M = Z_w / Z$

Se utilizó el modelo simple de pendiente infinita unidimensional.

El factor de seguridad es calculado para cada celda del mapa, usando la información de los mapas lógicos generados y descritos en los numerales anteriores. El tamaño de la celda (pixel), es de 5m X 5m.

Luego se evaluaron los posibles escenarios que pueden presentarse frente a fenómenos naturales como lluvias intensas y sismos. El detonante antrópico se evalúa en la parte final del estudio, ya que esta acción es consciente y puede ser transformada a través de la restricción de los usos del suelo y de las medidas correctivas y preventivas.

Para evaluar la posibilidad que falle una ladera natural o un talud frente a agentes externos o detonantes como los eventos sísmicos y la ocurrencia de una precipitación muy alta se determinó el  $FS_{AD}$ .

para diversas posibilidades, a través de la siguiente ecuación, tomada de APPLICATION OF GEOGRAPHIC SYSTEMS TO LANDSLIDE HAZARD ZONATION (C.J. Van Westen, 1993):

$$F.S_{AD} = \frac{C' - (Z\gamma \cos^2\beta - Z\delta Ah \cos\beta \sin\beta - \gamma_w Z_w \cos^2\beta)\tan\phi}{Z\gamma \sin\beta \cos\beta + Z\delta Ah \cos^2\beta}$$

Donde:

C' = Cohesión.  
Z = profundidad de la falla.  
 $\gamma$  = peso unitario del suelo.  
 $\delta$  = gravedad específica.  
 $\beta$  = pendiente del terreno.  
 $\gamma_w$  = Peso unitario del agua.  
 $Z_w$  = profundidad de la tabla de agua.  
 $\phi$  = Angulo de fricción.  
Ah = Aceleración horizontal.

Se analizaron nueve escenarios diferentes de acuerdo a los diferentes periodos de retorno para la precipitación y la actividad sísmica de acuerdo a como se muestra en la TABLA No. 3.4.

Finalmente para obtener el mapa de probabilidad de ocurrencia de falla por remoción en masa se calculó la varianza del FS final para cada celda de cada uno de los nueve escenarios. Con el valor de la varianza se calculó la desviación estándar y el área bajo la curva normal (2).



TABLA No. 3.4 PERIODOS DE RETORNO UTILIZADOS PARA LOS DIFERENTES ESCENARIOS DEL MAPA DE AMENAZA.

ESCENARIO	PERIODO DE RETORNO	
	PRECIPITACION	SISMICIDAD
1	2.3 AÑOS	SIN SISMO
2	2.3 AÑOS	50 AÑOS
3	2.3 AÑOS	500 AÑOS
4	20 AÑOS	SIN SISMO
5	20 AÑOS	50 AÑOS
6	20 AÑOS	500 AÑOS
7	100 AÑOS	SIN SISMO
8	100 AÑOS	50 AÑOS
9	100 AÑOS	500 AÑOS

Las fórmulas aplicadas fueron:

$$Z = \frac{1-FS}{\sigma(FS)}$$

$$P = (0.5 + Z) 100 \text{ y } P = (0.5 - Z) 100$$

Donde :

Z = A la distancia entre el FS y la ordenada en la curva normal, siempre representa un área menor a 1.

$\sigma$  (FS) = Desviación estándar del Factor de Seguridad.

P = Probabilidad de ocurrencia de falla.

Otro detalle importante es tener presente la incidencia de cada escenario para el calculo de la probabilidad de ocurrencia de la falla. Como dicha incidencia no es igual se utilizó una ponderación para generar el mapa de amenaza el cual es más real y no está distorsionado por eventos cuya

probabilidad de ocurrencia es muy baja en un futuro cercano.

### 3.4.3. Análisis de Vulnerabilidad

Para determinar la vulnerabilidad de los 27 barrios en estudio se siguió el siguiente procedimiento:

Determinación de la predisposición y exposición de los elementos bajo amenaza.

Subdivisión de la vulnerabilidad en vulnerabilidad física y vulnerabilidad de la población. En la primera se tiene presente la capacidad de respuesta o resistencia de las edificaciones y obras de mitigación frente a la amenaza. Para ello se tuvo en cuenta la estructura, la clase de materiales, el entorno y la densidad de construcción. Para la vulnerabilidad de la comunidad se tuvo presente las características económicas sociales, culturales y políticas.

Calificación de la vulnerabilidad física. Se crearon el mapa tipológico (tipo de



vivienda) y el mapa de densidad de construcción, los cuales se cruzaron dando mayor peso al mapa de tipología. El resultado fue un mapa de cuatro categorías desde vulnerabilidad muy baja hasta vulnerabilidad alta.

La vulnerabilidad de la comunidad se estimo de acuerdo con la capacidad económica, mientras está no pueda económicamente restituir los medios de subsistencia del grupo familiar después de un desastre la vulnerabilidad será alta. De igual forma los barrios con una organización comunitaria incipiente serán más vulnerables. El marginamiento cultural aumenta la vulnerabilidad de la población al igual que por la deficiencia en equipamiento, en servicios de salud y en infraestructura de educación.

Para evaluar los parámetros de educación, organización comunitaria y salud se localizaron sobre el mapa todos los puntos correspondientes a los centros de atención inmediata (CAMI), las unidades primarias de atención (UPA), las unidades básicas de atención (UBA), los centros educativos y los centro comunales. Para todas las partes de salud, se aceptó un radio de acción de 2 km y para los centros educación y los centros comunales se aceptó un radio de acción de 1 km.

La superposición de estos radios de acción subdividió la localidad de Usme en diferentes zonas de vulnerabilidad con respecto al equipamiento. De este modo, se evitó dejar una sola zona de vulnerabilidad. Con respecto al grado de

organización comunitaria, capacidad económica y marginamiento cultural, la vulnerabilidad es bastante similar, alta.

La densidad de población total hace una marcada diferencia con respecto a la vulnerabilidad que implica la menor o mayor cantidad de habitantes por hectárea.

El parámetro que realmente hace la diferencia entre vulnerabilidad alta y baja es el grado de exposición. Se tuvieron en cuenta tres zonas: a). Ningún elemento en exposición. b). Elemento dentro de la zona de afectación y, c.) Elemento dentro del área de la amenaza. Este parámetro se trabajó a escala 1. 5000 para cada uno de los barrios bajo amenaza alta o muy alta.

Para el elemento que no está expuesto se mantiene su grado de vulnerabilidad intrínseca. El elemento que está expuesto por caer dentro de la zona de afectación de la amenaza aumenta el grado de vulnerabilidad a muy Alta. Y finalmente, el elemento que se encuentra dentro del área del fenómeno de inestabilidad, se le asignó una vulnerabilidad demasiado Alta.

Para los puntos y líneas vitales también se les clasificó teniendo en cuenta si se encontraban dentro del fenómeno o estaban afectados por este. Dicha calificación es la utilizada para la determinación del grado de riesgo. En el CAPITULO 6 se presenta el análisis respectivo para cada barrio.

Resumiendo la vulnerabilidad en el área estudiada varia entre MEDIA BAJA a MUY





ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

---

ALTA. Con un predominio del rango MEDIA  
BAJA. El resultado observado de la  
vulnerabilidad se debe a la poca o nula

exposición del elemento y a la  
predisposición de los mismos.

## **CAPITULO IV**



## CAPITULO 4

### TABLA DE CONTENIDO

4. EVALUACION DE LA AMENAZA. _____	1
4.1 GENERALIDADES. _____	1
4.1.1. El Factor de Seguridad. _____	1
4.2 ZONAS HOMOGÉNEAS DE SIMILAR ESTABILIDAD EN CONDICIONES NORMALES O SUSCEPTIBILIDAD A LA REMOCION EN MASA. _____	2
4.2.1 Parámetros evaluados. _____	2
Efectos de la urbanización. _____	3
Actividades de explotación. _____	3
4.2.1.1. Pendiente. _____	3
4.2.1.2 Tipo de material. _____	4
4.2.1.3. Relación pendiente de los taludes y buzamiento de las capas. _____	9
4.2.1.4. Grado de Infiltración. _____	10
4.2.2 Mapa del factor de seguridad promedio $fs_1$ . _____	14
4.2.3 Ajuste del Factor de seguridad en condiciones normales. _____	16
TABLA No. 4.18 VALORES DE A PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD. _____	17
4.2.4 Tipos de Laderas. _____	17
4.3 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES ESCENARIOS. _____	19
4.3.1 Sismicidad. _____	20
4.3.2 Precipitación. _____	22
4.4 MAPA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA. _____	23
4.4.1 Leyenda del mapa de amenaza por remoción en masa. _____	37



## 4. EVALUACION DE LA AMENAZA

### 4.1 GENERALIDADES

El crecimiento del distrito capital, casi exponencialmente, ha originado una demanda bastante alta de los recursos naturales y de espacio en terrenos no aptos para el desarrollo urbano e industrial. El precio que se ha venido pagando por la ocupación de estos terrenos ha sido el aumento de los desastres naturales.

Para el desarrollo de este capítulo se tuvo en cuenta la definición de amenaza dada por la UNESCO-UNDRO, el concepto de factor de seguridad dado por FELLENIUS y las variables que, en la localidad de Usme, inciden en la generación de fenómenos de remoción en masa.

Para la localidad de Usme las variables utilizadas fueron: geología, procesos geomorfológicos, tipo de material, morfología, las condiciones climáticas, actividad sísmica, hidrogeología y la incidencia de la actividad antrópica. Teniendo en mente esta premisa, se calculó el factor de seguridad promedio de taludes naturales y antrópicos. Taludes naturales, como las laderas, las riveras de las quebradas y ríos; taludes hechos por el hombre como: cortes y rellenos de carreteras, caminos y urbanizaciones.

La fuerza de gravedad en los taludes produce esfuerzos cortantes en la masa de suelo y a menos que la resistencia cortante sobre cada superficie posible de falla, a través de la masa, sea suficientemente mayor que el esfuerzo cortante, ocurrirá el movimiento. La resistencia al corte

depende de la resistencia cortante del suelo y de otros factores naturales, tales como la presencia temporal de agua de filtración y/o infiltración.

#### 4.1.1. El Factor de Seguridad

El concepto básico dado por Fellenius en 1927 para el factor de seguridad "como la relación entre la resistencia al corte real calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla", es el aplicado a lo largo del análisis de estabilidad:

$$F.S = \frac{\text{Resistencia al corte}}{\text{Esfuerzo Actuante}}$$

Un análisis de estabilidad implica básicamente hacer un estimativo del modelo de falla y de la resistencia al corte. El modelo de falla requerirá predicción de los pesos (o cargas) que serán resistidos y el efecto del agua. El estimativo del agua requiere consideración de las fuerzas de filtración y pesos unitarios saturados y efectivos. La forma del modelo de falla suele ser razonablemente bien definida. Para el área de estudio se asumió la interfaz depósito de ladera-roca como plano de falla teniendo en cuenta el poco espesor y las propiedades geomecánicas de estos.

De acuerdo con las características físicas, mecánicas, químicas, topográficas, de cobertura y de uso del área de la localidad de Usme, el análisis de la amenaza por



remoción en masa se desarrolló a través de los siguientes pasos:

- ✦ Cálculo del Factor de Seguridad FS. Para cada uno de los polígonos con comportamiento geomecánico semejante se calculó el factor de seguridad promedio, teniendo en cuenta las condiciones normales del terreno.
- ✦ Ajuste del factor de seguridad con el mapa de vegetación.
- ✦ Ajuste del mapa del factor de seguridad (FSI) con el factor antrópico.
- ✦
- ✦ Generación del mapa de amenaza en función de probabilidades, teniendo en cuenta la afectación del material debido a la ocurrencia de sismos y al cambio del volumen de infiltración de aguas en los taludes (Agentes detonantes).
- ✦ Ajuste del mapa de amenaza con el mapa de áreas dinámicas.

#### 4.2 ZONAS HOMOGÉNEAS DE SIMILAR ESTABILIDAD EN CONDICIONES NORMALES O SUSCEPTIBILIDAD A LA REMOCION EN MASA.

Después del reconocimiento geológico y del análisis preliminar del área se escogieron los siguientes parámetros para desarrollar el estudio de la amenaza por fenómenos de remoción en masa:

- ★ Las características litológicas, estructurales y geotécnicas de los diferentes materiales presentes en el área.

- ★ La relación existente entre el rumbo y buzamiento de las capas rocosas y la dirección e inclinación de los taludes naturales.
- ★ El origen y evolución de las geoformas existentes.
- ★ La pendiente transversal del terreno.
- ★ Las condiciones de humedad del suelo.
- ★ La existencia de áreas de debilidad inactivas y activas por procesos erosivos.
- ★ El tipo de protección vegetal de los taludes.
- ★ La condición de drenaje.
- ★ La capacidad de los suelos y las rocas en almacenar y transportar agua.
- ★ La actividad antrópica, especialmente el desarrollo urbanístico.

#### 4.2.1 Parámetros evaluados

Con las características físico-mecánicas anteriormente enumeradas se generaron los siguientes mapas: Geológico, de Zonificación del macizo rocoso, de pendientes transversales, de tipo material, de grado de infiltración, de topografía vs buzamientos, de sectorización de lluvias, subcuencas de mayor susceptibilidad a la socavación, uso y cobertura, incidencia del factor antrópico y tipo de laderas. La TABLA No. 4.1 muestra los aspectos evaluados en cada uno de los parámetros escogidos para el análisis de estabilidad.

A continuación se hace una descripción de cada uno de estos parámetros y su aplicación.



**TABLA No. 4.1. PARÁMETROS A EVALUAR PARA LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA**

PARAMETROS	ASPECTOS A EVALUAR
PENDIENTE TRANSVERSAL	- Rangos.
TIPO DE MATERIAL	- Litología. - Características geotécnicas. - Condición Estructural.
GRADO INFILTRACION	- Porosidad y permeabilidad de los diferentes materiales. - Distribución de la precipitación en el área. - Permisibilidad del tipo de cobertura a la infiltración. - Pendiente del terreno.
BUZAMIENTO Vs TOPOGRAFIA	- Dirección de la inclinación de las capas y laderas. - Grado de inclinación de las capas y laderas.
SISMICIDAD	- Aceleración horizontal. - Tipo de roca. - Aspectos topográficos.
USO Y COBERTURA VEGETAL	- Protección de las laderas. - Efectos negativos por sobrepeso. - Efectos de la urbanización.
TPO DE LADERAS	- Origen y Evolución. - Perfil Longitudinal de las laderas.
PRECIPITACION	- Precipitación máxima en 24 horas. - Periodo de retorno. - Relación lluvia - deslizamiento.
AREAS DINAMICAS	- Procesos antiguos. - Procesos actuales. - Actividades de explotación.

#### 4.2.1.1. Pendiente

Con base en la información topográfica a escala 1: 2.000 y 1:10.000 del IGAC se completó la información altimétrica proporcionada por la UPES. Con esta información se generaron curvas de nivel cada 5 metros en las áreas donde no se tenía este detalle, utilizando toda la información altimétrica se elaboró el modelo digital del terreno. A partir de la elaboración de un modelo digital

topográfico se dieron rangos de pendiente transversal en grados, (Ver TABLA No. 4.2), que fueron considerados según la influencia de gravedad en procesos de remoción en masa (incremento del componente vectorial del peso de los materiales que ayuda a aumentar los esfuerzos de corte) de acuerdo con las características geológicas y geomorfológicas del área.



**TABLA No. 4.2 CLASIFICACION DE LAS LADERAS SEGUN LA PENDIENTE TRANSVERSAL**

DESCRIPCIÓN	RANGOS (grados)	SUSCEPTIBILIDAD
PLANA	0 - 5	Muy Baja
ONDULADO	5 - 15	Baja
COLUVIAL	15 - 25	Media
MEDIA	25 - 35	Alta
EMPINADA	35 - 45	Muy alta
ESCARPE	> 45	Muy Alta

#### 4.2.1.2 Tipo de material

El comportamiento de los materiales frente a los agentes naturales y antrópicos es un parámetro esencial en el análisis de la estabilidad de taludes. Para generar este mapa se tuvieron en cuenta las características litológicas y se utilizaron las coberturas del comportamiento geomecánico de los macizos y los depósitos, y la condición estructural en forma independiente y combinada con la topografía.

##### - Litología

Un gran porcentaje de la debilidad intrínseca de los materiales es atribuible a la fábrica y a la composición mineralógica de la roca, especialmente cuando están presentes minerales fácilmente alterables como el caolín, la montmorillonita y los ferromagnesianos.

La relación entre el tamaño, la forma y la orientación de las partículas y su cohesión determina la resistencia y la deformabilidad de los diferentes materiales. Para macizos rocosos de origen sedimentario la resistencia y la deformabilidad varía en el caso de rocas cementadas, dependiendo principalmente de la calidad del material cementante y la porosidad, en el caso de las lutitas, varía según el grado de consolidación.

En el caso de unidades de suelo, la resistencia está determinada por las características de la matriz en cuanto a su naturaleza, resistencia y alterabilidad.

Tomando como base la cartografía geológica y la descripción de las unidades cartografiadas se asignaron los siguientes grados de susceptibilidad: muy alta, alta, media, baja y muy baja, según las diferentes características litológicas. La TABLA No.4.3 relaciona los resultados obtenidos.



**TABLA No. 4.3 SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS**

UNIDAD GEOLOGICA	SUSCEPTIBILIDAD
Depósitos de Terraza (Qta, Qtm, Qtb), Conos del Tunjuelo (Qct).	Muy baja
Formación Arenisca La Regadera Media (Term), Formación Usme Inferior (Tmui), Formación Areniscas La Regadera Inferior (Teri).	baja
Depósitos de Ladera (Qdl), Depósitos Fluviograciarios (Qtg), Formación Usme Superior (Tmus), Formación Arenisca La Regadera Superior (Ters).	Media
Formación Tilatá y Planicies de inundación (Qlp).	Alta

#### Comportamiento geomecánico

La zonificación del macizo rocoso se realizo de acuerdo con el comportamiento geomecánico de cada zona:

El área se subdividió en dos grandes grupos (Suelo y Roca), cada uno de estos a su vez se diferenció de acuerdo con sus propiedades geomecánicas.

- Suelo o medio continuo relativamente homogéneo integrado por partículas pequeñas no aglutinadas fácilmente removible. Incluye depósitos y roca muy meteorizada.

- Afloramiento rocoso o medio discontinuo, heterogéneo compuesto esencialmente de grandes bloques separados por discontinuidades.

Para conocer las características y los valores de resistencia y consistencia de los depósitos y del macizo rocoso se diseño y llevo a cabo una exploración geológica - geotécnica, la cual permitió realizar una serie de ensayos de campo y recolectar muestras para otros ensayos de laboratorio, (Ver ANEXO 5). La TABLA No. 4.4 hace una breve descripción de las características geomecánicas halladas para diferentes unidades de suelo, así mismo la TABLA No. 4.5 describe los resultados obtenidos para los diferentes tipos de roca.

Teniendo en cuenta estas características físicas y la respuesta a los procesos denudativos se hizo una clasificación según el comportamiento geomecánico y la susceptibilidad a los fenómenos de inestabilidad (Ver TABLA No. 4.6).





ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

**TABLA No. 4.4 CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LAS UNIDADES DE SUELO.**

UNIDADES DE SUELO	SIMBOLO	DESCRIPCION
CENIZA VOLCANICA.	Ql	Presencia de Alofana que sugiere la existencia de materiales de origen volcánico (ceniza) el limite liquido es de 41.8 y el índice de plasticidad 20.1 lo que da una plasticidad media.
DEPOSITO FLUVIOGLACIAR ARIZONA.	Qfg	En la parte alta el depósito se caracteriza por tener cantos angulares o subangulares provenientes de areniscas del Grupo Guadalupe hasta de 100 cm <sup>3</sup> de volumen embebidos en una matriz de gravas y arenas. Hacia la parte más baja del depósito (Barrio Arizona) se vuelve mas arcillosa, la clasificación en USC varia entre Sm - Sc y Cl. el limite liquido varia entre 35 y 47 y el índice de plasticidad entre 63 y 27.3. Lo anterior se interpreta como una plasticidad media y consistencia media.
DEPOSITO FLUVIOGLACIAR VIRREY Y PEDREGAL.	Qfg	Depósito conformado por bloques de areniscas provenientes del Grupo Guadalupe y matriz areno-gravosa con alto contenido de finos (la clasificación USC varia de Sc a Gc). Los bloques de areniscas son subangulares de tamaño variables que alcanzan dimensiones de 2m x 1.5 x 1.0 dispuestos sin orientación. la matriz del deposito arroja un limite liquido que varian entre 31.4 y 34, con un índice de plasticidad de 14 a una plasticidad media baja y consistencia fuerte. Para el pedregal la plasticidad es muy baja.
DEPOSITO DE LADERA BARRIO SAN ISIDRO ALTO DE LOS PINOS. BARRIO J. DE SUCRE.	Qdl	En el barrio Altos de los Pinos el depósito está conformado por gravas - arenosas limosas (Sm) con un porcentaje de finos de 30.4 de baja plasticidad (limite liquido=26,9 y 11=11,5) caracteriza el depósito. Hacia el barrio San Isidro, este deposito se clasifica como una arcilla limosa con un porcentaje de arena que varia del 6 al 30% y un limite liquido e índice de plasticidad que varia entre 34-44 y 17-6 a 19.3 respectivamente dándonos una plasticidad media y una resistencia al corte no drenada de 3 a 10 kg/cm <sup>2</sup> de la cual se sugiere un material sobreconsolidado. En la parte sur (Antonio José de Sucre) estos depósitos se clasificaron como Sc con un 27.9% de finos, limite liquido=40, índice de plasticidad = 9.7 que nos da un plasticidad medio, se observo que este deposito tiene un espesor que varia en 1 a 2,30 m.
DEPOSITO DE TERRAZA ALTA BARRIO VIRREY.	Qt	Cantos redondeados y subredondeados de areniscas con diámetro que varia entre 1-15 cm embebidos en una matriz arena limo-arcillosa (Sm-Sc) con un porcentaje de finos del 31.1% y plasticidad baja (limite liquido=20 e índice de plasticidad = 6.4).
RELLENO LA PAZ Y LOS SUELOS DE EL PORVENIR.	Sr.	Caracterizados como arena limo-arcillosa (Sc) y arcilla arenosa (cl) con limite liquido(36-34) e índice de plasticidad (12,5 - 16,7) que dan una plasticidad media, de consistencia dura y sobreconsolidado (4,5 kg/cm <sup>2</sup> )
CONOS DEL TUNJUELO.	Qct	Arena limosa con gravas con un bajo porcentaje de finos el limite liquido y el índice de plasticidad están alrededor de 20 y 6.4 respectivamente.

**TABLA No. 4.5 CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LAS UNIDADES DE ROCA**

UNIDADES DE ROCA	SIMBOLO	DESCRIPCION
FORMACION USME SUPERIOR.	Tmus	Arcillas provenientes de la meteorización de las arcillolitas de la Formación Usme Superior. se clasifico como arcilla plástica con algo de arena (cl) con un limite liquido = 47 y un índice de plasticidad = 26 en ensayos de resistencia no drenada mayor de 120 kg/cm <sup>2</sup> .
FORMACION USME MEDIA.	Tmum	Arcillolitas de baja plasticidad (12,7%) y de alta tenacidad.
FORMACION USME INFERIOR.	Tmui	Areniscas de grano fino con un porcentaje de finos <5, de resistencia fuerte.
ARENISCA LA REGADERA SUPERIOR.	Ters	Areniscas de grano grueso, sucias, susceptibles a la meteorización. Los valores a la carga confinada pueden variar entre 50-120 kg/cm <sup>2</sup> .
ARENISCA LA REGADERA INFERIOR.	Teri	Arenisca conglomeráticas y de grano gruesos friables. Los valores a la carga confinada pueden variar entre 80-130 kg/cm <sup>2</sup> .



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPAES UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

**TABLA No. 4.6 CONDICIONES GEOMECHANICAS DE LAS UNIDADES DE ROCA Y SUELO**

UNIDADES DE SUELO	SIMBOLO	CONDICION GEOTECNICA	SUSCEPTIBILIDAD
Depósitos de ladera.	Sl	MEDIA - BAJA	3 Y 4 MEDIA A ALTA
Cenizas sobre arcillolitas.	Sva	BAJA	4 ALTA
Cenizas sobre depósitos de ladera.	Svl	BAJA	4 ALTA
Cenizas sobre flujos.	Svf	BAJA	4 ALTA
Depósitos de origen fluvio-glaciario.	Sfg	ACEPTABLE	2 BAJA
Depósitos de remoción en masa.	Sm	BAJA	4 ALTA
Depósitos de abanicos aluviales.	Sfa	ACEPTABLE	2 BAJA
Depósitos de terraza.	St	BUENA	1 MUY BAJA
Suelos aluviales.	Sa	BUENA	1 MUY BAJA
Suelos de la formación Tilitá.	Sti	BAJA	4 ALTA
Rellenos de estériles y sobrantes.	Sr	BAJA	4 ALTA
Suelos de llanura de inundación.	Sll	MEDIA	3 MEDIA
Depósitos fluvio-coluviales.	Sfc	BAJA	4 ALTA
UNIDADES DE ROCA	SIMBOLO	CONDICION GEOTECNICA	SUSCEPTIBILIDAD
Areniscas cementadas de grano fino, poco meteorizadas y diaclasadas, resistentes, duras, morfología montañosa.	Ra	ACEPTABLE A BUENA	1 Y 2 MUY BAJA A BAJA
Areniscas algo friables, de grano fino a grueso, meteorizadas y diaclasadas, duras. Morfología más prominentes, arcillolitas densas no plásticas.	Rma	MEDIA A ACEPTABLE	2 BAJA
Areniscas gruesas friables diaclasadas, bastante meteorizadas. Arcillolitas plásticas meteorizadas. Morfología de lomas y valles.	Rmb	MEDIA	3 MEDIA
Arcillolitas muy meteorizadas plásticas, morfología deprimida a ondulada.	Rb	BAJA	4 ALTA

Condiciones Estructurales

El intenso fracturamiento de las rocas y el redireccionamiento del buzamiento de las capas son generalmente ocasionados por la presencia de fallas y/o pliegues. La franja de influencia de las fallas depende de la respuesta de la roca a la cinemática del área de fracturamiento y la franja de influencia de los pliegues, depende de la simetría de estos y de la resistencia de la roca a la deformación.

Area de influencia por fallas.

Las fallas presentes en el área de estudio son: Yomasa, Yerbabuena, El Zuque, La

Fiscalá con las que se delimitó un área de influencia dependiendo de la distancia horizontal al trazo principal de la falla. Se establecieron rangos de afectación que sugieren áreas de mayor o menor fracturamiento y diaclasamiento, dependiendo de lo frágil o dúctil que sea la roca.

Los rangos de estas áreas de influencia de fallas se escogieron con base en la observación de campo. Se tuvo en cuenta el cizallamiento, el cambio de la actitud de los estratos, al grado de diaclasamiento, fenómenos asociados y áreas mal drenadas. Ver TABLA No. 4.7



**TABLA No. 4.7 AREAS DE INFLUENCIA DE LAS FALLAS**

DISTANCIA DESDE EL TRAZO DE LA FALLA	SUSCEPTIBILIDAD
0-50 m	ALTA
50-100 m	MEDIA
100-250 m	BAJA
>250 m	MUY BAJA

**Area de influencia por plegamiento.**

La principal estructura en la localidad de Usme es el sinclinal de Usme. El cual es un pliegue amplio, de carácter regional, donde los cambios de buzamiento son suaves, disminuyendo la probabilidad e intensidad del fracturamiento de las rocas cerca al eje. Se consideró que las áreas que se encuentran a menos de 200 m. del eje tienen una susceptibilidad baja y las áreas con distancias mayores de 200 m. una susceptibilidad muy baja.

Existen dos pliegues de carácter local, al anticlinal de La Fiscala y el sinclinal de Juan Rey, que se caracterizan por ser

estructuras apretadas. La distancia entre los trazos de los ejes del anticlinal La Fiscala y el sinclinal Juan Rey varia entre 400 a 800 metros. Se asumió como valor mínimo de influencia, la distancia media de la parte más distante (800/2) entre los dos ejes. Para las tres (3) estructuras pequeñas al norte de la Falla La Fiscala, se consideraron dentro del área de influencia de esta falla, además que los buzamientos de los dos pliegues más orientales son suaves. Las estructuras pequeñas al suroccidente del área son suaves.

La *TABLA No 4.8* muestra los rangos de influencia y de afectación para cada uno de los pliegues.

**TABLA No. 4.8. AREA DE INFLUENCIA DE LOS PLIEGUES**

NOMBRE DE LA ESTRUCTURA	DISTANCIA DEL TRAZO DEL EJE DEL PLIEGUE	SUSCEPTIBILIDAD	VALOR
SINCLINAL DE USME	0 - 200m	BAJA	2
	> 200m	MUY BAJA	1
ANTICLINAL LA FISCALA Y SINCLINAL JUAN REY	< 50m	MUY ALTO	5
	50 - 200m	ALTO	4
	200 - 400m	MEDIO	3
	> 400	BAJO	2
ANTICLINAL LA REQUILINA Y SINCLINAL LA QUINTA	<150	ALTO	4
	150-450	MEDIO	3
	>450	BAJO	2



- *Cruce de parámetros para la generación del mapa de Factor de Seguridad.*

Para relacionar los tres (3) aspectos anteriores (litología, comportamiento geomecánico y estructural), se procedió de la siguiente forma:

- ◆ En la zonificación del macizo rocoso se tuvo presente las características litológicas y génesis de los depósitos y rocas. El mapa generado así a partir de la fotointerpretación y del control de campo se denominó Mapa de Zonificación del Macizo rocoso o Geotécnico. (*Ver PLANO No. 3*).
- ◆ Cruce del mapa anterior con la información de las áreas de influencia de los plegamientos y fallas.
- ◆ Se asignó mayor peso al mapa de zonificación del Macizo rocoso, con base en el conocimiento geológico del área. El mapa generado se denominó Mapa de Tipo de Material.
- ◆ Estimación del grado de infiltración de acuerdo con el tipo de material, la precipitación, la porosidad, la permeabilidad, el uso, la vegetación y pendiente transversal.
- ◆ Estimación de los valores del ángulo de fricción, cohesión, peso unitario y gravedad específica para cada una de las unidades del mapa geotécnico.

- ◆ Cálculo de la profundidad de la tabla de agua.

De acuerdo con todo lo anterior se generó el Mapa del Factor de Seguridad en condiciones normales actuales. En los siguientes párrafos se explica como se obtiene dicho mapa y el mapa de amenaza.

#### **4.2.1.3. Relación pendiente de los taludes y buzamiento de las capas.**

Los fenómenos de remoción se desarrollan principalmente sobre superficies de debilidad como fallas, planos de estratificación, de diaclasamiento y los contactos roca - suelo.

Para hallar este parámetro se siguieron los siguientes pasos:

- Se elaboró un mapa de áreas de igual dirección de buzamiento, para utilizar con el mapa de aspecto generado a partir del modelo digital del terreno.
- La superposición de los dos (2) mapas anteriores permitió hallar zonas donde la relación topografía vs planos de estratificación es favorable, intermedia o desfavorable para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. La TABLA No. 4.9 muestra los rangos utilizados.

Posteriormente, se establecieron los rangos de inclinación del plano de estratificación, que se observan en la TABLA No. 4.10.



**TABLA No. 4.9 RANGOS DE CLASIFICACION DE FAVORABILIDAD, SEGUN LA RELACION TOPOGRAFICA VS BUZAMIENTO**

CLASIFICACION DE LA RELACION	SIMBOLO	ANGULOS DE DIFERENCIA DE ACIMUT
FAVORABLES	F	120-240
INTERMEDIAS	I	90-120 Y 270-240
DESFAVORABLES	D	0-90 Y 270-360

**TABLA No. 4.10 RANGOS DEL BUZAMIENTO DE LAS CAPAS**

RANGOS (GRADOS)	SUSCEPTIBILIDAD
0-15	BAJA
15-35	MEDIA
35-45	ALTO
>45	MUY ALTA

Finalmente, se cruzan las zonas obtenidas de la clasificación de las laderas con el grado de inclinación del plano de estratificación para obtener el grado de

susceptibilidad final de la relación topografía vs buzamiento. En la TABLA No. 4.11 se muestra la calificación final.

**TABLA No. 4.11 RANGOS DE SUSCEPTIBILIDAD DEL PARAMETRO: BUZAMIENTO Vs TOPOGRAFIA.**

LADERAS	FAVORABLE	INTERMEDIA		DESFAVORABLE	
		B.>P	B<P	B.>P	B<P
<b>BUZAMIENTO</b>					
0-15	BAJA	MEDIA	MEDIA BAJA	MEDIA BAJA	ALTA
15-35	BAJA	MEDIA ALTA	MEDIA BAJA	MEDIA BAJA	ALTA
35-45	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA
>45	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA
<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>	MUY BAJA	ALTA	BAJA A MEDIA	BAJA	MUY ALTA

B: BUZAMIENTO. P: PENDIENTE TRANSVERSAL.

**4.2.1.4. Grado de Infiltración**

Para la localidad de Usme el Grado de infiltración del agua en los taludes depende, principalmente de la porosidad y permeabilidad de los materiales, la intensidad de la precipitación, el efecto de la cobertura vegetal y la pendiente del terreno. Teniendo en cuenta los

coeficientes de permeabilidad y porosidad se calificó cada una de las unidades del mapa de zonificación del macizo rocoso. Posteriormente se adicionaron los aspectos antes mencionados para elaborar el Mapa lógico de Grado de Infiltración.

La utilización de los parámetros arriba mencionados se hizo de la siguiente manera:



Precipitación

Con la información climatológica del área de estudio se pudo subdividir ésta en dos zonas marcadamente diferentes en cuanto a la cantidad de agua precipitada y a la distribución temporal de la misma. En el sector noroccidental, localizado en promedio a una altura sobre el nivel del mar de 2800 m, la lluvia cae en dos temporadas diferentes, (abril y noviembre) separada, por un verano de considerable duración (junio a septiembre). En el sector suroriental, la precipitación es considerablemente mayor y ocurre generalmente

durante un sólo intervalo lluvioso largo (marzo a noviembre), en el cual se intercalan algunos períodos "secos" de muy corta duración. Estas dos unidades fueron subdivididas según la intensidad de la precipitación suministrada por las isoyetas. (Ver FIGURA No. A2-5 ANEXO A2).

La TABLA No. 4.12 muestra las características y la calificación de las cuatro (4) áreas diferenciadas los símbolos utilizados. Para clasificar la intensidad, el valor 5 se le atribuyó a las áreas de mayor volumen de precipitación y el 1 a las áreas de menor precipitación.

**TABLA No. 4.12 DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION**

ZONA	SIMBOLO	VOLUMEN DE PRECIPITACION	VALOR SUSCEPTIBILIDAD
Comportamiento de la precipitación unimodal con precipitación media mensual entre 950 a 850 mm.	Pd	MUY ALTA	5
Comportamiento de la precipitación unimodal con precipitación media mensual entre 850 a 750 mm.	Pc	ALTA	4
Comportamiento de la precipitación bimodal con precipitación media mensual entre 750 -a 700 mm.	Pb	BAJA	2
Comportamiento de la precipitación bimodal con precipitación media mensual entre 700 a 650 mm.	Pa	MUY BAJA	1

Porosidad y permeabilidad

La existencia de flujos subsuperficiales y subterráneos depende de la existencia de áreas de recarga y descarga, así como de la presencia de rocas o suelos con una permeabilidad primaria o secundaria alta y una porosidad alta.

Para analizar esta variable se hizo una clasificación de las rocas y depósitos de acuerdo con la capacidad de recarga y

descarga, teniendo en cuenta los coeficientes de porosidad y permeabilidad. Un depósito o una roca que tenga dificultades en eliminar o transportar las aguas llega rápidamente a la saturación. Lo anterior incrementa el peso y disminuye la resistencia del talud. Las diferentes unidades de roca y suelo se clasificaron según el comportamiento hidrogeológico, (Ver TABLA No 4.13). Con base en lo anterior se asignó la susceptibilidad a la saturación.



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPAES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

**TABLA No. 4.13 CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DE ROCA Y UNIDADES DE SUELO SEGUN LA POROSIDAD Y PERMEABILIDAD**

UNIDADES DE SUELO	SIMBOLO	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	SUSCEPTIBILIDAD	VALOR
Depósitos de ladera.	Sl	MEDIA	BAJA	MEDIA	3
Cenizas sobre arcillolitas.	Sva	MEDIA	MUY BAJA	ALTA	4
Cenizas sobre depósitos de ladera.	Svl	MEDIA	BAJA	MEDIA	3
Cenizas sobre flujos.	Svf	MEDIA	BAJA	MEDIA	3
Depósitos de origen fluvio-glaciar.	Sfg	MEDIA	MEDIA	BAJA	2
Depósitos de remoción en masa.	Sm	MEDIA	BAJA	MEDIA	3
Depósitos de abanicos aluviales.	Sfa	MEDIA ALTA	MEDIA	BAJA	2
Depósitos de terraza.	St	ALTA	ALTA	MUY BAJA	1
Suelos aluviales.	Sa	ALTA	ALTA	MUY BAJA	1
Suelos de la Formación Tilitá.	Sti	MEDIA ALTA	MEDIA	BAJA	2
Rellenos de estériles y sobrantes.	Sr	MEDIA ALTA	MUY BAJA	ALTA	4
Suelos de llanura de inundación.	Slli	MEDIA	MEDIA	BAJA	2
Depósitos fluvio-coluviales.	Sfc	MEDIA	BAJA	MEDIA	3
UNIDADES DE ROCA	SIMBOLO	POROSIDAD	PERMEABILIDAD	SUSCEPTIBILIDAD	VALOR
Areniscas cementadas de grano fino, poco meteorizadas y diaclasadas, resistentes, duras, morfología montañosa.	Ra	ALTA	ALTA	MUY BAJA	1
Areniscas algo friables, de grano fino a grueso, meteorizadas y diaclasadas, duras. Morfología prominente, arcillolitas densas no plásticas.	Rma	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA	BAJA	2
Areniscas gruesas friables diaclasadas, bastante meteorizadas. Arcillolitas plásticas meteorizadas. Morfología de lomas y valles.	Rmb	MEDIA	BAJA - MEDIA	MEDIA	3
Arcillolitas muy meteorizadas plásticas, morfología deprimida a ondulada.	Rb	ALTA	BAJA	ALTA	4

Uso y Vegetación

De acuerdo con la cobertura vegetal, el grado de infiltración de un área dada puede incrementarse o disminuirse. Para el análisis del grado de infiltración desarrollado para el área de estudio se calificó la cobertura con base en la mayor o menor favorabilidad que da el tipo de vegetación durante el proceso de infiltración.

Para las áreas donde la cobertura del suelo ha sido reemplazada por zonas urbanas con vías pavimentadas se asumió que éstas actúan como material impermeabilizante por lo tanto se acepta que la infiltración en dichas áreas se aproxima a 0, lo que en principio ayuda a la estabilidad y regula la erosión. A su vez, en las áreas urbanizadas y sin alcantarillado se concentran los flujos de agua que erosionan intensamente la base de los



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

taludes llegando a originar fenómenos de remoción en masa.

Se clasificó la vegetación en 7 tipos y las áreas sin vegetación en 3 tipos:

- ⊙ Bosques plantados.
- ⊙ Bosques secundarios.
- ⊙ Rastrojo alto.
- ⊙ Rastrojo bajo.
- ⊙ Asociación rastrojo bajo - pastos.
- ⊙ Asociación cultivos y pastos.

- ⊙ Cultivos limpios.
- ⊙ Pastos o vegetación herbácea.
- ⊙ Areas urbanas sin pavimentar.
- ⊙ Areas urbanas pavimentadas.
- ⊙ Areas sin vegetación incluye las canteras, chircales y afloramientos de roca.

La *TABLA No. 4.14* muestra la calificación para las diferentes unidades del mapa de uso y cobertura vegetal según el grado de infiltración que pueden permitir.

**TABLA No. 4.14 GRADO DE INFILTRACION SEGUN TIPO DE VEGETACION**

SUBUNIDAD	SIMBOLO	GRADO DE INFILTRACION	VALOR SUSCEPTIBILIDAD
BOSQUE PLANTADO Y BOSQUE SECUNDARIO.	Bp-Bs	MUY ALTO	MUY ALTA 5
RASTROJO ALTO.	Ra	ALTO	ALTA 4
RASTROJO BAJO.	Rb	MEDIO	MEDIA 3
ASOCIACION RASTROJO BAJO - PASTOS NATURALES.	Rb/P	MEDIO	MEDIA 3
ASOCIACION CULTIVOS - PASTOS NATURALES.	C/P	BAJO	BAJA 2
CULTIVOS LIMPIOS.	C	BAJO	BAJA 2
AREAS URBANAS PAVIMENTADA.	Zup	MUY BAJO	MUY BAJA 1
AREAS URBANAS SIN PAVIMENTAR.	Zup	BAJO	BAJA 2
AREAS SIN VEGETACION.	Cac	BAJO	BAJA 2

Pendiente del terreno

La relación entre el grado de inclinación de las laderas y la infiltración, es inversamente proporcional, a menor pendiente mayor posibilidad de infiltración y a mayor pendiente menor infiltración. La *TABLA No. 4.15* muestra los grados de infiltración según diferentes rangos de pendiente dados.

Para generar el Mapa del Parámetro Grado de Infiltración se tomaron los cuatro (4)

aspectos descritos arriba (precipitación, porosidad - permeabilidad, vegetación y pendiente transversal), y se cruzaron. Con este mapa se calculó la profundidad de la tabla de agua Hw aplicando la siguiente formula:

$$Hw (cm) = \frac{1}{(3R + P + 2A) + V} \times 100$$

Donde:





R = valor de la porosidad y permeabilidad del material involucrado.  
P = valor de la precipitación.

A = valor de la pendiente.  
V = valor de la vegetación.

**TABLA No. 4.15 INFILTRACION SEGUN LA PENDIENTE**

RANGOS DE PENDIENTE	GRADO DE INFILTRACION	VALOR SUSCEPTIBILIDAD
0 - 15	MUY ALTO	5
15 -30	ALTO	4
30 - 45	MEDIO	3
>45	BAJO	2

Se dio mayor peso al tipo de material (porosidad y permeabilidad) y a la pendiente, debido a las características climáticas de la zona y la espacialización de la cobertura.

#### **4.2.2 Mapa del factor de seguridad promedio $fs_1$ .**

Una vez definidos los polígonos de diferentes tipos de materiales, grado de infiltración y buzamientos vs topografía, se utilizaron los rangos establecidos para las características físicas de los diferentes tipos de material. Es decir, que se utilizaron los valores promedio de los datos de cohesión, ángulo de fricción, resistencia al corte y peso unitario para cada una de las combinaciones generadas. La **TABLA No 4.16** expone los rangos obtenidos y las variaciones según los demás parámetros.

Estos valores promedio de las características geomecánicas de los suelos y rocas fueron modificados por una constante para cada una de las zonas resultantes, según las condiciones estructurales y de relación entre el buzamiento Vs topografía que estuvieran presentes en cada combinación. La **TABLA No.4.17** muestra los factores utilizados de acuerdo con la calificación de cada parámetro. Se consideró que la gravedad específica no es afectada por las condiciones estructurales, ni por la relación topografía vs buzamiento.

En la combinación de los parámetros arriba mencionados se utilizó la fórmula propuesta por C.J. Van Westen (1993), para el cálculo del Factor de Seguridad.

$$F.S_1 = \frac{C' + (\gamma - m\gamma_w) Z \cos^2\beta \tan\phi}{\gamma Z \sin\beta \cos\beta}$$



**TABLA No. 4.16 VALORES DEL ANGULO DE FRICCION, COHESION, PESO UNITARIO Y GRAVEDAD ESPECIFICA.**

UNIDADES DE SUELO	SIMBOLO	ANGULO DE FRICCION grados	COHESION Kg/cm <sup>2</sup>	PESO UNITARIO gr/cm <sup>3</sup>	GRAVEDAD ESPECIFICA gr/cm <sup>3</sup>
Depósitos de ladera.	Sl	30-38	0.3-0.7	1.7-2.1	1.5-1.9
Cenizas sobre arcillolitas.	Sva	25-34	0.5-0.9	1.7-2.1	1.65-1.75
Cenizas sobre depósitos de ladera.	Svl	28-37	0.5-0.9	1.8-2.1	1.68-1.9
Cenizas sobre flujos.	Svf	24-32	0.2-0.7	1.6-2.0	1.5-1.8
Depósitos de origen fluvioglaciario.	Sfg	37-43	1.0	1.8-2.1	1.6-2.4
Depósitos de remoción en masa.	Sm	25-28	0.2-0.4	1.6-1.8	1.7-1.19
Depósitos de abanicos aluviales.	Sfa	35-41	0.9	1.8-2.1	1.6-2.2
Depósitos de terraza.	St	>41	0.0	1.9-2.2	2.0
Suelos aluviales.	Sa	41	0.2	1.9-2.2	2.6
Suelos de la Formación Tilatá.	Sti	25-30	0.4-0.8	1.5-2.1	1.6-2.4
Rellenos de estériles y sobrantes.	Sr	34-37	0.4-0.7	1.9	2.0
Suelos de llanura de inundación.	Slli	30-38	0.5-0.8	1.6-1.7	1.6-2.0
Depósitos fluvioaluviales.	Sfc	27-35	0.3-0.8	1.6-2.0	1.6-1.8
UNIDADES DE ROCA	SIMBOLO	ANGULO DE FRICCION grados	COHESION Kg/cm <sup>2</sup>	PESO UNITARIO gr/cm <sup>3</sup>	GRAVEDAD ESPECIFICA gr/cm <sup>3</sup>
Areniscas cementadas de grano fino, poco meteorizadas y diaclasadas, resistentes, duras, morfología montañosa.	Ra	35-45	1.0-3.0	1.6-2.9	2.0-2.7
Areniscas algo friables, de grano fino a grueso, meteorizadas y diaclasadas, duras. Morfología prominente, arcillolitas densas no plásticas.	Rma	32.5-39.0	0.9-2.0	1.7-2.67	1.9-2.5
Areniscas gruesas friables diaclasadas, bastante meteorizadas. Arcillolitas plásticas meteorizadas. Morfología de lomas y valles.	Rmb	29.5-33.5	0.8-1.0	1.8-2.2	1.8-2.2
Arcillolitas muy meteorizadas plásticas, morfología deprimida a ondulada.	Rb	25-30	0.4-0.8	1.5-2.1	1.6-2.4

Donde:

C' = Cohesión.

Z = profundidad de la falla.

$\gamma$  = peso unitario del suelo.

$\beta$  = pendiente del terreno.

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua.

$Z_w$  = Altura de la tabla de agua sobre la superficie de falla.

$\phi$  = Angulo de fricción.

$M = Z_w / Z$ .



**TABLA No. 4.17 CONSTANTES UTILIZADAS PARA AJUSTAR LOS VALORES DE LOS NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD.**

PARAMETROS	VALOR	$\phi$ y C	$\gamma$
CONDICIONES ESTRUCTURALES	1	1	1
	2	0.95	1
	3	0.85	0.97
	4	0.8	0.94
BUZAMIENTO Vs TOPOGRAFIA	1	1	1
	2	1	1
	3	0.97	1
	4	0.9	1

El calculo de  $Z_w$  se obtiene de restar de la profundidad de la falla la profundidad de la tabla de agua ( $Z-H_w$ ). (Ver PARÁGRAFO 4.2.1.4. GRADO DE INFILTRACIÓN).

Se utilizó el modelo simple de pendiente infinita unidimensional.

El factor de seguridad es calculado para cada celda del mapa, usando la información de los mapas lógicos generados y descritos en los numerales anteriores. El tamaño de la celda (pixel), es de 5m X 5m.

#### **4.2.3 Ajuste del Factor de seguridad en condiciones normales**

Como la formula utilizada para el Factor de Seguridad no contempla aspectos como la incidencia de la cobertura y el uso del suelo en la protección de taludes, se consideró que la existencia o no de la vegetación y el tipo de esta podría influir notablemente en las condiciones de estabilidad de las laderas. Para evaluar esta premisa se diseñó una relación entre los diferentes Factores de Seguridad calculados y los diferentes tipos de uso y cobertura vegetal.

La ecuación que se tomó para ajustar este valor fue:

$$FS_{cv} = FS_1 \times A$$

$FS_{cv}$  = Factor de seguridad considerando el uso y la vegetación.

$FS_1$  = Factor de Seguridad sin considerar cobertura vegetal.

A = Factor de conversión según el tipo de uso y cobertura del suelo y la pendiente.

Como no existe una forma cuantitativa para determinar el factor A se realizó un análisis semicuantitativo del comportamiento de la cobertura de acuerdo con el conocimiento y la experiencia de diferentes temáticos. Dicho análisis se hizo en grupo para disminuir la objetividad del criterio de evaluación. En la TABLA No. 4.18 se muestran los valores obtenidos, los cuales reflejan el porcentaje con el que el tipo de cobertura relacionado con la pendiente modifica el FS, ya sea incrementándolo o disminuyéndolo.



**TABLA No. 4.18 VALORES DE A PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD SEGUN LA PROTECCION DEL TALUD.**

UNIDADES DE USO Y COBERTURA DEL SUELO	SIMBOLO	RANGOS DE PENDIENTE			
		0-15	15-35	35-45	>45
BOSQUE PLANTADO.	Bp	1.1	1.05	0.92	0.90
BOSQUE SECUNDARIO.	Bs	1.1	1.05	1.03	1.02
RASTROJO ALTO.	Ra	1.07	1.03	0.96	0.94
RASTROJO BAJO.	Rb	1.05	1.04	1.07	1.07
RASTROJO BAJO - PASTOS.	Rb/P	1.04	1.03	1.06	1.06
PASTOS - CULTIVOS.	C/P	1.01	1.02	1.06	1.08
CULTIVOS LIMPIOS.	C	0.98	0.95	0.9	0.86
AREAS SIN VEGETACION.	Sv	1	1	1	1
AREAS URBANAS PAVIMENTADA.	Zup	1.1	1.2	1.3	1.4
AREAS URBANAS SIN PAVIMENTAR.	Zusp	0.99	0.95	0.90	0.85

Después de la generación del mapa de  $FS_{Cv}$ , se establecieron rangos de los

factores de seguridad para agrupar zonas de similar grado de estabilidad (*Ver TABLA No. 4.19*). Utilizando un criterio conservador se adoptó que los valores menores a 1.2 serian inestables. Se puede pensar que los valores mayores a 1.2 serian estables pero de acuerdo con los parámetros evaluados y la actividad

antrópica esto no es cierto. Por lo tanto se crearon otros rangos donde se tiene la seguridad que a pesar de un mal manejo de las aguas y de taludes el grado de estabilidad decrece en una forma tal que permita tomar medidas correctivas. Es así que se tomó el valor mayor a 2.5 como estable para señalar las regiones que difícilmente pueden ser afectadas por un actividad antrópica antitécnica.

**TABLA No. 4.19 RANGOS PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD**

RANGOS $FS_{Cv}$	GRADO DE ESTABILIDAD
< 1.2	Inestables
1.2-1.8	Potencialmente Inestables
1.8-2.5	Medianamente Estable
>2.5	Estable

#### 4.2.4 Tipos de Laderas

Las actuales formas del relieve son el resultado de diferentes procesos internos y externos a lo largo de períodos relativamente largos y con intensidades que varían a lo largo de éstos. Antiguas formas de relieve son remodeladas por nuevos procesos, dejando indicios de los

anteriores procesos, lo cual permite visualizar la evolución geomorfológica del área. En la zona ocupada por la Localidad de Usme los procesos geomorfológicos de mayor incidencia han sido los de origen estructural. Sobre esta morfología que es la más antigua en el sector se ha venido desarrollando un paisaje de carácter denudativo regional con geoformas



localmente de acumulación. Esta combinación de paisajes le confiere al área de estudio una heterogeneidad en el comportamiento de las laderas frente a los agentes originadores de fenómenos de remoción en masa. La disposición de materiales transportados sin consolidar sobre rocas antiguas y en diversos grados de inclinación de taludes naturales guardan por sus características un equilibrio relativo que puede ser fácilmente perturbado por la acción del hombre o por fenómenos naturales. Este equilibrio que matemáticamente se trabajó como Factor de Seguridad debe corresponder a estas diferentes formas de relieve, sin embargo, debido a la complejidad de la naturaleza, a la escasez de datos y a la incipiente adecuación de los modelos matemáticos se puede presentar algunas discrepancias. Con el propósito de detectar dichas discrepancias se elaboró una cobertura de tipo de laderas a partir del mapa geomorfológico, que se utilizó para calibrar los resultados matemáticos. También del mapa geomorfológico se extrajo la información pertinente a las formas del relieve según el origen y la forma de las laderas que se han desarrollado (plana, cóncava, convexa). Así las diferentes

geoformas presentes en el área se agruparon de acuerdo con su génesis en 5 grupos: Estructural, fluvial, mixto (fluvio - glaciar), denudativo y antrópico (Ver TABLA No. 4.20). A continuación se describe brevemente cada una de estas geoformas y el factor con el que se hizo el ajuste al mapa de Factor de seguridad.

- Origen Estructural

Son aquellas formas de relieve producto de la actividad tectónica (fallamiento y plegamiento), involucra todas las laderas controladas por la orientación e inclinación de los estratos. En la Localidad de Usme se reconocieron las siguientes geoformas: frente estructural, plano estructural y espinazo estructural.

- Origen Fluvial

Son formas de relieve producto de la dinámica fluvial como terrazas, conos y planicies de inundación. En el área estas formas se presentan como terrazas altas, medias y bajas, conos del río Tunjuelo y planicies de inundación. (Ver PLANO No 2).

**TABLA No. 4.20 GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD SEGÚN EL TIPO DE LADERA.**

ORIGEN	LADERAS	SIMBOLO	SUSCEPTIBILIDAD	FACTOR
ESTRUCTURAL	LADERAS ESTRUCTURALES < 100 %	Eb	BAJA 2	0.19
	FRENTES ESTRUCTURALES	Ef	MUY BAJA 1	1
	ESPINAZOS ESTRUCTURALES.	Ee	MUY BAJA 1	1
FLUVIAL	TERRAZAS.	Ft	MUY BAJA 1	1
MIXTO	LADERA PLANA.	Mlp	MUY BAJA 1	1
	LADERA ALOMADA.	Mla	BAJA 2	0.90
	LADERAS CONCAVAS.	Mlc	MUY BAJA 1	0.90
	LADERAS CONVEXAS.	Mlx	ALTA 4	0.75
	LADERAS PLANO CONVEXAS.	Mls	MUY BAJA 1	1



**TABLA No. 4.20 GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD SEGÚN EL TIPO DE LADERA. (CONTINUACION)**

ORIGEN	LADERAS	SIMBOLO	SUSCEPTIBILIDAD	FACTOR
DENUDATIVO	TALUDES DE TERRAZAS.	Dtt	MEDIA 3	0.80
	LADERAS DE LOS DRENAJES.	Did	BAJA 2	0.90
	LADERAS ONDULADAS.	Dlo	MUY BAJA 1	1
ANTROPICO	LADERA DE EXPLOTACION.	Ale	ALTA 4	0.75
	LADERA DE RELLENOS.	Alr	ALTA 4	0.75
	TALUDES DE OBRAS CIVILES > 45.	Ata	MEDIA 3	0.80
	TALUDES DE OBRAS CIVILES < 45.	Atb	BAJA 2	0.90
	TALUDES DE VIAS.	At	MEDIA 3	0.8

- Origen Mixto

Se definen como formas de relieve mixto aquellas provenientes de más de un proceso casi simultáneo de modelación, como el depósito fluvio-glaciar, que se clasificaron en: ladera plana inclinada (Dfg de la Quebrada Bolonia) y laderas alomadas (Pedregal, Virrey y Comuneros).

- Origen Denudativos

Son formas de relieve de diferentes orígenes en proceso de degradación como las áreas con fenómenos de remoción en masa activos, con erosión hídrica o con erosión fluvial.

- Origen Antrópico

Son aquellas formas generadas por la acción del hombre sobre el relieve como áreas de explotación minera, rellenos y cortes de vías. Las laderas que están siendo cambiadas por acción del hombre y por procesos denudativos son las que presentan mayor susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa, mientras que taludes antiguos de origen diferente a estos dos han alcanzado

un equilibrio, lo que las hace menos susceptibles a la remoción en masa, entre estas están: Pendientes estructurales, terrazas y conos antiguos. La TABLA No. 4.20 muestra los rangos de susceptibilidad por remoción en masa para cada una de las unidades determinadas.

**4.2.5. Calibración**

Una vez generado el mapa de factor de seguridad se realizó una visita a los sitios con un valor mayor a 1.2 sin tener en cuenta si coincidían con los barrios objeto del presente estudio. Lo anterior con el fin de valorar el mapa obtenido y ver la correspondencia con la realidad. Esta visita de campo permitió calibrar los valores dados a los diferentes factores que afinaban el FS.

**4.3 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES ESCENARIOS**

- Variables de Disparo

Como se mencionó anteriormente la estabilidad de las laderas naturales o los taludes hechos por el hombre tienden a



inestabilizarse cuando disminuye la resistencia al corte de los materiales o cuando aumentan las fuerzas actuantes en el talud. Esta situación se puede originar por acción del hombre, por eventos sísmicos o por la ocurrencia de una precipitación de gran intensidad así sea de poca duración. En este estudio se evalúan los posibles escenarios que pueden presentarse frente a fenómenos naturales

como lluvias intensas y sismos. El detonante antrópico se evalúa en la parte final del estudio, ya que esta acción es consciente y puede ser transformada a través de la restricción de los usos del suelo y de las medidas correctivas y preventivas. La TABLA No 4.21 muestra los dos detonantes evaluados y los aspectos tenidos en cuenta para analizarlos.

**TABLA No. 4.21 AGENTES DETONANTES**

DETONANTE	ASPECTOS A EVALUAR
SISMICIDAD	Aceleración horizontal según: - Tipo de materiales. - Ampliaciones locales por topografía.
PRECIPITACION	- Aguaceros máximos. - Elevación máxima del nivel freático.

Para evaluar la posibilidad que falle una ladera natural o un talud frente a agentes externos o detonantes como los eventos sísmicos y la ocurrencia de una precipitación muy alta se determinó el  $FS_{AD}$  para diversas posibilidades, a través de la siguiente ecuación, tomada de APPLICATION OF GEOGRAPHIC SYSTEMS TO LANDSLIDE HAZARD ZONATION (C.J. Van Westen, 1993):

$$F.S_{AD} = \frac{C' - (Z\gamma \cos^2\beta - Z\delta Ah \cos\beta \operatorname{Sen}\beta - \gamma_w Z_w \cos^2\beta)\operatorname{Tan}\phi}{Z\gamma \operatorname{Sen}\beta \cos\beta + Z\delta Ah \cos^2\beta}$$

Donde:

- C' = Cohesión.
- Z = profundidad de la falla.
- $\gamma$  = peso unitario del suelo.
- $\delta$  = gravedad específica.
- $\beta$  = pendiente del terreno.
- $\gamma_w$  = Peso unitario del agua.
- $Z_w$  = profundidad de la tabla de agua.

- $\phi$  = Angulo de fricción.
- Ah = Aceleración horizontal.

Se analizaron nueve escenarios diferentes de acuerdo a los diferentes periodos de retorno para la precipitación y la actividad sísmica de acuerdo a como se muestra en la TABLA No. 4.22.

#### **4.3.1 Sismicidad**

Para evaluar el grado de afectación que produce un evento sísmico en la estabilidad de las laderas se estudió la incidencia de la aceleración horizontal, tomada como una fuerza horizontal, sobre un elemento infinito del talud. El valor de la aceleración horizontal está determinado por la magnitud máxima de un evento sísmico en un periodo de retorno determinado. Para este estudio se tomaron los valores del mapa de



MICROZONIFICACION SISMICA DE SANTA FE DE BOGOTA desarrollado por INGEOMINAS y la UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, ajustándolos a la información topográfica existente de la Localidad de Usme, a escala 1:5.000. El período de retorno del estudio fue de 475 años y la aceleración máxima regional fue de 0.2 g.

En el estudio de MICROZONIFICACION SISMICA con base en las características geomecánicas de los materiales y su respuesta a las cargas dinámicas producidas por un sismo se subdividió a SANTA FE DE BOGOTA en cinco (5) zonas definidas de la siguiente manera:

**TABLA No. 4.22 PERIODOS DE RETORNO UTILIZADOS PARA LOS DIFERENTES ESCENARIOS DEL MAPA DE AMENAZA.**

ESCENARIO	PERIODO DE RETORNO	
	PRECIPITACION	SISMICIDAD
1	2.3 AÑOS	SIN SISMO
2	2.3 AÑOS	50 AÑOS
3	2.3 AÑOS	500 AÑOS
4	20 AÑOS	SIN SISMO
5	20 AÑOS	50 AÑOS
6	20 AÑOS	500 AÑOS
7	100 AÑOS	SIN SISMO
8	100 AÑOS	50 AÑOS
9	100 AÑOS	500 AÑOS

- Zona 1 – Cerros. Se caracteriza por la presencia de formaciones rocosas con capacidad portante relativamente mayor. Puede presentar amplificaciones locales de aceleración por efectos topográficos lo cual deberá evaluarse en cada caso específico. Existen zonas de inestabilidad por efectos de las pendientes, afectadas por lluvias, fuentes de agua locales y sismos.
- Zona 2 – Piedemonte. Conformada por la zona de transición entre los cerros y la zona plana, consta principalmente de depósitos coluviales y conos de deyección. Son materiales con una gran capacidad portante en general, pero con estratigrafía heterogénea con predominio de gravas, arenas, limos y depósitos ocasionales de arcillas de poco espesor.
- Zona 3 - Lacustre A. Conformada principalmente por depósitos de arcillas blandas con profundidades mayores a 50 m. Pueden presentarse depósitos ocasionales de turbas y o arenas de espesor intermedio a bajo. Presentan una capa superficial preconsolidada de espesor variable y no mayor a 10 m.
- Zona 4 - Lacustre B. Tiene las mismas características de la zona 3 - Lacustre A, pero los depósitos superficiales (los primeros 30 a 50 m), son consistentemente más blandos que los anteriores. Además corresponde a la





zona en que la profundidad hasta la roca es mucho mayor (del orden de 200 m hasta 400 m o más).

- Zona 5 - Terrazas y. Se presenta predominantemente en la zona sur de la ciudad y Conos está conformada por suelos arcillosos secos y preconsolidados de gran espesor, arenas o limos o combinaciones de ellos, pero con capacidades portantes mayores que los depósitos de las zonas lacustres A y B.

En el estudio de INGEOMINAS y la Universidad de Los Andes, los autores asumen que las propiedades de cada una de las zonas están directamente relacionadas con las características de los primeros 30 ó 50 metros de profundidad, porque son los que en últimas controlan la respuesta sísmica de cada sitio en particular. De acuerdo con las características de la Localidad de Usme se tomaron las zonas 1, 2 y 5 del estudio MICROZONIFICACION SISMICA DE SANTA FE DE BOGOTA para generar el mapa sísmico. Lógicamente se cambió la espacialización de estas zonas de acuerdo con el detalle del presente estudio. Para cada una de las zonas se halló un valor similar de aceleración horizontal y de ampliación local por topografía. El valor asumido de la aceleración horizontal se hizo por semejanza de las características geomecánicas de las rocas y de los depósitos con las zonas antes expuestas. Para la determinación de la ampliación local se utilizó el modelo digital del terreno (MDT) y una función de vecindad para marcar las zonas de cambios topográficos

importantes (mayor de 40°). En cada una de estas zonas se origina una ampliación, en porcentaje de la aceleración horizontal. Estos nuevos valores de aceleración horizontal incluyen las características geomecánicas y los cambios topográficos. La *TABLA No. 4.23* muestra la adecuación hecha de la aceleración horizontal para el área de estudio.

#### **4.3.2 Precipitación**

Como se muestra en el aparte de Climatología (*ANEXO A2*), el valor máximo de la precipitación en 24 horas es de 21.5 mm, con el cuál se hallaron los valores máximos de precipitación en 24 horas para tiempos de retorno (Tr) de 2.3, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Con el propósito de evaluar los efectos de la precipitación máxima en un día, que se puede asemejar a la de un aguacero, se tomó el valor de 100.8 mm correspondiente a un período de retorno de 100 años.

La ecuación empírica utilizada en la primera parte de este capítulo para determinar la tabla de agua en condiciones normales del área, establecía una correlación de los diferentes factores que influyen en el proceso de infiltración de las aguas lluvias. Como las condiciones del detonante dejan de ser las normales y con el propósito de seleccionar condiciones bastantes críticas se incremento el valor de precipitación de 1 a 4.7, que corresponde a la relación entre los valores del período de retorno a 100 años y el valor promedio normal. La ecuación final para la tabla de agua máxima que se puede presentar en la zona es:



**TABLA No. 4.23 VALORES DE LA ACELERACIÓN HORIZONTAL Y DE LA AMPLIFICACIÓN LOCAL.**

UNIDADES DE SUELO	SIMBOLO	ACELERACIÓN HORIZONTAL	AMPLIACIÓN LOCAL
Depósitos de ladera.	Sl	0.20	25
Cenizas sobre arcillolitas.	Sva	0.24	25
Cenizas sobre depósitos de ladera.	Svl	0.30	16.6
Cenizas sobre flujos.	Svf	0.30	16.6
Depósitos de origen fluvio-glaciar.	Sfg	0.30	16.6
Depósitos de remoción en masa.	Sm	0.20	25
Depósitos de abanicos aluviales.	Sfa	0.20	25
Depósitos de terraza.	St	0.20	25
Suelos aluviales.	Sa	0.20	25
Suelos de la Formación Tiltá.	Sti	0.20	25
Rellenos de estériles y sobranes.	Sr	0.16	20
Suelos de llanura de inundación.	Slli	0.20	25
Depósitos fluvio-coluviales.	Sfc	0.20	25
UNIDADES DE ROCA	SIMBOLO		
Areniscas cementadas de grano fino, poco meteorizadas y diaclasadas, resistentes, duras, morfología montañosa.	Ra	0.24	25
Areniscas algo friables, de grano fino a grueso, meteorizadas y diaclasadas, duras. Morfología más prominentes, arcillolitas densas no plásticas.	Rma	0.24	25
Areniscas gruesas friables diaclasadas, bastante meteorizadas. Arcillolitas plásticas meteorizadas. Morfología de lomas y valles.	Rmb	0.24	25
Arcillolitas muy meteorizadas plásticas, morfología deprimida a ondulada.	Rb	0.24	25

$$\text{Nivel del agua máxima (cm)} = \frac{1}{(3R + 4.7P + 2A) + V} \times 100$$

Donde :

- R = Capacidad de carga y descarga de las rocas (Porosidad y Permeabilidad).
- P = Valor de la Precipitación.
- A = Pendiente del terreno.
- V = Uso del suelo y cobertura vegetal.

Con base en todo lo anterior se generaron nueve mapas de factor de seguridad de los cuales en las FIGURAS Nos. 4.1-4.6 se

muestran los más interesantes. Tomadas de IGL mayo 1998.

#### 4.4 MAPA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA

Básicamente el mapa de amenaza debe mostrar la probabilidad que ocurra el fenómeno estudiado. En el estudio actual se ha calculado el Factor de Seguridad para diferentes escenarios (Ver TABLA No. 4.22), y se han hecho los ajustes necesarios del mismo. Ahora para obtener el mapa de probabilidad de ocurrencia de falla por remoción en masa se calculó la varianza del FS final para cada celda de



cada uno de los nueve escenarios. Con el valor de la varianza se calculó la desviación estándar y el área bajo la curva normal (2).

Las fórmulas aplicadas fueron:

$$Z = \frac{1-FS}{\sigma(FS)}$$

$$P = (0.5 + Z) 100$$

$$P = (0.5 - Z) 100$$

Donde :

Z = A la distancia entre el FS y la ordenada en la curva normal, siempre representa un área menor a 1.

$\sigma$  (FS) = Desviación estándar del Factor de Seguridad.

P = Probabilidad de ocurrencia de falla.

Otro detalle importante es tener presente la incidencia de cada escenario para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de la falla. Como dicha incidencia no es igual se utilizó la ponderación que se muestra en la TABLA No. 4.24 y de esta forma generar un mapa de amenaza más real que no está distorsionado por eventos cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja en un futuro cercano.

#### Áreas dinámicas

El mapa de amenaza resultante se ajustó con el mapa de áreas dinámicas (Ver FIGURA No 2.4). Este mapa constituye un

buen indicativo de las áreas inestables, porque combina otros factores que los modelos matemáticos no toman en cuenta, tales como el origen y evolución de las geoformas, la presencia de áreas antiguas, potencialmente activas de fenómenos de remoción en masa.

El mapa de áreas dinámicas fue elaborado con fotografías aéreas de la década de los 70 y de hace uno ó dos años. En el se marcaron los diferentes procesos antiguos y los actuales.

Los principales procesos cartografiados fueron:

- ❖ Escarpe erosivo doble.
- ❖ Escarpe erosivo.
- ❖ Escarpe de terraza.
- ❖ Zonas de rocas sueltas.
- ❖ Abanico fluvial estabilizado y disectado muy antiguo.
- ❖ Flujo fluvio-glaciar estabilizado y disectado muy antiguo.
- ❖ Pequeños flujos de escombros.
- ❖ Deslizamientos menores translacionales.
- ❖ Acequias.
- ❖ Zonas con reptación.
- ❖ Zona mal drenada. Zonas con cárcavas antiguas.
- ❖ Escarpe de deslizamiento.
- ❖ Zonas con deslizamientos pequeños y superficiales
- ❖ Zona de caída de rocas.
- ❖ Escarpe de cárcava.
- ❖ Cicatriz de fenómeno de remoción en masa.



**TABLA No. 4.24 PONDERACIÓN APLICADA PARA CADA ESCENARIO DEL  
MAPA DE AMENAZA.**

ESCENARIO	PONDERACION
1	2.4/9
2	1.25/9
3	0.5/9
4	1.5/9
5	1/9
6	0.4/9
7	1.25/9
8	0.5/9
9	0.2/9

Las zonas delimitadas fueron:

- ☛ Zona de cantera.
- ☛ Antiguas zonas de canteras.
- ☛ Zona de explanación y/o relleno.
- ☛ Zonas de relleno.
- ☛ Zonas de erosión hídrica.
- ☛ Zonas de erosión difusa.

☛ Zonas de socavación.

Con base en las características de las anteriores unidades superpuestas al mapa inicial de amenaza se ajustaron los niveles de probabilidad de ocurrencia del fenómeno de inestabilidad (*VER TABLA No. 4.25*). El *PLANO No. 5* muestra el resultado final de este proceso.

**TABLA No. 4.25 FACTOR DE AREAS DINAMICAS EMPLEADO PARA EL AJUSTE  
DEL MAPA DE AMENAZA**

ZONAS	FACTOR DE MODIFICACION
Zona de cantera.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla en 1.5.
Antiguas zonas de cantera.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla en 1.3.
Zona de explanación y/o relleno.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla entre 1.2 y 1.5.
Zonas de relleno.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla en 1.2.
Zonas de erosión hídrica.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla en 1.1.
Zonas de erosión difusa.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla en 1.05.
Zonas de socavación.	Incrementa el porcentaje de probabilidad de falla en 1.2.

#### **4.4.1 Leyenda del mapa de amenaza por remoción en masa**

Se dividió el mapa de amenaza por

remoción en masas en 4 rangos: Muy alta, Alta, Media y Baja. La leyenda para cada una de estas zonas se expone en la *TABLA No 4.26*.



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

TABLA No. 4.26 LEYENDA DEL MAPA DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.

AMENAZA	DESCRIPCION
MUY ALTA	La probabilidad que ocurra la falla es mayor del 85%. Incluye principalmente los taludes de las quebradas, de las vías y de las canteras y cubre el 0,116% del área.
ALTA	La probabilidad que ocurra la falla esta entre el 50 y el 85%. Comprende principalmente las zonas de explotación y los taludes naturales por el hombre y cubre el 7,646% del área.
MEDIA	La probabilidad que ocurra la falla es menor del 50%. Corresponde principalmente los depósitos intervenidos por el hombre y cubre el 19,603% del área.
BAJA	La probabilidad que ocurra la falla es menor del 25%. Cubre depósitos bien consolidados y parte del macizo rocoso y cubre el 72,635% del área.

Finalmente este producto final se verificó en campo especialmente las áreas correspondientes a los 27 barrios. Con este control se pudo comprobar que la metodología aplicada es bastante acertada. En algunos sitios con probabilidad de falla ALTA se observaron obras de protección como muros de contención, en otros donde existen los servicios de alcantarillado y acueducto la

probabilidad de falla se ve disminuida.

En general el mapa de amenaza generado con el presente estudio tiene una credibilidad mayor del 95%, pero debe tenerse en cuenta que cualquier actividad antrópica antitécnica hará variar los porcentajes de probabilidad de falla incrementándolos.

## **CAPITULO V**



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

---

## CAPITULO 5

### TABLA DE CONTENIDO

5. ANALISIS DE VULNERABILIDAD.	1
5.1 VULNERABILIDAD GENERAL DE LA LOCALIDAD DE USME.	1
5.1.1. Vulnerabilidad física.	2
5.1.1.1. Tipología de la construcción.	2
5.1.1.2. Densidad de la construcción.	4
5.1.1.3. Estimación de la vulnerabilidad física.	4
5.1.2. Vulnerabilidad de la población.	5
5.1.3. Análisis.	17



## 5. ANALISIS DE VULNERABILIDAD

### 5.1 VULNERABILIDAD GENERAL DE LA LOCALIDAD DE USME

El proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, constituye el análisis de vulnerabilidad.

La exposición de los elementos se refiere al grado de amenaza a que se ve expuesto un elemento, debido a la ubicación de este dentro del radio de acción del fenómeno amenazante y a la intensidad en ese punto del mismo fenómeno.

La predisposición de los elementos se refiere a la capacidad que tienen estos a resistir la intensidad del fenómeno amenazante y a la capacidad de restablecer las condiciones normales o resiliencia.

Los elementos bajo riesgo en la localidad de Usme se pueden clasificar como físicos (construcciones, obras de mitigación), humanos (población), ambiental (flora y fauna) y de puntos y líneas vitales (redes de los servicios públicos, vías, centros de abastecimientos). Teniendo en cuenta que el mapa de amenaza por remoción en masa presenta áreas pequeñas de amenaza muy alta y alta, se realizó una evaluación general de la vulnerabilidad física, humana y de puntos y líneas vitales, considerando fenómenos de desplazamiento lateral (m/año) y de impactos ( $m^3$  con  $v= 1m/seg$ ) que son los que se podrían presentar en el área de estudio.

Analizada la vulnerabilidad en toda el área de estudio se reajusta el mapa final con el análisis de exposición y predisposición de los elementos en las áreas de amenaza alta y muy alta. La **TABLA No. 5.1** resume lo anteriormente expuesto.

**TABLA No. 5.1 PARAMETROS PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD**

NIVEL DEL ESTUDIO	DESCRIPCION	ASPECTOS A EVALUAR
GENERAL 1 : 10.000	Vulnerabilidad Física de la Localidad de Usme.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipos de construcción.</li><li>• Densidad de la construcción.</li></ul>
	Vulnerabilidad Socioeconómica cultural de la Localidad de Usme.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Densidad de la población.</li><li>• Equipamiento.</li><li>• Organización comunitaria.</li></ul>
	Vulnerabilidad de Puntos y Líneas Vitales.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Afectación de redes de servicios públicos.</li><li>• Afectación sobre líneas vitales.</li><li>• Afectación de puntos vitales.</li></ul>





**TABLA No. 5.1 PARAMETROS PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD  
(Continuación)**

NIVEL DEL ESTUDIO	DESCRIPCION	ASPECTOS A EVALUAR
LOCAL 1 : 5.000	Vulnerabilidad de las Areas de Amenaza Muy Alta y Alta por fenómenos de remoción en masa.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Exposición de los elementos bajo riesgo.</b> Distancia del fenómeno desastroso. Tipo del fenómeno desastroso.</li><li>• <b>Predisposición de los elementos bajo riesgo.</b> Resistencia de los diferentes elementos bajo la amenaza. Capacidad de restablecer las condiciones iniciales, después del desastre.</li></ul>

### 5.1.1. Vulnerabilidad física

La evaluación de la vulnerabilidad física estudia la capacidad de respuesta o resistencia de las edificaciones y obras de mitigación frente a un evento desastroso. El resultado de esta evaluación se presenta como el porcentaje de daños o pérdidas de éstos, únicamente en las construcciones.

Para poder evaluar la vulnerabilidad general de la localidad de Usme, fue necesario asumir una amenaza general para toda el área; por lo tanto, se analizó la predisposición de los elementos frente (expuestos) a un fenómeno de remoción en masa de intensidad baja.

Para la evaluación de la vulnerabilidad física se tuvo en cuenta la forma y tipo de vivienda (estructuras, materiales y entorno) y la densidad de construcción (porcentaje de área construida), de tal manera que al superponer estos dos mapas se llegó a una aproximación de la magnitud del daño.

### 5.1.1.1. Tipología de la construcción

La clasificación de las áreas homogéneas según el tipo de vivienda se realizó teniendo en cuenta los tipos de materiales utilizados, área construida, la forma constructiva y su entorno. El mapa fue elaborado a escala 1:20.000; partiendo de la información de campo y de las fotografías aéreas, se establecieron 5 tipologías: Unidades planificadas consolidadas, Unidades no planificadas consolidadas, Unidades unifamiliares semiconsolidadas, Unidades unifamiliares en materiales de desecho y áreas sin urbanizar.

#### *- Unidades planificadas consolidadas*

Son aquellas viviendas que fueron construidas de manera planificada por empresas constructoras, dentro de los requerimientos de los proyectos de viviendas de interés social. Al tener este origen, las viviendas cuentan con todos los servicios públicos básicos, complementarios y con infraestructura (vial, comunitaria, salud), claramente definida.



Estas urbanizaciones varían en la geometría de su lote pero tienen un área aproximada de 40 m<sup>2</sup>; las urbanizaciones poseen soluciones de vivienda que varían entre unifamiliares (Valles de Cafam, Las Quintas, Chuniza), bifamiliares (Marichuela) y multifamiliares (La Andrea). En cuanto a las vías, estas se encuentran pavimentadas casi en su totalidad.

Las viviendas tienen entrepiso de concreto, muros de ladrillo y bloque y la totalidad de ellas tienen columnas.

- *Unidades no planificadas consolidadas*

Agrupar todas las construcciones de vivienda que por iniciativa individual, se desarrollaron durante los años 70 y 80, y que poseen actualmente todos los servicios básicos y complementarios. Las vías se encuentran en un 70% pavimentadas, los centros de salud, educación y centros comunitarios se encuentran definidos y las áreas recreativas son escasas y de poca extensión. Los lotes tienen un área promedio de 48 m<sup>2</sup>, son viviendas de 1 o 2 pisos con adecuaciones para las zonas comerciales, con esporádicos edificios de 4 a 5 pisos.

Estructuralmente, las viviendas presentan columnas y vigas de amarre: 2 frontales y 2 longitudinales con entrepiso de concreto y muros de ladrillo y bloque.

Los espacios están definidos y las áreas de baño y cocinas están separadas de los dormitorios. Más del 90% de área está

construida. En este grupo están los barrios como Santa Martha, El Jordan y Barranquillita.

- *Unidades unifamiliares semiconsolidadas*

Corresponden a las viviendas construidas en barrios recientes (menos de 15 años), por iniciativa privada que poseen 1 o 2 servicios públicos básicos (ilegal o legal), la mayoría de las vías están sin pavimentar. Las áreas comunitarias en su mayoría están sin construcción o en procesos de construcción.

Los lotes tienen un área para construir de 48 m<sup>2</sup>, el baño se encuentra adecuado como pozo séptico (generalmente en material de desecho) y la cocina no tiene espacio independiente. El 20% del área se encuentra sin construir. En esta situación se encuentran barrios como: Danubio Azul, Fiscala, Salazar Salazar y Monte Blanco.

Estructuralmente, tiene vigas y columnas no simétricas (algunas confinadas); los materiales en términos generales son perdurables (ladrillo, cemento, eternit prefabricado). Existen viviendas con materiales de desecho, pero no alcanzan el 10% del total de las construcciones.

- *Unidades unifamiliares en materiales de desecho.*

Son aquellas viviendas donde los procesos de urbanización son recientes y de iniciativa individual; carecen de los



servicios básicos y complementarios, las vías se encuentran apenas trazadas.

Los lotes tiene un área aproximada de 38 m<sup>2</sup>, generalmente, las casas poseen una sola habitación y un baño (independiente). Un 50% de las construcciones están hechas con materiales no perdurables como madera, plásticos y tejas de zinc. El Bosque Limonar II y Puerta al Llano II son Barrios con estas condiciones.

- *Areas sin urbanizar*

Comprende la zona rural, las zonas de parques y las zonas de explotación.

**5.1.1.2. Densidad de la construcción**

Con las fotografías aéreas de 1997 y las visitas a campo, septiembre de 1998, se establecieron zonas de diferente densidad de construcción, estableciendo una relación entre el área construida y el área loteada, que es expresada en porcentaje. Se determinaron 5 zonas homogéneas según el porcentaje construido.

- *Densidad muy baja de construcción*

Son aquellas zonas donde menos del 10% del área está construida y corresponde a las áreas rurales, canteras y zonas de reserva forestal.

- *Densidad baja de Construcción*

Zonas en proceso de urbanización donde el área construida varía entre el 10% y el 40% del área loteada.

- *Densidad media de construcción*

Zonas urbanas semiconsolidadas con un 40 al 60 % del área construida.

- *Densidad alta de construcción*

Zonas urbanas semiconsolidadas en proceso de consolidación con un área construida del 60 al 80%; generalmente las áreas comunales y/o educativas se encuentran sin construir.

- *Densidad muy alta de construcción*

Zonas urbanas consolidadas, con un área construida mayor del 80%, que puede estar legalizada o no.

**5.1.1.3. Estimación de la vulnerabilidad física**

Con el propósito de analizar el porcentaje de daños o pérdidas que pueden presentarse se utilizó una escala de 0 a 10. El número 10 representa daños en toda la edificación y el número 0 lo contrario.

Con base en lo anterior se estableció la siguiente calificación según el tipo de vivienda:

- ✓ 1 para unifamiliares planificadas consolidadas.
- ✓ 3 para zonas sin urbanizar.
- ✓ 5 para unifamiliares semiconsolidadas.
- ✓ 5 para unifamiliares no planificadas consolidadas.
- ✓ 10 para unifamiliares en materiales de desechos.



Para la densidad de la construcción se tomó el valor numérico mayor de cada uno de los rangos del porcentaje construido y se llevo a la escala escogida:

- ✓ 1 para densidad muy baja de Construcción
- ✓ 4 para densidad baja de Construcción.
- ✓ 6 para densidad Media de Construcción.
- ✓ 8 para densidad Alta de Construcción.
- ✓ 10 para densidad Muy Alta de Construcción.

Como la posibilidad de daños esta íntimamente relacionada con la densidad y el tipo de vivienda, se alimento el sistema para generar el mapa de tipología y el de densidad de construcción los cuales se cruzaron asignando más peso al mapa de tipología de la construcción.

En la *FIGURA No. 5.1* se observa la distribución de la vulnerabilidad física en el área. Las características de cada una de ellas son:

- *Zonas de vulnerabilidad física muy baja*

Son fundamentalmente las áreas rurales, urbanizadas consolidadas, y de explotación minera, que ocupa la mayor parte de la localidad.

- *Zonas de vulnerabilidad física baja*

Agrupas las urbanizaciones consolidadas no planificadas.

- *Zonas de vulnerabilidad física media*

Son aquellas donde la densidad es baja en sectores de unidades unifamiliares semiconsolidadas como en los barrios San Pedro, Tihuaque, Santa Rosita, El Bosque y en barrios de unidades planificadas consolidadas y densidad muy alta como Marichuela, La Aurora y Valles del Cafam.

- *Zonas de vulnerabilidad física alta*

Comprende las áreas con urbanizaciones semiconsolidadas y algunos con unidades en materiales de desecho.

### **5.1.2. Vulnerabilidad de la población**

La vulnerabilidad socioeconómica cultural se puede decir, que es el grado de susceptibilidad de un grupo humano ante una determinada amenaza.

De acuerdo con la definición de Gustavo Wilches, (1989), vulnerabilidad es la posibilidad de adaptación y de respuesta que tiene la población frente a la ocurrencia de un fenómeno natural, la cual depende de las características sociales, culturales y económicas del grupo y del grado de exposición a la amenaza en que se encuentre dicha comunidad.

Así se tienen diferentes tipos de vulnerabilidad, a saber: física (ya analizada), económica, social, cultural y global. Evidentemente la población



desprotegida, la cual vive en condiciones de marginamiento de todo tipo es la que tiene una mayor vulnerabilidad frente a la amenaza.

El crecimiento y desarrollo de asentamientos urbanos en áreas no aptas para la construcción de vivienda, conlleva consecuencias negativas en la población, sus bienes e infraestructura, causando enormes pérdidas tanto económicas como humanas.

La población que habita en las diferentes zonas de amenaza de Usme, como ya se ha mencionado, se caracteriza por vivir en condiciones socioeconómicas deplorables, ya que es de bajos recursos, con un porcentaje importante de habitantes en situación de miseria y el resto con necesidades básicas insatisfechas, encontrándose en una situación de marginamiento social, económico y cultural.

En general, la población del área de estudio tiene, como se mencionó antes, una vulnerabilidad física variable, por la diversidad en la calidad de las viviendas, construidas con técnicas no apropiadas, con materiales de buena calidad a mala calidad ó no permanentes, con una disponibilidad precaria de servicios básicos, con las aguas negras corriendo sobre la superficie y en general, con un mal manejo del entorno.

#### - *Aspecto económico*

Un alto porcentaje de la población dispone de escasos ingresos. Gran parte de la Población Económicamente Activa (PEA) carece de empleo permanente, bien remunerado y con prestaciones sociales; trabajan en diferentes actividades del sector informal, fundamentalmente, como vendedores ambulantes, chatarreros y otros oficios en la Central de Abastos de la capital, lo cual significa que su capacidad adquisitiva es muy baja, al igual que su calidad de vida.

Esta situación se debe fundamentalmente, no sólo a la mínima oferta de empleo en el Distrito Capital, sino al bajo nivel educativo de estas personas, pues la mayoría solo tiene un nivel primario inconcluso, existiendo un número considerable de población adulta e infantil analfabeta; por ello, carecen de una calificación técnica que los habilite para otro tipo de empleo. La principal fuente de empleo para las mujeres son los oficios domésticos.

Por lo tanto, su vulnerabilidad económica se acentúa, pues la población no posee la capacidad económica de restituir los medios de subsistencia del grupo familiar, después de un desastre.

#### - *Social*

En lo referente a las relaciones intrafamiliares y comunitarias importantes,



especialmente en estos barrios de origen subnormal donde los desarrollos de infraestructura y de equipamiento del barrio, se llevan a cabo a través del trabajo comunitario.

De acuerdo con este contexto, los barrios que presentan una mayor vulnerabilidad son aquellos cuya organización comunitaria es incipiente y no existe una alta cohesión social entre sus habitantes.

- *Cultural*

Respecto a lo cultural, existe un marginamiento, en general, de la población de los 27 barrios, haciéndolos más vulnerables que los barrios con mayor grado de cultura.

Debido a su marginamiento cultural, la población difícilmente tiene acceso a los diferentes organismos del Estado, como los de prestación de servicios sociales, sistemas jurídicos y administrativos, especialmente el distrital. Por esta razón, la población ha sido fácilmente engañada por los intermediarios que venden los lotes sin escritura pública que respalde la negociación, sin que hasta el momento se hayan presentado reclamaciones legales concretas, para que se obligue a dichos vendedores a solucionar esta situación.

- *Equipamiento*

A lo anterior se suma, que a pesar de conocerse la posible amenaza en que se

encuentra la población por parte de la administración distrital y el conocimiento que de éste tiene la comunidad, no existe una mínima preparación por parte de los habitantes del área en mención, carecen de la mínima información requerida para saber qué hacer, en el caso eventual de la ocurrencia de un desastre, aumentando en esta forma la vulnerabilidad tanto física, como socioeconómicamente y por lo tanto la gravedad de sus consecuencias.

Por ejemplo, la zona de estudio en general, carece de suficientes áreas comunales y centros de atención que pudieran atender o alojar temporalmente a la población afectada; no existen sistemas de vigilancia, ni de alarma, ni de información para la prevención y atención de desastres en el ámbito local; tampoco se tienen planes operativos al nivel de la comunidad y mucho menos, los habitantes han sido capacitados y educados para manejar situaciones de desastre.

- *Densidad de la población total*

En el ámbito de toda la localidad de Usme, se analizaron algunos parámetros socioeconómicos relacionados con la densidad de población total, según el censo de población de 1993 y la infraestructura educativa y de salud, presente en el momento del estudio. Para la realización del censo de población de 1993, Usme se dividió en 32 sectores censales, la población de cada uno de ellos, al igual que la densidad total de población se observa en la TABLA No. 5.2.



TABLA No. 5.2 POBLACION TOTAL POR SECTORES Y DENSIDAD TOTAL

SECTORES	POBLACION TOTAL-1993	AREA Has	HABITAN TES/ Ha	% MUJERES
Santa Marta- San Juan de Usme	7.497	80	93.7	50.5
Santa Librada Norte	16.856	41.6	405.2	51.1
Marichuela Norte	10.503	37.6	279.3	52.0
A. Padilla - Yomasa	9.627	25.2	382	50.0
A.Sucre, Rubí, Triunfo	11.048	61.5	179.6	51.0
Aurora II	16.098	63.6	253	52.0
El Danubio	8.792	79.3	111	50.3
El Porvenir, El Eden	6.352	110.9	57.3	49.8
Granada	3.208	33.8	95	53.0
Aurora, El Cortijo	17.543	40.5	433.2	51.2
Almirante Padilla	6.470	16.0	404.4	50.5
Betania, Urb. Armero	8.342	46.0	181.3	50.7
Tunjuelito	14	84.8	0.16	50.0
Marichuela Sur	1.986	19.3	103	51.0
El Virrey	10.101	67.7	149.2	51.1
Barranquillita	4.947	80.5	61.5	50.7
Duitama	11.288	53.7	210.2	52.0
Alaska	10.294	77.3	133.2	51.0
Gran Yomasa.	851	49.6	17.2	49.0
Charala.	1.677	65	26	47.0
Chumiza.	428	130.3	3.3	51.2
Alcantuz, Esperanza Sur.	8.350	73	114.4	51.4
Juan José Rondón.	502	34.1	14.7	53.1
Antonio José de Sucre.	3.234	42.3	76.5	51.0
Serranias.	2.444	45.3	5.4	49.2
San Ignacio.	3.782	10.83	350	50.0
San Martín.	8.680	31.72	273.6	50.0
Flora - Buenos Aires.	18.700	56.2	332.7	50.0
San Pedro.	5.808	17.7	328	50.0
Arrayanes.	16.500	58.43	2824	50.0
Las Violetas.	1.500	7.3	205	50.0
El Bosque km 11.	750	13.7	54.7	50.0
TOTAL	218.334	2703.92		

Fuente : DANE, Censo Nacional de Población , 1993

- Calidad de vida

De acuerdo con el Censo Nacional de Población de 1993, la población total es de 218.334 habitantes, con un promedio de 6.823 personas por sector, que ocupan

37.847 viviendas, de las cuales el 85.5% corresponde a casas y el porcentaje restante a apartamentos, con un promedio de 5.7 personas por vivienda. (Ver TABLA No. 5.3).



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

**TABLA No. 5.3 POBLACION TOTAL, NUMERO VIVIENDAS Y PROPORCION DE VIVIENDAS CON SERVICIOS SEGÚN CENSO NACIONAL DE POBLACION DE 1993**

SECTORES	TOTAL CASAS	TOTAL VIVIENDAS	% VIVIENDAS CON ENERGIA	% VIVIENDAS CON ACUEDUCTO	% VIVIENDAS CON ALCANTARILLADO.	% VIVIENDAS CON TELEFONO	% VIVIENDAS SIN NINGÚN SERVICIO
Santa Marta- San Juan de Usme	829	898	89.2	94.0	96.1	82.4	1.0
Santa Librada Norte	1985	2239	87.1	92.1	93.5	82.5	1.0
Marichuela Norte	551	2623	90.0	91.0	90.1	75.6	1.0
A. Padilla - Yomasa	1114	1249	92.0	93.2	97.5	83.0	1.6
A. Sucre, Rubí, Triunfo	1965	2075	90.4	74.0	82.3	71.0	1.6
Aurora II	2042	3328	93.2	94.2	95.0	80.2	0.4
El Danubio	1641	1719	76.2	62.0	21.2	0.7	0.64
El Porvenir, El Eden	1083	1136	78.4	75.0	69.1	31.0	13.0
Granada	660	663	96.0	97.5	95.1	86.0	5.53
Aurora, El Cortijo	1944	2390	96.4	96.0	90.0	87.0	0.2
Almirante Padilla	531	1232	88.0	90.0	91.0	41.0	1.3
Betania, Urb. Armero	876	988	92.3	84.2	86.0	71.0	1.0
Tunjuelito	4	4	100.0	100.0	50.0	50.0	---
Marichuela Sur	470	480	91.0	92.0	89.0	76.0	0.6
El Virrey	1254	1310	89.4	93.2	85.1	83.3	1.5
Barranquillita	976	1012	82.0	51.5	27.0	2.20	11.2
Duitama	2196	2549	90.0	86.2	82.4	67.3	2.0
Alaska	1996	2051	86.4	48.0	11.0	1.0	8.9
Gran Yomasa	182	186	79.1	44.0	20.0	3.2	5.4
Charala	367	376	82.2	34.0	16.4	0.5	4.8
Chumiza	89	89	75.4	64.0	3.2	0.0	17.9
Alcantuz, Esperanza Sur	1463	1521	93.1	85.5	37.2	51.2	2.1
Juan José Rondón	88	94	86.4	85.1	20.2	2.14	5.3
Antonio José de Sucre	557	572	92.0	97.3	49.0	43.0	2.5
Serranías	475	498	91.0	73.0	66.2	30.0	3.2
San Ignacio	102	105	90.0	60	20	2	6.3
San Martín	1840	1945	92.0	55	15	1	8.5
Flora - Buenos Aires	2390	2450	80.0	70	33	25	7.3
San Pedro	560	660	90.0	30	15	2	8
Arrayanes	1740	1860	92.0	45	25	3	5.5
Las Violetas	320	350	80.0	10	5	1	8.5
El Bosque km 11	85	93	85.0	20	40	1	9.2
<b>TOTAL/ PROMEDIO</b>	<b>32.375</b>	<b>37.847</b>	<b>63.56</b>	<b>67.46</b>	<b>45.64</b>	<b>30.43</b>	<b>5.59</b>

FUENTE : DANE, Censo Nacional de Población, 1993

Los servicios básicos presentan deficiencias tanto en cobertura, como en calidad. Las viviendas que poseen servicios básicos, como energía eléctrica, acueducto y alcantarillado, constituyen el

60%, alcanzando los dos primeros la cobertura más alta (el 63.56% y 67.4% respectivamente) y sólo el 45.64% de las viviendas disponen del servicio de alcantarillado, que en la mayoría de los casos es de construcción comunal, lo cual





implica deficiencias técnicas, y muchos de ellos hasta el momento, no han sido recibidos por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Otro servicio con una difusión media es el telefónico, únicamente el 30.4% de las viviendas disponen de él.

De acuerdo con esta información, en promedio para la localidad de Usme, el 5.6% de las viviendas no disponen de ningún tipo de servicio básico.

- *Servicio de salud*

Para atender el servicio de salud de toda la localidad de Usme, se dispone de un Hospital de Primer Nivel, de tres Centros de Atención Médica Inmediata, seis Unidades Primarias de Atención y cuatro Unidades Básicas de Atención, cuya ubicación se observa en la TABLA No. 5.4.

**TABLA No. 5.4 INFRAESTRUCTURA DE SALUD EN LA LOCALIDAD DE USME**

CENTROS	UBICACION
Un Hospital de primer nivel	Usme ( cabecera)
CAMI	Usme
CAMI	Diana Turbay Diag 48 X Bis N°1-76 sur
CAMI	Santa Librada Cll 88 sur N° 39 A- 35 Este
UPA	San Agustín Cra 50 Este N° 49-62 sur
UPA	Santa Marta Cra 27 N° 86 A- 29 sur
UPA	San Juan Bautista Cra 36 Este N° 89 B -95 sur
UPA	Betania Cra 44 Este N° 84 -25 sur
UPA	Yomasa Calle 86 B Sur N° 10-49 Este
UBA	Lorenzo Alcantuz Cra 54 Calle 103 sur
UBA	La Flora Cra 15 Este N° 74 B- 44 sur
UBA	La Reforma Costado izq. Alfonso López
UBA	La Unión Km 18 Vía Sumapaz
UBA	El Destino Km 7 Vía San Juan de Sumapaz

*Fuente : Hospital de Usme, 1998*

*CAMI : Centro de Atención Médica Inmediata.*

*UPA : Unidad Primaria de Atención.*

*UBA : Unidades Básicas de Atención*

En general, se presta atención a todas las personas de la localidad vinculadas al hospital, así no estén inscritos en ningún régimen subsidiado de salud y el costo del servicio está de acuerdo con los ingresos económicos de cada usuario. Se calcula que únicamente el 15% de la población de la localidad, está inscrita en un régimen

subsidiado de salud como lo ordena la ley.

El hospital cuenta con un Sistema Local de Emergencia para llevar a cabo medidas de contingencia en caso necesario, habilitando los pocos Centros Comunales existentes en la localidad. (Ver FIGURA No 5.2)



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

### - Educación

En cuanto a la infraestructura de educación en la localidad de Usme, se tienen 48 Centros Educativos Distritales, cada uno de cuales cuenta con una sede (Ver TABLA No. 5.5). Además existen 60 establecimientos educativos privados. Sin

embargo, la infraestructura tanto física, como académica es deficiente, como se ha mencionado anteriormente y no disponen de cupos suficientes para abastecer la demanda de educación básica para todos los niños que se encuentran en edad escolar.

**TABLA No. 5.5 INFRAESTRUCTURA DE EDUCACION 1998**

CENTROS EDUCATIVOS	UBICACION
Alaska	Km 11 vía Usme
Almirante Padilla	Cra 43 Este N° 85- 36 sur - Cra 45 E N° 87-29 sur - Calle 86 Sur N° 43 - 41 Este
Antonio José de Sucre	Cll 106 s Cra Este
Barranquillita	Diag 71 F sur N° 1A - 41 Este
Betania	Transv 47 Bis N °88- 28 sur
Brasilia	Clle 88Sur Cra 35 B Este
Brazuelos	Cll 104 sur N° 47 - 20 Este
Chico Sur	Cra 57 Este N° 89 - 33 Sur
Chizaca	Km 27 vía Sumapaz
Chuniza	Cll 90 Sur Cra 51 C Este
Danubio Azul	Cll 56 Sur N° 1 Este
De Usme	Calle 10 N° 5- 39
El Bosque	Av. Yomasa Autopista al Llano
El Cortijo	Cll 90 A Sur N° 37 A-21 Este
El Curubital	Km 15 vía Sumapaz
El Destino	Km 8 vía Sumapaz
El Hato	Km 15 vía Sumapaz
El Uval	Av Uval Autopista al Llano
El Virrey José Solís	Cra 53 A Este N° 92-25 Sur
Estanislao Zuleta	Cra 7 A Este N° 92- 57 sur
Fabio Lozano Simonelli	Cra 45 Este N° 85 - 31 sur
Gran Yomasa	Calle 84 Bis sur N° 49- 00 Este
La Alborada	Km 3 Autopista al Llano
La Argentina	Km 12 vía Sumapaz
La Aurora	Diag 91 sur N° 29 A - 50 Este
La Mayoría	Km 19 vía Sumapaz
La Unión - Usme	Km 24 vía Sumapaz
Las Mercedes	Km 17 vía Sumapaz
Lorenzo Alcantuz	Cll 102 A sur N° 54 - 29 Este
Los Andes	
Los Arrayanes	Km 14 vía Sumapaz
Los Comuneros	Cra 46 Este N° 92 A - 31 sur
Los Tejares	Cra 412 B Este N° 82- 00



**TABLA No. 5.5 INFRAESTRUCTURA DE EDUCACION 1998**  
(Continuación)

CENTROS EDUCATIVOS	UBICACION
Miguel de Cervantes Saavedra	Diag 90 sur N° 44 -20 Este
Monte Blanco - Serranías	Cll 95 sur N° 49-99 Este
Nuevo San Andrés de los Altos	Diag 91 sur N° 27 -21 Este
Olarte	Km 3.5 vía Sumapaz
Puerta la Llano	Diag 111 Sur Tranv 7 F Autopista al LLano
Santa Librada	Cra 40 Este N° 86- 34 sur
Santa Marta	Cra 28 Este N° 85 - 46 sur
Tenerife	Calle 91 A sur N° 49 -51
Usminia	Tranv 49 C Este N° 103 A -69 sur
Valle del Cafam	Cra 46 Este N° 94 - 93 sur
Vianey	Cll 89 sur N° 33 - 21 Este
Villa Hermosa	Km 3 Autopista al LLano

Fuente : Cadel Usme, 1998

Según el Centro Administrativo Local CADEL, se ha implementado el proyecto educativo institucional PEI, siguiendo las normas del Ministerio de Educación, el cual debe implementar cada centro docente mediante la convocatoria de la comunidad educativa para llevar a cabo la selección del tema o proyecto de vida alrededor del cual, conjuntamente deben trabajar día a día. Algunos proyectos establecidos en la localidad de Usme, son la tolerancia, la convivencia, el derecho a la vida y la informática, pero hasta el momento no existe un proyecto concreto sobre la prevención de desastres; sólo se sabe que la Upes hizo una encuesta en cada escuela respecto al tema, pero el CADEL desconoce los resultados.

- *Comité local de emergencia (CLE)*

El Comité Local de Emergencia CLE, se encuentra en estado de organización incipiente y afronta serios problemas,

como son la falta de recursos económicos y la inexistencia de archivos o materiales que consignen el trabajo realizado por los CLE anteriores, lo cual impide una continuidad en los planes de emergencia, pues éstos no existen. Aunado a lo anterior, se suma la poca importancia que hasta el momento se la ha dado por parte de los miembros del Comité, la administración y el desconocimiento fiscal enfocado hacia el manejo de los escasos recursos económicos que se disponen. Sólo, recientemente tuvieron acceso a una oficina para funcionar, la cual fue cedida por la Dirección de Salud local.

Por otro lado, la administración local enfrenta problemas, debido al decreto 176 del último Alcalde del Distrito, el cual reduce la inversión en los barrios subnormales del 10% al 2% del presupuesto, impidiendo la construcción de cualquier tipo de infraestructura necesaria en dichos barrios para mitigar problemas existentes.



Por esta razón, la localidad no tiene facultades para contratar directamente la construcción de pequeños proyectos que planteen soluciones inmediatas a problemas de los barrios. Actualmente, deben presentarse los proyectos a la administración distrital y su implementación es contratada a través de la Unidad Ejecutora Local, demorando el proceso. Por ello, estos procedimientos son tomados como trabas para la administración local.

Tampoco pueden citar a funcionarios distritales para la discusión de temas importantes para la localidad, mecanismo que se utilizaba para encontrar soluciones en forma más rápida. Ahora es necesario cursar invitación, la cual no implica una obligatoriedad de cumplimiento. Por esta razón, se tienen que apelar a la organización de Cabildos Abiertos, cuando urge dar una solución inmediata a problemas importantes, inherentes a la localidad.

El CLE actualmente sesiona cada 15 días y sus objetivos son la elaboración, en primer lugar, del Plan Local de Emergencia y del Plan de Emergencia contra las Inundaciones.

Por las razones expuestas anteriormente, se puede concluir que en la localidad, a excepción del servicio de salud que demuestra tener cierta organización, no existe una capacidad, ni estructura de repuesta inmediata en caso de un desastre debido a la inestabilidad del terreno.

### 5.1.3. Análisis

Con la información presentada en los párrafos anteriores se generó un mapa de vulnerabilidad para el área de estudio. (Ver FIGURA No. 5.3).

Los principales parámetros utilizados fueron: tipología de la vivienda, equipamiento, grado de organización comunitaria, capacidad económica, densidad poblacional, marginamiento cultural y grado de exposición. Respecto a la tipología de la edificación, dentro de un contexto general, la diferencia sólo se ve bien marcada por las construcciones hechas en materiales de desecho.

Con el parámetro de equipamiento la vulnerabilidad es alta, ya que no existen suficientes áreas comunales, ni centros de atención médica inmediata, ni sistemas de vigilancia, ni planes operativos al nivel de la comunidad y el comité local de emergencia está en estado de organización.

Para evaluar este parámetro se localizaron sobre el mapa todos los puntos correspondientes a los centros de atención inmediata (CAMI), las unidades primarias de atención (UPA), las unidades básicas de atención (UBA), los centros educativos y los centro comunales. (Ver FIGURA No. 5.2). Para todas las partes de salud, se aceptó un radio de acción de 2 km y para los centros educación y los centros comunales se aceptó un radio de acción de 1 km.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

La superposición de estos radios de acción subdividió la localidad de Usme en diferentes zonas de vulnerabilidad con respecto al equipamiento. De este modo, se evitó dejar una sola zona de vulnerabilidad. Con respecto al grado de organización comunitaria, capacidad económica y marginamiento cultural, la vulnerabilidad es bastante similar, alta.

La densidad de población total hace una marcada diferencia con respecto a la vulnerabilidad que implica la menor o mayor cantidad de habitantes por hectárea.

El parámetro que realmente hace la diferencia entre vulnerabilidad alta y baja es el grado de exposición. Se tuvieron en cuenta tres zonas: a). Ningún elemento en exposición. b). Elemento dentro de la zona de afectación y, c.) Elemento dentro del área de la amenaza. Este parámetro se trabajó a escala 1. 5000 para cada uno de los barrios bajo amenaza alta o muy alta.

Para el elemento que no está expuesto se mantiene su grado de vulnerabilidad intrínseca. El elemento que está expuesto

por caer dentro de la zona de afectación de la amenaza aumenta el grado de vulnerabilidad a muy Alta. Y finalmente, el elemento que se encuentra dentro del área del fenómeno de inestabilidad, se le asignó una vulnerabilidad demasiado Alta.

Para los puntos y líneas vitales también se les clasificó teniendo en cuenta si se encontraban dentro del fenómeno o estaban afectados por este. En la TABLA No. 5.3 se presentan los diferentes rangos de vulnerabilidad obtenidos y la calificación dada para cada uno de ellos. Dicha calificación es la utilizada para la determinación del grado de riesgo. En el CAPITULO 6 se presenta el análisis respectivo para cada barrio.

Resumiendo la vulnerabilidad en el área estudiada varía entre MEDIA BAJA a MUY ALTA. Con un predominio del rango MEDIA BAJA. En las TABLAS Nos. 5.7. y 5.8 se listan los barrios con su respectiva vulnerabilidad. El resultado observado de la vulnerabilidad se debe a la poca o nula exposición del elemento y a la predisposición de los mismos.

**TABLA No. 5.6. RANGOS DE VULNERABILIDAD.**

NOMBRE	DESCRIPCION	CALIFICACION
VULNERABILIDAD MUY ALTA	ZONAS DONDE LA PREDISPOSICION A LA PERDIDA ANTE UNA AMENAZA ES MUY ALTA Y LA CAPACIDAD DE RESILENCIA MUY BAJA	8 -10
VULNERABILIDAD ALTA	LA PREDISPOSICION A LA PERDIDA ES ALTA Y LA CAPACIDAD DE RESTABLECER LAS CONDCIONES NORMALES ES BAJA.	6 - 7.9
VULNERABILIDAD MEDIA ALTA	CAPACIDAD DE RESTABLECIMIENTO MEDIO PREDISPOSICION A LA PERDIDA MEDIA ALTA.	4 - 5.9
VULNERABILIDAD MEDIA	CAPACIDAD DE RESTABLECIMIENTO MEDIO PREDISPOSICION A LA PERDIDA MEDIA.	2 - 3.9
VULNERABILIDAD MEDIA BAJA	CAPACIDAD DE RESTABLECIMIENTO ALTA PREDISPOSICION A LA PERDIDA BAJA.	< 2



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

**TABLA No. 5.7. VULNERABILIDAD DE LOS BARRIOS DEL SECTOR NORTE**

NUMERACION	NOMBRE DEL BARRIO	VULNERABILIDAD
1	DAZA II**	MEDIA ALTA
2	DANUBIO AZUL	MEDIA ALTA
3	SUIZA**	
4	LA FISCALA SECTOR CENTRAL	MEDIA
5	LA FISCALA LOS TRES LAURELES	MEDIA ALTA A MUY ALTA
6	LA FISCALA SECTOR DAZA	MEDIA ALTA
7	LA FISCALA SECTOR RODRIGUEZ	MEDIA
8	SANTA MARTA	MEDIA BAJA
9	SANTA MARTA II SECTOR	MEDIA BAJA
10	VILLA ALEJANDRIA	MEDIA BAJA
11	BARRANQUILLITA	MEDIA BAJA
12	EL JORDAN	MEDIA BAJA
13	EL RUBY SECTOR II	MEDIA BAJA
14	SAN JUAN I SECTOR	MEDIA BAJA
15	SANTA LIBRADA LA ESPERANZA	MEDIA BAJA
16	EL REFUGIO SECTOR SANTA LIBRADA**	MEDIA BAJA
17	SANTA LIBRADA SALAZAR SALAZAR**	MEDIA BAJA
18	LOS TEJARES SUR II SECTOR	MEDIA BAJA
19	OLIVARES	MEDIA BAJA

\*\*ZONA SUBURBANA

**TABLA No. 5.8 VULNERABILIDAD DE LOS BARRIOS DEL SECTOR SUR**

NUMERACION	NOMBRE DEL BARRIO	VULNERABILIDAD
1	MARICHUELA III SECTOR (CAFAM)**	MEDIA BAJA
2	TENERIFE II**	MEDIA BAJA
3	MONTEBLANCO	MEDIA BAJA A MEDIA ALTA
4	PUERTA AL LLANO II**	MEDIA ALTA
5	SAN JOAQUIN EL UVAL	MEDIA
6	LA ESMERALDA **	MEDIA
7	MUNICIPIO DE USME**	MEDIA BAJA
8	BOSQUE EL LIMONAR II**	MEDIA

\*\*ZONA SUBURBANA

La anterior clasificación de los barrios con respecto a la vulnerabilidad disminuirá a medida que se mejoren los servicios

básicos, la organización a nivel comunitario, los estándares económicos, sociales, educativos, y de salud.

## **CAPITULO VI**



## CAPITULO 6

### TABLA DE CONTENIDO

6. EVALUACION DEL RIESGO.	1
6.1. DESCRIPCION DE LA AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO DE LOS BARRIOS.	1
6.1.1. Sector Norte.	3
6.1.2. Riesgo en el Sector Norte.	11
6.1.3. Sector Sur.	13
6.1.4. Riesgo en el sector Sur.	25





## 6. EVALUACION DEL RIESGO

En este capítulo se presenta el análisis efectuado con los datos y la información presentada en los capítulos anteriores y en todos los anexos, así como el **método usado** para la evaluación del riesgo.

El propósito de dicho análisis fue determinar las diferentes clases de riesgo para los elementos afectados señalados en el capítulo anterior.

Para la categorización del riesgo se consideró el grado de amenaza (Muy Alta y Alta), la influencia espacial de cada grado de acuerdo al tipo de fenómeno y a las características topográficas y a la vulnerabilidad de los elementos de acuerdo con la exposición en que se encuentran.

De acuerdo con lo anterior la delimitación del riesgo se realizó teniendo en cuenta el área de influencia de la amenaza. Por lo tanto el área de afectación y los elementos afectados al ocurrir el fenómeno son los aspectos importantes de este capítulo.

Las categorías de riesgo determinadas fueron: 1) Zonas de riesgo alto no mitigable, 2) Zonas de riesgo alto mitigable, 3) Zonas de riesgo medio y 4) Zonas de riesgo bajo.

### 6.1. DESCRIPCION DE LA AMENAZA, VULNERABILIDAD Y DETERMINACION DEL RIESGO DE LOS BARRIOS.

Con base en el mapa de probabilidad de falla, AMENAZA, se analizan las áreas urbanizadas correspondientes a los 27 barrios que están en las zonas marcadas como de amenaza muy alta (color rojo en el mapa) y de amenaza alta (color rosado en el mapa). *Ver PLANO No 5.* En este análisis se incluye la descripción de la amenaza (tipo de fenómeno, intensidad o gravedad y área de afectación), grado de vulnerabilidad intrínseca, dentro de esta se encuentra la exposición de los elementos afectados y por último se determina el riesgo al que esta sometido el elemento.

De acuerdo con las características de los posibles fenómenos de remoción en masa que se puedan presentar en la localidad de Usme, se jerarquizó la intensidad del fenómeno. Esta intensidad o gravedad es un reflejo de las consecuencias de la ocurrencia del fenómeno y depende del tipo de remoción, de la masa involucrada y de las características topográficas del área donde se presente el fenómeno, en resumen es la magnitud potencial del fenómeno. La *TABLA No. 6.1* muestra la calificación dada.



**TABLA No. 6.1 JERARQUIZACION DE LA INTENSIDAD DEL FENOMENO DE REMOCION EN MASA**

NOMBRE	CALIFICACION	DESCRIPCION DEL FENOMENO
MUY GRAVE	8-10	CAIDAS DE ROCA. BLOQUES > 1m <sup>3</sup> ESCARPES CON H>3m.
GRAVE	6-8	CAIDAS DE ROCA. BLOQUES <1 m <sup>3</sup> H>3m. DESLIZAMIENTOS >30m <sup>3</sup> EN PENDIENTES >45°.
GRAVEDAD MEDIA	4-6	CAIDA DE ROCA FRAGMENTOS <0.5 m <sup>3</sup> H<3m. DESLIZAMIENTOS 15-30 m <sup>3</sup> EN PENDIENTES 15-45°.
GRAVEDAD BAJA	<4	DESLIZAMIENTOS <15m <sup>3</sup> EN PENDIENTES >15°.

La probabilidad de ocurrencia de falla se calificó de acuerdo como se presenta en la

TABLA No. 6.2.

**TABLA No. 6.2 CALIFICACION DE LA AMENAZA**

NOMBRE	CALIFICACION	PORCENTAJE DE PROBABILIDAD DE FALLA	DESCRIPCION
AMENAZA MUY ALTA	8.5 - 10	>85%	EXISTE LA CERTEZA QUE SE PRESENTE EL FENOMENO EN UN FUTURO CERCANO BAJO CONDICIONES ADVERSAS NORMALES, O BAJO CONDICIONES SEVERAS, PERO AFECTANDO UNA GRAN AREA, VELOCIDAD MUY ALTA DEL MOVIMIENTO.
AMENAZA ALTA	5.0 - 8.5	50 - 85%	SE PRESENTA EL FENOMENO A MEDIANO PLAZO CONDICIONES ADVERSAS NORMALES. PUEDE SER PUNTUAL.
AMENAZA MEDIA	2.5 - 5.0	25-50%	OCURRENCIA DE LA FALLA POR CONDICIONES SEVERAS EN UN FUTURO NO MUY CERCANO.
AMENAZA BAJA	1 -2.5	10-25%	OCURRE EL FENOMENO BAJO CONDICIONES MUY ADVERSAS EN UN FUTURO LEJANO.
MUY BAJA	<1	<10%	MUY DIFICIL QUE OCURRA LA FALLA BAJO CONDICIONES PREDECIBLES.

En la TABLA No. 6.3 se muestra la calificación que se tuvo en cuenta para el

grado de exposición, de acuerdo a lo mencionado en el CAPITULO 5.

**TABLA No. 6.3 CALIFICACION DEL GRADO DE EXPOSICION**

DESCRIPCION	CALIFICACION	NOMBRE
NINGUN ELEMENTO EXPUESTO.	< 6	BAJA
ELEMENTO DENTRO DE LA ZONA DE AFECTACION DE LA AMENAZA.	6-9	ALTA
ELEMENTO DENTRO DEL AREA DE AMENAZA.	> 9	MUY ALTA

El producto de cruzar la vulnerabilidad del elemento con el fenómeno amenazante, origina diversos valores que fueron

agrupados en tres categorías, las cuales se muestran en la TABLA No. 6.4.



**TABLA No. 6.4 RANGOS DE RIESGO**

NOMBRE	RANGO	DESCRIPCION
RIESGO ALTO	> 22	PERDIDA TOTAL DE ELEMENTOS FISICOS Y HUMANOS. LA POSIBILIDAD DE RECUPERACION ES BAJA O NULA.
RIESGO MEDIO	4-22	PERDIDA PARCIAL DE LOS ELEMENTOS. POSIBILIDAD DE RECUPERACION.
RIESGO BAJO	<4	DANOS DE LOS ELEMENTOS AFECTADOS. POSIBILIDAD DE RECUPERACION TOTAL.

A continuación se hace la descripción de los barrios estudiados especialmente de los que presentan interés en cuanto a su estabilidad y al riesgo que puede originarse en ellos. La descripción se hace de norte a sur.

**6.1.1. Sector Norte.**

**1. BARRIO DANUBIO AZUL (Ver FIGURA 6.1).**

Localizado al norte del área estudiada, margen derecha de la quebrada La Hoya del Ramo.

Para el barrio la zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa comprende amenaza baja, media y alta. La zona señalada como amenaza alta corresponde al límite sur del barrio.

**DESCRIPCION DE LA AMENAZA**

La amenaza consiste en la probabilidad que se presenten pequeños deslizamientos superficiales en la margen derecha de la quebrada La Hoya del Ramo sobre el talud del relleno que la comunidad construyó a lo largo de la ronda de dicha quebrada. Este talud en algunos sitios sobrepasa los 5 metros. Algunos sectores del relleno están

desprotegidos y afectados por: la escorrentía, las aguas residuales, basuras y demás materiales sobrantes del barrio. En otros sectores el relleno se presenta muy estable y es utilizado como zona verde y recreativa constituyéndose en una franja de seguridad para las edificaciones de la parte alta del mismo. En la carrera 4A este con calle 55 debido a las aguas negras y rompimiento de las mangueras se han originado grietas que involucran la calzada y un poste de energía.

La posibilidad que se presente el fenómeno es del 50% y la intensidad del mismo sería de gravedad media baja. Aunque las viviendas que se encuentran en la parte superior del talud no están expuestas, esto puede cambiar si no se toman las medidas correctivas propuestas.

**GEOLOGIA**

En el sector afloran los sedimentos de la Formación Tilatá y las areniscas amarillentas de la unidad inferior de la Formación Areniscas de la Regadera. Predomina el grano medio y los cristales de cuarzo. La estratificación es gruesa y los planos buzan al oriente 30°. Se presentan diaclasas perpendiculares al plano de estratificación formando un ángulo grande



(80°-90°) entre ellas. También están presentes los depósitos aluviales de la quebrada y los conos del Tunjuelo.

### VULNERABILIDAD

Como se mencionó al comienzo del capítulo para conocer la vulnerabilidad correspondiente a cada uno de los barrios en estudio se tuvo en cuenta la vulnerabilidad física determinada básicamente por el tipo de vivienda.

Esta vulnerabilidad física se cruzó con la vulnerabilidad socioeconómica cultural y el grado de exposición del elemento ante la amenaza específica para así obtener la vulnerabilidad total de cada barrio.

Los principales elementos que podrían verse amenazados son las viviendas que se encuentran cerca al relleno. El material usado en las construcciones varía desde concretos, ladrillo a material de desecho.

De acuerdo con lo anterior y con las características socioeconómicas- culturales de los residentes la vulnerabilidad es MEDIA ALTA para el barrio y MUY ALTA en algunos sectores de la margen derecha de la quebrada. Ver CAPITULO 5.

### **2. BARRIO DAZA II (Ver FIGURA 6.1).**

El barrio colinda con el Danubio Azul, en el límite oriental, está constituido por 39 casas prefabricadas y ocupa una zona de amenaza media, lo cual quiere decir que la probabilidad que se presente la falla es menor del 50%.

De acuerdo con el análisis realizado en el CAPÍTULO 5 la vulnerabilidad de este barrio es MEDIA ALTA.

Como no hay elementos bajo amenaza alta se asume que no existe ningún riesgo alto.

### **3. BARRIO LA FISCALA SECTOR DAZA (Ver FIGURA 6.1).**

El barrio colinda por el occidente con el barrio Danubio Azul y por el norte con el barrio Daza II. Construcciones en material en una zona de amenaza baja y vulnerabilidad MEDIA ALTA, que caracteriza la totalidad del barrio.

### **4. BARRIO LA FISCALA SECTOR CENTRAL (Ver FIGURA 6.1).**

Localizado en la margen izquierda (sur), de la quebrada La Hoya del Ramo. Construcciones en material y algunas vías pavimentadas en zona de baja amenaza por deslizamientos.

El barrio presenta una vulnerabilidad MEDIA.

No existe riesgo alto. La probabilidad que se presente un fenómeno de remoción en masa es menor de 25%.

### **5. BARRIO LA FISCALA LOS TRES LAURELES (Ver FIGURA 6.1).**

Localizado en la margen derecha de la quebrada La Hoya del Ramo. Construcciones en material, las vías no están pavimentadas y el barrio ocupa una antigua zona de explotación.



## DESCRIPCION DE LA AMENAZA

Corresponde a un fenómeno de caída de rocas en los sitios señalados en la FIGURA No. 6.1 con una flecha. El tamaño de los bloques comprometidos puede ser mayor al metro cúbico. Se considera que el bloque viaja la mayor parte de la distancia a través del aire, ya sea como caída libre o rebotando, la posibilidad de rodamiento del bloque es remota.

La amenaza se originó debido a la modificación de la topografía ya que en el proceso de explotación, en el talud se produjo relajación de los niveles de esfuerzos a la compresión y un aumento de los esfuerzos al corte, así como cambios en la humedad, alteración de las propiedades fisicoquímicas y modificación de la presión de poros. En este caso el fenómeno más importante es la apertura de las discontinuidades.

Se consideró una probabilidad de ocurrencia del fenómeno igual al 50%.

En caso que ocurra el fenómeno, la intensidad se considera como muy grave.

## GEOLOGIA

En el sector afloran areniscas amarillentas de la unidad inferior de la Formación Areniscas de la Regadera. Predomina el grano medio y los cristales de cuarzo. La estratificación es gruesa y los planos buzanan al suroriente 7°. Se presentan diaclasas perpendiculares al plano de estratificación formando un ángulo grande entre ellas. Debido a la explotación a la que han

estado sometidas se han desarrollado fracturas semiparalelas al talud en forma irregular y de baja persistencia.

El escarpe está conformado por el frente de explotación variando la altura de éste entre 12 y 20 metros. La relación de dicho talud con el buzamiento de las areniscas es favorable.

## VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad física se cruzó con la vulnerabilidad humana y el grado de exposición del elemento ante la amenaza específica, para obtener la vulnerabilidad total del barrio.

Los principales elementos que podrían verse amenazados son dos viviendas que se encuentran cerca del talud. El material usado en las construcciones es concreto y ladrillo.

De acuerdo con lo anterior y con las características socioeconómicas-culturales de los residentes la vulnerabilidad es MEDIA ALTA. Ver CAPITULO 5.

## 6. BARRIO LA FISCALA SECTOR RODRIGUEZ (Ver FIGURA 6.1).

Localizado en la margen izquierda sur de la quebrada La Hoya del Ramo. Construcciones en material y algunas vías pavimentadas en zona de baja amenaza por deslizamientos.

La probabilidad que se presente un fenómeno de remoción en masa es menor de 25%.



La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA y no existe riesgo alto.

**7. BARRIO SANTA MARTHA (Ver FIGURA 6.2).**

Localizado al oriente de la avenida Caracas en el valle medio de la quebrada Santa Librada.

Las construcciones son en material y las calles se encuentran pavimentadas, el área ocupada corresponde a una zona de amenaza baja a media.

La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA BAJA y no existe riesgo alto.

**8. BARRIO SANTA MARTHA II SECTOR (Ver FIGURA 6.2).**

Localizado en la margen derecha del valle medio de la quebrada Santa Librada. En la década de los 70 se inició la urbanización de este sector sobre los sedimentos de la Formación Tilatá, los cuales presentaban severos procesos de erosión hídrica. Lo anterior aumentaba la probabilidad de que se presentaran algunos deslizamientos menores de poca profundidad.

En la actualidad debido al proceso de urbanización la erosión hídrica desapareció y con ello disminuyó la probabilidad de que se originen fenómenos de remoción quedando el área en una zona de amenaza media.

Si el manejo de la erosión que existía no se hizo adecuadamente existe la posibilidad

que las construcciones del barrio presenten problemas de asentamiento.

La vulnerabilidad es MEDIA BAJA.

No existe riesgo alto.

**9. BARRIO VILLA ALEJANDRIA (Ver FIGURA 6.2).**

Localizado al sur de los barrios Santa Marta y Santa Marta II Sector.

En el año 1978 esta área urbanizada presentaba erosión hídrica tan avanzada que podría catalogarse como "Bad Lands".

En la actualidad esta erosión está controlada y se ha iniciado la construcción de viviendas.

La zona corresponde a una amenaza media la cual puede ser minimizada con la pavimentación de las calles y los servicios básicos de alcantarillado y acueducto.

La vulnerabilidad es MEDIA BAJA.

No existe riesgo alto.

**10. BARRIO BARRANQUILLITA (Ver FIGURA 6.2).**

Localizado entre la avenida Caracas y la quebrada Santa Librada margen izquierda, al sur del barrio Santa Marta.

En general la zona ocupada corresponde a una amenaza baja a excepción de la Orilla de la Quebrada donde se encuentran



algunos taludes fuertes lo cual sube el nivel de amenaza a media.

La vulnerabilidad es MEDIA BAJA y no existe riesgo alto.

**11. BARRIOS EL RUBI II SECTOR, EL JORDAN, SAN JUAN I SECTOR, SANTA LIBRADA, LA ESPERANZA, EL REFUGIO SECTOR SANTA LIBRADA, SANTA LIBRADA SALAZAR SALAZAR Y LOS TEJARES SUR II SECTOR. (Ver FIGURA 6.2).**

Estos barrios tienen las mismas características y están localizados en la margen izquierda de la quebrada Santa Librada en una zona de baja amenaza. Los sedimentos son recientes de origen aluvial que conforman una morfología plana suavemente inclinada al occidente.

En la década de los 70 se veía fenómenos de erosión que en la actualidad han desaparecido debido a la urbanización del sector.

La vulnerabilidad para todos estos barrios es MEDIA BAJA. No existe riesgo alto.

**12. BARRIO OLIVARES (Ver FIGURA 6.3).**

Ubicado sobre el depósito fluvioglacial, estabilizado en la margen norte de la quebrada Santa Librada.

La zona esta marcada como de amenaza baja, pero debe tenerse en cuenta que para mantener el equilibrio no se debe

construir más en este sector especialmente hacia los cauces de las quebradas.

Además el manejo de aguas debe mejorar.

### GEOLOGIA

Depósito fluvioglacial que yace discordantemente sobre una superficie conformada por arcillolitas y areniscas de la formación USME. El depósito está constituido por una matriz arcillo-arenosa susceptible a la erosión y por bloques homogéneos, heterométricos cuyo eje mayor varía entre 30 y 200 centímetros. El espesor es variable y puede alcanzar los 15 metros.

Al conformar la explanación para la construcción de las viviendas se originaron taludes verticales de 2 metros de altura. Al continuar con la construcción los taludes van a ser de mayor altura lo cual puede llegar a inestabilizar todo el depósito lo que sería muy catastrófico.

La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA BAJA.

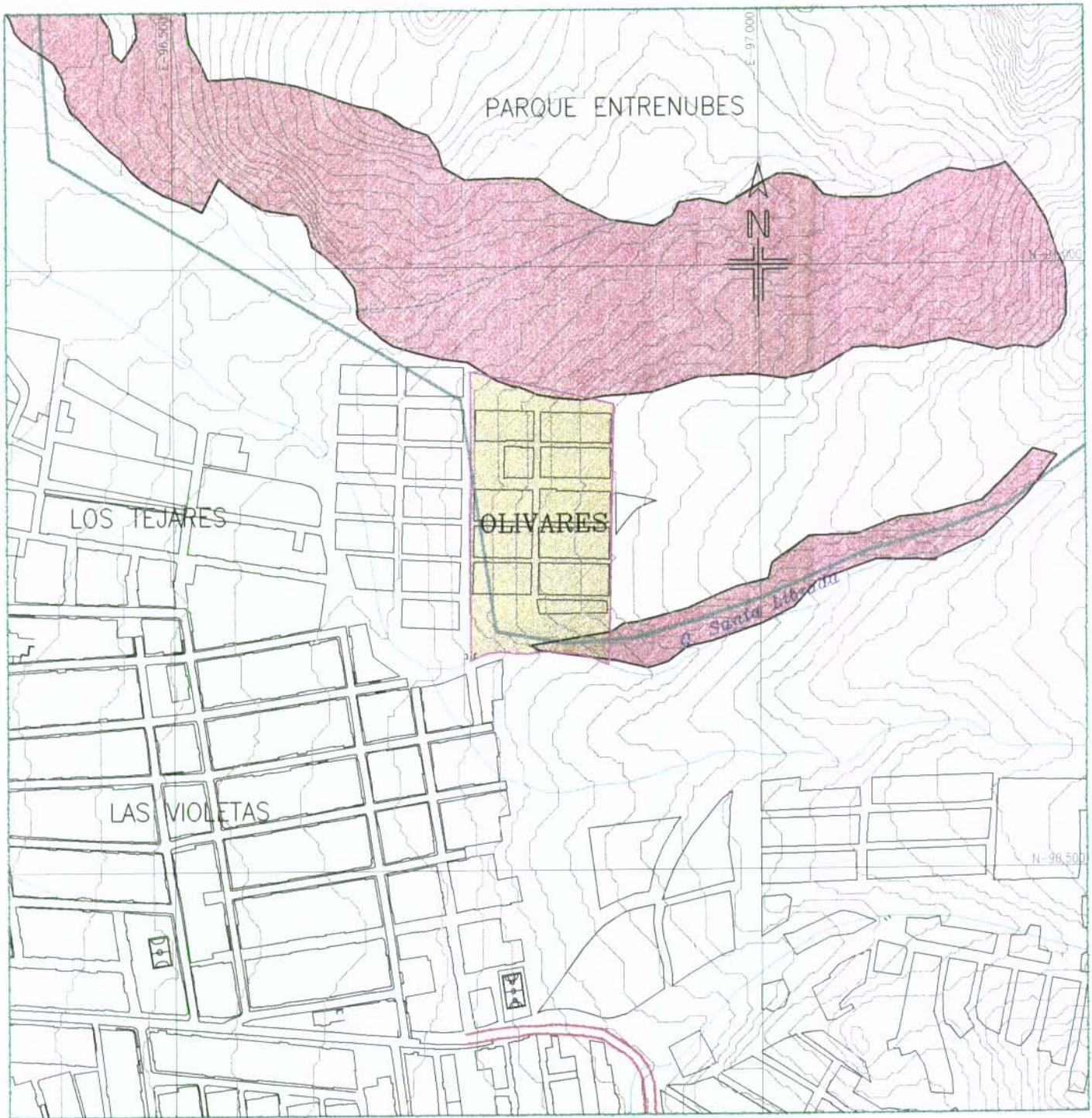
No existe riesgo alto.

#### 6.1.2. Riesgo en el Sector Norte

Para los anteriores barrios se estimó el riesgo de los elementos amenazados. De acuerdo con las TABLAS Nos. 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4, se obtuvo el resultado que se muestra en la TABLA No. 6.5.







CONVENCIONES	
MANZANA	
QUEBRADA	
CURVA DE NIVEL	
LIMITE PARQUE ENTRENUBES	
LIMITE DE BARRIO EN ESTUDIO	

LEYENDA	
PROBABILIDAD DE FALLA 50 - 85%	
ZONA DE AFECTACION POR LA AMENAZA	
ZONA DE RIESGO ALTO	
ZONA DE RIESGO MEDIO	
ZONA DE RIESGO BAJO	

NOTA: VER TABLA No. 65.

<b>UPES</b> UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE SANTAFE DE BOGOTÁ FOPAE <small>FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE SANTAFE DE BOGOTÁ</small>		<b>FOPAE</b>
<b>INVERSIONES GEOTECNICAS LTDA</b> <small>ESTUDIOS AMBIENTALES &amp; SIG</small>		
<b>ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE            INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS            DE LA LOCALIDAD DE USME</b>		
<b>AREA DE AFECTACION POR LA AMENAZA Y CLASE DE RIESGO            BARRIO OLIVARES</b>		
ESCALA:	1 : 5.000	FECHA: <b>OCTUBRE 1998</b>
DIGITALIZO:	J. F. PARRA	ARCHIVO: <b>FIG63.DWG</b>
		FIGURA No. <b>6.3</b>
		REV.



### 6.1.3. Sector Sur

#### ***BARRIO MARICHUELA III SECTOR (Ver FIGURA 6.4).***

Localizado al sur de la autopista Villavicencio. Construcciones en material sobre el depósito fluvioglacial y relleno en una zona de amenaza baja.

La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA BAJA. Ver CAPITULO 5.

No existe riesgo alto.

#### ***1. BARRIO TENERIFE II (Ver FIGURA 6.4).***

Localizado en un terreno plano sobre la autopista a Villavicencio.

La zona esta señalada como de amenaza baja.

La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA BAJA. Ver CAPITULO 5.

No existe riesgo alto.

#### ***2. BARRIO MONTEBLANCO (Ver FIGURA 6.4).***

Localizado al sur del barrio Marichuela III en la margen izquierda de la quebrada Yomasa.

Este barrio se puede subdividir socialmente en dos sectores: el sector oriental donde las edificaciones están construidas con buen material y un 60% de las calles están pavimentadas, además cuenta con los

servicios básicos. El sector occidental es bajo en recursos socioeconómicos, los materiales de construcción no son muy buenos los servicios básicos no están completos y las calles se encuentran sin pavimentar.

Se observaron algunas edificaciones agrietadas debido a la construcción deficiente y a la falta de buenas bases. La zona esta catalogada como de amenaza baja.

La vulnerabilidad es MEDIA BAJA para el sector oriental del barrio y MEDIA ALTA para el sector occidental.

No existe riesgo alto.

#### ***3. BARRIO ESMERALDA (Ver FIGURA 6.5).***

Localizado en la orilla derecha del río Tunjuelo en el sector Brazuelos.

La zona corresponde a una amenaza baja que puede subir a amenaza media si no hay manejo de aguas y las construcciones no se hacen técnicamente.

La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA BAJA y no existe riesgo alto.

#### ***4. BARRIO BOSQUE EL LIMONAR II (Ver FIGURA 6.5).***

Localizado al oriente de la vía al municipio de Usme. Se ha iniciado muy recientemente se observaron dos casas y una en construcción.



La amenaza se origina al partir del lavado del material fino que constituye la matriz del depósito fluvio-glaciar aflorante en este sector. Las explicaciones hechas para construir las viviendas originaron taludes con pendientes mayores a los 60° donde el material está expuesto a la erosión hídrica. Dicha erosión va lavando el material fino y creando surcos; procesos lentos, pero continuos. Los bloques gigantescos de areniscas bien cementados poco a poco van perdiendo su soporte hasta comenzar el desplazamiento, rodando hasta alcanzar la superficie plana. El tamaño de los bloques varía entre 0.5-1m<sup>3</sup>.

La probabilidad de ocurrencia del fenómeno es ALTA equivalente a un 50%. Cuando ocurra puede afectar las viviendas y/o personas que se encuentren en el barrio ubicado ladera abajo; por lo tanto, la intensidad se considera como gravedad media. (Ver FIGURA No. 6.5)

#### GEOLOGIA

Depósito fluvio-glaciar que yace discordantemente sobre una superficie conformada por arcillolitas y areniscas de la formación USME. El depósito está constituido por una matriz arcillo-arenosa susceptible a la erosión y por bloques homogéneos, heterométricos cuyo eje mayor varía entre 30 y 200 centímetros. El espesor es variable y puede alcanzar los 5 metros.

#### VULNERABILIDAD

De acuerdo con el tipo de construcción y las características de la comunidad este

sector tiene una vulnerabilidad media. Dicho grado de vulnerabilidad se incrementa específicamente para el barrio localizado ladera abajo, por estar en la trayectoria de los bloques es decir en el área de exposición. De este modo se obtiene una vulnerabilidad muy alta para las primeras viviendas de dicho barrio. No existe riesgo alto, pero si se continua con las construcciones se puede iniciar un riesgo alto debido a que el terreno pierde el equilibrio, lo cual originaría pequeños deslizamientos y caídas de roca.

#### **5. MUNICIPIO DE USME (Ver FIGURA No. 6.6).**

Localizado en el extremo suroccidental del área. Se ha desarrollado en una zona de amenaza baja.

La vulnerabilidad para el municipio es MEDIA BAJA.

No existe riesgo alto.

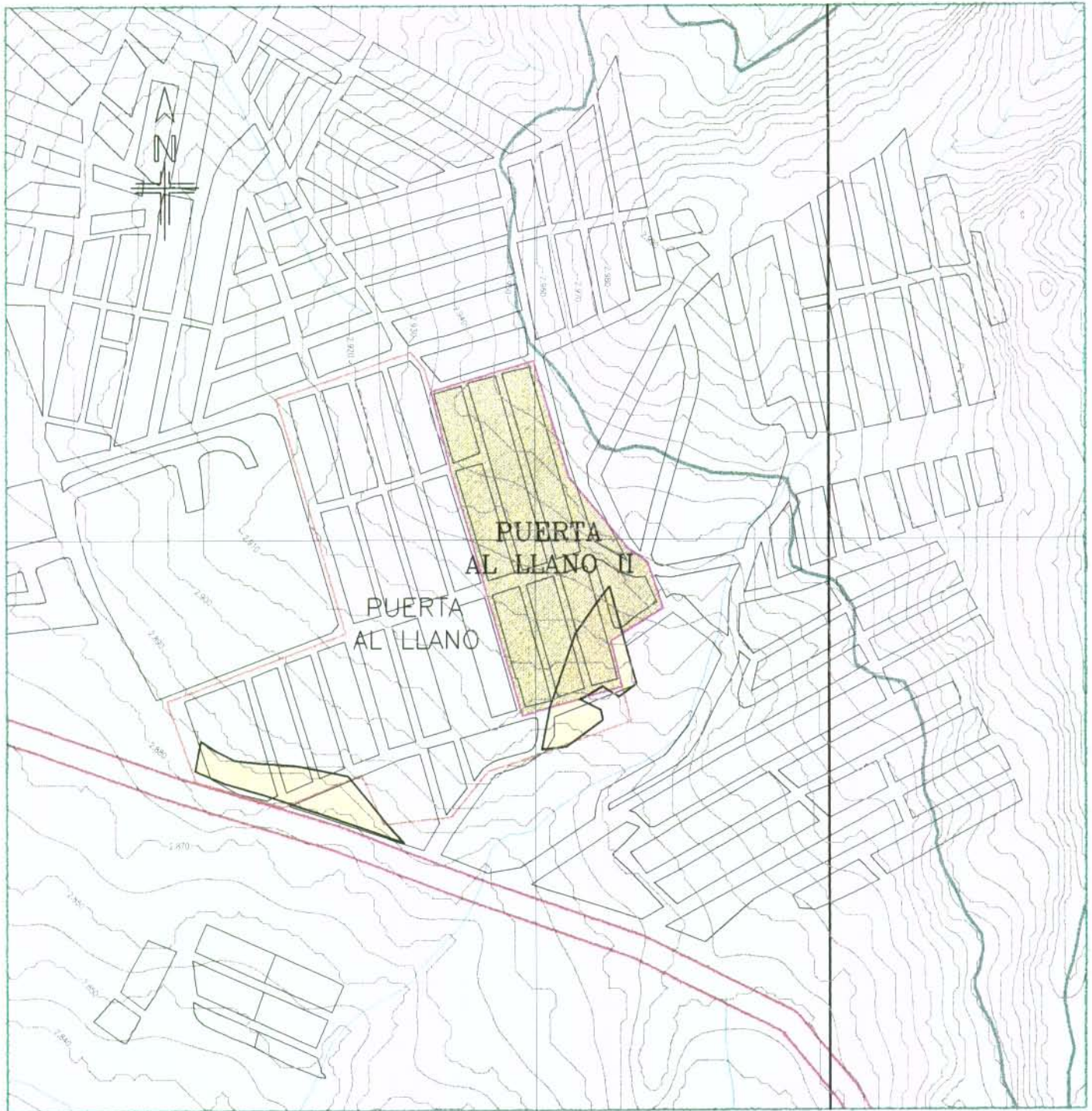
#### **6. BARRIO PUERTA AL LLANO II (Ver FIGURA No. 6.7).**

Barrio que se inició en el año 1996 desarrollándose sobre la Formación Usme Inferior al norte de la autopista a Villavicencio.

La zona está marcada como de amenaza baja.

La vulnerabilidad para el barrio es MEDIA ALTA.

No existe riesgo alto.



CONVENCIONES	
MANZANA	
QUEBRADA	
CURVA DE NIVEL	
LIMITE AREA DE ESTUDIO	
LIMITE PARQUE ENTRENUBES	
LIMITE DE BARRIO EN ESTUDIO	

LEYENDA	
PROBABILIDAD DE FALLA 25 - 50%	
ZONA DE AFECTACION POR LA AMENAZA	
ZONA DE RIESGO ALTO	
ZONA DE RIESGO MEDIO	
ZONA DE RIESGO BAJO	

NOTA: VER TABLA No. 65.

	UPES	UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DE SANTAFE DE BOGOTA	FOPAE
		FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DE SANTAFE DE BOGOTA	
 <b>INVERSIONES GEOTECNICAS LTDA</b> ESTUDIOS AMBIENTALES & SIG			
<b>ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE          INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS          DE LA LOCALIDAD DE USME</b>			
<b>AREA DE AFECTACION POR LA AMENAZA Y CLASE DE RIESGO          SECTOR PUERTA AL LLANO II</b>			
ESCALA:	1 : 5.000	FECHA:	OCTUBRE 1998
DIGITALIZO:	J. F. PARRA	ARCHIVO:	FIG67.DWG
		FIGURA No.	6.7
		REV.	



#### 6.1.4. Riesgo en el sector Sur

Para los barrios de este sector se calculó el riesgo con base en la amenaza existente, la resistencia del elemento y el grado de exposición.

Los resultados se muestran en la TABLA No. 6.5.

TABLA No. 6.6. CALIFICACION DEL RIESGO SECTOR SUR

AMENAZA	INTENSIDAD DEL FENOMENO	PARAMETROS DE CALIFICACION DE LOS BARRIOS								CALIFICACION							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
PROBABILIDAD DE FALLA	(2) 20% BAJA	(1) 10% BAJA	(2.5) 25% BAJA	(2.5) 25% BAJA	(5) 50% ALTA	(2) 20% BAJA	(2.5) 25% BAJA	(2) 20% BAJA		6	2	7.5	7.5	25	4	7.5	4
	(1) 10% BAJA	(1) 10% BAJA	(2.5) 25% BAJA	(2.5) 25% BAJA	(5) 50% ALTA	(2) 20% BAJA	(2.5) 25% BAJA	(2) 20% BAJA									
VULNERABILIDAD	TIPO DE VIVIENDA	(2) MEDIA BAJA	(2) MEDIA BAJA	(3) MEDIA BAJA	(3) MEDIA BAJA	(3.5) MEDIA BAJA	(2) MEDIA BAJA	(5) MEDIA ALTA	(3) MEDIA	1	0.5	1	1	0.6	1	0.6	0.66
	EXPOSICION	(2) BAJA	(1) BAJA	(3) BAJA	(3) BAJA	(2) BAJA	(2) BAJA	(3) BAJA	(2) BAJA								
VALOR NUMERICO DEL RIESGO										6	1	7.5	7.5	15	4	4.5	2.64

CALIFICACION	TIPO RIESGO
> 22	RIESGO ALTO
4-22	RIESGO MEDIO
< 4	RIESGO BAJO

- 1 MARCHUELA III
- 2 TENERIFE II
- 3 MONTEBLANCO
- 4. LA ESMERALDA
- 5 BOSQUE EL LIMONAR II
- 6 MUNICIPIO DE USME
- 7 PUERTA AL LLANO
- 8 SAN JOAQUIN EL UVAL

RIESGO = R  
 AMENAZA = A  
 EXPOSICION = E  
 RESISTENCIA = S  
  
 $R = A \times E / S$

## **CAPITULO VII**



## CAPITULO 7

### TABLA DE CONTENIDO

7. MITIGACIÓN Y RECOMENDACIONES. _____	1
7.1 TOPOGRAFIA.. _____	1
7.2 EXCAVACIONES. _____	1
7.3 RELLENOS. _____	2
7.4 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS. _____	2
7.5 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES. _____	2
7.6 ACOMETIDAS DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE. _____	2
7.7.CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LA VIVIENDA. _____	3
7.8 TERRAPLENES, SITIOS DE DISPOSICION DE MATERIALES ESTERILES O DE CORTE Y ANTIGUAS ZONAS DE CANTERA. _____	3
7.8 MITIGACION. _____	4
7.9 CONDICIONES ESPECÍFICAS. _____	4
7.9.1. Danubio Azul. _____	4
7.9.2. Daza II _____	7
7.9.3. La Fiscala Sector Daza. _____	7
7.9.4. La Fiscala Sector Central. _____	7
7.9.5 La Fiscala Los Tres Laureles. _____	8
7.9.6. La Fiscala Sector Rodríguez. _____	10
7.9.7 Santa Marta. _____	10
7.9.8 Santa Marta II Sector. _____	11
7.9.9. Villa Alejandría. _____	12
7.9.10. Barranquillita. _____	12
7.9.11. El Jordan, El Ruby II, San Juan I Sector, Santa Librada La Esperanza, El Refugio, Los Tejares II. _____	13
7.9.12. Santa Librada Salazar Salazar. _____	14
7.9.13. Olivares. _____	16





ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

---

7.9.14 Marichuela III Sector.	18
7.9.15. Monteblanco.	19
7.9.16 La Esmeralda.	20
7.9.17. Bosque El Limonar II	20
7.9.18. Municipio de Usme.	21
7.9.19 Puerta Al Llano II.	21
7.10 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL	22
7.10.1 Medidas preventivas	22



## 7. MITIGACIÓN Y RECOMENDACIONES

### 7.1 TOPOGRAFIA.

La zona estudiada corresponde a una topografía ondulada y montañosa, con pendientes que pueden sobrepasar el 100%, lo cual requiere movimientos de tierra importantes para la construcción de las edificaciones, ya sea para realizar cortes o rellenos, o una alternativa a media ladera, combinando tanto cortes como relleno.

El manejo de los cortes y rellenos requiere especial cuidado, principalmente en lo concerniente a estabilidad y denudación de los suelos y rocas, manejo de técnicas de rellenos, empuje de tierras y condiciones de drenaje.

En la medida que se presenten zonas con pendientes bajas, levemente onduladas o planas; el problema se centrará en un análisis de estabilidad de la cimentación por capacidad portante, asentamientos, excavaciones y manejo de aguas superficiales y subsuperficiales.

### 7.2 EXCAVACIONES

La realización de cortes con pendientes fuertes e incluso verticales, (con alturas que pueden alcanzar los 4 y 5 m en suelos arcillosos), en principio algo sobreconsolidados y estables, provocan el inicio de movimientos de la masa de suelo (o relajación de esfuerzos en la roca arcillosa) por pérdida de confinamiento o

fenómenos de meteorización hídrica y posiblemente eólica.

Los movimientos de la masa de suelo generan empujes grandes sobre los muros de contención, los cuales han sido construidos generalmente sin tener en cuenta estas fuerzas, provocando su desplazamiento y fisuramiento, incrementado por la falta de control en las aguas superficiales, las cuales se infiltran saturando los suelos e incrementado de manera significativa los empujes.

Los movimientos de los muros provocan desplazamientos de las edificaciones construidas en la parte alta de la ladera, manifestada por grietas en pisos y paredes o desplome parcial o total de la edificación; además, las malas conducciones de agua de estas casas permiten el aumento de la saturación de los rellenos en los muros, incluso en épocas de intenso verano.

La velocidad de los movimientos puede ser baja y presentarse de manera gradual a lo largo de varios años, hasta el momento en el cual el suelo ha disminuido su resistencia a los esfuerzos cortantes y se presenta un colapso general del talud. Este fenómeno puede verse acelerado por otros fenómenos como eventos sísmicos o intensos aguaceros.



También es importante anotar que la denudación de las rocas y suelos provoca una pérdida de humedad y contracción de los mismos; esto se manifiesta en agrietamientos, los cuales provocan aumento de la percolación de aguas lluvias y aumento en la velocidad de meteorización de la roca. Lo anterior debido principalmente al proceso constructivo, que empieza por la excavación del área del lote, construcción de casas en lata, cartón o parcialmente en ladrillo o bloque, las cuales duran incluso varios años hasta obtener los recursos para la construcción total de la edificación.

### 7.3 RELLENOS

Los rellenos para nivelación del área de la vivienda, en los espaldares de muros, se realizan generalmente con material proveniente de los cortes, arcillas o rocas arcillosas parcialmente meteorizadas las cuales continúan su proceso de degradación a suelos arcillosos. Este tipo de materiales arroja empujes significativos, los cuales aumentan por saturación del suelo y falta de drenajes del mismo, provocando el movimiento de los muros, generando grietas en las paredes y pisos de la vivienda; estas últimas contribuyen a aumentar la filtración de agua hacia el relleno incrementado el problema de manera gradual.

### 7.4 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

Generalmente no se realiza manejo de las aguas lluvias, las cuales se constituyen en

el principal agente de la erosión sobre los cortes para viviendas y vías de acceso, además de la infiltración hacia los rellenos incrementan los empujes sobre muros y debilitan los depósitos de suelo arcillosos.

### 7.5 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

En algunos casos, el sistema de manejo de aguas residuales es limitado y en el mejor de los casos esta conducción se realiza con tubería de gres, altamente vulnerable a los cambios volumétricos y deformaciones en suelos arcillosos o cargas del tráfico cuando la tubería queda muy superficial. Los descoles se realizan hacia los caños y quebradas que rodean los barrios y la descarga se realiza a mitad del talud contribuyendo a la infiltración y el debilitamiento del mismo.

Las roturas en las tuberías o defectos en la colocación de la misma, inducen a que se presenten infiltraciones en el subsuelo hacia los depósitos arcillosos inicialmente estables, contribuyendo a la saturación de éstos, o al incremento de empujes sobre muros. El anterior es un proceso lento que se manifiesta generalmente después de transcurrido un largo periodo de tiempo.

### 7.6 ACOMETIDAS DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE.

Requieren especial cuidado en su manejo las acometidas domiciliarias, generalmente las tuberías de PVC requieren un control técnico (o experiencia) y adiestramiento para garantizar la funcionalidad de las



conducciones. Se pudo observar que las infiltraciones de aguas provenientes de acometidas domiciliarias, se manifiestan por aplastamiento de la tubería debajo de placas o pisos de concreto, filtraciones por faltas de soldura en las uniones, desprendimientos de la tubería en las mismas uniones por deformaciones excesivas de las tuberías o el uso de fuego para debilitar los extremos de los tubos acampanándolos y evitando el uso de los accesorios correspondientes. Todos estos factores contribuyen a que se incremente la infiltración y saturación de los depósitos.

Cuando no existen acometidas con tubería de PVC, la conducción se realiza por medio de mangueras de 2" de diámetro, las cuales se colocan en el terreno en pequeñas zanjas y son altamente vulnerables a la rotura, provocando la infiltración de agua, e incluso, inestabilidad de algunos depósitos y afectación a las casas circundantes.

#### 7.7.CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LA VIVIENDA

Adicionalmente a los aspectos anotados en los numerales anteriores, los sistemas constructivos no tienen en cuenta criterios sismoresistentes establecidos por la Norma Sísmica Colombiana y por el contrario, las edificaciones presentan falencias en su sistema estructural, lo cual las hace vulnerables ante un evento sísmico.

#### 7.8 TERRAPLENES, SITIOS DE DISPOSICION DE MATERIALES ESTERILES O DE CORTE Y ANTIGUAS ZONAS DE CANTERA

Los terraplenes y excavaciones de antiguas canteras, son de gran importancia debido al grado de amenaza que representan para la ubicación de viviendas, debido a los procesos constructivos en el momento de la ejecución de los terraplenes y cortes para explotación de los materiales.

Los terraplenes y sitios de disposición de estériles observados en zonas adyacentes a las canteras, han sufrido un proceso de consolidación, el cual se ha manifestado por asentamientos y agrietamientos, algunos han presentado inestabilidad parcial debido a la saturación de suelo, principalmente en periodos lluviosos, con movimientos traslacionales a lo largo de la superficie rocosa sobre la cual fue conformado o movimiento rotacional dentro de la masa de suelo arcilloso por disminución de la resistencia al corte bajo los esfuerzos cortantes actuantes.

Por lo anterior es de esperar que edificaciones construidas sobre las zonas de terraplenes construidos con material estéril o de corte, presenten daños asociados con el asentamiento ocasionado por la consolidación del depósito o por la inestabilidad de las laderas del terraplén.



Estos factores de inestabilidad pueden acelerarse por las cargas impuestas por las edificaciones, el aporte de aguas de infiltración por mal manejo de acometidas de aguas limpias o residuales y cambios en las condiciones de drenaje para las aguas lluvias.

Las zonas de corte constituyen un problema por la degradación (meteorización y erosión) de las rocas e inestabilidad de las mismas por la acción de agentes detonantes como lluvia o eventos sísmicos. Taludes sobre rocas muy fracturadas con diaclasamiento desfavorable, provocan el desprendimiento de grandes bloques hacia la cara del talud.

Secuencias de rocas competentes e incompetentes, crean sobre la superficie del talud una erosión diferencial, muy rápida en rocas blandas o friables, perdiendo soporte las rocas duras diaclasadas (más resistentes a la erosión), que las suprayacen. Por lo anterior estas zonas constituyen sitios de alto riesgo para la ubicación de asentamientos urbanos.

## 7.8 MITIGACION

La adopción de planes de recuperación vegetal, manejo y control adecuado de las aguas lluvias, diseño de planes de adiestramiento e información sobre los requerimientos constructivos según las condiciones del terreno, manejo de cortes y rellenos, construcción de colectores de aguas lluvias y aguas residuales, etc, permitirán mitigar la afectación o

generación de fenómenos por intervención antrópica. Adicionalmente se debe restringir los planes de desarrollo urbano en la zonas de canteras, terraplenes, botaderos, laderas con pendientes fuertes y zonas de bosque.

Es de vital importancia el evitar y controlar la colocación de rellenos en las quebradas, específicamente en las quebradas La Hoya del Ramo y Santa Librada.

## 7.9 CONDICIONES ESPECÍFICAS

### 7.9.1. Danubio Azul (Ver FOTOGRAFIAS Nos. 7.8 a 7.11 Y FIGURA No. 6.1).

Este barrio se ubica en la margen derecha de la quebrada La Hoya del ramo, tiene sectores de topografía ondulada y plana. con bajas pendientes. Los taludes generados en la margen derecha de la quebrada son altos y de pendiente transversal alta. Toda la longitud del barrio en el sector colindante con la quebrada, presenta posibilidad de socavación el sector más aguas arriba, posee una franja de seguridad, libre de viviendas, la cual los habitantes han tratado de conservarla. En el sector central de la quebrada, las viviendas se encuentran muy cerca de la corona del talud de la margen y están fuertemente amenazados por la probable falla del talud. En este sector que además coincide con una confluencia de drenajes, se han iniciado fenómenos de inestabilidad, por el empozamiento de aguas contaminadas muy cerca de la zona

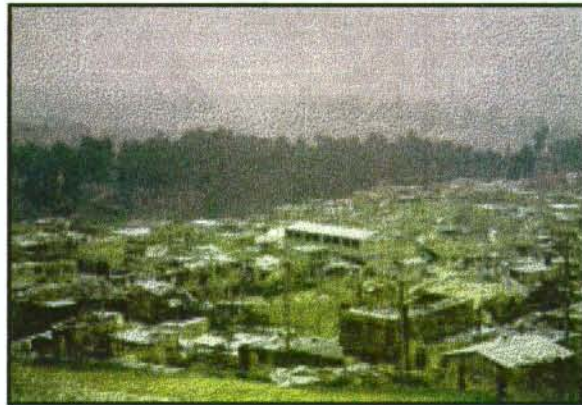


## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS **FOPAE**

de corte terraplén. Se observaron grietas que presagian un falla generalizada de no

tomarse medidas rápidamente.



**FOTOGRAFIA No. 7.8**

**UBICACIÓN :** Barrio El Danubio Azul.

**DESCRIPCION:** Panorámica del Barrio.



**FOTOGRAFIA No. 7.9**

**UBICACIÓN :** Vista hacia arriba de la margen derecha de la quebrada La Hoya del Ramo a la altura del Barrio El Danubio Azul.

**DESCRIPCION :** Se observan los rellenos y la colocación de escombros en la quebrada. También se muestran los diferentes tipos de edificaciones y la ocupación de la ronda de la quebrada



**FOTOGRAFIA No. 7.10**

**UBICACIÓN:** Detalle del relleno con escombros y la posterior excavación en él.

**DESCRIPCION:** Obsérvese la invasión del relleno en la quebrada.



**FOTOGRAFIA No. 7.11**

**UBICACIÓN:** Vista de las márgenes de la quebrada la Hoya del Ramo desde el extremo de aguas arriba del barrio El Danubio Azul.

**DESCRIPCION:** Obsérvese el depósito y la ronda dejada por unos pocos habitantes.

Lo primero que debe hacerse, es controlar las aguas superficiales, encausándolas y transportándolas técnicamente hasta la quebrada. Luego, se deben sellar completamente todas las grietas, con

material arcilloso, apisonándolo, hasta eliminar el paso de agua.

En este sector se deberá hacer un estudio detallado de toda la zona, debido a que el



relleno es bastante grande, tanto en longitud como en altura. Dentro del estudio a realizar, se deberán delimitar con precisión las áreas de corte - terraplén, se deberán captar todas las aguas superficiales por medio de alcantarillado pluvial, se deberá prever un sistema de drenaje subsuperficial que capte las aguas que se hayan podido infiltrar.

Se deberá determinar si la conformación de los rellenos tuvieron un control técnico adecuado, tal como terraceo para garantizar que las capas hayan sido dispuestas horizontalmente y que hayan recibido una compactación adecuada.

Finalmente, los taludes deberán revegetalizarse, de tal manera que sean protegidos contra la erosión hídrica superficial.

Estos rellenos realizados en los cauces de las quebradas tal como ocurrió en el barrio El Danubio azul, deben ser evitados a toda costa, ya que además de ser un fenómeno que afecta ambientalmente un sector fuertemente vulnerable como son las corrientes, se genera un foco de inestabilidad potencial, que con el tiempo puede ser muy crítico.

Esta zona de estudio, se caracteriza, por estar afectando directamente las quebradas, como la Hoya del Ramo y la quebrada Santa Librada, han invadido hasta el propio cauce. De no controlarse este aspecto, muy pronto, la solución tendrá que ser, el de canalizar las quebradas por medio de box couvert,

alterando de una manera abrupta, las condiciones ambientales existentes.

#### **7.9.2. Daza II (Ver FIGURA No. 6.1)**

Barrio construido en terreno montañoso con pendientes transversales altas. Las viviendas se ubican más de 2 m por debajo del nivel de la vía principal, y pegadas a esta y con un talud vertical.

El barrio se encuentra estable, pero es necesario garantizar que las aguas se encuentren completamente controladas. (Aguas lluvias, negras, y de acueducto)

#### **7.9.3. La Fiscala Sector Daza (Ver FIGURA No. 6.1).**

Este barrio, ubicado entre El Danubio Azul y el sector Daza II, terreno de altas pendientes transversales.

No se evidencian fenómenos de remoción en masa, pero debe tenerse especial cuidado con el manejo del agua, aguas lluvias, negras, grices y el suministro de agua potable, para no permitir que el suelo se sature y pueda generar inestabilidad general.

#### **7.9.4. La Fiscala Sector Central (Ver FOTOGRAFIA No. 7.12 Y FIGURA No. 6.1).**

Este sector, se encuentra ubicado en la parte interna de la zona de la antigua explotación de materiales. La topografía es entre ondulada y plana, está construido





en su gran mayoría, y no presenta riesgos de remoción en masa.



FOTOGRAFIA No. 7.12

UBICACIÓN: Barrio la Fiscala Central.

DESCRIPCION: Panorámica del Barrio.

#### **7.9.5 La Fiscala Los Tres Laureles (Ver FOTOGRAFIAS Nos. 7.13 a 7.15 Y FIGURA No. 6.1).**

Este sector, secuela de la explotación de materiales de construcción, se encuentra construido en la parte baja de los taludes dejados por la cantera.

Los materiales de los taludes son roca areniscas de una consistencia muy alta, lo cual permite mantener el área relativamente estable. Sin embargo, hay varios aspectos que deben tenerse en cuenta en este sitio.

Hay algunos sitios en donde se evidencian grietas en la roca a gran altura, dejando

bloques expuestos. También hay sectores en donde ha habido movimiento de material blando, arcilla, proveniente de las arcillolitas del sector, que queda sobre algunos taludes, pero que son potencialmente inestables.

Debido a que ya se ha iniciado el proceso de construir bajo estos taludes (Ver FOTOGRAFIAS Nos. 7.13), es necesario retirar el material blando del respectivo talud.

Se deberá prevenir a la comunidad sobre los riesgos a que se están exponiendo, para que tomen conciencia y se alejen lo más posible del área en peligro.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE



### FOTOGRAFIA No. 7.13

**UBICACIÓN:** Panorámica del Barrio La Fiscala Los Tres Laureles.

**DESCRIPCION:** Obsérvense los taludes altos en roca. Se aprecian algunas grietas, las cuales deben tratarse con mucho cuidado.



### FOTOGRAFIA No. 7.14

**UBICACIÓN:** Barrio La Fiscala Alta.

**DESCRIPCION:** Panorámica del Barrio.



FOTOGRAFIA No. 7.15.

UBICACION: Panorámica de un sector del barrio la Fiscala.

DESCRIPCION: Obsérvense los taludes dejados por la explotación de material.

#### 7.9.6. La Fiscala Sector Rodríguez

Este sector de la Fiscala, cerca de la zona central está parcialmente construido, es de topografía ondulada a plana, está cerca de la montaña, pero no se evidencian problemas de remoción en masa sin embargo, es conveniente mantener controladas las aguas de escorrentía superficial; en las laderas para evitar saturar el material, que desmejore las características geotécnicas de los suelos y rocas presentes en este sector.

#### 7.9.7 Santa Marta (Ver FOTOGRAFIAS Nos. 7.19 y 7.20 Y FIGURA No. 6.2).

Barrio ubicado en la margen izquierda de la quebrada Santa librada, las casa se han construido con buenos materiales.

El gran inconveniente de este barrio, es la invasión de la ronda de la quebrada con rellenos de materiales de desecho de construcción, que han empezado a reducir las zonas de inundación y que no han sido compactados debidamente. Se deben prohibir los rellenos en las franja de la quebrada.



**FOTOGRAFIA No. 7.19**  
**UBICACION:** Barrio Santa Marta.  
**DESCRIPCION:** Vista de un sector del Barrio.



**FOTOGRAFIA No. 7.20**  
**UBICACIÓN:** Vista aguas abajo de la margen derecha de la quebrada Santa Librada, a la altura del barrio Santa Marta.  
**DESCRIPCION:** Se observan los rellenos y los escombros colocados dentro de la ronda de la quebrada.

**7.9.8 Santa Marta II Sector (Ver FIGURA No. 6.2).**

relación con el manejo de rellenos muy cercanos al cauce de la quebrada.

Al igual que el sector anterior, los inconvenientes que se evidencian, tienen



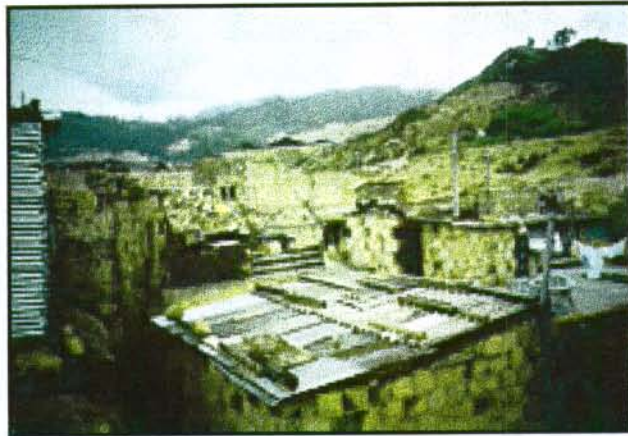
### 7.9.9. Villa Alejandría (Ver FOTOGRAFIA No. 7.21).

Ubicada en la margen derecha de la quebrada Santa Librada, tiene el inconveniente de estar muy ceca a la quebrada.

Anteriormente, el sector presentaba erosión hídrica avanzada, llegándose a

catalogar como "Bands Lands", sin embargo en la actualidad esta erosión esta controlada al iniciarse la construcción de viviendas.

Aunque el sector no presente signos de amenaza por inestabilidad, es necesario controlar las aguas de escorrentía y dotar a la comunidad de los servicios públicos.



FOTOGRAFIA No. 7.21

UBICACIÓN: Vista del barrio Villa Alejandría.

DESCRIPCION: Obsérvense los diferentes niveles y tipos de construcción.

### 7.9.10. Barranquillita (Ver FIGURA No. 6.2).

Ubicado cerca de la margen izquierda de la quebrada Santa Librada, de topografía un poco ondulada, pendiente transversal moderada. La quebrada en este sector se ha tomado como basurero y zona para

disposición de escombros. La escuela del barrio se ubica dentro de la ronda de la quebrada (Ver FOTOGRAFIA No. 7.7). Un muro en gaviones que sostenía la placa para deportes de la escuela, ha fallado conjuntamente con la placa, porsocavación de la pata del muro.



**FOTOGRAFIA No. 7.7**

**UBICACIÓN :** Vista de la escuela del Barrio Barranquillita muy cerca de la quebrada Santa Librada.

**DESCRIPCION :** Las basuras son arrojadas inmisericordemente a la quebrada. Se ha iniciado el proceso de socavación, aunque este es relativamente lento.

El muro debe restablecerse por medio de gaviones de 2.5 m de altura y cimentados 0.50 m por debajo del nivel de la quebrada. Se reconstruirá así mismo la placa para dejar las condiciones originales.

Al frente de la entrada a la escuela, la quebrada ha iniciado procesos de socavación, por lo que se hace necesario controlarla, eliminando los rellenos cercanos al cauce, la eliminación de las basuras y bajando la pendiente longitudinal de la quebrada por medio de trinchos transversales al cauce.

Debe generarse un buen sistema de recolección de basuras y prohibir la disposición de basuras en la quebrada

**7.9.11. El Jordan, El Ruby II, San Juan I Sector, Santa Librada La Esperanza, El Refugio, Los Tejares II (Ver FIGURA No. 6.3).**

Barrios localizados cerca de la Quebrada Santa Librada, en la margen izquierda, sobre depósitos recientes de origen aluvial que conforman una morfología entre plana y ondulada, un poco inclinada hacia el occidente. En épocas anteriores, se presentaban fenómenos de erosión que en la actualidad han desaparecido debido a la urbanización del sector. Deben controlarse los depósitos de escombros y las basuras cerca de la quebrada.



### ***San Juan Sector I***

El barrio San Juan, se encuentra ubicado cerca de la margen de la quebrada Santa Librada. Se han construido muros en gaviones para rellenar cerca de la quebrada. Estos muros se encuentran estables, pero es recomendable evitar los rellenos dentro de las rondas de las quebradas el problema de las basuras que van a dar a la quebrada es importante en el sector. Debe controlarse la disposición de basuras en la quebrada.

### ***Santa Librada La Esperanza***

Sector de baja pendiente y construcciones con buenos materiales. No se evidencian fenómenos de inestabilidad.

Hay necesidad de limpiar la quebrada de las basuras y desechos que la gente deposita en ella. Las entregas de agua deben ser técnicas, con estructuras de

disipación se debe reforestar la margen y en lo posible eliminar la posibilidad de asentamientos humanos en ella.

### **7.9.12. Santa Librada Salazar Salazar (Ver FOTOGRAFIAS NOS. 7.3,7. 4 ,7.5 Y 7.6).**

Barrio ubicado en la margen izquierda de la quebrada Santa Librada, en una zona de topografía ondulada de mediana a alta pendiente transversal, algunas de las calles se encuentran sin pavimentar. La margen de la quebrada ha sido tomada como botadero de basuras y de escombros de construcción.

A pesar de las altas pendientes y a que las calles están sin pavimento, no se evidencian problemas de inestabilidad, sin embargo, la acumulación de desechos y basuras en la quebrada, pueden presentar taponamientos y una eventual socavación.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE



**FOTOGRAFIA No.7.3**

**UBICACIÓN :** Barrio Salazar Salazar.

**DESCRIPCION:** Vista sureste. Se muestran las edificaciones y las excavaciones necesarias para construirlas. El tipo de edificación es en concreto y ladrillo de buenas características.



**FOTOGRAFIA No. 7.4**

**UBICACIÓN :** Barrio Salazar Salazar. Al fondo el barrio San Juan y Quebrada Santa Librada.

**DESCRIPCION:** Vista de un sector aguas abajo. Se observan los escombros y la ocupación de la margen de la quebrada.





**FOTOGRAFIA No. 7.5**

**UBICACIÓN :** Quebrada Santa Librada.

**DESCRIPCION:** Vista aguas arriba del barrio Salazar Salazar. Se observa la ocupación de ambos márgenes por chozas de material de desecho.



**FOTOGRAFIA No. 7.6.**

**UBICACIÓN :** Sector de la Quebrada Santa librada.

**DESCRIPCION:** Donde se han colocado escombros en la margen.

**7.9.13. Olivares (Ver FOTOGRAFIAS Nos. 7.17 y 7.18 Y FIGURA No. 6.3).**

Barrio ubicado sobre un depósito fluvio-glaciar de grandes proporciones, que yace discordantemente sobre las arcillolitas y areniscas de la Formación Usme. El

depósito, está constituido por una matriz arcillo-arenosa susceptible a la erosión y por bloques homogéneos, heterométricos cuyo eje mayor varía entre 30 y 200 cm, el espesor variable, puede llegar a los 15 m. La topografía es montañosa, con una pendiente transversal muy alta. Las



viviendas se construyeron con excavaciones grandes escalonadas.



**FOTOGRAFIA No. 7.17**

**UBICACIÓN:** Vista de la parte superior del depósito Fluvioglaciar existente.

**DESCRIPCION:** En donde se construyó el barrio olivares. Se observan las casas abajo debido a las excavaciones que se necesitaron hacer por la pendiente tan alta del terreno.



**FOTOGRAFIA No. 7.18**

**UBICACIÓN:** Barrio Olivares.

**DESCRIPCION:** Panorámica al Oeste. En primer plano barrio Olivares.

La vía principal del barrio, tiene una pendiente muy alta y es el acceso a una ladrillera, por lo tanto, el flujo de vehículos pesados es alto y esto ha generado

asentamientos en las casas adyacentes, destruyendo los andenes y los frentes de las casas.

Unos de los extremos del barrio se



encuentra sobre la ladera de la margen de la quebrada Santa Librada. Esta ladera tiene una pendiente transversal bastante alta, sin embargo se mantiene estable debido a la gran cobertura vegetal de la zona.

Se debe mantener la vegetación de la ladera, deben evitarse las construcciones sobre ella.

Este barrio se encuentra por encima de las cotas de servicio del Distrito, sin embargo, es necesario dotar a la comunidad con los servicios básicos de acueducto y alcantarillados pluvial y de aguas negras, así mismo el de recolección de basuras para evitar la acumulación de ellas en la quebrada.

Debe pavimentarse la vía principal. El pavimento a colocar debe contar con un sistema de rugosidad especial para permitir el fácil agarre de las ruedas. Debido a la alta pendiente, el riesgo de accidentes es alto, por lo tanto debe generarse un sistema de seguridad para disminuir el riesgo.

Deben monitorearse continuamente los muros existentes, para prevenir a tiempo cualquier eventualidad.

También, debe adiestrarse a la comunidad sobre los riesgos que se están corriendo, con el fin de que ellos mismos puedan cumplir con la función del monitoreo general y el de la propia casa.

El agua potable la llevan desde un sector muy alto por medio de mangueras, que frecuentemente se rompen por el paso de los vehículos. El manejo del drenaje no es eficiente.

#### **7.9.14 Marichuela III Sector (Ver FIGURA No. 6.4).**

Este barrio se encuentra ubicado sobre un relleno realizado junto a un depósito fluvio-glaciar, la pendiente transversal en general es moderada, con una alta pendiente en el extremo del barrio, aledaño a la quebrada Yomasa., La margen se encuentra bien revegetalizada, razón por la cual no se notan rastros de inestabilidad. (Ver FOTOGRAFIA No. 7.2).

En la visita realizada a la zona del proyecto, se observó una edificación con serios problemas de agrietamientos, sin embargo, este inconveniente es debido a deficiencias estructurales de la cimentación y de las paredes.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE



**FOTOGRAFIA No. 7.2**

**UBICACIÓN :** Un sector del barrio Marichuela III.

**DESCRIPCION :** Vista al norte, el barrio se encuentra emplazado sobre un relleno, ubicado al lado y sobre un depósito fluvioglacial

### **7.9.15. Monteblanco (Ver FOTOGRAFIA No. 7.16 Y FIGURA No. 6.4).**

Barrio compuesto con sectores de diferentes características, el sector sur, cercano a la vía a Usme es de topografía semiplana con las calles de alta pendiente

pavimentadas y construcciones hechas con buenos materiales, concreto y ladrillo. El sector inferior, cercano a la quebrada Yomasa, está formado por terrenos más pendientes, y el número de calles pavimentadas se reduce.



**FOTOGRAFIA No. 7.16**

**UBICACIÓN:** Vista de un sector del barrio Monteblanco.

**DESCRIPCION:** Se observan las excavaciones grandes para la construcción de vivienda, debido a la alta pendiente del terreno.



El material sobre el cual están construidas las viviendas, corresponde a un depósito medianamente consolidado y algunas edificaciones presentan agrietamiento, debido a asentamientos del depósito. La mayoría de los habitantes son conscientes del problema y logran evitar inconvenientes construyendo una s buenas bases y muros.

Deben controlarse las aguas y las vías de importancia que puedan tener un flujo considerable de vehículos pesados, deberán tener en cuenta este aspecto, para que las casas aledañas a la vía no se vean afectadas por asentamientos debidos a la vibración y al paso de dichos vehículos.

#### **7.9.16 La Esmeralda (Ver FIGURA No. 6.5)**

Localizado en la margen derecha del Río Tunjuelo en el sector Brazuelos.

Aunque en algunos sectores la transversal es alta, la consistencia del material hace que no se evidencien problemas de inestabilidad, sin embargo es necesario el

control de las aguas de escorrentía y dotar a la comunidad de los servicios básicos, para evitar que las aguas inicien fenómenos de erosión y posteriormente fenómenos de inestabilidad.

#### **7.9.17. Bosque El Limonar II**

Este barrio se encuentra ubicado sobre un depósito fluvioglacial en una topografía de alta pendiente transversal y alturas de taludes naturales grandes. (Ver FOTOGRAFIA No. 7.1 Y FIGURA No. 6.5). Las aguas de escorrentía no son adecuadamente manejadas, las tuberías de agua potable se rompen frecuentemente y las aguas residuales no tienen el tratamiento adecuado.

Se deben generar sistemas de control efectivo de las aguas de escorrentía consistente en cunetas de coronación y transportarlas adecuadamente utilizando estructuras de disipación, cajas de control y descoles apropiados dependiendo el sitio de disposición, en general, es la construcción de los alcantarillados pluvial y de aguas negras.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



### FOTOGRAFIA No. 7.1

**UBICACIÓN:** Vista al norte del barrio el Bosque El limonar II.

**DESCRIPCIÓN:** En una pendiente fuerte se aprecian las excavaciones y los diferentes tipos de construcción. Concreto y ladrillo y otros en materiales de desecho. No existe un adecuado manejo de aguas

Adicionalmente, se debe construir técnicamente el suministro de agua potable para eliminar las fugas.

Debido a la gran pendiente transversal del área, se debe restringir la construcción de viviendas muy cerca del barranco. Estas viviendas deben estar aisladas del barranco por lo menos una vez la altura del talud.

### 7.9.18. Municipio de Usme (Ver FIGURA No. 6.6).

Municipio ubicado en terreno ondulado y en algunos casos con pendientes transversales entre medianas y altas. La mayoría de las calles se encuentran pavimentadas y las zonas suburbanas adyacentes se encuentran empedradas.

En general, el casco urbano del municipio de Usme se encuentra en buenas condiciones de estabilidad.

### 7.9.19 Puerta Al Llano II (Ver FIGURA No. 6.7).

Barrio localizado en zona montañosa con terrenos de pendiente transversal alta. El material del subsuelo es rocoso de alta resistencia.

Aunque, las pendientes transversales son muy altas, y las edificaciones no son técnicamente bien construidas, no se esperan mayores problemas de remoción en masa. Sin embargo, se recomienda la construcción de los sistemas de alcantarillado pluvial y de aguas negras, lo mismo que el sistema de suministro de



agua potable para evitar que las aguas de escorrentía superficial inicien los procesos

## 7.10 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL

### 7.10.1 Medidas preventivas

#### 7.10.1.1 Áreas no apropiadas para urbanizar

La primera tarea a realizar es definir las áreas de exclusión, que por su importancia hídrica, ambiental ó por la amenaza tan alta que representan, no deben ser urbanizadas, incluyendo aquellas áreas que por sus condiciones topográficas y geotécnicas, tienen un alto grado de inestabilidad que ponen en peligro las viviendas y las vidas de sus habitantes. Estas áreas se muestran en el PLANO No. 8.

Algunas de esta áreas se agruparon de la siguiente forma:

- “ Parques naturales.
- “ Rondas de quebradas.
- “ Zonas de recarga hídrica.
- “ Zonas de alta y muy alta amenaza.

Dentro de la zona de estudio se encuentra el Parque Entrenubes, la mayor parte de esta área se encuentra cubierta de vegetación, lo que hace que se mantenga estable y no se evidencien fenómenos de remoción en masa. Sin embargo, ya han empezado a presentarse asentamientos humanos y se ha iniciado la construcción

de erosión hídrica, favorecido por las altas pendientes del terreno.

de una vía de penetración. Por ejemplo el barrio Olivares ocupa parte de este parque. Dentro del área de este parque se recomienda prohibir el avance de las construcciones, corregir las laderas inestabilizadas, conformando técnicamente los taludes, colocando muros de gaviones ó jarillones en las patas, zanjas de coronación con su debidas estructuras de disipación y entrega para el manejo de aguas. Adicionalmente, debe implementarse una revegetalización con especies nativas.

Las rondas de las quebradas hacen parte de las zonas críticas. La gran mayoría de ellas ya no se encuentran libres, debido a que se ha construido desde la corona de las márgenes, llegándose incluso a construir sobre rellenos hechos dentro del área de la quebrada, generando un claro foco de inestabilidad. Se recomienda recuperar estas rondas, reubicando las viviendas que estén dentro de ella y dejando una vía ó una franja de manejo inmediatamente después de la ronda (Ver FIGURA No. 7.1). Este problema es de gran magnitud por la gran cantidad de viviendas existentes en las rondas. Puede considerarse otra alternativa que consiste en canalizar algunas de las quebradas y rellenar el área, dejando vías y zonas verdes. Para ello sería necesario crear las disposiciones para su control.

Las áreas de alto riesgo están ubicadas en



las coronas y en la pata de taludes muy empinados y altos, ó en taludes de depósitos con alta pendiente transversal, como ejemplo se tienen las zonas de canteras, como en el sector de la Fiscala.

Las construcciones en dichos sitios deben guardar una distancia mínima a la corona ó a la pata del talud; distancia que debe ser

dividida en tres fracciones. La primera fracción corresponde a la zona de talud que es el área necesaria para su estabilización. La segunda fracción es una franja de seguridad para proteger los elementos a preservar y como tercera fracción se puede dejar para una vía de acceso ó una franja de manejo especial del área. (Ver TABLA No. 7.1).

**TABLA No. 7.1 FRANJA DE SEGURIDAD EN LAS CORONAS DE LOS TALUDES**

TIPO DE MATERIAL	ZONA DE TALUD	FRANJA DE SEGURIDAD	VIA
En roca dura y sana.	0.50H	0.25 H	6-8 m
En roca sana de consistencia media	0.75H	0.4 H	6-8 m
En roca sana blanda	1.00H	0.5 H	6-8 m
En Depósitos consolidados y cementados	1.00H	0.5 H	6-8 m
En depósitos firmes poco consolidados	2.00H	1.0 H	6-8 m
En depósitos blandos	Debe hacerse un estudio geotécnico detallado.		

En donde H representa la altura del talud.

A continuación se presenta el esquema de distribución como una guía, (Ver FIGURA No. 7.2) pero no para eliminar el estudio geotécnico para cada caso.

En los casos de roca fracturada, meteorizada ó de alta degradabilidad, debe hacerse una evaluación detallada para cada caso.

En la pata de los taludes.

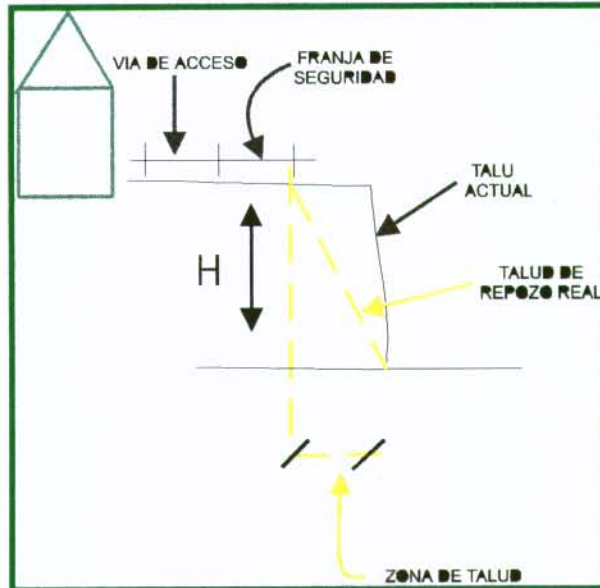
Debe hacerse un análisis detallado para

cada caso, pero como referencia, la distancia de construcción puede ser, a partir de la pata del talud  $0.75H + 6$  u  $8$  m de vía. Adicionalmente, a la distancia  $0.75 H$  debe construirse una barrera física real, como muro, cordón de bloques de roca ó arborización consistente. Para considerar la arborización como una barrera real, los árboles deben tener un tamaño tal, que puedan contener los bloques de roca ó materiales que puedan desprenderse de los taludes.





FIGURA No. 7.1. ZONAS DE SEGURIDAD EN LAS CORONAS DE LOS TALUDES



En los depósitos, se debe garantizar un manejo técnico adecuado de las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial con cunetas y subdrenes de coronación, estructuras de disipación y entrega. Ver diseños típicos de subdrenes, cunetas, descoles y estructuras de disipación en los *PLANOS Nos. 6 y 7* los cuales sirven para minimizar la amenaza y posiblemente eliminar el riesgo alto. Sin embargo, los depósitos que se encuentren en un grado de amenaza alta no deben urbanizarse.

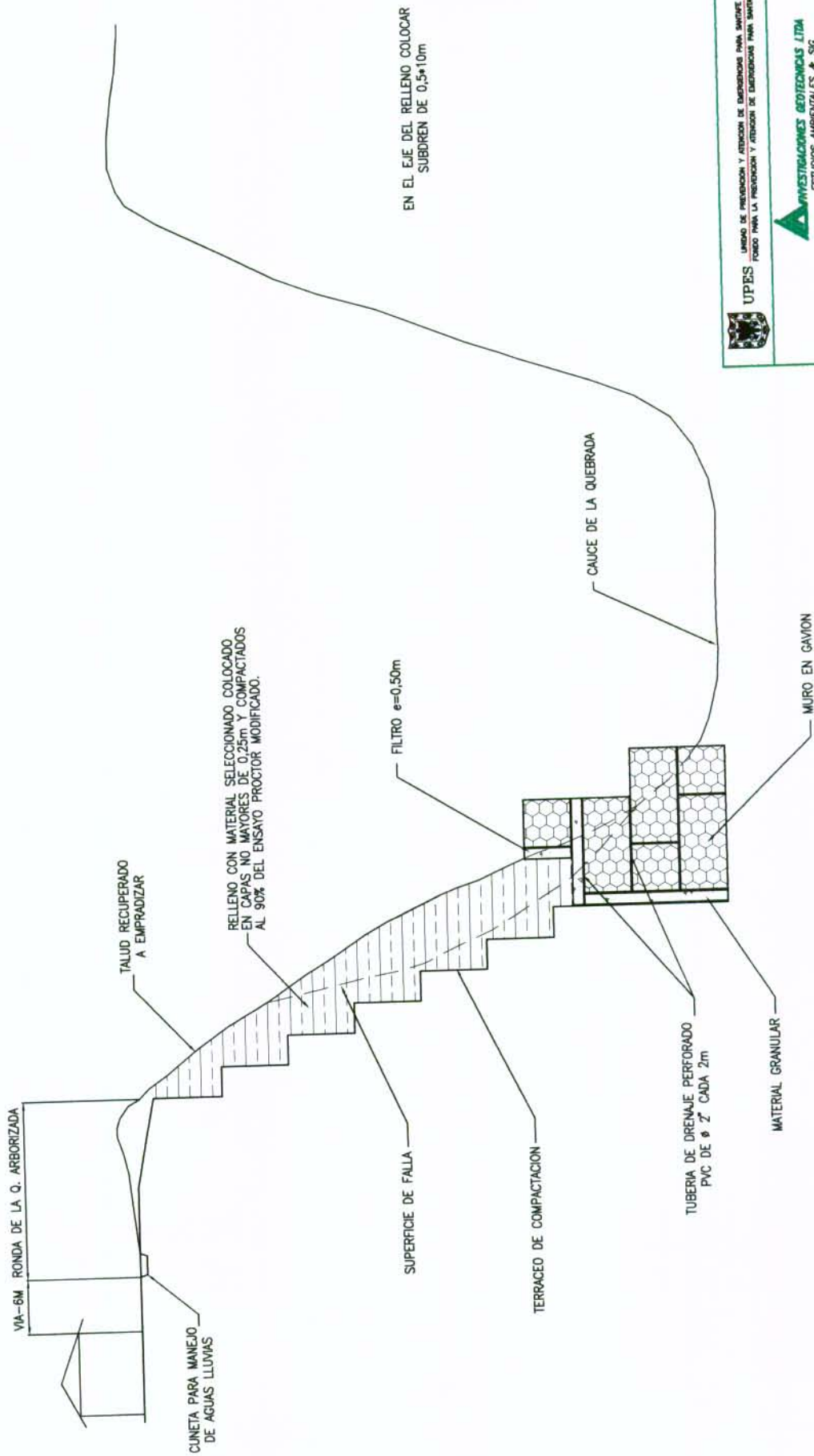
#### 7.10.1.2 Dotar a la comunidad de servicios públicos.



Los servicios básicos deben ser prioridad en los barrios legalizados (Acueducto, Alcantarillado, Recolección de basuras, Energía eléctrica), para eliminar o al menos

minimizar las causas originadoras de la inestabilidad. En gran parte de la zona de estudio se carece de servicios públicos básicos, incluidos Acueducto, alcantarillado y recolección de basuras. Esto hace que cada comunidad los maneje a su manera, generando focos de inestabilidad.

Por lo tanto la primer labor que debe realizarse es precisamente dotar a la comunidad de servicios públicos, en los cuales se conduzcan las aguas técnicamente. En los acueductos deben eliminarse las fugas incontroladas y las zanjas deben ser bien tapadas de tal manera que no se generen canales de transporte de escorrentía superficial encima del tubo.

En el alcantarillado, adicionalmente deben



 UPES INSTITUTO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS PARA SMIOTRÓFICO DE BOSQUE, FOPAE FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS PARA SMIOTRÓFICO DE BOSQUE	
	
ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME	
ESQUEMA TIPICO PARA RECUPERACION DE MARGENES CON MURO DE GAVIONES	
ESCALA:	ESQUEMATICA
FECHA:	OCTUBRE 1998
FIGURA No.	7.2
DIGITALIZO:	J. F. PARRA
ARCHIVO:	FIG72.DWG
REV.	001



hacerse las entregas a los diferentes colectores ó a las quebradas. Estas entregas deben ser revestidas y con estructuras de disipación en sitios de altas pendientes. La ubicación de postes y cajas para las diferentes líneas de energía no debe hacerse muy cerca de la corona de los taludes y se deben tapar muy bien los huecos en donde se han colocado dichos postes, para evitar empozamientos de agua que faciliten la infiltración.

Debe impedirse la colocación de basuras y escombros, en taludes, laderas, márgenes, cauces de quebradas (La Hoya del Ramo y Santa Librada), y en general en sitios no destinados específicamente para ello.

### **7.10.1.3 Control de escorrentía superficial.**

Toda el área debe dotarse de un adecuado control de escorrentía superficial por medio de cunetas en la pata de los taludes, cunetas ó zanjas de coronación en la corona de los taludes, en la interfaz roca depósito, cunetas en las vías, y en general en aquellos sitios en donde la escorrentía superficial es incontrolada. Las cunetas deben ser escalonadas, ó con estructuras de disipación para pendientes superiores al 5%. En los depósitos, adicionalmente debe controlarse la escorrentía subsuperficial por medio de subdrenes, que pueden ser tipo francés de 0.5\*1.0, 0.8\*0.8, ó .8\*1.5. Estos deberán colocarse en la interfaz roca - depósito, en la pata de los taludes.

## **CAPITULO VIII**



## CAPITULO 8

### TABLA DE CONTENIDO

8. CONCLUSIONES GENERALES.	1
----------------------------	---



## 8. CONCLUSIONES GENERALES

Como la mayoría de las amenazas se disparan por las actividades relacionadas con las construcciones o la explotación de materiales el mapa de amenaza producto de este estudio debe manejarse con cuidado para las áreas que quedarán fuera de los 27 barrios objeto de la contratación de este proyecto. Es decir que para tener un mapa de amenaza que cubra en un 100% la Localidad de Usme se debe recorrer los barrios en su totalidad. También debe tenerse en cuenta la dinámica de urbanización, lo cual origina cambios en el nivel de amenaza lo que quiere decir que en menos de seis meses un nivel de amenaza baja puede pasar a media o de media a alta.

1. Intrínsecamente un gran porcentaje de los diferentes tipos de materiales existentes en el área tienen una susceptibilidad a los fenómenos de inestabilidad media o baja. Lo anterior implica que los factores naturales físicos no son los que más influyen en el origen de la inestabilidad del terreno.
2. Otro factor que tampoco incide mucho en la inestabilidad es el climatológico, porque la cantidad de lluvia y su distribución anual en el sector de la localidad de Usme y particularmente en el área estudiada, no son críticos y normalmente no mantienen saturados los diferentes materiales.

☀ La mayoría de los fenómenos de remoción en masa ocurridos cerca y dentro del área de estudio (tres de los analizados en total) no se presentan en las épocas de lluvia obtenidas para la zona, según los registros pluviométricos.

☀ Las lluvias registradas y analizadas a nivel diario para la zona de estudio utilizada para cada fenómeno de remoción tienen características variables en cuanto intensidad y duración, son datos independientes entre sí y no tienen ninguna relación en el tiempo.

☀ De acuerdo con la acumulación retrospectiva a nivel diario de la lluvia para cada uno de los eventos, se determinó que la precipitación crítica o detonante para desestabilizar una ladera es de aproximadamente 75 mm en 15 días. El número de días puede disminuir si se tiene en cuenta que los meses más lluviosos son Mayo y Noviembre y en el presente estudio sólo se analizaron tres en éste periodo.

3. La pendiente transversal juega un papel importante en la presencia de los fenómenos de remoción en masa, pero tampoco es el factor más importante originador del fenómeno.



4. El factor antrópico es el principal parámetro en preparar y desencadenar los fenómenos de inestabilidad.

Se destaca la falta de una técnica apropiada para las construcciones, además los sitios donde se construye generalmente carecen de un buen manejo de las aguas lluvias, así como de las aguas residuales.

Dentro del aspecto antrópico, se deben incluir los servicios básicos ilegales, específicamente el agua para consumo humano que es transportada por medio de mangueras, muchas de las cuales están rotas, permitiendo así la saturación del material o la transmisión de la presión hidrostática de la conducción cuando están enterradas en laderas de alta pendiente.

5. El sistema de información geográfica ha sido una herramienta muy útil para la generación del mapa de amenaza por la facilidad con que se pudo combinar y analizar toda la información temática utilizada.
6. Las áreas de amenaza muy alta no existen dentro de los 27 barrios estudiados. Las zonas de amenaza alta no llegan al 4%. En conclusión el porcentaje de áreas estables es alto.
7. Todas las zonas son de riesgo alto mitigable, las medidas propuestas deben realizarse a un plazo inmediato

porque de lo contrario podrían ocurrir grandes pérdidas materiales y en vidas en dichos sitios.

8. La probabilidad de la ocurrencia de falla del terreno se verá disminuida en algunos sitios, al realizarse el plan diseñado por el área técnica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). Las obras de alcantarillado que se ejecutan o ejecutarán en los barrios Monte Blanco, Danubio azul, La Fiscala norte y Salazar Salazar en un futuro inmediato, disminuirá la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de inestabilidad y de la erosión hídrica superficial.
9. Las obras para los acueductos de Brazuelos, Esmeralda, Manantial, El Montañón, El Oasis y el interceptor Yomasa - Alfonso Lopez, también disminuirán la probabilidad de falla.
10. Como el riesgo en estos barrios (Ver FIGURA No. 7.1) presenta un carácter dinámico y el factor de mayor impacto es el antrópico, el escenario de riesgo presentado actualmente es susceptible a sufrir cambios a un corto plazo, por eso debe actualizarse en forma periódica.
11. La vulnerabilidad general de la Localidad de Usme es alta debido principalmente a sus condiciones socioeconómicas. Si se quiere reducir



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

---

dicho grado de vulnerabilidad se deben mejorar los siguientes aspectos:

- ✦ Servicios básicos.
- ✦ Nivel de educación.
- ✦ Disminución del desempleo.
- ✦ Aumento en la obtención de ingresos por familia.
- ✦ Organización comunitaria.



# CAPITULO IX

RECOMENDACIONES  
GENERALES



## CAPITULO 9

### TABLA DE CONTENIDO

9.RECOMENDACIONES GENERALES.....	1
----------------------------------	---



## 9.RECOMENDACIONES GENERALES

Además de las recomendaciones particulares localizadas en el CAPITULO 7, en el presente capítulo se presentan las recomendaciones para mitigar la amenaza por inestabilidad del terreno, espacializándolas en un mapa a escala 1:10.000.

Las siguientes recomendaciones tienen como base los resultados de los estudios interdisciplinarios realizados para cumplir los objetivos y el alcance del presente estudio, además de tener en cuenta el aspecto ambiental integrado (Componente abiótico, biótico y socioeconómico-cultural).

En el mapa se espacializan las 10 recomendaciones generales que a continuación se describen:

1. **Zona de parque natural.** Señalada con color verde claro en el mapa, corresponde al parque Entrenubes. Se recomienda no dejar dos sectores separados y unir en una sola franja este parque, por lo tanto, se debe adicionar el sector comprendido entre las quebradas Boloña y Santa Librada. De este modo se minimiza la probabilidad de falla en las áreas abruptas y/o con depósitos recientes.
2. **Zonas aptas para urbanizar.** Señalada con color verde blanco en el mapa. De acuerdo con la zonificación de amenaza

y a la factibilidad ambiental, estas áreas pueden ser urbanizadas en una forma técnica, lo cual disminuye la probabilidad de falla.

3. **Zona de protección hídrica.** Señalada en el mapa con color azul claro. Indica las áreas que deben protegerse por ser zonas de recarga o de nacimientos de quebradas. Al tomarse esta medida los procesos erosivos y el control hidrológico volverán a sus parámetros naturales.
4. **Zonas verdes.** Señalada en el mapa con color verde manzana. Estas zonas se proponen en áreas de amenaza alta y muy alta, las cuales no son aptas para asentamientos humanos pero si pueden ser usados como parques. Con esta medida se evita la generación de riesgo.
5. **Zonas de explotación minera:** Se utilizó el color amarillo rojizo para señalar todas las áreas que están en explotación más las áreas a explotar. Cuando se terminen las actividades de explotación se deben recuperar estas zonas y dejarlas como zonas verdes. No se recomienda urbanizar.
6. **Zonas necesitadas de servicios.** Estas áreas se identifican por el color amarillo y agrupan los barrios que necesitan que se les suministre los servicios básicos,



- especialmente: acueducto, alcantarillado y recolección de basuras, en el futuro más cercano posible. Lo anterior minimiza la probabilidad de falla y por consiguiente el riesgo.
7. **Zonas para recuperar.** Señaladas por el color naranja. Se encuentran las áreas que deben ser recuperadas como: las rondas de los cuerpos de agua, los cinturones alrededor de las canteras, rellenos técnicamente mal conformados y taludes. Se propone en estas zonas revegetalizar, empradizar y donde sea necesario, hacer las obras de contención necesarias, así como dejar la franja de seguridad. Ver PLANOS Nos. 6 y 7.
8. **Zonas urbanizadas.** Las áreas en color gris señalan todas las urbanizaciones consolidadas y con los servicios básicos completos. Se recomienda el monitoreo y mantenimiento del acueducto y alcantarillado.
9. **Zonas de cultivos.** En color café son áreas aptas para uso agrosilvopastoril de acuerdo con las características edafológicas y geotécnicas que presentan. El uso adecuado del terreno es una forma de minimizar la probabilidad de falla y la ocurrencia de riesgo.
10. **Zonas en conflicto de uso.** Son las áreas en donde el terreno está siendo usado en la forma menos apropiada y se necesita cambiar lo más pronto posible su uso. Actualmente hay áreas en explotación y desarrollo urbanístico dentro de la zona del parque natural Entrenubes; es necesario suspender dicha actividad y recuperar ambientalmente estas áreas. Las urbanizaciones que ese están desarrollando en antiguas zonas de cantera deben ser suspendidas hasta que halla una recuperación de los taludes y demarcación de áreas de seguridad.

# **ANEXO A1**

GEOLOGIA



## ANEXO A1

### GEOLOGIA

En este anexo se consigna toda la información geológica y geomorfológica del área estudiada la cual se obtuvo realizando una fotointerpretación a escala 1: 7000 y una verificación de campo.

#### 1. ESTRATIGRAFIA

A continuación se describen las formaciones aflorantes en el área de estudio partiendo de la mas antigua.

- Formación Arenisca de La Regadera (Ter)

La Formación Arenisca de La Regadera, definida por Julivert (1963), está compuesta por areniscas de grano grueso y conglomerados con cantos de cuarzo en una matriz arenosa, areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, friables, arcillolitas y lutitas. Según Julivert (*op. cit.*) la Arenisca de La Regadera es un nivel con un espesor de cerca de 400 metros que puede ser considerado como formación ya que es muy diferente a la Formación Usme.

La Arenisca de La Regadera conforma una serie de cerros muy resistentes a la erosión, y por lo tal, desarrollan crestones en ambos flancos del Sinclinal de Usme (Ver FOTOGRAFIAS Nos. A1-1 & A2-2).

Según Julivert, el contacto de esta unidad con la infrayacente Formación Bogotá es muy neto y "la discordancia progresiva que afectaba a las Formaciones Guaduas y Bogotá se presenta también en la Arenisca de La Regadera llegando incluso a manifestarse una discordancia angular entre la Arenisca de La Regadera y la Formación Bogotá. El límite superior con la Formación Usme es igualmente discordante en muchos sectores.

De los diferentes afloramientos observados en campo se puede concluir que la formación Areniscas de La Regadera esta conformada por litoarenitas de color blanco en muestra fresca. En la roca alterada los diferentes componentes líticos generan un color rojizo (Ver FOTOGRAFIA No. A1-3); estas capas de litoarenitas se intercalan con capas gruesas de cuarzoarenitas y conglomerados cuarzosos de moderada alta consolidación. Igualmente se presentan finas capas de arcillolitas grises con alto contenido de material caolinítico (Ver FOTOGRAFIA No. A1-4).



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



FOTOGRAFIA No. A1-1

ACIMUT: 255°

LOCALIZACIÓN: Vista hacia el SW. Sector del relleno sanitario de Doña Juana.

DESCRIPCIÓN: Suave relieve desarrollado por las Formaciones Bogotá (Tpb) y Guaduas (KTg) entre dos importantes niveles de areniscas, al fondo el Grupo Guadalupe (Ksg) y un longitudinal cerro de la Formación Areniscas de la Regadera (Ter).



FOTOGRAFIA No. A1-2

ACIMUT: 255°

LOCALIZACIÓN: Sector Alto de los Pinos.

DESCRIPCIÓN: Fuerte relieve generado por la Formación Areniscas de La Regadera (Ter), nótese la morfología desarrollado por un nivel lutítico (Termd) intercalado entre dos importantes areniscas (Terms).



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

---



FOTOGRAFIA No. A1-3

ACIMUT: 129°

LOCALIZACIÓN: Sector de Compostela.

DESCRIPCIÓN: Nivel superior de la Formación Areniscas de La Regadera. Capas gruesas y medias de areniscas cuarzosas y litoarenitas de las cuales se extrae caolín y arenas para construcción.

El ambiente de acumulación de las Areniscas de La Regadera correspondió a un sistema fluvial migrante que tendía a pantanos con salinidad de media a alta durante el Eoceno Medio (Acosta & Beltrán, 1987).





**FOTOGRAFIA No. A1- 4**

**LOCALIZACIÓN:** Cantera del Barrio Alaska.

**DESCRIPCIÓN:** Delgada intercalación de arcillolitas grises (Termd) de la Formación Areniscas de La Regadera en medio de importantes capas de areniscas (Terss).

La edad de la Formación Arenisca de La Regadera es considerada como Eoceno Medio (Van der Hammen, 1957, p. 201).

- Formación Usme (Tmu)

Su autor, Hubach (1957) la describió como la parte superior de una sucesión cretáceo-terciaria de 6000 a 8000 metros de espesor y que se halla expuesta al oriente de la sabana. Este mismo autor señaló que hacia la base de la Formación Usme se presenta un nivel de areniscas de grano medio a grueso, las cuales posteriormente fueron agrupadas por Julivert (1963, p.17) como la Arenisca de La Regadera.

Julivert (1963) divide la Formación Usme en dos niveles, la parte inferior (Tmui) que es predominantemente lutítico en la cual se han encontrado foraminíferos arenáceos, un poco encima de la Arenisca de La Regadera; este nivel inferior tiene un espesor aproximado de 50 metros, (Ver FOTOGRAFÍAS Nos. A1-5 & A1- 6). Sobre el anterior nivel, yacen areniscas cuarzosas de grano grueso y conglomerados de grano fino (Tmus) que son discordantes sobre un nivel lutítico inferior (Tmui) y con las Formaciones Areniscas de La Regadera y Bogotá. (Ver FOTOGRAFIA No. A1-7).



FOTOGRAFIA No. A1- 5

ACIMUT: 140°

LOCALIZACIÓN: Fotografía tomada desde el Barrio Alaska.

DESCRIPCIÓN: Relieve desarrollado por la Formación Usme y su contacto con las Areniscas de La Regadera (Ter), nótese el relieve desarrollado por un nivel lutítico inferior de la Formación Usme (Tmui) y el desarrollado por el nivel de areniscas superiores (Tmus).

El espesor total de esta formación es aún incierto, Hubach (1957) afirma que el conjunto puede tener de 500 a 600 metros, mientras que Porta (1974) dice que éste se encuentra entre 400 y 500 metros.

Sus características litológicas y paleontológicas indican un ambiente de depósito marino lagunar para la parte inferior de la unidad, y con influencias deltáicas para la parte superior.

Porta (1974) afirma que la Formación Usme pudo haber sido acumulada durante el Oligoceno - Mioceno como tener una edad exclusivamente Mioceno. Más recientemente (Hoom, 1990) determina la edad del segmento inferior como Oligoceno.

- Formación Tilatá (Qpt)

Su autor, Schiebe (1922, en Porta, 1974) la describe como "un conjunto de areniscas de grano grueso con lechos de cascajo. Los granos de arenisca y los guijarros de los lechos cascajosos consisten en cuarzo y plaeners, de modo que el cuarzo prevalece normalmente; en los lechos cascajosos sin embargo, prevalecen a veces los guijarros de plaeners. La arenisca, friable en lo general, se vuelve dura por infiltraciones de limolita". Este mismo autor



afirma que el espesor puede alcanzar los 100 metros pero que en otros lugares podría alcanzar espesores mayores (pozo en los alrededores de Funza, Hubach, 1957 p. 97).



FOTOGRAFIA No. A1-6

ACIMUT : 220°

LOCALIZACIÓN: Barrio Alaska.

DESCRIPCIÓN: Nivel lutítico inferior de la Formación Usme. Nótese la laminación media y el color gris de las arcillolitas con muy delgadas intercalaciones de areniscas de grano muy fino.

La acumulación de la Formación Tilatá fue el resultado del relleno continuo de la sabana y hacia la superficie se presenta una amplia terraza que se eleva entre 5 y 15 metros sobre los cauces actuales de los ríos, la que representa el final del relleno lacustre que tiene cerca de 200 metros de espesor (Julivert, 1963 p. 20). Los únicos fósiles encontrados en la Formación Tilatá fueron reportados por Hubach (1957) como "pepas de *Saccoglottis*" en la base de la unidad. Estas pepas son de una planta típica de pantanos al nivel del mar. En el área de estudio, la Formación Tilatá aflora hacia la parte baja de los Barrios Alaska - La Fiscala y yace discordante sobre las Formaciones Areniscas de La Regadera y Usme (Ver PLANO No. 1 & FOTOGRAFIA No. A1-8).



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



FOTOGRAFIA No. A1-7

ACIMUT : 160°

LOCALIZACIÓN: El Mirador.

DESCRIPCIÓN: Nivel de areniscas de la parte superior de la Formación Usme en la cual se presentan intercalaciones de arcillolitas grises con cuarzoarenitas de grano fino a medio.



FOTOGRAFIA No. A1-8

LOCALIZACIÓN: Barrio Alaska.

DESCRIPCIÓN: Nivel de arcillolitas del nivel inferior de la Formación Usme (Tmui) a la cual se superpone la Formación Tilatá (Tpt), que generalmente desarrolla morfología de tierras malas (bad lands).



En cuanto a la edad de la Formación Tilatá, Van der Hammen (1957, p. 202) afirma que “se puede decir que una edad Pliocena de la formación Tilatá es muy probable, aunque queda la posibilidad de que la parte superior comprenda también Pleistoceno Inferior”.

- Depósitos fluviglaciares (Qfg)

En el Mapa Geológico (PLANO No. 1) aparecen cartografiados una serie de pequeños lomos hacia los Barrios Tenerife, El Virrey y Los Comuneros. Se presume que estos depósitos fueron acumulados como el resultado de grandes flujos de materiales provenientes del ancestral Páramo de Sumapáz. Según las descripciones llevadas a cabo por Porta (1974) acerca de la Formación Tilatá, estos depósitos podrían ser una facies más próxima de la Formación Tilatá. Hacia la parte central del área de estudio, este relieve alomado se encuentra sepultado (fossilizado) por los niveles superiores de la Formación Tilatá y por los Conos del Tunjuelo.

Otro depósito fluviglaciario de gran importancia es el que se encuentra entre el curso medio de las Quebradas Santa Librada, Bolonia y Yomasita (Ver FOTOGRAFIA No. A1-9). Al parecer este gran depósito es más joven que el anterior ya que su superficie se encuentra poco disectada, pero al igual que el anterior se encuentra fossilizado por la terraza alta del Río Tunjuelo.



FOTOGRAFIA No. A1-9

ACIMUT: 30°

LOCALIZACIÓN: Vista desde el Barrio Yomasita hacia la parte alta del Barrio Compostela.

DESCRIPCIÓN: Depósito fluviglaciario de las Quebradas Santa Librada y Bolonia, el cual tiene una morfología bastante plana, con una alta pendiente (>15°) hacia el occidente.



- Conos del Tunjuelo (Qct)

Corresponde a una extensa planicie a una altura cercana a los 2.600 m.s.n.m, localizada al noroccidente del área de trabajo y de donde se han venido extrayendo los materiales de gravas para la elaboración de concretos.

Corresponde a una gruesa acumulación de sedimentos que fueron el resultado de la fuerte actividad tectónica desarrollada a comienzos del Cuaternario. Casi la totalidad de las partículas que conforman este depósito son provenientes de la Formación Guadalupe, son fragmentos de areniscas de grano fino a grueso, chert y lutitas que tienen forma subredondeada; estas partículas se encuentran acompañadas de una matriz lodosa-arenosa y frecuentemente se tienen intercalaciones de arcillolitas blancuzcas, al igual que capas turbosas.

Estos Conos del Tunjuelo se encuentran fosilizando un relieve desarrollado sobre la Formación Tiltatá y sobre los conos fluvio-glaciares, unidades posiblemente contemporáneas ya descritas.

- Depósitos de Terraza (Qta, Qtm, Qtb)

Los depósitos tipo terraza, se han dividido en tres clases, de acuerdo a la posición topográfica en la que se localizan, siendo representados en el Mapa Geológico (PLANO No. 1) con los símbolos Qta, Qtm & Qtb para las terrazas altas, medias y bajas, respectivamente.

En cuanto a las terrazas altas (Qta), se encuentran localizadas en la parte alta de la Fiscalía .Baja y otra de gran extensión que ocupa toda la parte suroccidental del área de estudio y recubre un antiguo depósito fluvio-glaciar. La composición del depósito es muy heterogénea, contiene partículas de unidades litológicas marcadamente diferentes y contiene gran cantidad de matriz arenosa interpartículas que están conformadas por bloques, cantos y guijos, en matriz arenosa - arcillosa, dispuestos ordenadamente de modo granodecreciente. El espesor de esta terraza alta tiene grandes variaciones ya que se encuentra fosilizando un paleorelieve, pero se estima que no supera los 15 metros.

Las terrazas medias y bajas (Qtm y Qtb) se encuentran cartografiadas en las proximidades del cauce del Río Tunjuelo y de algunas quebradas, están relacionadas al establecimiento definitivo de los cauces actuales de los mismos. En estos se aprecian materiales generalmente mas finos que en las terrazas altas, tales como conglomerados angulosos clastosoportados, con una marcada imbricación de los cantos, indicando la dirección de acumulación para cada cual. De poca proporción en la sucesión estratigráfica, yacen intercalados algunos delgados niveles finogranulares (limos y arcillas), por sus características



de baja permeabilidad, estos niveles conforman ocasionalmente zonas mal drenadas sobre los mismos.

En cuanto a la génesis de estas terrazas, éstas se asocian al levantamiento progresivo de la Cordillera Oriental. En esta área, las terrazas altas pueden estar asociadas a pulsos de tectónicos subcientes ( $\pm 15.000$  años A.P.) de dicho levantamiento, mientras que las terrazas medias y bajas están asociadas al establecimiento definitivo de los cauces del sistema fluvial y a los últimos pulsos tectónicos del mismo.

- Depósitos Fluviocoluviales (Qfc)

Los depósitos Fluviocoluviales corresponden a geoformas lobuladas, localizadas principalmente hacia las partes altas de las quebradas y cuyas características genéticas están relacionadas tanto a efectos de acumulación gravitatoria como a el efecto de la acción fluvial.

Generalmente están constituidos por partículas de gran variedad tanto en tamaño, como en composición. Su característica principal es la carencia de un gradual ordenamiento en sus partículas constituyentes y su angularidad, en la presencia de alto contenido de matriz arcillosa limosa y en su geoforma, la mayoría de veces semiplana en superficie.

Su acumulación, como la de la mayoría de los depósitos de ladera, se debió a el levantamiento progresivo de la Cordillera Oriental y a la fuerte acción de los pliegues, como el Sinclinal de Juan Rey y el Anticlinal La Fiscalá.

- Depósitos de planicie (Qhp)

La cartografía de este depósito se efectuó en la parte suroccidental del área de estudio, recubriendo a los depósitos fluvioglaciares, generando un aspecto semiplano producto de su constitución principalmente arcillosa.

Los sedimentos agrupados bajo esta denominación contienen en su base gravas y arenas que gradan a arcillas y limos muy semejantes a los encontrados en la parte superior de las diferentes terrazas. El espesor de este depósito no supera los 5 metros y su génesis está relacionada a las repentinias crecidas del Río Tunjuelo, cuando éste recorría la zona con un nivel de base más cercano a la posición topográfica de este depósito.

Se le ha asignado una edad de acumulación del Holoceno debido a su posición topográfica y a su relación con los demás sedimentos cuaternarios.



- Depósitos de Ladera (Qdl)

Generalmente, los depósitos de ladera se presentan en forma de pequeños cuerpos de morfología alargada, localizados principalmente hacia las zonas de mayor complejidad tectónica, en las áreas aledañas a las zonas de fracturamiento, unidades con alta inclinación de sus estratos y/o en las zonas de discontinuidad litológica.

La gran mayoría de los depósitos de ladera se encuentran localizados hacia los cauces altos de las diferentes quebradas y caños que drenan las Formaciones Usme y Arenisca de La Regadera (Ver FOTOGRAFIA No. A1-10).



**FOTOGRAFIA No. A1-10**

**LOCALIZACIÓN:** Barrio Alaska.

**DESCRIPCIÓN:** Pequeño depósito de ladera (Qdl) localizado de modo discordante sobre las Areniscas de La Regadera (Ter).

Es de anotar que algunos de éstos depósitos, fuera del área de estudio, aún se encuentran activos, presentándose en ellos reptación del suelo.

Casi en su totalidad, los depósitos de ladera están asociados a las Formaciones Areniscas de La Regadera y Usme. Si bien muchos de ellos se encuentran relativamente estabilizados, su génesis y su posición topográfica en zonas de moderada a alta pendiente hace que sean considerados de alta inestabilidad geotécnica.





ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

---

Se aprecian algunos depósitos en los cambios de pendiente, en especial hacia el contacto entre las unidades con relieves marcadamente diferentes, principalmente son coluviones, flujos y acumulaciones de caídas de detritos en los valles subsecuentes de las intercalaciones de areniscas y lodolitas.

Es de anotar que algunos de los depósitos de ladera tienen poca distribución en el área, razón por la cual no se encuentran cartografiados en el mapa geológico.



## 2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el área de influencia de los barrios de la localidad de Usme se tienen dos sectores con marcada diferencia en la geología estructural; hacia la parte superior (de la Quebrada Bolonia hacia el norte) una serie de pliegues apretados desarrollados en la Formación Areniscas de La Regadera provocan en el paisaje un aspecto rizado, de morfología abrupta en el cual es muy frecuente encontrar capas invertidas y zonas con intenso diaclasamiento. En la parte sur, el flanco oriental del Sinclinal de Usme se presenta "normal", con la Formación Usme expuesta casi en su totalidad, pero con algunos repliegues amplios hacia la Vereda El Uval. (*Ver PLANO No. 1*).

En este aspecto estructural fueron varios los estudios que se tuvieron en cuenta para determinar el estilo tectónico del área en cuestión, es así como se extrajeron algunos de los datos geológicos de Julivert (1963), Hernández & Uscátegui (1976) y Medina & Peña (1989).

El sector de las Quebradas Santa Librada - Bolonia se ha interpretado en el presente estudio, como una zona de transferencia en la cual cesan los fuertes efectos compresivos efectuados sobre la Formación Areniscas de La Regadera, con pliegues invertidos (Anticlinal de Fiscala y Sinclinal de Juan Rey), para pasar a una zona tectónicamente más tranquila, en donde la Formación Usme yace en discordancia fuertemente angular sobre las Areniscas de La Regadera.

Hacia el oriente del área, un muy continuo tren estructural que se prolonga desde el Río San Cristóbal hacia el sur también se hace presente en el área; éste corresponde al Anticlinal de Bogotá que a partir de dicho río, presenta el flanco occidental invertido.

A continuación se describen las principales estructuras geológicas del área:

- *Sinclinal de Usme*

Corresponde a la estructura más importante del área y sobre la cual se localizan la gran mayoría de los barrios de la Localidad de Usme. Hacia la parte sur del área de estudio, el sinclinal exhibe un comportamiento tectónico bastante simple, en cuyos flancos sobresale el relieve permitido por las capas competentes de la Formación Areniscas de La Regadera; ya hacia el área de trabajo, en la parte septentrional de la estructura es posible observar un cierre asimétrico hacia el noroeste en donde es frecuente encontrar capas invertidas, como las de las Areniscas de La Regadera entre las Quebradas Yerbabuena y la entrada al Botadero de Doña Juana.



Coincidente con su cierre, el trazo de la estructura tiene una deflexión en el trazo de su eje a la altura de la Quebrada de Fucha, a partir de la cual cambia su sentido de N25E a N-S hacia el Barrio Antonio José Sucre y a N24W en el sector de La Aurora.

Al parecer, la institución del Sinclinal de Usme se inició durante la acumulación de la Formación Usme (Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano) ya que al menos parte de esta unidad, yace de manera discordante sobre las Areniscas de La Regadera (Ver Corte B-B', PLANO No. 1).

- Anticlinal de La Fiscala

Corresponde a una gran estructura localizada hacia la Quebrada La Hoya del Ramo y que se encuentra afectando únicamente a rocas de la Formación Areniscas de La Regadera (ver FOTOGRAFIA No. A1-11). Adosados a esta importante estructura se encuentran una serie de micropliegues, algunos de ellos cartografiados en el Mapa Geológico (PLANO No. 1). Las rocas allí involucradas presentan alto grado de diaclasamiento y están sometidas a la intensa explotación de cantera, las cuales las hace más susceptibles a la erosión.



FOTOGRAFIA No. A1-11

ACIMUT: 014°

LOCALIZACIÓN: Vista desde el Barrio El Porvenir, hacia La Fiscala.

DESCRIPCIÓN: Anticlinal de La Fiscala y algunos de sus pliegues asociados, todos ellos desarrollados en las capas de las Areniscas de La Regadera.



El Anticlinal de La Fiscala deja de suceder hacia la Quebrada Santa Librada, posiblemente porque su eje se encuentra sepultado por la Formación Usme o porque los fuertes fenómenos compresivos desarrollados en el sector fueron más intensos hacia la parte norte de la Quebrada Santa Librada, que hacia el sur de ésta.

- Sinclinal de Juan Rey

El trazo de esta estructura sinclinal se dedujo de la repetición del nivel intermedio de las Areniscas de La Regadera. Ambos flancos del sinclinal se encuentran invertidos (Ver corte A-A', PLANO No. 1) y se presenta gran continuidad en las capas de la formación.

Al parecer, al igual que el Anticlinal de La Fiscala, la formación de esta estructura fue previa a la acumulación de la Formación Usme (pre-Oligoceno Tardío), de lo cual, cabe en la posibilidad de que sucediera durante los fuertes eventos compresivos del Eoceno Medio.

- Sinclinal de la Quinta y Anticlinal de la Requilina

Son dos estructuras amplias localizadas en el extremo sur del área de trabajo, las cuales se encuentran afectando a las rocas de la Formación Usme, en la cual no generan mayores complicaciones estructurales, ni diaclasamientos de gran envergadura.

El Anticlinal de La Requilina presenta un trazo de su eje por cerca de 700 metros de longitud y con dirección N15E. El Sinclinal de la Quinta tiene dirección N5 –10W y se prolonga por más de un kilómetro de longitud.

- Falla de Yomasa

Corresponde a un importante trazo rectilíneo, con dirección general N40W, a través del cual sufre un importante cambio la dirección del rumbo de las capas de las Formaciones Areniscas de La Regadera y Usme hacia un sentido NW, haciendo que el eje del Sinclinal de Usme igualmente se defleccione en esta dirección.

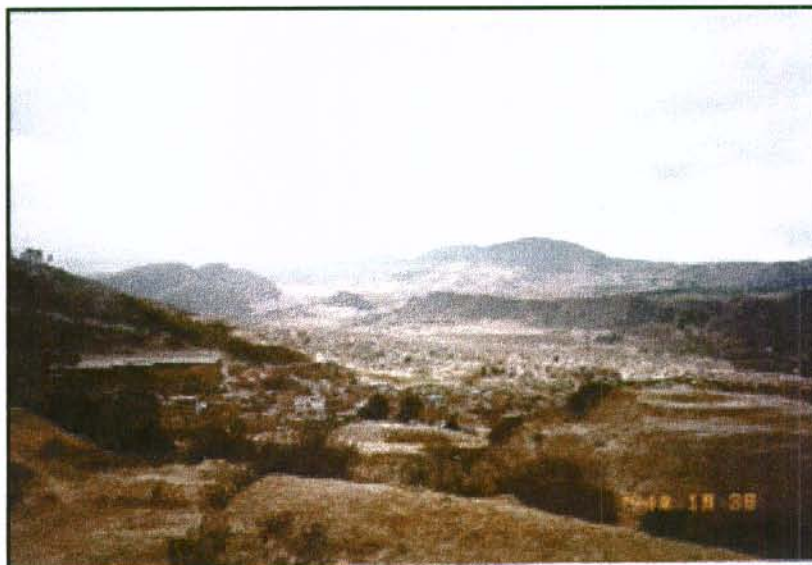
Hacia la Quebrada Yomasa, esta estructura se divide en dos segmentos: uno de los cuales conserva idéntica dirección al trazo principal, pasando inmediatamente al norte del Barrio El Bosque y provocando un desplazamiento de carácter dextral en las capas de la Formación Guadalupe. El otro continúa el curso de la Quebrada Yomasa (N85W) y de la misma manera, generan un leve desplazamiento dextral en las rocas cretáceas.



- Falla de Yerbabuena

Corresponde a un importante trazo de falla que corre paralelo a la Quebrada Yerbabuena y que a través de la cual se genera una inversión en el buzamiento de las capas a ambos lados del trazo.

Al occidente de la población de Pasquilla, en la vía que conduce hacia el campamento militar y las antenas repetidoras, se observa una gran zona de cizalla y una inversión en las capas de la Formación Guadalupe (Arenisca Tierna). Igualmente, hacia el sector del botadero de Doña Juana, las capas de la Formación Areniscas de la Regadera, al norte de la Quebrada Yerbabuena se invierten (*Ver FOTOGRAFIA No. A1-12*).



FOTOGRAFIA No. A1-12

ACIMUT : 255°

LOCALIZACION : Sector Botadero Doña Juana.

DESCRIPCION : Trazo de la falla de Yerbabuena y variación en el buzamiento de las capas al norte y al sur de su trazo.



### 3. EVOLUCION GEOLOGICA

La evolución geológica del área de estudio tiene su inicio durante el Cretáceo Tardío, (Coniaciano) durante el cual ocurre la acumulación de la Formación Guadalupe, en un mar somero y tranquilo que penetró por el norte y que permitió la acumulación de cerca de 400 metros de areniscas. Hacia finales del Cretáceo (Maestrichtiano) y comienzos del terciario (Paleoceno), cesa la acumulación de arenas por la retirada del mar y comienza una gran acumulación de arcillolitas con algo de afinidad continental y capas de carbón (Formación Guaduas), intercalaciones de areniscas (Formación Cacho) y por último arcillolitas netamente continentales, de color rojo, sin carbón y con finas intercalaciones de yeso (Formación Bogotá).

A medida que el mar del Cretáceo se retiraba, se producía una gran sedimentación continental que migraba hacia la misma dirección de éste, producto del levantamiento de la Cordillera Oriental. Los fuertes pulsos tectónicos del Terciario Temprano (Eoceno) se ven reflejados en las diferentes discordancias intraformacionales de las Areniscas de La Regadera, en donde es frecuente encontrar capas que se acuñan, conglomerados con intraclastos de arcillolitas, como también irregularidades en el tope de las diferentes capas y discordancias angulares entre las mismas. La composición y textura de las areniscas (litoarenitas) indican un área de aporte cercana, con gran aporte de material ígneo y metamórfico, el cual probablemente se deriva de las rocas Precámbricas del Macizo de Garzón, erigido definitivamente en superficie ya en estos tiempos.

Después de la acumulación de las Areniscas de La Regadera, cesa la alta tasa de sedimentación y se incrementa la actividad tectónica, produciéndose gran compresión y generándose pliegues de gran envergadura (i.e. Anticlinales de Bogotá - La Fiscala y el Sinclinal de Juan Rey), que producen grandes variaciones en el relieve. Luego, en un periodo de "calma tectónica" (Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano) el mar vuelve a incursionar en parte de la ancestral Sabana de Bogotá, acumulando arcillolitas gris-azulosas con gran contenido de fauna marina (foraminíferos globosos). En la gran mayoría de sectores en donde se puede apreciar el contacto entre esta unidad predominantemente marina (Formación Usme), con la Formación Areniscas de La Regadera, es posible notar la no conformidad de los estratos entre una y otra, poniendo en manifiesto la fuerte actividad tectónica desarrollada durante el intervalo de tiempo en el que no se registró acumulación de sedimentos (Eoceno Medio).

La sedimentación desarrollada durante el Oligoceno - Mioceno (Formación Usme) fue continua durante aproximadamente 20 millones de años y ocupó lo que actualmente constituye el núcleo del Sinclinal de Usme, en donde se registraron variados pulsos tectónicos



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

que no alcanzaron la connotación del anterior y que por último generaron la retirada definitiva del mar en el Terciario.

Ya hacia el post-Mioceno y durante gran parte del Cuaternario, el clima cambió fuertemente con respecto a lo que venía siendo en tiempos anteriores (zonas costeras, climas cálidos), pasando a ser frío, con grandes lagos y alta influencia glaciár. Restos de las acumulaciones derivadas de estos glaciares los tenemos representados en el área de trabajo por los depósitos fluvio-glaciares localizados hacia el núcleo del Sinclinal de Usme y hacia el cauce medio de las Quebradas Santa Librada y Bolonia. Los estadios finales de la actividad glaciár se ven reflejados en la gran potencia de los depósitos dejados por el Río Tunjuelo y de los cuales se han extraído gravas durante varias décadas con fines de preparación de cementos.

Posiblemente al mismo tiempo que ocurría el relleno de la Sabana (Formación Tiltatá, Conos del Tunjuelo y Depósitos Fluvio-glaciares) ocurría un intensa actividad volcánica hacia la Cordillera Central, puesta en manifiesto por la gran dispersión de capas de arcillolitas con alto contenido de cenizas volcánicas que yacen paralelas (paraconformes) a estos rellenos de la sabana y discordantes sobre las unidades terciarias (*Ver unidad Qc, PLANO No.1*).



## 4. GEOMORFOLOGIA

### 4.1 MORFOMETRÍA

En zonas de litología competente e incompetente, como lo es la Localidad de Usme, se tiene que la textura de las rocas y el ángulo de inclinación de los estratos son los dos principales factores que modelan las laderas de una vertiente. Dentro de las características texturales de una unidad de roca se encuentran: la composición, el tamaño y la distribución de las partículas en la misma, lo mismo que el grado de consolidación adquirido por la roca durante el tiempo posterior a la acumulación. Esto, y la actitud de las capas, que en este caso es generada por efectos compresivos, realiza la diferencia morfológica entre los diversos paquetes sedimentarios.

Aunque la morfometría no es el único factor que controla la erodabilidad de los tipos de suelos o rocas, es ésta junto con las condiciones edáficas, climáticas, antrópicas y biogeográficas, quienes determinan la distribución de las especies vegetales, piezas claves para el control de la erosión.

Hacia la parte central del área de estudio se localiza un macizo rocoso, sobre el cual se hallan pendientes superiores al 80%, siendo muy comunes las laderas escarpadas y los valles agudos. Esta morfología sobresale notoriamente por encima de la sabana y conforma cerros con aspecto rizado debido a las intercalaciones de capas de areniscas moderadamente consolidadas, con arcillolitas meteorizables de la Formación La Regadera. Además de la intercalación de estas capas se tiene el fuerte buzamiento que logra generar el destacado relieve en filos.

Hacia el Occidente, es común encontrar variaciones en las laderas de las diferentes unidades morfológicas, dependiendo siempre de las interposiciones de los materiales que conforman las unidades litoestratigráficas presentes. En estos sectores se encuentran gran cantidad de laderas con morfometría diferente, de acuerdo al grado de consolidación, las interestratificaciones de areniscas y lutitas y a la inclinación de sus estratos, encontrándose siempre pendientes bajas (15 – 40%).

En el extremo Occidental del área de trabajo, en el núcleo del Sinclinal de Usme, se localizan las pendientes mínimas (0° y 5°), siempre se encuentran asociadas a los depósitos recientes y subrecientes, como las unidades cuaternarias, cuyo origen es netamente fluvial.

En la *FIGURA No. A1-1* se muestran los rangos de pendientes representativos del área de estudio.





Dentro de estos cinco sectores se pudo definir diferentes tipos de geoformas, de acuerdo con la génesis, en morfologías de origen: estructural, fluvial, mixto (fluvio - glacial), denudativo y antrópico.

## 4.2. MORFOGÉNESIS

Cada una de las geoformas que se pueden encontrar en el área de estudio están directamente relacionadas a los procesos orogénicos que produjeron el levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia. Este levantamiento está asociado directamente a esfuerzos compresionales, el cual a su vez produce las diferentes fallas, que a su vez originan el realce morfológico en las zonas donde las unidades de roca antiguas, altamente consolidadas, se superponen a rocas más jóvenes, de menor competencia.

Además de los factores netamente litológicos, existen otros que también contribuyen al modelamiento del paisaje; éstos son: el clima (temperatura, lluvias, sol, viento), la vegetación, el tipo de suelo y la sismicidad. Todos estos factores hacen que en el área de estudio se produzcan zonas con mayor potencial de generar procesos de remoción en masa, zonas de erosión y geoformas planas.

Al producirse el continuo levantamiento de la Cordillera Oriental, se fueron generando diferentes unidades, que a su vez se iban localizando en distintas posiciones topográficas. Este es el caso de los diferentes tipos de terraza, generados como resultado de los diferentes y muy notorios pulsos tectónicos.

### 4.2.1. Geoformas de origen estructural

Son aquellas formas de relieve producto de los procesos de levantamiento y plegamiento de la corteza terrestre e involucra todas las laderas controladas por la orientación e inclinación de las capas rocosas con respecto a la inclinación de los taludes naturales y el grado de pendiente de la misma.

De este modo se pueden precisar tres tipos de laderas estructurales:

- Laderas estructurales (Eea & Eeb)

Este tipo de laderas corresponden a todas aquellas en las que los planos de estratificación tienen la misma dirección que las laderas y conservan una inclinación semejante (Ver FOTOGRAFIA No. A1-15). Dos tipos de laderas estructurales fueron diferenciadas de acuerdo a su grado de inclinación, las que superaban los 45° (Eea) y las de menor inclinación a este ángulo (Eeb).



FOTOGRAFIA No. A1-15

ACIMUT : 330°

**LOCALIZACIÓN:** Cerro de Juan Rey. Límite nororiental del área de estudio.

**DESCRIPCIÓN:** Pendiente estructural generada por las capas basales de la Formación Areniscas de La Regadera, las cuales se prolongan hacia el centro de la ciudad, sobresaliendo sobre la parte sur de la misma.

La gran mayoría de laderas estructurales detectadas y cartografiadas en el presente estudio (*Ver PLANO No. 2*), se localizan hacia la parte oriental y conforman la mayor parte del Parque Entrenubes.

Estos planos estructurales, en su mayoría están sobre las Areniscas de La Regadera y solamente en la parte sur del parque, al oriente del Barrio Villa Hermosa, capas de la Formación Usme conforman algunas sobresalientes laderas estructurales.

- Frentes estructurales (Ef)

Los frentes estructurales o contrapendientes son aquellas laderas, generalmente empinadas, que se localizan opuestas a la dirección del buzamiento de las capas de una determinada unidad geológica (*Ver PLANO No. 2*). En términos generales, los frentes estructurales están casi siempre asociados a las laderas estructurales, de modo que al igual que éstas, se encuentran cartografiadas hacia el sector del Parque Entrenubes. (*Ver FOTOGRAFIA No. A1-16*).



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



FOTOGRAFIA No. A1-16

ACIMUT : 250°

**LOCALIZACIÓN:** Nacimientos de la quebrada Hoya del Ramo.

**DESCRIPCIÓN:** En primer plano, aspecto general de los frentes estructurales o contrapendientes en las capas de la Formación Areniscas de La Regadera. Al fondo se puede observar parte del sector Santa Librada.

- Espinazos estructurales (Ee)

Los espinazos estructurales son aquellos en donde la combinación entre la topografía y el alto grado de inclinación de las capas genera en el paisaje cerros pequeños y delgados, cuyo ápice generalmente es agudo (Ver FOTOGRAFIA No. A1-17).

La gran mayoría de estas geoformas se encuentran localizadas hacia la parte oriental del área de estudio y solamente una de ellas se encuentra ocupada por viviendas (Barrio El Rosal - El Mirador), mientras que las demás, por encontrarse en el área del Parque Entrenubes y por estar localizadas sobre los 3000 m.s.n.m. no se encuentran urbanizadas (Ver PLANO No. 2).



**FOTOGRAFIA No. A1-17**

**ACIMUT : 190°**

**LOCALIZACIÓN:** Barrio El Mirador - El Rosal. Vista al suroriente.

**DESCRIPCIÓN:** Espinazos estructurales desarrollados por la Formación Usme, las capas de litoarenitas buzan siempre con un ángulo superior a los 70°.

#### **4.2.2. Origen fluvial**

Las geformas de origen fluvial son formas de relieve producto de la dinámica fluvial como: terrazas, conos y planicies de inundación. En el área se presentan: diferentes niveles de terraza (Ft), Conos del Tunjuelo (Fc, Ver FOTOGRAFIA No. A1-18) y planicie de inundación (Fp).

Estas morfologías ocupan una gran área en el sector oriental de la Localidad de Usme.

#### **4.2.3. Origen mixto**

Se definen como formas de relieve mixto aquellas provenientes de más de un proceso casi simultáneo de modelación, como los depósitos fluvio-glaciares, que se clasificaron en ladera plana inclinada (Mp, en la Quebrada Bolonia; Ver FOTOGRAFIA No. A1-19) y laderas alomadas (Ma, Barrios El Virrey y Los Comuneros).



FOTOGRAFIA No. A1-18

LOCALIZACIÓN: Cantera de INGENIESA.

DESCRIPCIÓN: Conos del Tunjuelo que en la actualidad se encuentran sometidos a la explotación para fuente de materiales de construcción.



FOTOGRAFIA No. A1-19

ACIMUT : 290°

LOCALIZACIÓN: Quebrada Bolonia.

DESCRIPCIÓN: Ladera plana desarrollada sobre un depósito fluvioglacial.

#### 4.2.4 Origen denudativo

Son formas de relieve en proceso de degradación como las áreas : con fenómenos de remoción en masa activos, con erosión hídrica o con erosión fluvial. Estas formas del relieve



fueron cartografiadas como procesos activos (Df), taludes de terrazas (Dt) y laderas cóncavas de los drenajes (Dlc, Ver FOTOGRAFIA No. A1-20).



FOTOGRAFIA No. A1-20

ACIMUT : 120°

LOCALIZACIÓN: La Fiscala Alta.

DESCRIPCIÓN: Ladera cóncava de la Quebrada La Hoya del Ramo, sobre la cual se encuentran principalmente pastos.

#### 4.2.5. Origen antrópico

Son aquellas formas generadas por la acción del hombre sobre el relieve como áreas de explotación minera, rellenos y cortes de vías.

Las laderas que están siendo cambiadas por acción del hombre y por procesos denudativos son las que presentan mayor susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa, mientras que taludes antiguos de origen diferente a estos dos han alcanzado un equilibrio, lo que las hace menos susceptibles a la remoción en masa, entre estas están: Pendientes estructurales, terrazas y conos antiguos.

Las geoformas asociadas a los procesos antrópicos fueron cartografiadas en el Mapa Geomorfológico (PLANO No. 2) como ladera de explotación (Ae), ladera de rellenos (Ar) y taludes de obras civiles (At, Ver FOTOGRAFIA No. A1-21).



FOTOGRAFIA No. A1-21

ACIMUT : 030°

LOCALIZACIÓN: Barrio Alaska.

DESCRIPCIÓN: Talud de obra civil localizado hacia la periferia de la Ladrillera Alemana, sobre las rocas de la Formación Usme

#### 4.3 MORFODINÁMICA - PROCESOS DENUDATIVOS

Los procesos denudativos más comunes que afectan el terreno estudiado se describen a continuación:

- Deslizamientos:

No son muchos los deslizamientos producidos recientemente en el área, sin embargo se pueden cartografiar algunos asociados al diaclasamiento sufrido por los esfuerzos tectónicos y a las altas pendientes de algunos sectores.

De los pocos que se pudieron apreciar en campo, éstos se encuentran restringidos a las fuertes laderas próximas a los nacimientos de las quebradas La Hoya del Ramo, Santa Librada y Yomasa (FOTOGRAFIA No.A1-22). Es de resaltar que la mayoría de deslizamientos ocurren en las unidades de alto grado de compactación y que se encuentran afectadas por moderado a intenso diaclasamiento.



**FOTOGRAFIA No. A1-22**

**LOCALIZACION :** Barrio Barranquillita.

**DESCRIPCION :** Deslizamientos sobre la margen izquierda de la Quebrada Santa Librada.

- Fenómenos de erosión hídrica

Son ciertos fenómenos que se presentan con frecuencia en zonas en las cuales la vegetación esta bastante disminuida ya sea por intervención antrópica y/o por su disposición en el espacio geográfico. Estos fenómenos se encuentran localizados hacia las partes altas de las subcuencas hidrográficas de algunas quebradas y el valle del río Tunjuelo. En su mayoría se generan en las zonas de discontinuidad litológica.

Los surcos y las cárcavas son frecuentes en la Formación Tilatá, como los localizados en Derivados Del Mármol. La erosión laminar se presenta con moderada frecuencia en algunas de las laderas de las unidades blandas y fenómenos de reptación se encuentran con mayor frecuencia hacia los depósitos de ladera. (Ver FOTOGRAFIA No. A2-23).

- Caída de rocas

Casos de caída de rocas registrados durante el trabajo de campo están asociados a la Formación Areniscas de La Regadera, Formación Usme y a depósitos fluvio-glaciares, especialmente en el Barrio El Bosque Limonar II y Brazuelos, en donde el material que la conforma se precipita gravitacionalmente a causa de la baja consolidación del mismo.





## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



FOTOGRAFIA No. A2-23

LOCALIZACION : Derivados del Mármol.

DESCRIPCION : Cárcavas en la Formación Tilatá.

Algunos otros depósitos de menores dimensiones son originados desde escarpes estructurales y erosivos a partir de desplomes, volcamientos o desprendimientos puntuales de estratos competentes y masivos (areniscas y conglomerados), con alto grado de diaclasamiento debido a la cercanía a los trazos de falla.

### - Áreas mal drenadas

La mayoría de las áreas mal drenadas se encuentran localizadas en la parte occidental del área de estudio, en los depósitos cuaternarios producidos por el Río Tunjuelo y algunas han sido por obturación del drenaje para labores de explotación minera y de productos para la construcción, como es el caso de la laguna en la parte superior del Barrio Duitama. (Ver FOTOGRAFIA No. A1-24).



**FOTOGRAFIA No. A1-24**

**LOCALIZACION :** LADRILLERA HELIOS Y BARRIOS SANTA MARTA Y DUITAMA.

**DESCRIPCION :** DRENAJE OBSTRUIDO PARA LABORES MINERAS.

- Flujos de tierra y de rocas

Como flujos de escombros cartografiables, únicamente aparece el localizado en las cabeceras de la Quebrada Yomasa, éste se presenta de manera cónica, con una longitud superior a los 2 kilómetros y su parte mas ancha supera los 500 metros. Actualmente se encuentra estabilizado y con buenas condiciones geomecánicas.

Flujos de menor tamaño se observaron esporádicamente dentro del área de estudio. La mayoría de estos fueron causados por la actividad antrópica y el factor climático, como por ejemplo el flujo localizado en las Lomas de Juan Rey en unos de los nacimientos de la Quebrada Santa Librada. (Ver FOTOGRAFIA Nos. A1-25).



**FOTOGRAFIA No. A1-25**

**LOCALIZACION :** Lomas de Juan Rey.

**DESCRIPCION :** Flujo de escombros originado por la saturación del material estéril dejado por la explotación de las areniscas de la Formación Areniscas de La Regadera.

**ANEXO A2**



## ANEXO A2.

### HIDROGRAFIA Y CLIMATOLOGIA

#### 1. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

La caracterización morfométrica de una cuenca, asociada a la geomorfología, arroja valores numéricos objetivos que permiten comparar en forma exacta una parte de la superficie terrestre con otra, es decir un estudio cuantitativo de la forma superficial del terreno. El análisis morfométrico se realiza sobre un área determinada llamada Cuenca Hidrográfica, que se define como el conjunto de cauces que escurren hacia un colector común. En la red de drenaje del área de estudio se identificaron cinco subcuencas importantes tributarias del Río Tunjuelo: de las Quebradas De Fucha, Yomasa, Santa Librada, Chuniza y Hoya del Ramo (*FIGURA No. A2-1*).

Las características morfométricas de una determinada cuenca está demarcada por diversos factores, tales como: el relieve, red de drenaje, clima, los tipos de suelo, cobertura vegetal, geología, las prácticas agrícolas e industriales, etc. Y son estos elementos físicos los que proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

#### 1.2 PARÁMETROS FÍSICOS - MORFOMÉTRICOS

El análisis de los diferentes parámetros físico-morfométricos para los cuerpos de agua lóticos, tiene como objetivo determinar su comportamiento ante eventos como intensas lluvias, crecientes, pérdidas de cobertura vegetal, tasas de sedimentación y transporte de material; para tal efecto, se destacan parámetros o índices fisiográficos importantes como la pendiente media de la corriente, el tiempo de concentración, coeficiente de compacidad y el factor de forma entre otros, que permiten expresar los valores de las características del paisaje. Estos índices están relacionados íntimamente con la hidrología (*TABLA No. A2-1*). Para ésta caracterización se describen a continuación los parámetros importantes:

##### 1.2.1. Factor de forma (Ff)

Este factor esta dado por la relación entre el ancho promedio ( $A_p$ ), la longitud axial de la cuenca ( $L_a$ ), el ancho promedio es el resultado de la relación del área de la cuenca ( $A_c$ ) con la longitud axial ( $L_a$ ).



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

$$Ff = \frac{Ac}{(La)^2}$$

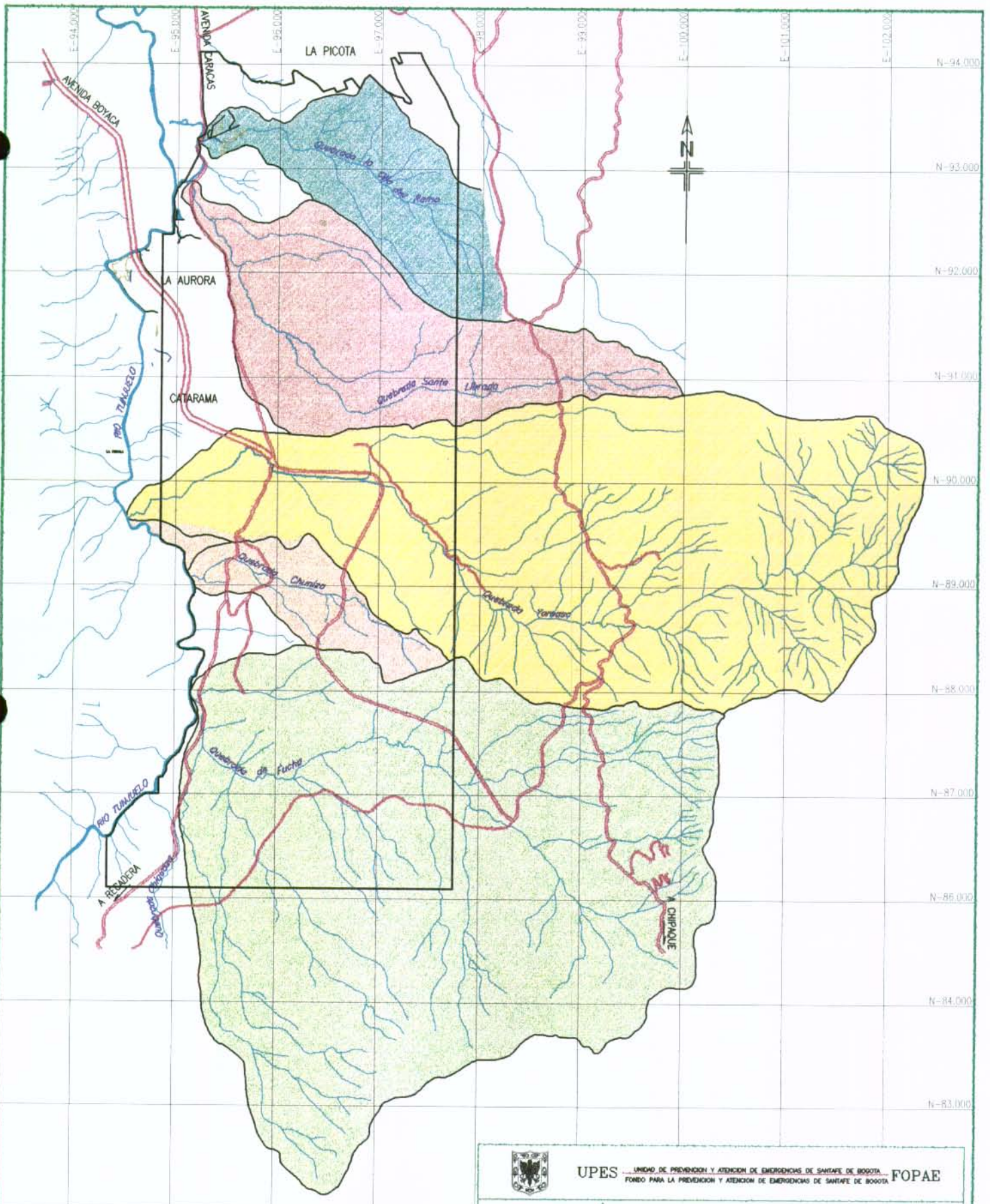
TABLA No. A2-1 PARÁMETROS FÍSICO - MORFOMÉTRICOS SUBCUENCAS AREA DE ESTUDIO

PARAMETRO	UNIDAD	Q. DE FUCHA	Q. YOMASA	Q. SANTA LIBRADA	Q. CHUNIZA	Q. LA HOYA DEL RAMO
ÁREA	km <sup>2</sup>	19.46	15.80	5.38	1.66	2.96
PERÍMETRO	km	19.01	19.18	12.77	7.98	8.82
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	km	6.61	10.11	6.54	2.87	4.00
ALTURA MÁXIMA	m.s.n.m.	3400	3400	3600	300	3600
ALTURA MÍNIMA	m.s.n.m.	2700	2650	2600	2650	2650
ALTURA PROMEDIO	m.s.n.m.	3050	3025	3100	2825	3125
FACTOR DE FORMA	*	0.45	0.15	0.13	0.20	0.19
COEFICIENTE COMPACIDAD	*	1.21	1.35	1.54	1.73	1.44
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	*	0.11	0.074	1.53	0.12	0.24
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	horas	0.66	1.07	0.24	0.34	0.611
LONGITUD AXIAL	km	5.2	7.8	5.2	2.5	3.2
COEFICIENTE DE SINUOSIDAD	*	0.79	0.77	0.8	0.87	0.8
DENSIDAD DE CORRIENTE	No. cauces / km <sup>2</sup>	5.14	9.24	2.04	3.01	5.74
DENSIDAD DE DRENAJE	km cauces / km <sup>2</sup>	6.44	11.06	6.37	6.51	9.46


\* ADIMENSIONAL //


### 1.2.2 Coeficiente de Compacidad (Kc)

El coeficiente de compacidad significa que cuanto más irregular sea la forma de la cuenca mayor será su valor; si ésta tiene una forma redonda, su valor será mínimo o igual a uno, existiendo una alta probabilidad para la ocurrencia de crecientes; por el contrario si se aleja de éste valor su forma se presenta alargada originando buena capacidad de drenaje. El factor de forma indica una comparación de las posibles crecientes entre cuencas de igual valor en coeficiente de compacidad.



SUBCUENCA	AREA Km <sup>2</sup>	LONG. CAUCE PRINCIPAL Km
 DE FUCHA	19,46	6,61
 YOMASA	15,80	10,11
 SANTA LIBRADA	5,38	6,54
 CHUNIZA	1,66	2,87
 OLLA DEL RAMO	2,96	4,00


**UPES** UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE SANTIAGO DE BOGOTÁ. FOPAE  
 FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE SANTIAGO DE BOGOTÁ


**INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA**  
 ESTUDIOS AMBIENTALES & SIG

**ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME**

**SUBCUENCAS DEL AREA DE ESTUDIO**

ESCALA:	1 : 50.000	FECHA:	OCTUBRE 1998	FIGURA No.	A2-1
DIGITALIZO:	J. F. PARRA	ARCHIVO:	A2-1.DWG	REV.	



Matemáticamente el coeficiente de compacidad es una relación entre el perímetro de la cuenca en cuestión con el perímetro de una circunferencia de igual área a la de la superficie de la cuenca.

$$Kc = \frac{P. \text{Cuenca}}{P. \text{Circunferencia.}}$$

### **1.2.3 Pendiente Media del Cauce (Pm)**

Representa la caída de la corriente en un tramo considerado. Con el crecimiento de la pendiente media de la cuenca aumenta la velocidad media de la escorrentía superficial y en función de ésta disminuye la infiltración, además pueden crecer los picos de las avenidas aumentando su capacidad erosiva, pueden crecer la turbiedad del agua y la concentración de sedimentos.

También determina la variación de algunas características físicas y químicas, biológicas del agua; por ejemplo, cuando las pendientes son altas, el contenido de oxígeno es alto, facilitando los procesos bioquímicos, lo cual se traduce en un buen metabolismo y mejor calidad del agua.

### **1.2.4 Coeficiente de Sinuosidad (Ks)**

Por medio del valor hallado para el coeficiente de sinuosidad se demuestra que las posibles crecientes tienden a salir más rápido del sistema hídrico debido a su velocidad, a la pendiente media y al tiempo de concentración.

### **1.2.5 Densidad de Corriente (Dc)**

La densidad de corriente es la relación existente entre el número total de cauces de una subcuenca y su área drenada (número de cauces / km<sup>2</sup>), por lo tanto a menor densidad de drenaje la capacidad de evacuación del agua en su cuenca es menor.

### **1.2.6 Densidad de Drenaje (Dd)**

La densidad de drenaje de una cuenca corresponde a la relación existente entre la longitud total de los cauces y el área drenada (km / km<sup>2</sup>), entonces a mayor densidad de drenaje mayor será la capacidad de evacuación y viceversa.





El área de estudio se subdividió en unidades más pequeñas para el análisis (microcuencas), en donde se reconocieron tres rangos de densidad de drenaje, los cuales están representadas en la *FIGURA No.A2-2*:

DENSIDAD DE DRENAJE ALTO : > 10  
DENSIDAD DE DRENAJE MEDIO : 5 - 10  
DENSIDAD DE DRENAJE BAJO: < 10

### 1.2.7 Tiempo de Concentración (Tc)

El tiempo de concentración indica el tiempo en horas o minutos que demora en salir el agua del sistema (cuenca), desde su entrada hasta su salida. A menor tiempo de concentración es mayor la susceptibilidad de avenidas, ya que el agua tarda menos tiempo en drenar la cuenca, llegando toda al mismo tiempo a su desembocadura (tiempo de evacuación corto), la cual puede originar represamientos. Por lo tanto, a mayor tiempo de concentración, menor es la susceptibilidad de ocurrencia de avenidas.

## **1.3 ANÁLISIS FÍSICO MORFOMÉTRICO DE LAS CUENCAS DE LA LOCALIDAD DE USME**

De acuerdo con los valores analizados en la caracterización morfométrica a continuación se infiere el comportamiento de las cuencas así:

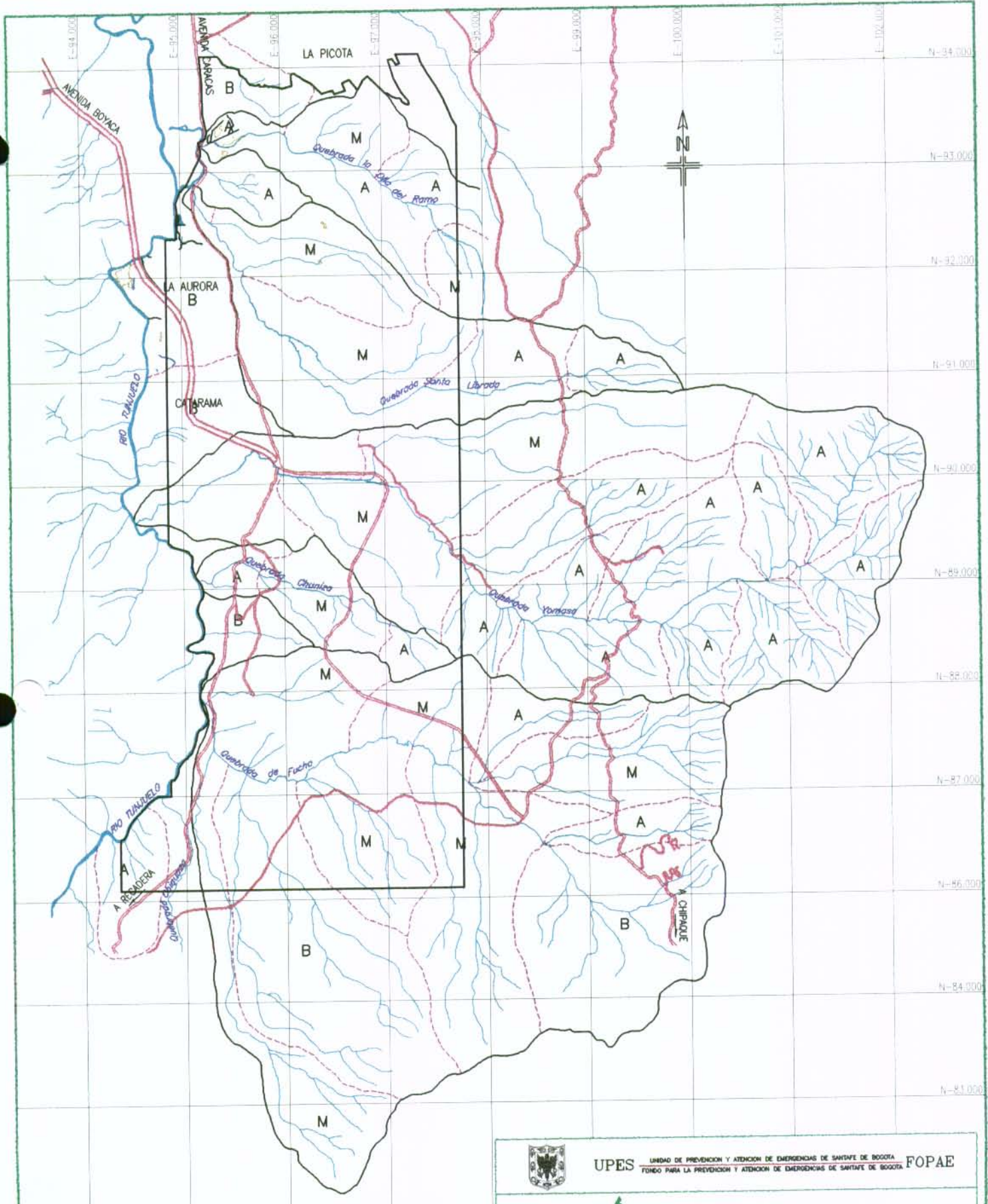
### 1.3.1 Subcuenca Quebrada De Fucha

La Quebrada De Fucha está localizada al sur de la Localidad de Usme, nace a 3400 m.s.n.m, y tributa sus aguas al Río Tunjuelo a los 2700 m.s.n.m, presenta forma oval redonda indicando que tiene alta probabilidad a la ocurrencia de crecientes, ya que el área de captación por agua lluvias es grande. Por su tiempo de concentración y densidad de drenaje moderado, presenta una intermedia susceptibilidad a la avenidas, con alta capacidad de evacuación.

### 1.3.2 Subcuenca Quebrada Yomasa

Esta quebrada nace a 3600 m.s.n.m. y desemboca en el Río Tunjuelo a 2650 m.s.n.m, con una forma rectangular oblonga, con baja captación de aguas lluvia. La densidad de drenaje y de corriente es alta, el tiempo de concentración es muy alto. Con éstos parámetros se infiere que la subcuenca tiene una moderada a baja probabilidad a la ocurrencia de avenidas.

El valle medio y bajo de esta corriente se encuentra altamente intervenido antrópicamente. Las rondas han sido invadidas por la construcción de viviendas.



CONVENCIONES	
AREA DE ESTUDIO	
SUBCUENCAS	
MICROCUENCAS	
DENSIDAD DE DRENAJES	
DENSIDAD BAJA	B
DENSIDAD MEDIA	M
DENSIDAD ALTA	A

 <b>UPES</b> UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE SANTAFE DE BOGOTÁ FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE SANTAFE DE BOGOTÁ <b>FOPAE</b>		
 <b>INVERSIONES GEOTECNICAS LTDA</b> ESTUDIOS AMBIENTALES & SIG		
<b>ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME</b>		
<b>DENSIDAD DE DRENAJE</b>		
ESCALA:	FECHA:	FIGURA No.
1 : 50.000	OCTUBRE 1998	A2-2
DIGITALIZO:	ARCHIVO:	REV.
J. F. PARRA	A2-2.DWG	



### **1.3.3 Subcuenca Quebrada Santa Librada**

La corriente Santa Librada nace a los 3600 m.s.n.m, tributando sus aguas al Tunjuelo a los 2600 m.s.n.m. De acuerdo con las siguientes características físicas y morfométricas: forma rectangular oblonga, tiempo de concentración muy bajo, densidad de drenaje y de corriente baja. Se infiere que la subcuenca puede presentar un alto grado a la ocurrencia de fenómenos de avenidas o crecidas repentinas. Asociado a ésto la alta pendiente le aplica cierta peligrosidad, ya que las aguas correrían con más velocidad. Lo anterior se puede comprobar con el coeficiente de sinuosidad cuyo valor es bajo.

La parte media y baja del cauce se encuentran muy intervenidas por acciones antrópicas. Se evidencia gran volumen de sedimentos aportados por las explotación de las canteras y chircales del sector.

Esta corriente en su parte baja ha presentado varios aumentos del caudal los cuales han ocasionado inundaciones en los sectores muy próximos a su desembocadura.

### **1.3.4 Subcuenca Quebrada Chuniza**

Tiene su nacimiento a los 3000 m.s.n.m y tributa sus aguas al Tunjuelo a 2650 m.s.n.m. De acuerdo con los valores físicos y morfométricos se caracteriza por tener forma oval oblonga, tiempo de concentración moderado, densidad de corriente y de drenaje baja, se infiere que presenta un grado moderado a alto a la ocurrencia de crecidas o avenidas máximas. El valor de la pendiente media del cauce es bajo, lo cual indica baja sinuosidad lo que es importante en el momento de evaluar las crecidas.

Esta corriente se encuentra altamente intervenida a lo largo de todo su cauce, sus rondas están obstruidas por viviendas.

### **1.3.5 Subcuenca Quebrada Hoya del Ramo**

Esta corriente nace a los 3050 m.s.n.m, y tributa las aguas al Tunjuelo, tiene una forma oval redonda y tiempo de concentración alto. De acuerdo con el valor de densidad de drenaje y de corriente indica una buena capacidad de evacuación. Además, los valores de pendiente media del cauce y de sinuosidad indican, efectivamente, que tiene baja probabilidad a la ocurrencia de fenómenos de crecidas o avenidas.



## 1. CLIMATOLOGIA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El clima factor importante en el modelamiento del paisaje, es motivo de un detallado conocimiento para el análisis de remoción en masa, por tal motivo se analizan y se espacializan los diferentes caracteres climáticos básicos como son precipitación, temperatura, vientos, humedad relativa y brillo solar entre otros. Para éste propósito se utilizó la información de las estaciones meteorológicas disponibles por las diferentes entidades encargadas en el área de interés, como son el Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales (IDEAM), la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAC) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), las cuales se detallan en la TABLA No. A2-2.

**TABLA No. A2-2 INFORMACION DE LAS ESTACIONES METEREOLÓGICAS**

ESTACION	CODIGO	TIPO	LATITUD N	LONGITUD W	ELEVACION (m.s.n.m.)	ENTIDAD	CORRIENTE	PARAMETROS
PASQUILLA	2120158	PM	983517	990492	3000	IDEAM	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
SAN JORGE GJA	2120572	CO	990889	986796	2900	IDEAM	SOACHA	1,2,3,4,5,6,7,8, 9 y 10
STA. MARIA DE USME	2120124	PM	989046	996036	2800	IDEAM	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
DOÑA JUANA	2120630	CP	992300	993700	2700	CAR	TUNJUELO	5,6,7,11 y 12
EL BOSQUE	2120085	PG	987203	999732	2800	CAR	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
LA PICOTA	2120156	PG	996419	994188	2580	CAR	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
VITELMA - FUCHA	2120524	PM	997590	100600	2800	EAAB	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
EL DELIRIO	2120013	PM	994730	1002100	3000	EAAB	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
SANTA LUCIA	2120052	PM	997550	995080	2630	EAAB	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4
CASABLANCA - TUNJUELO	2120197	PM	997400	990500	2665	EAAB	TUNJUELO	1, 2, 3 y 4

Fuente: IDEAM 1998  
EAAB 1998  
CAC 1998

#### PARAMETROS

- 1 Precipitación diaria
- 2 No. días mensuales con lluvia
- 3 Precipitación máximas en 24 horas
- 4 Precipitación media mensual
- 5 Medios mensuales de temperatura
- 6 Medios mensuales de humedad relativa
- 7 Totales mensuales de brillo solar
- 8 Medios mensuales de nubosidad
- 9 Medios mensuales de tensión de vapor
- 10 Medios mensuales de punto de rocío
- 11 Medios velocidad del viento
- 12 Medios de radiación solar

#### TIPO

- PM Pluviométrica  
PG Pluviográfica  
CO Climatológica Ordinaria  
CP Climatológica principal



El área de estudio esta ubicada sobre la vertiente oriental del Río Tunjuelo, presenta una topografía que varia entre quebrada, ondulada a plana que condiciona el comportamiento y la variación local de los diferentes elementos del clima. De acuerdo con el objeto del estudio, el principal elemento tomado para el análisis es la precipitación, en sus diferentes variaciones temporales (media multianual, media mensual multianual, total diaria, máxima en 24 horas, precipitación máxima acumulada y número de días con lluvia). El periodo histórico de registro considerado fue de 16 años (1981 - 1996), tomado así por la confiabilidad, continuidad y homogeneidad de la información registrada en las estaciones, tales variaciones se presentan en forma de barras, tablas o diagramas que permiten una mejor visualización.

Otros parámetros climatológicos importantes, utilizados como elementos de apoyo en el análisis del estudio, son: la temperatura en su variación espacio - temporal, la humedad relativa, velocidad y dirección del viento y el brillo solar, entre otros.

## 1.2 PRECIPITACION

### 1.2.1 Generalidades

Este elemento se define como el agua que cae, tanto en forma líquida como sólida sobre la superficie de la tierra. En general, la lluvia que precipita en un lugar es diferente a la de sus alrededores y es medida por medio de aparatos normalizados llamados pluviómetros, los datos registrados en ellos se consideran óptimos cuando han sido estimados bajo las mismas condiciones físicas, estos son leídos cada 24 horas (a las 7 a.m.).

Las líneas de igual precipitación o isoyetas, se representan gráficamente para observar las variaciones temporales y espaciales en el área de estudio. Para lo anterior se utilizó la información de las estaciones pluviométricas, pluviográficas, climatológicas ordinarias y principal utilizando los valores al 50% de probabilidad del porcentaje en ocurrencia, que corresponden a un año de condiciones climáticas normales. Se trazaron los Polígonos de Thiessen con el objetivo de identificar las áreas de influencia por estaciones, las cuales se ubican en la *FIGURA No.A2-3*. Metodológicamente se correlacionó la información escogida en las entidades por medio de parámetros estadísticos para completar las series históricas a nivel diario, mensual y anual, las cuales fueron ploteadas a escala 1:25000, en donde se interpolaron los datos para obtener las diferentes isolíneas de precipitación.

### 1.2.2 Variación espacial de la precipitación

Sobre la región andina ocurre una precipitación de tipo advectivo - convectivo, a causa del movimiento horizontal de las masas de aire húmedo proveniente de la Amazonia - Orinoquia, donde se producen los fenómenos de condensación y precipitación, sin embargo, a nivel local



o puntual se encuentra condicionado por variaciones locales originadas por la orientación y la altura del relieve, que modifica la circulación de las masas de aire generando *microclimas*, en donde la lluvia incrementa proporcionalmente con la altura. Esto depende de las condiciones locales de temperatura media del aire, de la cobertura vegetal y de la presión atmosférica. Las variaciones en la circulación de los vientos, en el área de estudio, se ven reflejadas por las fuertes precipitaciones registradas en las estaciones localizadas hacia la parte oriental (El Delirio, Vitelma, El Bosque), con una precipitación media mensual multianual de 950 mm/año, mientras que hacia el occidente y noroccidente (estaciones Casablanca y Santa Lucía), la precipitación media mensual multianual se aproxima a los 650 mm/año. Según lo anterior en la zona se presentan 2 microclimas, uno localizado generalmente sobre los 3000 m.s.n.m. (Barrios La Flora, La Esperanza, Los Arrayanes, etc.), en donde la precipitación media mensual multianual supera los 800 mm/año y otro sector localizado entre los 2600 y 3000 m (Barrio La Fiscala, Aurora de Comuneros, etc.) en donde la precipitación varía entre 600 y 800 mm/año (*Ver FIGURA No. A2-4*).

### **1.2.3 Variación temporal de la precipitación**

En general, se presenta un clima del tipo bimodal originado por los Vientos Alisios provenientes de los océanos y de la Amazonia - Orinoquia, éste sistema sigue un desplazamiento hacia el norte y hacia el sur con respecto al ecuador de la tierra, es decir presenta una temporada de invierno y otra temporada de verano. Las estaciones del área de estudio indican que el periodo lluvioso corresponde a los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, principalmente, caracterizados por altas precipitaciones, tanto que en los meses restantes se presentan condiciones secas, los valores de precipitación media mensual multianual al 50% de probabilidad, que corresponde a un año normal, se expresan en la *TABLA No A2-3* para todas las estaciones analizadas. El periodo lluvioso cuenta con algunos aguaceros de poca duración y gran intensidad.

Para el sector "seco" (*FIGURA No. A2-5*) se han registrado anualmente por lo menos 2 notorios periodos lluviosos, mientras que para la zona humedad el comportamiento de la precipitación posee una tendencia unimoda (*FIGURA No. A2-5*). Estas tendencias son el resultado de la duración de estas etapas secas y lluviosas, ya que hacia la zona seca (W-NW de la zona) éstas tienen una duración temporal similar, mientras que en la zona húmeda (E de la zona), el periodo de verano de mediados del año es muy corto.



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

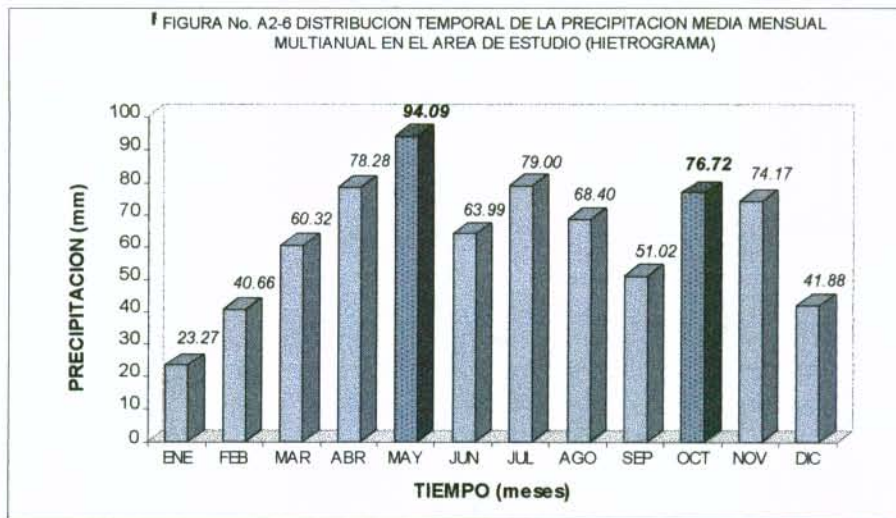
UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

TABLA No. A2-3 PRECIPITACION MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR. TOTAL
LA PICOTA	21.2	35.9	51.4	86.8	65.3	36.6	34.3	37.9	37.2	74.2	59.7	30.8	571.1
SAN JORGE GJA.	18.8	37.7	64.6	82.8	90.3	46.5	54	52.5	49	79.1	81.5	42.4	699.2
STA. MARIA USME	13.2	34.7	42.1	68.8	96.2	67.7	82.9	71.9	47.6	68.7	79.3	26.1	699.2
PASQUILLA	26.7	40.1	47	83.9	94.2	76.9	108.4	80	53.8	77	80.2	35.2	803.4
EL BOSQUE	17	38.8	71.9	78	134.4	112	121.9	123.9	73	57.5	71.4	53.7	953.5
VITELMA - FUCHA	33.8	64.1	70.5	85.1	96.7	63.4	81.7	67.2	48.4	102.8	100.3	67.2	881.2
EL DELIRIO	36	54.5	112.3	90.1	116.9	120.9	163.1	121.6	68.7	81.6	86.7	63.5	1116
SANTA LUCIA	29.1	34.5	44.8	65.8	79.3	25.3	34.8	30.5	47.8	73.9	57.4	29.9	553.1
CASABLANCA	13.6	25.6	38.3	63.2	73.5	26.6	29.9	30.1	33.7	75.7	51	28.1	489.3
AREA DE ESTUDIO	23.27	40.66	60.32	78.28	94.09	63.99	79	68.4	51.02	76.72	74.17	41.9	751.8

AL 50% DE PROBABILIDAD EN OCURRENCIA

En términos generales la mayor cantidad de agua precipitada en un año ocurre en dos periodos, siendo el más lluvioso el primero. Entre mayo y abril pueden caer en promedio 172.37 mm y en segundo lugar octubre y noviembre con 150.89 mm; estos valores corresponden a la precipitación registrada para un año normal, es decir, a la probabilidad del 50% en ocurrencia (FIGURA No.A2-6).





#### 1.2.4 Precipitaciones máximas en 24 horas

Las precipitaciones máximas en 24 horas representan una serie de eventos extremos o poco frecuentes y no tienen una secuencia espacio - temporal, es decir, los datos tienen independencia entre sí. En la determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas se tomaron los valores a nivel mensual multianual, la precipitación total y el número de días con lluvia de las 9 estaciones involucradas en el área de estudio.

Las precipitaciones máximas en 24 horas corresponden a valores promedio de 27.3 mm/día registrados por las estaciones Vitelma - Fucha y El Delirio, en los meses de noviembre y marzo, respectivamente. En las estaciones de Pasquilla, Santa Lucía, Casablanca y Santa María Usme, las precipitaciones máximas corresponden a un valor promedio de 18.7 mm/día y en las estaciones El Bosque, San Jorge Granja y La Picota los valores máximos corresponden a un valor promedio de 21.7 mm/día. (TABLA No. A2-4).

TABLA No. A2-4 PRECIPITACION MEDIA MENSUAL MULTIANUAL EN 24 HORAS (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR. ANUAL
LA PICOTA	9.9	10.9 9	15.9	20.8	16.6	10.3 4	10.8 5	11.2	9.01	16.9	21.6	13. 5	21.6
SAN JORGE GRANJA.	8.7	11.2	16.2	20.8	18.7	10	11.2	11	16.5	23.4	17.3	12	23.4
STA. MARIA USME	6.9	11.9	16	16.7	19.2	13.2	10.3	14.5	13.5	14.7	18.1	8.3	19.2
PASQUILLA	13	13.4	14.4	17.4	21.6	12.8	15.1	13.6	15.8	12.8	16.8	20	21.6
EL BOSQUE	10	10.4	19.4	15.4	20.1	16.5	16	19.3	17.5	11.9	16.8	18	20.1
VITELMA - FUCHA	20.2	21	23.9	20	24	12.8	14.2	13.9	16.1	21.5	27.3	21. 9	27.3
EL DELIRIO	15.1	16.1	27.4	17.6	20.6	20.3	21	17.6	17.5	20.1	20.2	18. 5	27.4
SANTA LUCIA	12.4	10.3	10	16	18.9	10	7.2	7.9	14.5	14.2	17.1	11. 6	18.9
CASABLANCA	6.2	9.8	11.5	15.1	18.3	7.3	8	7.6	13.1	17.8	14.6	9.1	18.3

El área presenta una precipitación máxima, en 24 horas entre 19 y 24 mm (FIGURA No.A2-7). En cuanto al número de días con lluvia para la temporada invernal, en el mes de mayo, tienen en promedio 22 eventos al mes.

Se desarrolló un modelo para el análisis de frecuencia de lluvias máximas en 24 horas utilizando la distribución adecuada en donde se calculan los valores máximos de lluvia en el mismo periodo de tiempo (24 horas) para diferentes periodos de retorno.





ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

Para el calculo de los periodos de retorno se aplicó el modelo de frecuencia utilizando la distribución de *Valor Extremo Tipo I* desarrollada por Gumbel (1941), ya que las isomáximas conforman un conjunto de valores extremos que pueden analizarse estadísticamente bajo éste modelo de distribución, el cual toma como información importante la media aritmética ( $x$ ) y la desviación estándar ( $s$ ), entonces la función de distribución de probabilidad generado para el área de estudio es:

$$F(x) = \exp [ - \exp ( - ( x - u / \grave{a} ) ) ]$$

Donde:

$\grave{a} = \hat{u} 6 s / \grave{a}$  ;  $s$  : Desviación estándar

$u = x - 0.5772 \grave{a}$   $u$  es la moda de la distribución (punto de máxima densidad de probabilidad)  
 $x$  ; media

Para determinar los valores de  $X_t$  para varios periodos de retorno ( $T$ ) se utiliza la variable reducida de  $Y_t$  :

$$Y_t = - \ln [ \ln ( T / T - 1 ) ]$$

Entonces;

$$X_t = u + \grave{a} Y_t$$

En la **TABLA No. A2-5** se presenta las precipitaciones máximas promedias para un intervalo de tiempo de 24 horas para seis diferentes periodos de retorno en las estaciones analizadas.

**TABLA No. A2-5 ISOMAXIMAS (mm) EN 24 HORAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO (Tr)**

ESTACION	ISOMAXIMAS PROMEDIO	Tr. 2 AÑOS	Tr. 5 AÑOS	Tr. 10 AÑOS	Tr. 20 AÑOS	Tr. 50 AÑOS	Tr. 100 AÑOS
SAN JORGE GRANJA.	23.4	32.38	42.7	49.50	56.01	64.45	70.76
STA. MARIA USME	19.2	31.38	49.11	60.86	72.12	86.7	97.63
PASQUILLA	18.7	29.76	46.25	57.16	67.62	81.17	91.32
EL BOSQUE	20.1	41.54	60.30	72.71	84.61	100.03	111.58
VITELMA - FUCHA	27.3	31.64	92.58	132.93	171.63	221.73	259.27
EL DELIRIO	27.4	38.15	44.95	49.46	53.78	59.37	63.57
SANTA LUCIA	18.9	30.06	36.56	40.87	45	50.35	54.35
CASABLANCA	18.3	32.66	39.34	43.76	47.98	53.48	57.59



### 1.2.5 Variación multianual

Para el análisis multianual de la precipitación en el área de estudio se recurrió a la información con un periodo de años consecutivos hasta la fecha, los cuales se encontraron desde 1981 hasta 1996 con poca deficiencia de datos a nivel diario, mensual y anual. Con base en éstos registros pluviométricos de las estaciones para los últimos 16 años, se observa que la precipitación tiene un comportamiento muy variable en el periodo de tiempo analizado (1981 - 1996), con años muy húmedos como 1984 y años muy secos como 1992, causado principalmente por la incidencia de el fenómeno El Niño, (FIGURA No. A2-8).

Según la tendencia lineal de los datos que están dados por la ecuación ajustada una recta (calculada con el método de mínimos cuadrados) es:

$$y = -5,0617x + 865,9$$

En la FIGURA No. A2-8 se observan las dos terceras partes de un ciclo de 20 a 22 años donde los años 81-82 son los más lluviosos al inicio del ciclo y el año 92 el más seco. De acuerdo con lo anterior los años 98-99 deberán ser los más lluviosos al finalizar el ciclo de esta década.





En términos generales, la distribución de la precipitación no conserva un parámetro regular, como se aprecia en la *FIGURA No. A2-9*, en la cual existen años con tendencias similares en la precipitación 1980 a 1983 se comportó de manera muy similar, con dos periodos invernales en cada año, de los cuales el primero siempre fue el de mayor magnitud y duración.

#### **1.2.6 Influencia del Fenómeno Climático "El Niño" en el área de estudio:**

El fenómeno climático llamado *El Niño* se presenta en la costa del Pacífico suramericano, con incidencia severa en el cambio de las condiciones climáticas normales de los países presentes en ésta costa, ya que acentúa los periodos de invierno y los de verano en duración y severidad, lo que trae consigo grandes pérdidas económicas y humanas, es en éste aspecto que se traduce la problemática del fenómeno.

Este fenómeno presenta una periodicidad de recurrencia entre 3 y 7 años aproximadamente, en Colombia se tienen registros de año Niño en 1972 -1973, 1982 -1983, 1986 -1987, 1991 -1992 y el que se inició en 1997 y se prolonga hasta 1998. Estos periodos se consideran como años en que las condiciones climáticas de invierno y verano se acentuaron notablemente (precipitación y temperatura, principalmente), aunque en el año inmediatamente siguiente a la terminación del fenómeno se recrudecen las condiciones climáticas, especialmente en los periodos invernales.

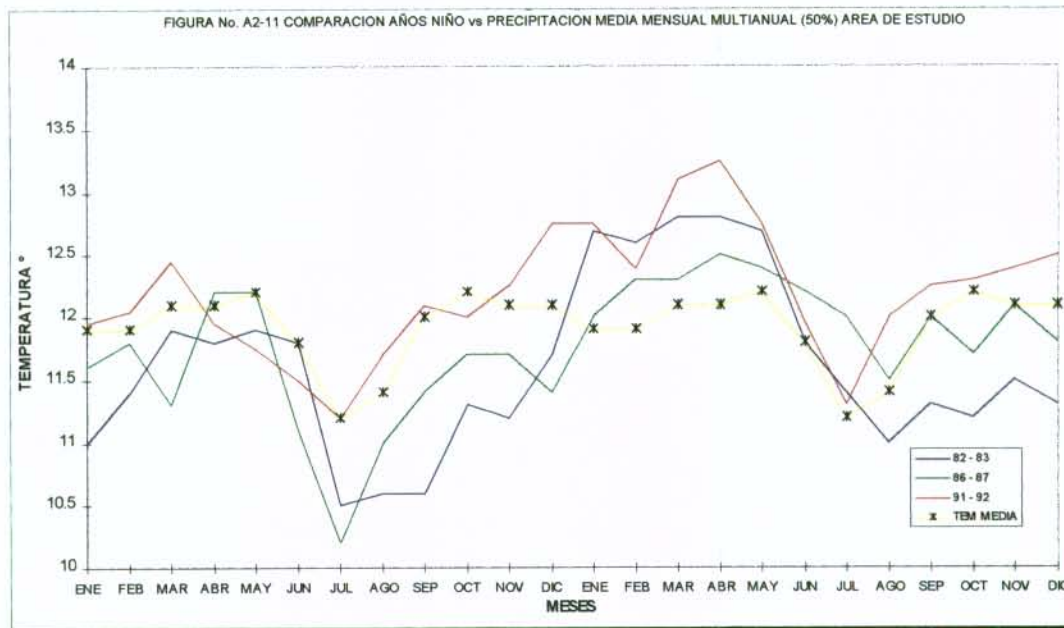
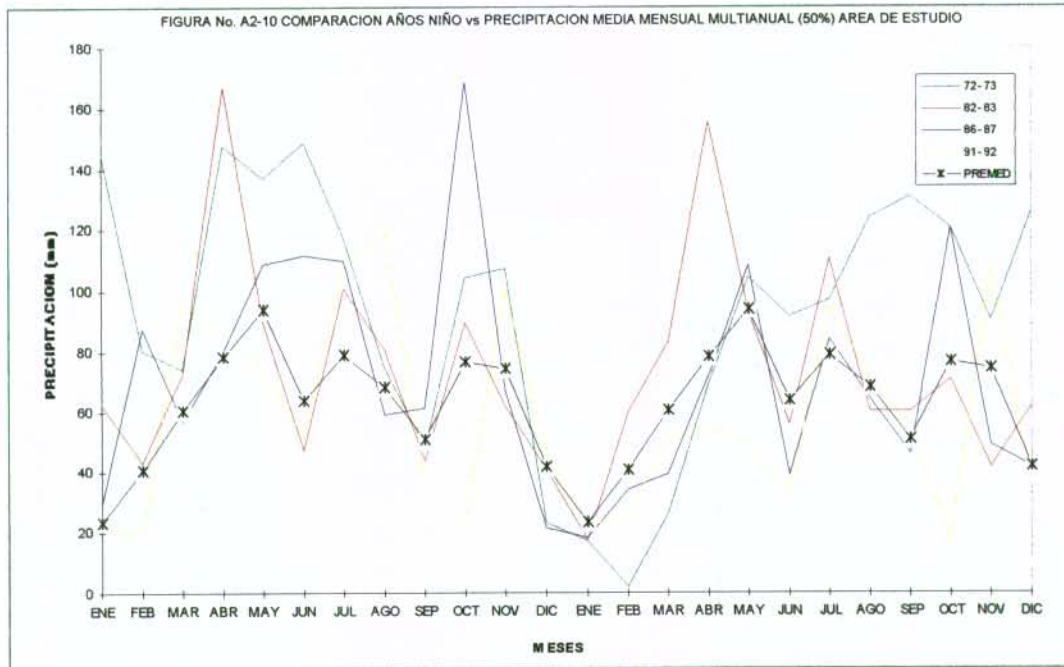
En la *TABLA No. A2-6* se presenta el registro de valores medios a nivel mensual de la precipitación para el área de estudio en los años que se reportaron el fenómeno de El Niño, y en la *FIGURA No. A2-10* se espacializan estos valores comparados con la media mensual multianual para el área de estudio. En la *FIGURA No. A2-11* se realiza la espacialización de la temperatura de los diferentes periodos de los años Niño con relación a la temperatura promedio del área de estudio.

Tomando en cuenta la información que arrojan las figuras anteriores, se analizan cuatro fenómenos consecutivos de El Niño; para la zona de interés, se puede decir que en el primer periodo (año inicial) en que se presenta el fenómeno las precipitaciones tienen un comportamiento excesivo en comparación con el promedio de lluvias para un año normal, en el segundo periodo (año final) las lluvias tienden a descender en cuanto a cantidad, comparándolo con el año normal.



# ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



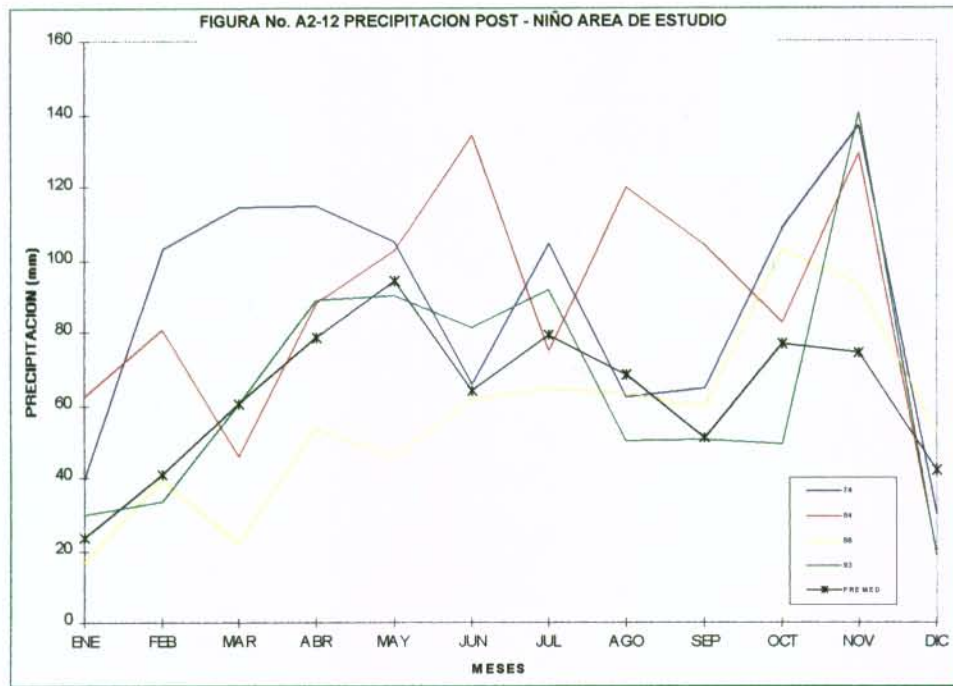


## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

En el análisis de los últimos cuatro fenómenos de El Niño, se observa que estos en toda su duración sufren comportamientos climáticos muy similares, de lo cual se puede inferir un comportamiento para lo que resta del año 1998 y el año post Niño 1999. En los meses de abril y junio de 1998 las lluvias tenderán a ser menores que el promedio mensual y en los meses del último cuatrenio tenderán a estar por encima del promedio mensual. Para julio de 1999 se esperan las más altas precipitaciones.

En la *FIGURA No.A2-12* se compara la precipitación post-Niño para los últimos cuatro fenómenos analizados con la precipitación para un año normal, de la cual se infiere que durante éstos años (post-Niño), la precipitación ha sufrido un incremento importante con respecto a la precipitación para un año normal. Lo anterior se puede extrapolar para el próximo año post Niño, correspondiente a 1999, en donde los meses de septiembre a noviembre tendrán precipitaciones muy altas. Para los meses de abril a junio se esperan precipitaciones altas y en marzo y julio serán moderadas. Es posible que en agosto, octubre y en diciembre, las precipitaciones estén por debajo del promedio mensual.





### 1.3 OTROS PARAMETROS CLIMATOLOGICOS

Para el estudio de otros parámetros climatológicos en la zona de estudio, diferentes a la precipitación, se recurrió a la información registrada en dos estaciones, una climatológica principal y la otra ordinaria, que se encuentran ubicadas en la vertiente occidental del Río Tunjuelo, frente al área de estudio, ya que en ésta no se encuentra ninguna estación de éste tipo. Los datos analizados no tienen un buen registro histórico en información, ya que a partir de 1989 y hasta 1994 existen grandes vacíos a nivel mensual. Es por ello que se trabajaron los parámetros con niveles promedios mensuales para extrapolarlos a la zona de estudio y así aplicar ésta información, aunque sea sólo de manera general.

#### 1.3.1 Temperatura

La variación de la temperatura está directamente relacionada con el gradiente altitudinal, ya que el trópico se caracteriza por la relativa uniformidad de temperatura en cada sitio, durante el año. Las principales diferencias en temperatura están condicionadas por la presión atmosférica y las variaciones se dan prácticamente durante el día. Este elemento del clima está condicionado, básicamente, por la presión atmosférica lo cual se traduce en una variación en función de la altura sobre el nivel del mar. Dentro del área de estudio existe una oscilación de la temperatura media, que en promedio va desde 11.5 a 12 °C (FIGURA No.A2-13).

Por la carencia de estaciones meteorológicas, que tengan datos de temperatura se emplea un modelo estadístico de regresión lineal, el cual indica una variación de un grado centígrado (1°C) por cada 180 metros de elevación (FIGURA No. A2-14); sin embargo, esto puede alterarse localmente por la densidad de la vegetación, orientación del relieve y las condiciones locales de humedad. La siguiente es la expresión del modelo de regresión lineal para el área de estudio basado en los datos de las estaciones climatológicas ordinaria y principal (TABLA No.A2-7).

$$T = 12,1 - 0,08 (H)$$

Donde;

T = Temperatura en grados centígrados

H = Altura en metros sobre el nivel del mar

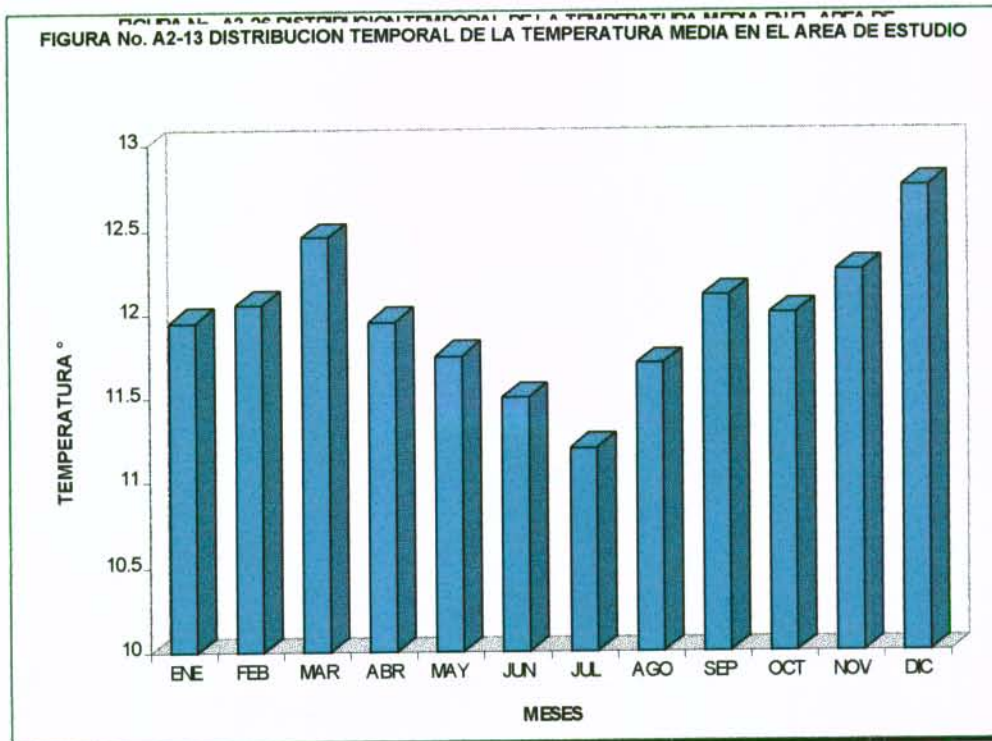
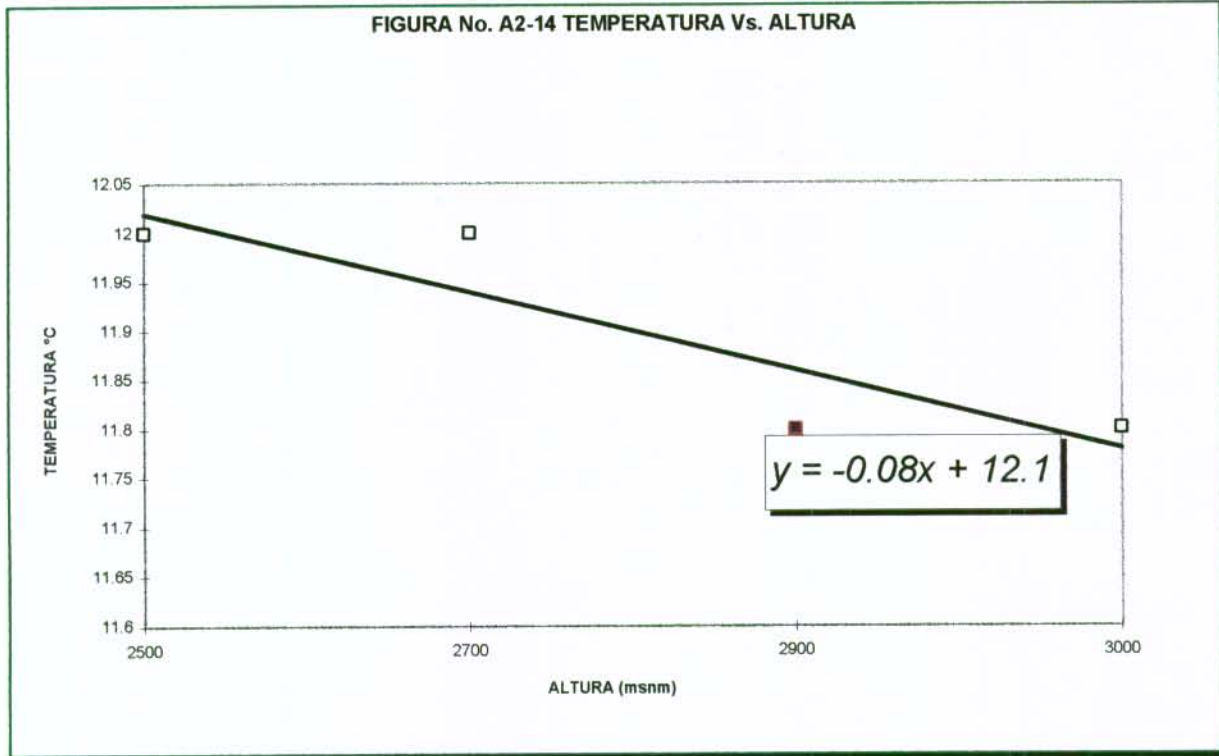


TABLA No. A2-7 TEMPERATURA MEDIA DEL AREA DE ESTUDIO

ESTACION	TEMPERATURA	ALTURA (m.s.n.m.)
DOÑA JUANA	12	2700
SAN JORGE G.JA.	11.8	2900

El comportamiento de la temperatura, registra en los meses de junio, julio y agosto las mas bajas y en los meses restantes se presenta un temperatura estable al rededor de 12°C. (Ver FIGURA No. A2-13). Las variaciones de la temperatura, en la zona montañosa como en la zona del valle, no son muy notorias ya que no superan los 2°C de diferencia reflejando así las características propias del trópico.



### 1.3.2 Humedad relativa

Este parámetro se define como la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y esta ligado directamente con la temperatura. Es la relación expresada en porcentaje entre la tensión real del vapor de agua ( $e$ ) y la tensión de saturación a la misma temperatura ( $e_s$ ). Esta dada por la expresión:

$$H = 100 (e / e_s)$$

La relación entre la temperatura del aire y la humedad relativa es inversa; es decir cuando la temperatura aumenta, la capacidad del aire para retener el vapor también aumenta y si la atmósfera no recibe aportes nuevos de agua la humedad relativa disminuye y por el contrario, si disminuye la temperatura decrece la capacidad de retención y entonces la humedad relativa sufre un aumento.

Para el área de estudio la humedad relativa durante los meses secos es baja a causa de la alta temperatura (diciembre, enero febrero, marzo, junio, julio, agosto y septiembre), con un valor promedio de 80.7% mientras que en los meses de invierno la humedad relativa es





alta (abril, mayo, octubre y noviembre), con un valor promedio mensual de 83%. La diferencia no es muy significativa ya que la temperatura promedio registrada a lo largo del año tampoco sufre grandes variaciones.

### **1.3.3 Brillo solar y nubosidad**

La relación de éstos dos parámetros es inversamente proporcional entre sí y está determinada por la ocurrencia de la precipitación; es decir, durante la época de lluvias la cantidad del brillo solar disminuye tanto que en la época seca aumenta; este fenómeno es explicable por la intervención de la gran nubosidad registrada en invierno la que obstaculiza el paso de la radiación solar directa.

En los meses de lluvia la cantidad del brillo solar disminuye, con aproximadamente 120.6 horas/mes de brillo solar (4 horas/día), tanto que en los meses secos aumenta a 175.3 horas/mes (6 horas/día); éste fenómeno es explicable por la intervención de la gran nubosidad registrada en los meses de lluvia la que obstaculiza el paso de la radiación solar directa. Los meses menos nubosos son diciembre, enero y febrero con 4 octas, tanto que los meses restante la nubosidad es estable con un valor de 5 octas.

### **1.3.4 Punto de rocío**

Este elemento del clima se define como la temperatura a la cual la tensión de vapor es igual a tensión de saturación; es decir se tendrá el punto de rocío cuando el aire contenga el máximo de vapor de agua para una temperatura dada. Cuando la temperatura es muy baja obliga al vapor de agua que está sobresaturando el aire a convertirse en gotas, cuando es demasiado baja se forman cristales de hielo. Para el área de estudio, el promedio mensual de temperatura registrado es de 9.1 °C, siendo el punto de rocío en los meses de enero, febrero, julio y agosto los de menor valor (época seca), mientras los mayores se registran en abril, mayo, octubre y noviembre (época invernal).

### **1.3.5 Tensión de vapor**

Este elemento climático se define como la presión valorada en milímetros de mercurio (mmHg) o en milibares (Mb) que tendrá el vapor de agua de la atmósfera si se hallara absolutamente sólo. Para el área de estudio los valores registran un promedio anual de 11.7 Mb, donde la mayor concentración, entre 11.9 y 12.2 Mb, está en los meses de marzo, abril, mayo y noviembre (época lluviosa) y la menor entre 11.4 y 11.7 Mb en los meses restantes.



### 1.3.6 Régimen de vientos

El régimen de vientos determina el comportamiento de la precipitación y especialmente de la localización del óptimo pluviométrico. En tal sentido cabe destacar la circulación de las masas de aire en el área de estudio.

Las corrientes de tipo convectivo generadas por el calentamiento diurno de la troposfera, hecho que induce a desplazamientos verticales de corrientes de aire húmedo que se condensan, son las causantes de la precipitación.

Para el estudio del régimen de vientos, la dirección y la velocidad son parámetros básicos, en el área de estudio los vientos tienen predominio de dirección sur con algunas variaciones al sudeste, la velocidad promedio es de 4.5 m/s anual. En los meses de junio, julio y agosto se registran las mayores velocidades con promedio de 5.2 m/s, noviembre es el mes con menor velocidad (3.6 m/s), mientras que los meses restantes tienen un valor promedio de 4.5m/s, obedeciendo principalmente a la circulación general de la atmósfera en el trópico.

### 1.3.7 Balance Hídrico Climático Potencial

El cálculo del Balance Hídrico es una herramienta que ayuda a determinar las condiciones hídricas, oferta y demanda, propias de una región y es base importante para la clasificación climática, en él se consideran importantes los aportes de lluvias, tanto que se excluyen los aportes de aguas subterráneas y las pérdidas por percolación, con el fin de establecer el balance entre las ganancias o entradas de agua por precipitación y las pérdidas de la misma por evapotranspiración.

#### **1.3.7.1 Evapotranspiración Potencial (ETP)**

Este parámetro se define como la cantidad de agua que se podría evaporar de la superficie de suelo y la que transpirarían las plantas si el suelo estuviera a capacidad de campo.

La evapotranspiración potencial (ETP) se calculó a nivel diario, decadal y mensual por el método de *Thornthwaite (1948)* mediante un modelo para PC llamado MACRA (Modelo Agrometeorológico para el Cálculo de Requerimientos de Agua), este método considera la disponibilidad de información meteorológica en las estaciones y la confiabilidad de los resultados arrojados por él para la zona tropical y en elevaciones próximas al nivel del mar. Este modelo es el que más se ajusta a los requerimientos hídricos del país (TABLA No. A2-8).



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

**TABLA No. A2-8 VALORES DIARIOS, DECADALES Y MENSUALES DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP) EN EL AREA DE ESTUDIO**

ETP	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Diaria	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43
1 década	35.95	32.14	34.98	34.34	35.40	34.34	35.23	35.61	34.34	35.40	34.34	35.23
2 década	35.57	31.76	35.61	34.22	35.53	34.22	35.49	35.49	34.22	35.53	34.22	35.49
3 década	34.81	32.14	35.74	34.34	35.40	34.34	35.61	35.23	34.34	35.4	34.34	35.61
Mensual	106.34	96.05	106.34	102.91	106.34	102.91	106.34	106.34	102.91	106.34	102.91	106.34

EVAPOTRANSPIRACION ANUAL TOTAL: 1252.02 mm

Como ya se mencionó anteriormente, la temperatura no presenta registros en todas las estaciones, entonces para la realización del balance se adoptó el promedio mensual de temperatura, por consiguiente no se esperaran valores exactos a cerca de la Evapotranspiración Potencial. Los datos encontrados serán apenas una aproximación a la realidad y se pueden tomar para idealizar el parámetro en la zona de estudio.

### 1.3.7.2 Balance hídrico para el área de estudio

En el cálculo del balance hídrico se valoraron parámetros importantes como la precipitación, el almacenamiento, la evapotranspiración real, los déficit y los excesos, los cuales están indicando que durante todo el año hay un déficit hídrico en la región estudiada, ya que la evapotranspiración es más alta que la precipitación. En la TABLA No. A2-9 se presenta el Balance Hídrico Climático Potencial para el área y en la FIGURA No. A2-15 éste se representa gráficamente.

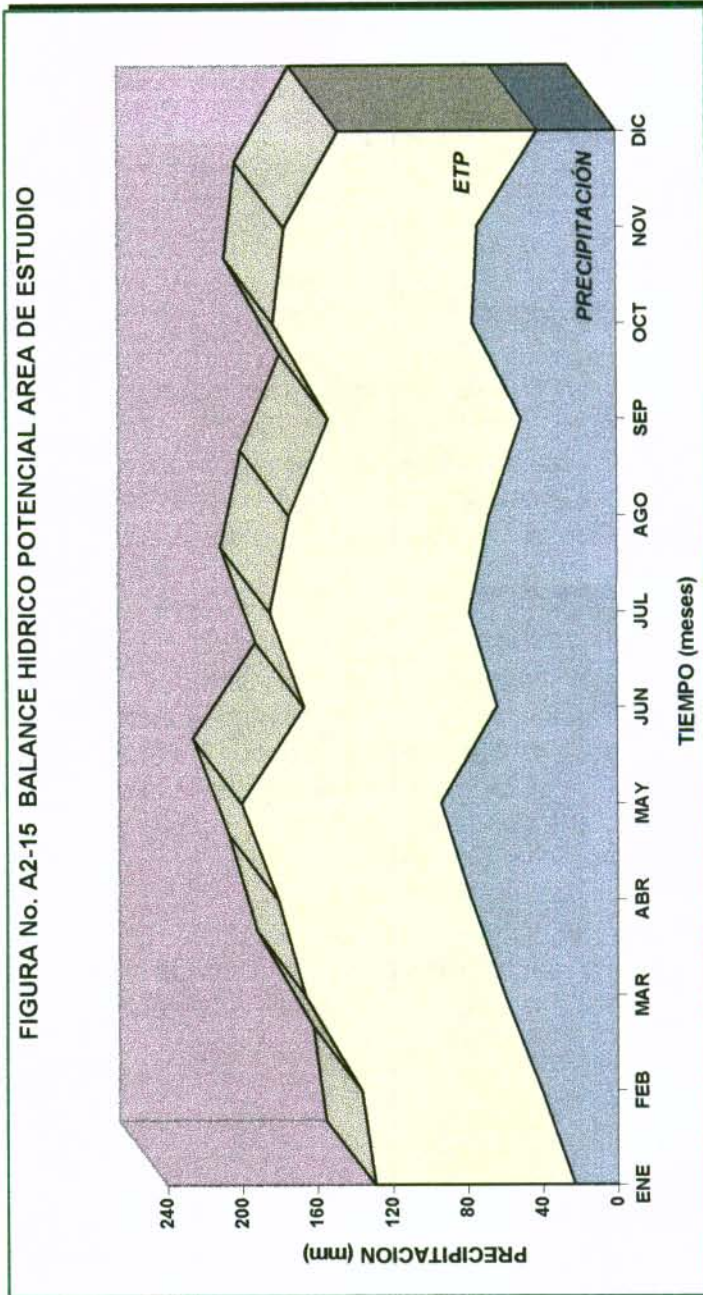
Las pérdidas en el almacenamiento del suelo se calculan a una tasa proporcional, dependiendo de la fracción de agua almacenada en el suelo, las pérdidas se calculan cuando la lluvia es insuficiente para cubrir la demanda de agua, la cual deja un déficit de agua.



TABLA No. A2-9 BALANCE HIDRICO CLIMATICO EN EL AREA DE ESTUDIO

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PRECIPITACION	23,27	40,66	60,32	78,28	94,04	63,99	79	68,4	51,02	76,72	74,17	41,9	751,8
ETP	106,34	96,05	106,34	102,91	106,34	102,91	106,34	106,34	102,91	106,34	102,91	106,34	1252,07
ALMACENAMIENTO	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	960
ETR	23,27	40,66	60,32	78,28	94,09	63,99	79	68,4	51,02	76,72	76,72	41,9	751,8
DÉFICIT	83,07	55,39	46,02	24,63	12,25	38,92	27,34	37,94	51,89	29,62	29,62	64,44	500,25
EXCESO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Precipitación y ETP en mm  
CAPACIDAD EFECTIVA DE CAMPO: 80 mm





### 1.3.8 Clasificación climática

Para la determinación del clima se utilizó el método de Thornthwaite (1948). Los parámetros importantes que actúan en el método son la evapotranspiración, la precipitación, la temperatura y los índices de humedad, de aridez e hídrico que son los que definen los tipos climáticos.

El índice de humedad indica las condiciones que registra la excesiva precipitación en un lugar respecto a la baja evapotranspiración potencial. El índice de aridez indica las condiciones de sequía que se registran por la falta de lluvia y la elevada evapotranspiración potencial. El Índice hídrico anual (Im), se emplea para tener en cuenta la heterogeneidad de la precipitación en las distintas épocas del año y en consecuencia, la influencia de la desigualdad en los índices de humedad.

Estos tipos climáticos están descritos en función de: eficacia térmica, variación estacional de humedad y concentración estival de la eficacia térmica; dando como resultado un clima seco semi árido, con poco o nada en reserva de agua y un carácter térmico megatermal. Los valores encontrados para los tipos climáticos se presentan en la TABLA No.A2-10.

**TABLA No. A2-10 CLASIFICACION CLIMATICA SEGUN THORNTHWAITE EN EL AREA DE ESTUDIO**

INDICE DE HUMEDAD (%)	INDICE DE ARIDEZ (%)	INDICE HIDRICO	TIPO CLIMATICO	DEFICIENCIA DE AGUA	CARACTER TERMICO	SIMBOLO
0	39.953	- 23.971	SEMI ARIDO	POCA A NADA	MEGATERMAL	DdA'

### 1.4 RELACION LLUVIA - PROCESOS DE REMOCION EN MASA

Las dos partes iniciales son las causantes de algunos movimientos de remoción en masa, esto según la cantidad y la intensidad de agua precipitada suficiente para detonar un movimiento dependiendo, de las condiciones intrínsecas de los suelos receptores, es decir, detectar el umbral que dispara la inestabilidad de una ladera. Asociado a esto hay elementos que disminuyen tal umbral, como la buena densidad de cobertura vegetal, o lo aumentan como los intensos factores antrópicos, ocupación del espacio y la erosión.

De la cantidad de agua precipitada en cierta zona, se pueden generar tres tipos de flujo: el más notorio, es la escorrentía superficial la cual alimenta los ríos de manera directa; el flujo subsuperficial en el cual el agua infiltrada se moviliza hacia las zonas de descarga y el tercero, de menor magnitud, el agua que escapa (evapora) hacia la atmósfera.



### 1.4.1 Inventario de un movimientos de remoción en masa

En el área de estudio, algunos de los eventos de remoción en masa son originados por lluvias, o actúan junto con otros detonantes como el factor antrópico y la sismicidad.

Se tomaron los eventos que dependen de la lluvia acumulada (antecedente al evento), para tal objeto se analizan el mayor número de procesos de remoción en masa que presente registros de fecha, lugar de ocurrencia y reporte de precipitación a nivel diario, a los cuales se les aplican parámetros estadísticos para llegar a un modelo que muestre el comportamiento de la zona en general que permita pronosticar futuros movimientos con el fin de disminuir los riesgos ocasionados.

En la realización del presente estudio se tomaron inicialmente nueve eventos o fenómenos de remoción en masa dentro y cercanos al área con los registros necesarios para su análisis, de los cuales seis fueron tomados del estudio "EVALUACION PRELIMINAR DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD BOLIVAR, RAFAEL URIBE URIBE, USME Y SAN CRISTOBAL (1993)", realizado por Ingeominas y tres eventos reportados por la UPES, del total solamente seis se ajustan al análisis. Estos eventos se presentan en la TABLA No. A2-11.

**TABLA No. A2-11 INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS  
LLUVIA - PROCESOS DE REMOCION EN MASA**

LUGAR DEL EVENTO	FECHA DEL EVENTO	REGISTRO DE ESTACION PLUVIOMETRICA	ORIGEN DE INFORMACION
El Pedregal *	4 - 10 - 94	Santa María de Usme	UPES
Marco Fidel Suarez *	4 - 12 - 96	Santa Lucia	UPES
Sierra Morena **	17 - 07 - 96	Pasquilla	UPES
Villa Gloria **	27 - 10 - 86	La Picota	Estudio Ingeominas
Cordillera Sur **	16 - 10 - 86	Casa Blanca	Estudio Ingeominas
Juan Pablo II *	17 - 12 - 84	La Picota	Estudio Ingeominas
La Paz **	14 - 03 - 89	La Picota	Estudio Ingeominas
Malvinas **	15 - 03 - 89	La Picota	Estudio Ingeominas
Quindío **	18 - 05 - 94	El Delirio	Estudio Ingeominas

\* No se utilizaron en el estudio

\*\* Si se utilizaron en el estudio

### 1.4.2 Precipitación Acumulada

Para el análisis de la lluvia diaria acumulada a la fecha del evento se utiliza la lluvia registrada en la estación más cercana, ya que éste puede registrar intensidades mayores que el promedio del área de estudio, es decir se toman registros puntuales.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVISION Y ATENCION DE EMERGENCIAS FOPAE

Para observar el comportamiento de las lluvias en el año del evento se graficó la precipitación media mensual multianual con la precipitación del año del evento, las máximas medias mensuales y las máximas del año del evento para los seis eventos.

En tales gráficas se observa que en el año del evento las lluvias estuvieron muy por encima de la precipitación media mensual que es la que correspondería a un año normal, al igual que las lluvias máximas en 24 horas del año del evento sobrepasaron las máximas medias mensuales.

La lluvia acumulada precedente se encuentra realizando una suma retrospectiva a la fecha del evento, tomándose como la lluvia de disparo aquella que para varios eventos tenga un valor de precipitación acumulado similar en un mismo número de días. Se observa ésta misma acumulación para todos los eventos, donde se estima que la precipitación detonante es de 15 días en los cuales tendrá que caer cerca de 78.8 mm, (Aprox. 75 mm) para que ocurra un fenómeno.

En la *TABLA No. A2-12* se registra la precipitación acumulada a 30 días para cada evento, en los cuales se llegará a la lluvia estándar, es decir la lluvia detonante o disparadora de los eventos de remoción en masa para el área de estudio.

**TABLA No. A2-12 PRECIPITACION ACUMULADA DIARIA A LA FECHA DEL EVENTO (ZONAS INESTABLES)**

DÍAS	SIERRA MORENA	VILLA GLORIA	CORDILLERA SUR	LA PAZ	MALVINAS	QUINDIO
1	12,4	7,1	5,7	17,6	20	3,9
2	22,9	13,7	12,3	23,1	37,6	9,2
3	30,5	15	16,1	44,2	43,1	10,5
4	31,9	15,9	17,8	45,5	64,2	10,9
5	34,4	16	42,3	45,5	65,5	26,2
6	35,5	16,2	42,3	46,4	65,5	26,3
7	39,6	16,9	42,3	57,4	66,4	27,9
8	42,8	17,4	42,3	59,8	79,4	28,5
9	44,3	27,6	42,7	77,2	79,8	32,8
10	54,6	42,2	43,3	78,2	97,2	35,2
11	56,2	42,2	43,3	78,2	98,2	35,8
12	56,2	63,3	45,6	78,2	98,2	38,9
13	59,1	70,1	47,2	78,2	98,2	39,2
14	60,3	73,7	69,1	78,2	98,2	59,2
<b>15</b>	<b>60,7</b>	<b>79,6</b>	<b>80,6</b>	<b>78,2</b>	<b>98,2</b>	<b>75,9</b>
16	61	81,2	82,9	78,2	98,2	76
17	61,4	82,8	83	80,6	98,2	76,3
18	61,4	106,2	92,6	81	100,6	86,6
19	62,8	109,2	99,8s	82	101	94,2
20	70,2	109,4	119,8	85,1	102	106,2
21	71,7	109,4	119,8	85,1	105,1	109,5
22	73,3	121	125,3	85,2	105,1	120



**TABLA No. A2-12 PRECIPITACION ACUMULADA DIARIA A LA FECHA DEL EVENTO (ZONAS INESTABLES) (CONTINUACION)**

DIAS	SIERRA MORENA	VILLA GLORIA	CORDILLERA SUR	LA PAZ	MALVINAS	QUINDIO
23	75,2	121,4	166,6	86,9	105,1	122,1
24	78,3	122	167,1	88,6	106,9	129,4
25	83	148,7	167,1	88,6	108,6	137,3
26	85,7	159,8	167,1	91,5	108,6	137,3
27	88,3	172,1	167,7	91,5	111,5	138,2
28	89,2	172,1	167,7	91,5	111,5	138,3
29	93,3	183,2	167,7	92,1	111,5	138,3
30	95,5	185,4	167,7	92,1	118,1	138,4

LLUVIA PROMEDIO ACUMULADA A 15 DIAS: 78.8 mm

### 1.4.3 Distribución de Probabilidad:

La distribución que más se ajusta al estudio propuesto es la Ley de Gumbel, ya que ésta fue desarrollada para su aplicación en problemas de valores extremos.

Con los parámetros de la distribución Gumbel se calculó el periodo de retorno para la precipitación antecedente de las diferentes duraciones, la precipitación diaria, la acumulada en 30 días y la intensidad, como se muestra en la tablas siguientes.

En la TABLA No. A2-13 esta representado el evento ocurrido en Sierra Morena, en la TABLA No. A2-14 el ocurrido en Villa Gloria, en la TABLA No. A2-15 el de Cordillera Sur, en la TABLA No. A2-16 el de La Paz, en la TABLA No. A2-17 el de Malvinas y en la TABLA No. A2-18 el ocurrido en Quindío.

La frecuencia de que un evento sea igual o menor a otro se calcula a partir de la formula de Weibull o el método de Kimbal que esta dado por la ecuación:

$$f(x \leq x_i) = \frac{m}{N + 1} \quad y \quad Tr = \frac{1}{1 - f}$$

Donde

N = Número de datos

m = Puesto que ocupa en la serie

En la misma tabla para cada evento se presenta la intensidad de la precipitación para la lluvia acumulada y esta dada por la ecuación:

$$i = P/D$$





ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

Donde:

P = Precipitación (mm)

D = Duración en días

Es de anotar que si efectivamente el factor detonante de los fenómenos es la precipitación, se deberá tener en cuenta, también, las condiciones antecedentes de humedad en las laderas receptoras, así por ejemplo luego de varias lluvias fuertes donde no se registró ningún evento, pero el suelo creó ciertas condiciones críticas (encharcamientos o represamientos), una llovizna ligera, el suelo se puede sobresaturar alcanzando un escurrimiento superficial que dispare los fenómenos de inestabilidad.

**TABLA No. A2-13 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO ESTACION: PASQUILLA EVENTO: SIERRA MORENA (17 - 07 - 96)**

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
1	17	JUL	12.4	12.4	12.4	1.033
2	16	JUL	10.5	22.9	11.45	
3	15	JUL	7.6	30.5	10.17	
4	14	JUL	1.4	31.9	7.98	
5	13	JUL	2.5	34.4	6.88	1.192
6	12	JUL	1.1	35.5	5.92	
7	11	JUL	4.1	39.6	5.66	
8	10	JUL	3.2	42.8	5.35	
9	9	JUL	1.5	44.3	4.92	
10	8	JUL	10.3	54.6	5.46	1.476
11	7	JUL	1.6	56.2	5.11	
12	6	JUL	0.0	56.2	4.68	
13	5	JUL	2.9	59.1	4.55	
14	4	JUL	1.2	60.3	4.31	
15	3	JUL	0.4	60.7	4.05	1.938
16	2	JUL	0.3	61	3.81	
17	1	JUL	0.4	61.4	3.61	
18	30	JUN	1.4	61.4	3.41	
19	29	JUN	4.9	62.8	3.31	
20	28	JUN	2.5	70.2	3.51	2.818
21	27	JUN	1.5	71.7	3.41	
22	26	JUN	1.6	73.3	3.33	
23	25	JUN	1.9	75.2	3.27	
24	24	JUN	3.1	78.3	3.26	
25	23	JUN	4.7	83	3.32	5.166
26	22	JUN	2.7	85.7	3.30	
27	21	JUN	2.6	88.3	3.27	
28	20	JUN	0.9	89.2	3.19	
29	19	JUN	4.1	93.3	3.22	
30	18	JUN	2.2	95.5	3.18	



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

**TABLA No. A2-14 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO  
ESTACION: LA PICOTA  
EVENTO: VILLA GLORIA (27 - 10 - 86)**

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
1	27	OCT	7.1	7,1	7.1	1.033
2	26	OCT	6.6	13,7	6.85	
3	25	OCT	1.3	15	5	
4	24	OCT	0.9	15,9	3.96	
5	23	OCT	0.1	16	3.2	1.192
6	22	OCT	0.2	16,2	2.7	
7	21	OCT	0.7	16,9	2.41	
8	20	OCT	0.5	17,4	2.18	
9	19	OCT	10.2	27,6	3.07	
10	18	OCT	14.6	42,2	4.22	1.476
11	17	OCT	0.0	42,2	3.87	
12	16	OCT	12.1	63,3	5.26	
13	15	OCT	6.8	70,1	5.39	
14	14	OCT	3.6	73,7	5.26	
15	13	OCT	5.9	79,6	5.31	1.938
16	12	OCT	1.6	81,2	5.08	
17	11	OCT	1.6	82,8	4.87	
18	10	OCT	23.4	106,2	5.9	
19	9	OCT	3.0	109,2	5.75	
20	8	OCT	0.0	109,4	5.47	2.818
21	7	OCT	0.2	109,4	5.21	
22	6	OCT	11.6	121	5.5	
23	5	OCT	0.4	121,4	5.28	
24	4	OCT	0.6	122	5.08	
25	3	OCT	26.7	148,7	5.95	5.166
26	2	OCT	11.1	159,8	6.15	
27	1	OCT	12.3	172,1	6.35	
28	30	SEP	0.0	172,1	6.15	
29	29	SEP	11.1	183,2	6.32	
30	28	SEP	2.2	185,4	6.18	

**TABLA No. A2-15 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO  
ESTACION: CASABLANCA  
EVENTO: CORDILLERA SUR (16 - 10 - 86)**

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
1	16	OCT	5.7	5,7	5.7	1.033
2	15	OCT	6.6	12,3	6.15	
3	14	OCT	3.8	16,1	5.34	
4	13	OCT	1.7	17,8	4.45	



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

**TABLA No. A2-15 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO  
ESTACION: CASABLANCA  
EVENTO: CORDILLERA SUR (16 - 10 - 86)  
(Continuación)**

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
5	12	OCT	24.5	42,3	8.46	1.192
6	11	OCT	0.0	42,3	7.05	
7	10	OCT	0.0	42,3	6.04	
8	9	OCT	0.0	42,3	5.29	
9	8	OCT	0.4	42,7	4.74	
10	7	OCT	0.6	43,3	4.33	1.476
11	6	OCT	0.0	43,3	3.94	
12	5	OCT	2.3	45,6	3.8	
13	4	OCT	1.6	47,2	3.63	
14	3	OCT	21.9	69,1	4.96	
15	2	OCT	11.5	80,6	5.37	1.938
16	1	OCT	2.3	82,9	5.18	
17	30	SEP	0.1	83	4.88	
18	28	SEP	9.6	92,6	5.14	
19	29	SEP	7.2	99,8	5.25	
20	27	SEP	20.0	119,8	5.99	2.818
21	26	SEP	0.0	119,8	5.70	
22	25	SEP	5.5	125,3	5.69	
23	24	SEP	41.3	166,6	7.24	
24	23	SEP	0.5	167,1	6.96	
25	22	SEP	0.0	167,1	6.68	5.166
26	21	SEP	0.0	167,1	6.43	
27	20	SEP	0.6	167,7	6.21	
28	19	SEP	0.0	167,7	5.99	
29	18	SEP	0.0	167,7	5.78	
30	17	SEP	0.0	167,7	5.59	

**TABLA No. A2-16 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO  
ESTACION : PASQUILLA  
EVENTO : LA PAZ (14 - 03 - 89)**

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
1	14	MAR	17.6	17,6	17.6	1.033
2	13	MAR	5.5	23,1	11.55	
3	12	MAR	21.1	44,2	14.73	
4	11	MAR	1.3	45,5	11.38	
5	10	MAR	0.0	45,5	9.1	1.192
6	9	MAR	0.9	46,4	7.73	
7	8	MAR	13.0	57,4	8.2	
8	7	MAR	0.4	59,8	7.48	



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

TABLA No. A2-16 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO  
ESTACION : PASQUILLA  
EVENTO : LA PAZ (14 - 03 - 89)  
(Continuación)

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
9	6	MAR	17.4	77,2	8.58	
10	5	MAR	1.0	78,2	7.82	1.476
11	4	MAR	0.0	78,2	7.11	
12	3	MAR	0.0	78,2	6.52	
13	2	MAR	0.0	78,2	6.02	
14	1	MAR	0.0	78,2	5.59	
15	28	FEB	0.0	78,2	5.21	1.938
16	27	FEB	0.0	78,2	4.89	
17	26	FEB	2.4	80,6	4.74	
18	25	FEB	0.4	81	4.5	
19	24	FEB	1.0	82	4.32	
20	23	FEB	3.1	85,1	4.26	2.818
21	22	FEB	0.0	85,1	4.05	
22	21	FEB	0.1	85,2	3.87	
23	20	FEB	1.7	86,9	3.79	
24	19	FEB	1.7	88,6	3.69	
25	18	FEB	0.0	88,6	3.54	5.166
26	17	FEB	2.9	91,5	3.52	
27	16	FEB	0.0	91,5	3.39	
28	15	FEB	0.0	91,5	3.27	
29	14	FEB	0.6	92,1	3.18	
30	13	FEB	0.0	92,1	3.07	

TABLA No. A2-17 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO  
ESTACION: PASQUILLA  
EVENTO: MALVINAS (15 - 03 - 89)

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
1	15	MAR	20.0	20	20	1.033
2	14	MAR	17.6	37,6	18.8	
3	13	MAR	5.5	43,1	14.37	
4	12	MAR	21.1	64,2	16.05	
5	11	MAR	1.3	65,5	13.1	1.192
6	10	MAR	0.0	65,5	10.91	
7	9	MAR	0.9	66,4	9.49	
8	8	MAR	13.0	79,4	9.92	
9	7	MAR	0.4	79,8	8.87	
10	6	MAR	17.4	97,2	9.72	1.476
11	5	MAR	1.0	98,2	8.93	



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

**TABLA No. A2-17 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO**  
**ESTACION: PASQUILLA**  
**EVENTO: MALVINAS (15 - 03 - 89)**  
 (Continuación)

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
12	4	MAR	0.0	98,2	8.18	
13	3	MAR	0.0	98,2	7.55	
14	2	MAR	0.0	98,2	7.01	
15	1	MAR	0.0	98,2	6.55	1.938
16	28	FEB	0.0	98,2	6.14	
17	27	FEB	0.0	98,2	5.78	
18	26	FEB	2.4	100,6	5.59	
19	25	FEB	0.4	101	5.32	
20	24	FEB	1.0	102	5.1	2.818
21	23	FEB	3.1	105,1	5.01	
22	22	FEB	0.0	105,1	4.78	
23	21	FEB	0.1	105,1	4.57	
24	20	FEB	1.7	106,9	4.45	
25	19	FEB	1.7	108,6	4.34	5.166
26	18	FEB	0.0	108,6	4.18	
27	17	FEB	2.9	111,5	4.13	
28	16	FEB	0.0	111,5	3.98	
29	15	FEB	0.0	111,5	3.84	
30	14	FEB	0.6	118,1	3.64	

**TABLA No. A2-18 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO**  
**ESTACION : EL DELIRIO**  
**EVENTO : QUINDIO (18 - 05 - 94)**

DIAS ANTECEDENTES AL EVENTO	FECHA ANTECEDENTE		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	DIA	MES	DIARIA (mm)	ANTECEDENTE (mm)	INTENSIDAD (mm/día)	
1	18	MAY	3.9	3,9	3.9	1.033
2	17	MAY	5.3	9,2	4.6	
3	16	MAY	1.3	10,5	3.5	
4	15	MAY	0.2	10,9	2.73	
5	14	MAY	15.3	26,2	5.24	1.192
6	13	MAY	0.1	26,3	4.38	
7	12	MAY	1.6	27,9	3.99	
8	11	MAY	0.6	28,5	3.56	
9	10	MAY	4.3	32,8	3.64	
10	9	MAY	2.4	35,2	3.52	1.476
11	8	MAY	0.6	35,8	3.25	
12	7	MAY	3.1	38,9	3.24	
13	6	MAY	3.0	39,2	3.02	
14	5	MAY	20.0	59,2	4.23	



**TABLA No. A2-18 PRECIPITACION ANTECEDENTE, INTENSIDAD Y PERIODO DE RETORNO**  
**ESTACION : EL DELIRIO**  
**EVENTO : QUINDIO (18 - 05 - 94)**  
**(Continuación)**

DIAS ANTECEDENTES	FECHA		PRECIPITACION			PERIODO DE RETORNO (años)
	ANTECEDENTE		DIARIA	ANTECEDENTE	INTENSIDAD	
AL EVENTO	DIA	MES	(mm)	(mm)	(mm/día)	
15	4	MAY	16.7	75,9	5.06	1.938
16	3	MAY	0.1	76	4.75	
17	2	MAY	0.3	76,3	4.49	
18	1	MAY	10.3	86,6	4.81	
19	30	ABR	7.6	94,2	4.96	
20	29	ABR	12.0	106,2	5.31	2.818
21	28	ABR	3.3	109,5	5.21	
22	27	ABR	10.5	120	5.45	
23	26	ABR	2.1	122,1	5.31	
24	25	ABR	7.3	129,4	5.39	
25	24	ABR	7.9	137,3	5.49	5.166
26	23	ABR	0.0	137,3	5.28	
27	22	ABR	0.9	138,2	5.12	
28	21	ABR	0.1	138,3	4.94	
29	20	ABR	0.0	138,3	4.77	
30	19	ABR	0.1	138,4	4.61	

### 1.5 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en le estudio se llegó, finalmente, a las siguientes conclusiones:

- ✦ La mayoría de los fenómenos de remoción en masa ocurridos cerca y dentro del área de estudio (tres de los analizados en total) no se presentan en las épocas de lluvia obtenidas para la zona, según los registros pluviométricos.
- ✦ La precipitación no es el único factor detonante en los movimientos de remoción en masa, existen factores adicionales importantes como las condiciones intrínsecas de las laderas receptoras (naturaleza de los materiales), sus condiciones geomecánicas, de intervención antrópica y de cobertura vegetal.
- ✦ Las lluvias registradas y analizadas a nivel diario para la zona de estudio utilizada para cada fenómeno de remoción tienen características variables en cuanto intensidad y duración, son datos independientes entre sí y no tienen ninguna relación en el tiempo.



- ✦ De acuerdo con la acumulación retrospectiva a nivel diario de la lluvia para cada uno de los eventos, se determinó que la precipitación crítica o detonante para desestabilizar una ladera es de aproximadamente 75 mm en 15 días. El número de días puede disminuir si se tiene en cuenta que los meses mas lluviosos son Mayo y Noviembre y en el presente estudio sólo se analizaron tres en éste periodo.
- ✦ Como la incidencia del fenómeno El Niño, en el área de estudio, se le dio gran importancia, de éste aparte se puede concluir que en el año de 1999, denominado año post Niño el cual será húmedo, se prevee que las precipitaciones que caerán en el área durante todo el año superarán los niveles promedios mensuales hallados para la zona. Los meses que probablemente presentarán muy altas precipitaciones son septiembre, noviembre, enero, febrero, abril y junio, para los meses de marzo, mayo y julio las precipitaciones serán moderadas. Posiblemente en agosto, octubre diciembre las precipitaciones serán bajas.
- ✦ Si 1999 se considera como un año húmedo, es muy probable que en él las condiciones de saturación en el suelo, a causa de la elevadas precipitaciones, sean importantes en la desestabilización de las laderas.
- ✦ Esta información es importante para prevenir la ocurrencia de fenómenos por remoción en masa originados por las lluvias en el área de estudio ya que en el año de 1999 se prevee que caerán grandes cantidades de agua en el sector que unido a las condiciones geotécnicas y a la ocupación del espacio en la zona hacen necesario la elaboración de un plan de seguimiento detallado.

## 1.6 RECOMEDACIONES

Las recomendaciones generales van enfocadas principalmente a la prevención de las consecuencias de los fenómenos de remoción en masa, ya sean humanas o económicas.

- Diseñar sistemas de drenajes, tanto superficial como subsuperficial, para drenar las aguas lluvias y lograr que sean conducidas a un colector común, (Río Tunjuelo).
- Diseñar programas de emergencia, evacuación y reubicación de viviendas para las zonas más vulnerables, ya que se conocen problemas anteriores de remoción.

**ANEXO A3**





### ANEXO A3 USO ACTUAL DE SUELO Y COBERTURA

El uso del suelo en una region es el resultado de las caracterisitcas del medio fisico (clima, suelos topografia), de la estructura agraria (tendencia de la tierra) y de las actividades economicas y costumbres de los pobladores. Esto ultimo hace que el uso del suelo se constituya en un factor importante de la inestabiliad del terreno.

La cobertura vegetal, es un elemnto fundamental en las condiciones de estabilidad, principalmente en lo referente al control de la erosion. Los principales efectos del sistema vegetativo, en el control de la erosion pueden resumirse en :

- ✦ **Intercepcion** : La vegetacion amortigua el impacto de las lluvias en las superficie terrestre, evitando la erosion del suelo por efecto de las gotas de lluvia.
- ✦ **Retencion** : Las raices de las plantas actuan reteniendo las particulas de suelo, evitando su arrastre por el agua.
- ✦ **Retardo** : La vegetacion incrementa la rugosidad del terreno y disminuye la velocidad de escorrentia.
- ✦ **Infiltracion** : Las raices de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo, hasta la profundidad radicular.
- ✦ **Transpiracion** : La vegetacion reduce la humedad del suelo mediante la absorcion y evapotranspiracion del agua lluvia.

La vegetacion contribuye a prevenir movimientos en masa, particularmente los deslizamientos superficiales. La influencia de la vegetacion en la estabilidad de las laderas puede analizarse bajo cinco efectos principales (Gray, 1982 citado por Alvarez, 1996) :

- + Los sistemas de raices ayudan al refuerzo mecanico del suelo.
- + El sistema vegetativo modifica el contenido de humedad del suelo por efecto de la evapotranspiracion.
- + El peso de la vegetacion ejerce en las laderas efectos desestabilizadores (fuerzas en el sentido de la pendiente) como estabilizadores (fuerzas perpendiculares a la pendiente).
- + El sistema radicular tiende a invadir grietas, fisuras y canales en el suelo o masa rocosa, pudiendo generar esfuerzos locales que contribuyan a la inestabilidad.



- + El movimiento de los arboles por acción del viento, se traduce en efectos de momento sobre la superficie del terreno.

Para evaluar la influencia de la vegetación en la estabilidad es necesario conocer la pendiente promedio y los diferentes tipos de vegetación que se encuentran presentes por unidad de terreno.

## 1. METODOLOGIA

### 1.1 RECOPIACION DE INFORMACION

La Unidad de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital -UPES- y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente -DAMA- suministro la información sobre las canteras registradas. A partir de esta información se elaboró una tabla preliminar de las canteras y chircales.

Además se obtuvo el plano de Uso actual del suelo y coberturas realizado por INGEOMINAS con el estudio denominado "EVALUACION PRELIMINAR DE LA AMENAZA POR REMOCION EN MASA DE LAS LOCALIDADES DE CIUDAD BOLIVAR, RAFAEL URIBE, USME Y SAN CRISTOBAL" que abarca el 60% del área.

### 1.2 FOTOINTERPRETACION

Con fotografía áreas de los años 70 al 96 se marcaron :

- + Las áreas de extracción de materiales y chircales antiguos.
- + Las áreas urbanizadas.
- + Las áreas de pastos, cultivos, bosques y sin cobertura.
- + Los cuerpos de agua.

### 1.3 TRABAJO DE CAMPO

Con la información de los dos puntos anteriores se elaboró un plano preliminar de áreas de diferente uso del suelo y cobertura. Y se corroboró en salidas a terreno, durante las dos (2) primeras semanas de febrero. Además de la verificación de las áreas preliminares afectadas por canteras, chircales y rondas intervenidas, se completó la información sobre la existencia y calidad de las redes de acueducto y alcantarillado.



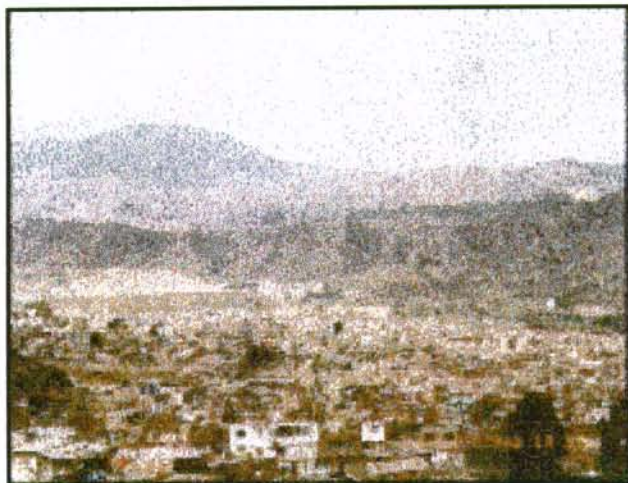
## 1.4 ELABORACIÓN FINAL DEL MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL

Con la información obtenida en las etapas anteriores se elaboró el mapa final de uso y cobertura, clasificándose en 9 zonas. (Ver PLANO No. 4).

## 2. UNIDADES IDENTIFICADAS

### 2.1 ZONA URBANA

Asentamientos que poseen mas de 1500 habitantes y presentan una organización espacial definida. De igual forma se evaluó si estos estaban pavimentados o no, ya que ello determina los niveles de infiltración de las aguas. El 26.96% del área de estudio se encuentra en esta unidad. (Ver FOTOGRAFIA No. A3-1).



FOTOGRAFIA No. A3-1

LOCALIZACION : Localidad de Usme.

DESCRIPCION : Panorámica de la zonas urbanas.

#### 2.1.1 Zona urbana pavimentada (Zup)

Constituida por aquellos barrios consolidados y legalizados donde más del 80% de las vías principales y secundarias se encuentran pavimentadas. Algunos de los barrios agrupados fueron : Santa Marta, Marichuela, El Rubí, etc y representa el 14.5% del área total.



### 2.1.2 Zona urbana sin pavimentar (Zusp)

Constituidas por aquellos barrio donde las vías principales y secundarias pavimentadas representan menos del 20% del total de las vías. Generalmente los barrios agrupados en estas zonas son los suburbanos como Monteblanco, Puerta al Llano, La Fiscala, El Bosque El Limonar, etc. Representa el 16.25% del área total.

### **2.2 VEGETACIÓN**

En el área de estudio se encuentra aún vegetación nativa en una proporción importante, pero que esta siendo amenazada por los procesos de urbanización y de actividad minera. Las FOTOGRAFIAS Nos. A3-2 y A3-3 muestran la variedad de vegetación en la zona.

La vegetación en la zona ocupa el 40.93% del área de estudio y se subdividió en las siguientes unidades :



FOTOGRAFIA No. A3-2

DESCRIPCION : Bosque plantado en la parte alta de la Subcuenca Yomasa

#### 2.2.1 Rastrojos Altos (Ra)

Se denominan rastrojos altos a un misceláneo de vegetación herbácea alta con algunos individuos arbóreos y arbustivos, las especies que los componen generalmente presentan características heliófitas, de rápido crecimiento, con gran poder de invasión y muy resistentes a la intervención antrópica.



### **2.2.2 Rastrojos Bajos (Rb)**

Unidad de vegetación constituida por vegetación herbácea y algunos individuos arbustivos de bajo porte y generalmente, sin valor económico (*FOTOGRAFIA No. A3-4*).

Generalmente se presenta en asociación (Rb/P) con pastos donde una de las clases cubre menos del 70% del área delimitada.



**FOTOGRAFIA No. A3-3**

**LOCALIZACION :** Parque Entrenubes.

**DESCRIPCION :** Bosque y vegetación nativa.

### **2.2.3 Bosque Plantado (Bp)**

Se denomina bosque plantado a aquella unidad de cobertura vegetal constituida por especies sembradas, de porte arbóreo y generalmente monoespecíficas. En la zona esta cobertura vegetal se presenta en cercanías a Quebrada Yomasa, en este sitio se utilizó una especie de Myrtaceae (*Eucalyptus cf. Globulus*) ; (*Ver FOTOGRAFIA No. A3-5*).



**FOTOGRAFIA No. A3-4**  
**DESCRIPCION:** Rastrojo bajo hacia el cauce alto de la Quebrada La Hoya del Ramo.



**FOTOGRAFIA No. A3-5**  
**LOCALIZACION :** Cerro de Juan Rey  
**DESCRIPCION :** Bosque plantado (Eucalyptus cf. globulus), hacia la parte mas alta de la zona de estudio (a 3020 m.s.n.m.).

#### **2.2.4 Pastos (P)**

Formaciones de gramíneas de bajo porte, de altura no superior a los 70 cm, que han crecido espontáneamente. Corresponden a áreas altamente intervenidas. (Ver FOTOGRAFIA No. A3-6).



FOTOGRAFIA No. A3-6

LOCALIZACION : Barrio Compostela III.

DESCRIPCION : Pastos y vegetación nativa a los alrededores del Barrio.

### 2.2.5 Cultivos (C)

Areas dedicadas a la actividad agrícola y que permanecen en el terreno durante períodos variables. Se puede presentar en diferentes estadios de desarrollo. En la zona de estudio los cultivos corresponden a papa, cebolla y arveja. Dentro de esta unidad igualmente se considera el terreno que se encuentra en descanso y o en labores de preparación para soportar un cultivo. Representan el 19% del área estudiada.

### 2.2.6 Asociaciones

Son aquellas unidades que encierran dos o mas clases, cada una de las cuales cubre menos del 70 % del área delimitada. En la zona de estudio las asociaciones que se presentaron corresponden a pastos - cultivos (P/C) y rastrojos bajos - pastos (Rb/P, FOTOGRAFIA No. A3-7), canteras abandonadas - zonas erosionadas (Cac/Sv) y Zonas urbanas sin pavimentar (Zusp - Sv).



**FOTOGRAFIA No. A3-7**

**DESCRIPCION :** Asociación de rastrojos bajos y pastos en la parte alta de la cuenca de la Quebrada La Hoya del Ramo.

**2.2.7 Zonas sin vegetación (Sv)**

Son unidades de terreno con diferentes grados de erosión desarrolladas bajo ciertas condiciones climáticas antrópicas e inadecuada cobertura vegetal, por lo general pertenecen a áreas de explotación abandonadas o con escasa cobertura y a zonas en explotación con diferentes tipos de manejo técnico.





**ANEXO A4**



## ANEXO A4

### FACTOR ANTROPICO

La sobrecarga y descarga de los taludes, la deforestación, el cambio de condiciones hídricas, los procesos de urbanización y en general todas las acciones del hombre sobre el medio físico inciden con mucha severidad y rapidez en la estabilidad de taludes.

Este Factor Antrópico adquiere mayor relevancia cuando se analiza en una ciudad metropolitana como Santa Fe de Bogotá donde el proceso de urbanización no es planeado y sufre las consecuencias de la expulsión de miles de familias por violencia económica y política. La falta de servicios de recolección de aguas lluvias y sanitarias, la conducción inadecuada del agua potable, la ruptura e infiltración de los tubos de las redes de acueducto y alcantarillado, las explanaciones y los rellenos inadecuados para preparar los terrenos a urbanizar, la disposición inadecuada de los estériles dejados por las zonas de canteras antiguas urbanizadas son algunos de los aspectos negativos de la acción del hombre sobre el medio físico. Ver FOTOGRAFIAS Nos A4-1 y A4-2.



**FOTOGRAFIA No. A4-1**

**LOCALIZACION :** Barrio El Curubo y Compostela III.

**DESCRIPCION :** Deslizamiento a lo largo de la vía principal por la apertura de esta, afectando la vía peatonal del Barrio El Curubo.



**FOTOGRAFIA No. A4-2**

LOCALIZACION : Barrio Sierra Morena Alta.

DESCRIPCION : Deslizamiento del talud izquierdo de la vía y destrucción de la banca del carreteable que une a Sierra Morena con villa Diana; debido a la apertura antitécnica de la vía.

## 1. METODOLOGÍA

### 1.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La Unidad para la Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital -UPES- y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente -DAMA- suministraron la información sobre las canteras registradas. Con la EAAB se establecieron los barrios con los servicios de alcantarillado y acueducto. A partir de esta información se elaboró una tabla preliminar de canteras y chircales y se delimitaron los barrios de la localidad con todos los servicios y con proyectos para la ampliación de las redes de acueducto y alcantarillado.

Además se obtuvo el plano de factor antrópico generado por INGEOMINAS en el estudio denominado "EVALUACION PRELIMINAR DE LA AMENAZA POR REMOCION EN MASA DE LAS LOCALIDADES DE CIUDAD BOLIVAR, RAFAEL URIBE URIBE, USME Y SAN CRISTOBAL. Dicho mapa cubre el 60 % del área.

### 1.2 FOTOINTERPRETACIÓN

Con fotografías aéreas de los años 70 al 96 se identificaron:

- ✿ Las áreas de extracción de materiales y chircales antiguos.



- ✧ Las áreas urbanizadas en zonas de canteras y chircales abandonados.
- ✧ Las zonas de ronda intervenidas.

### 1.3 TRABAJO DE CAMPO

Con la información de los dos puntos anteriores se elaboró un plano preliminar de áreas de afectación del hombre al medio físico. Dicho mapa se corroboró con salidas a terreno. Además de la verificación de las áreas preliminares afectadas por canteras, chircales y rondas intervenidas, se completó la información sobre la existencia y calidad de las redes de acueducto y alcantarillado.

### 1.4 ELABORACIÓN FINAL DEL MAPA DE FACTOR ANTRÓPICO

Con la información obtenida en las etapas anteriores se elaboró el mapa final del factor antrópico, clasificándose en 10 zonas.

## 2. UNIDADES IDENTIFICADAS

Se identificaron y clasificaron 10 zonas para evaluar el Factor Antrópico (Ver PLANO No. 9), teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✧ En las áreas de canteras y Chircales, se determinó si había actividad minera o si estaban urbanizadas.
- ✧ En las áreas de rondas, se evaluó el grado de intervención.
- ✧ En las áreas urbanizadas que no se encuentran en las dos situaciones anteriores se evaluó la existencia o no de las redes de recolección de alcantarillado pluvial y sanitario y las redes de acueducto.
- ✧ Para las áreas restantes se evalúa el grado de incidencia de la acción del hombre en prácticas agrícolas y pastoriles.
- ✧ Zonas urbanas con todos los servicios (ANL). Barrios bien establecidos con todos los servicios básicos como Santa Marta, Barranquillita, , El Ruby, etc.

### 2.1 CANTERAS

En la zona se encuentran canteras que explotan los materiales de las terrazas y los conos del río Tunjuelo. Se caracterizan por ser canteras de gran minería que utilizan el sistema de OPEN PITS como tipo de explotación dejando taludes de más de 25 metros de altura con pendientes superiores a los 70°.

Existen otras canteras de menor magnitud que explotan las areniscas de la Formación La Regadera como las canteras de la Flora y La Fiscala. (Ver FOTOGRAFIA No. A4-3).



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE



FOTOGRAFIA No. A4-3

LOCALIZACION : Sector La Fiscala.

DESCRIPCION : Antiguo frente de explotación de una cantera de arena, actualmente esta urbanizada.

La TABLA No. A4-1 muestra el inventario de las canteras y chircales en el área de estudio.

**TABLA No. A4-1 INVENTARIO DE CANTERAS Y CHIRCALES DE LA LOCALIDAD DE USME**

	NOMBRE	ESTADO ACTUAL	TIPO
1	Barrio La Flora	Abandonada	Arenera
2	Barro La Esperanza	En explotación	Chircal
3	Sierra Morena	En explotación	Chircal
4	Oeste Alto de Los Pinos	En explotación	Chircal
5	Barrio El Bosque	En explotación	Chircal
6	Barrio Compostela	En explotación	Chircal
7	Al sur Barrio Los Curubos	En explotación	Chircal
8	Al oeste Barrio Los Curubos	En explotación	Chircal
9	Ladrillera Tejares	En explotación	Chircal
10	Ladrillera Helios	En explotación	Chircal
11	Oriente Barrio El Pedregal	En explotación	Chircal
	NOMBRE	ESTADO ACTUAL	TIPO
12	Ladrillera Alemana	En explotación	Chircal
13	El Porvenir	En explotación	Chircal
14	Barrio La Fiscala	En explotación	Chircal
15	Danubio azul parte alta	En explotación	Chircal
16	Danubio azul - voz de alerta	En explotación	Chircal
17	Fiscala lote 16	Abandonada	Chircal
18	Ladrillera Santa Fe	En explotación	Chircal
19	Ladrillera Yomasa	En explotación	Chircal
20	Ladrillera Olivares	En explotación	Chircal
21	Arisdos y Minerales S.A.	En explotación	Concretos



### **2.1.1 Canteras abandonadas urbanizadas (Cacn)**

Se encuentran localizadas en las áreas más cercanas al río Tunjuelo.

### **2.1.2 Canteras abandonadas no urbanizadas (Cabn)**

La cantera La Perdigona y otras próximas a ella fueron abandonadas hace más de 15 años y actualmente se encuentran en recuperación morfológica debido a una tutela interpuesta por la comunidad de La Aurora II.

Existen canteras pequeñas abandonadas en la zona rural, el barrio La Compostela.

### **2.1.3 Chircales**

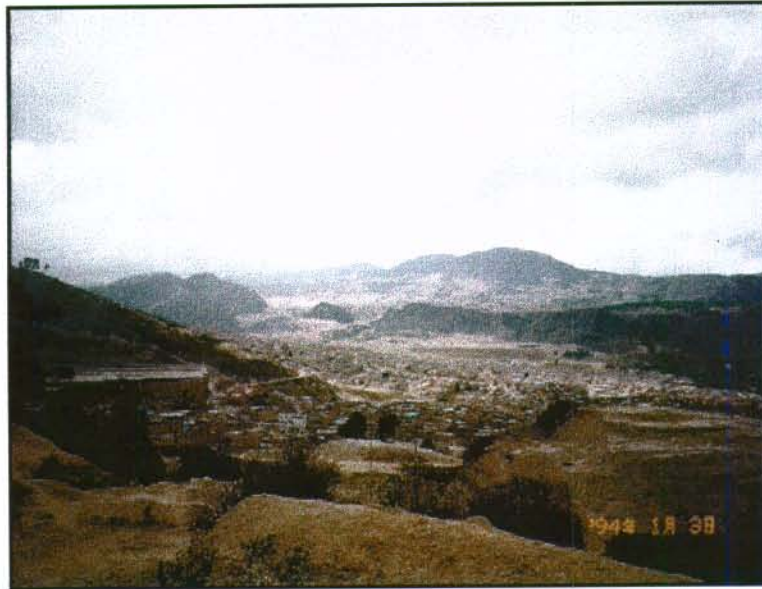
Los Chircales de la localidad de Usme explotan los niveles de arenas caoliniticas de los depósitos y las arcillolitas de las formaciones Usme y Regadera.

### **2.1.4 Chircales urbanizados (Chu)**

Algunos de los barrios en la localidad poseen un sector que fue parte de un Chircal como por ejemplo: barrio El Nevado, El Pedregal, Santa Librada y La Fiscala Norte.

### **2.1.5 Chircales no urbanizados (Chn)**

Los chircales varían en su tamaño y en el tipo de explotación, existen chircales con escasos medios de producción donde la elaboración y extracción es de carácter familiar y otros de gran inversión de capital, modernas instalaciones y albergan hasta 200 trabajadores. Los principales son: Ladrillera tejares, Helios, Yomasa, Santa Fe y Derivados del mármol. (Ver FOTOGRAFIA No. A4-4).



**FOTOGRAFIA No. A4-4**

**LOCALIZACION** :Sector norte de la Localidad de Usme.

**DESCRIPCION** : Hacia la parte izquierda de la foto se observa las instalaciones de la Ladrillera Helios y muy cercana a ella están los barrios Nevado y Duitama.

## 2.2 RONDAS

### 2.2.1 Rondas intervenidas (RONI)

Un gran porcentaje de las rondas están intervenidas especialmente aquellas que cruzan por las zonas urbanas y las zonas de canteras.

En las áreas urbanas, canteras y chircales, los cauces de las quebradas sirven de canales abiertos a las aguas servidas, aumentando el volumen normal del agua. Además causan cambios severos en la calidad (composición física, química y biótica), de las aguas. El vertimiento de aguas negras y grises a un cauce se hace a través de las redes de alcantarillado o libremente en las áreas donde no existe conexión de algunas viviendas a las redes y en las zonas sin ningún tipo de conducción de aguas servidas y de lluvias. Ver FOTOGRAFIAS Nos. A4-5 y A4-6.



**FOTOGRAFIA No. A4-5**

**UBICACIÓN :** Barrio Salazar Salazar. Al fondo el barrio San Juan y Quebrada Santa Librada.

**DESCRIPCION :** Las áreas de la ronda y el cauce de la quebrada, se ha convertido en botadero de basura y de canal abierto para aguas negras.

Además del incremento del volumen de las aguas, las rondas y cauces se encuentran invadidas por viviendas, parques, edificaciones industriales y basuras. Toda esta situación ha cambiado el régimen hidráulico de los cauces y aumentado la susceptibilidad a la inestabilidad en dichas sectores.

**2.2.2 Rondas poco intervenidas (RONN)**

Las áreas de ronda que cruzan zonas de preservación ambiental y áreas de cultivos han sido también afectadas por la implantación de vegetación no nativa, incremento de sedimentos provenientes del lavado de material de los suelos limpios y aportes de químicos a las aguas.





**FOTOGRAFIA No. A4-6**

**LOCALIZACION** : Barrio San Felipe y Chapinerito.

**DESCRIPCION** : Deslizamiento sobre la margen izquierda de la Quebrada Yomasa. Obsérvese la proximidad de las viviendas a la quebrada.

**2.2.2.1 Zonas urbanas con redes de alcantarillado pluvial y sanitario y acueducto. (SSII).**

Las urbanizaciones como la Aurora, Marichuela, Villas de Cafam, La Andrea, El Virrey I y II etapa, Las Quintas, San Andrés y Chuniza son barrios que por ser construidos con planos previos tienen todos los servicios básicos y complementarios con algunas deficiencias en las redes de aguas lluvias. Otras de las áreas que se involucraron en esta unidad fueron los barrios antiguos cuya construcción ha sido particular pero se encuentran debidamente legalizados y con los servicios básicos completos.

**2.2.2.2 Zonas urbanas con redes de acueducto, alcantarillado de aguas negras y sin alcantarillado pluvial. (SSN).**

La mayor parte de los barrios sin legalizar tienen redes que han sido involucrados en los programas de cobertura de la EAAB pero carecen de alcantarillado pluvial. Generándose erosión hídrica sobre las vías por el impacto de las gotas de lluvia, concentración de la escorrentía y lavado de material, además de contribuir a la saturación de los suelos. (Ver FOTOGRAFIA No. A4-7).



FOTOGRAFIA No. A4-7

LOCALIZACION : Barrio El Nevado.

DESCRIPCION : Concordación parcial de aguas negras, zanja y tubo, incremento de la filtración al subsuelo.

### 2.3 ZONAS SIN URBANIZAR (SSU).

Son aquellas áreas que por el tipo de uso del suelo el efecto de la acción del hombre sobre el medio físico es mínimo, con relación a las anteriores zonas. Estas zonas sin urbanizar se subdividieron en dos:

#### 2.3.1 Zonas de bosques y rastrojos

Son las áreas que aún mantienen la vegetación nativa se consideran como reserva forestal (Parque entre nubes). Ver PLANO No. 4.

#### 2.3.2 Zonas de pastos y cultivos

Son las áreas utilizadas para actividades agrícolas y pastoriles que por su uso afectan el suelo y la vegetación creando las condiciones de infiltración y lavado de materiales.

TABLA No. A4-2 LEYENDA DEL MAPA FACTOR ANTROPICO

DENOMINACION	SIMBOLO
Canteras abandonadas urbanizadas.	Cacn
Canteras abandonadas no urbanizadas.	Cabn
Chircales urbanizados.	Chu
Chircales no urbanizados.	Chn
Rondas intervenidas.	RONI



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL  
TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

**TABLA No. A4-2 LEYENDA DEL MAPA FACTOR ANTROPICO  
(Continuación)**

DENOMINACION	SIMBOLO
Rondas poco intervenidas.	RONN
Zonas urbanas con redes de alcantarillado pluvial y sanitario y acueducto.	SSII
Zonas urbanas con redes de acueducto, alcantarillado de aguas negras y sin alcantarillado pluvial.	SSN

**ANEXO A5**



## ANEXO A5

### GEOTECNIA

#### 1. GENERALIDADES

Durante la primera y segunda semana del mes de septiembre del presente año, se complementó el trabajo de reconocimiento y exploración geotécnica para el desarrollo del estudio para la zonificación de riesgo por movimientos en masa en 27 barrios de la localidad de USME. Los objetivos del trabajo de campo se centraron en el desarrollo de los siguientes puntos:

- Reconocimiento geotécnico particular.
- Comprobación de la exploración geotécnica realizada en febrero.

Para este trabajo se contó con un grupo encabezado por un Ingeniero Civil geotécnista, quien estuvo a cargo de la coordinación y ejecución de todas las actividades, apoyado por un Geólogo Geotecnista, un Geomorfólogo, un auxiliar de ingeniería y auxiliares de campo.

#### 2. METODOLOGIA

Para el desarrollo del trabajo se planteó una metodología que permitiera que en el tiempo disponible, se realizaran todas las actividades de campo y lograr un adecuado nivel de caracterización geotécnica. Inicialmente, mediante el reconocimiento y ubicación de los puntos considerados dentro de un determinado nivel de riesgo, complementado con un reconocimiento y caracterización general de los diferentes depósitos de suelos, encontrados dentro del área de estudio.

Los puntos desarrollados dentro de la metodología de estudio, son los siguientes:

**Análisis de la información preliminar**: Mediante el estudio de la información fotogeológica y cartográfica suministrada por la UPES y recopilada en otras entidades como el INGEOMINAS y las oficinas de planeación del distrito, se realizó un análisis preliminar y se ubicaron los diferentes sectores para desarrollar la etapa de exploración y caracterización geotécnica.

**Reconocimiento geotécnico preliminar**: Inicialmente se realizaron visitas de inspección y reconocimiento geotecnico general, para determinar la ubicación de los puntos a caracterizar y observar la presencia de sitios de interés para el desarrollo del presente trabajo.

**Reconocimiento geotécnico detallado**: En cada sitio se efectuó un reconocimiento geotécnico detallado, en el cual se determinaron las características topográficas del área,



clasificación y caracterización de taludes, condiciones de drenaje y subdrenaje, descripción de los suelos y rocas, etc.

**Exploración del subsuelo:** Se planteó un programa de exploración del subsuelo basado en perforaciones manuales, tales como: barrenos, apiques, fosas y trincheras; éstas permitieron conocer el espesor de los depósitos, realizar la descripción del perfil del suelo y muestreo de los mismos para su caracterización geotécnica mediante ensayos de laboratorio.

**Ensayos de campo:** Se ejecutaron ensayos con el objeto de conocer los parámetros de resistencia del suelo bajo las condiciones encontradas en campo, estos ensayos fueron los siguientes:

- Penetrómetro Dinámico (resistencia a la penetración).
- Veleta de campo (resistencia al corte no drenada).
- Penetrómetros de bolsillo.
- Turvane (veleta de bolsillo, cohesión).
- Percolación (taza de infiltración).

**Almacenamiento y transporte de muestras:** Se siguió un minucioso procedimiento para el almacenamiento, numeración y manejo de las muestras tomadas en campo, buscando mantener su integridad y humedad natural, para garantizar los resultados de las pruebas de laboratorio.

**Programa de ensayos de laboratorio:** Las muestras tomadas en campo se sometieron a un programa de ensayos de laboratorio, el cual contempló las siguientes pruebas:

- Humedad natural.
- Ensayos de clasificación.
  - Análisis granulométrico por tamizado.
  - Análisis granulométrico por sedimentación (Hidrometría).
  - Límite líquido.
  - Límite plástico.
- Peso unitario.
- Límite de contracción.
- Compresión inconfiada.
- Expansión.
- Gravedad específica.



### 3. PUNTOS DE EXPLORACION Y MUESTREO

Según los reconocimientos preliminares y con base en las visitas realizadas a la zona de estudio, se ubicaron los puntos para la exploración geotécnica, los cuales se presentan en la TABLA No A5-1, con sus coordenadas, tipo de exploración ejecutada, número de muestras recolectadas y los ensayos de campo realizados.

En total se tomaron 69 muestras que permitieron mediante ensayos de laboratorio, caracterizar los diferentes tipos de suelos encontrados durante la exploración. Estos resultados fueron empleados para los análisis geotécnicos definitivos, que a su vez se complementaron con los resultados de las pruebas e información recolectada en campo.

En la TABLA No A5-2 se presenta el número total de ensayos elaborados durante el desarrollo del trabajo de campo:

**TABLA No A5-2 CANTIDAD ENSAYOS DE CAMPO**

Ensayo	Número de ensayos efectuados
Cono Dinámico	38
Veleta	27
Percolación	15

#### 3.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO

En las TABLAS No A5-3 y A5-4 se presenta un resumen con los resultados de las principales propiedades mecánicas de los suelos, obtenidos mediante los ensayos de laboratorio y campo.

### 4. ANALISIS DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos se puede concluir:

1. Los contenidos de humedad oscilan entre 0.5%, para una muestra de roca arenisca y 58.5%, para un material de depósito. La mayoría de los ensayos arrojaron contenidos de humedad por debajo o muy cercanos al límite plástico del suelo, con índices de liquidez cercanos o superiores a 1.0, confiriendo un carácter consolidado o sobreconsolidado al suelo (Ver TABLA No. A5-3). Esto es ayudado por el fuerte verano que se ha presentado en la zona antes y durante la realización del trabajo de muestreo.
2. Los suelos finos arcillosos presentan límites líquidos que oscilan entre 18 y 50%, con índices de plasticidad entre 3.4 y 28%, confiriendo un grado de plasticidad entre bajo a medianamente alto, estos valores correlacionados con el límite de contracción,



ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE  
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

TABLA No A5-1. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

No	Nombre del Sector	Norte	Este	Exploración	Ensayos Campo	No Muestras
1	La Paz	993607	996334	Apique, Escarpes	CD,V,T,P	1
2	La Fiscala	993407	996536	Inf. Escarpes	Caracterización Macizo Rocoso	
3	Porvenir	992900	996020	Apique, Escarpe	CD	2
4	Av. Boyacá (Río Tunjuelo)	992170	994620	Escarpe		1
5	Nevado Sur			Escarpe	PER	1
6	Pedregal	991820	995680	Apique	Caracterización Macizo rocoso	2
7	Barranquillitas - Brasilia	991765	995770	Apique, Escarpe		1
8	Buenos Aires ** ó La Esperanza	990773	998751	Apique, Escarpe		1
9	Qu. Santa Librada aguas arriba las Violetas	990622	996856	Apique, Escarpe	CD,PER	1
10	La Quinta, Compostela III	990415	997264	Apique	CD	1
11	Compostela I	990370	997850	Barreno	CD,V,T,P,PER	5
12	San Andrés de los altos	990180	997060	Apique, Barreno	CD,V,T,P,PER	6
13	San Pedro	990157	998910	Apique, Barreno	CD,V,T,P	1
14	San Isidro	990100	997710	Fosa, Apique, Barreno, escarpe	CD,V,T,P,PER	11
15	Alto los Pinos	989951	997590	Apique, Escarpe	CD,V,T,P,PER	6
16	Escuela el Bosque	989912	997220	Barreno, fosa	CD,V,T,P	1
17	Quebrada Yomasa, Sector el Bosque	989910	997180	Escarpe		2
18	Iglesia San Felipe	989889	997340	Barreno, Apique	CD,V,T,P	6
19	Paraiso - Casa Loma	989640	997580	Apique, escarpe	CD,V,T,P	2
20	El Virrey **	989561	995881	Apique, escarpe		5
21	Villa Rosita **	989530	999170	Apique, escarpe	PER	1
22	Sierra Morena	989450	997890	Apique, barreno, escarpe.	CD,V,T,,P,PER	6
23	Nuevo Progreso	989334	996886	Apique, barreno	CD,V,T,P,PER	2
24	Arrayanes	989223	998967	Fosa, barreno	CD,V,T,P	3
25	Brazuebos **	989221	995510	Apique		1
26	Sucre (Sobre Av. Boyacá)	988370	996440	Escarpe		1
27	Afloramiento Mangueras			Escarpe		1
28	El Bosque km 11 via al Llano **			Apique		1

\*\* En estos sitios no se realizaron pruebas de campo, debido a la consistencia del suelo y a la gran cantidad de cantos y rocas.

CD : Cono Dinámico. V: Veleta (Resistencia al corte no drenada). T: Turvane (Cohesión). P: Penetrómetro.

PER: Percolación.





**ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO  
 EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME**

**TABLA No A5-4.RESUMEN PROPIEDADES GEOTECNICAS**

No	Situación	Grado Consolidació	Potencia de Exp.	Qu (kg/cm2)	C(kg/cm2)	Su (kg/cm2)
11	Iglesia San Felipe - Talud Norte. M1 (0,1 - 0,2m)	OC	BAJO	>4.5		1.300
33	Iglesia San Felipe. Talud Sur. Apique 2 ( 0,4-0,6 m )	OC	BAJO	>4.5	1.350	3.0 - 2.0
61	Iglesia San Felipe Talud sur. Barreno No.1 ( 0,0,0,4m )	NC - OC	BAJO			
36	Iglesia San Felipe Talud Sur. Apique 1 (0,3-0,8 m)	OC	BAJO			
3	Barrio Alto los Pinos, Cll 83B sur Cra 8E	OC		>4.5		
7	Barrio Alto los Pinos Cll 83B Sur Cra 8E (0.0 - 0,1m)	OC		>4.5		
35	Barrio Alto los Pinos. Cll 83B Cra 8E. Material inalterado (1,0 m)	OC		>4.5		2.000
45	Barrio Alto los Pinos. Muestra Talud Cra 8E 83A-215	OC		>4.5		
14	Barrio Alto los Pinos Cll 83 Sur Cra 9E Talud via B. San Isidro (1.0m)	OC		>4.5		2.500
16	Terraplén parte alta Barrio Sierra Morena, Superficial.	OC				
23	Terraplén parte alta Barrio Sierra Morena (1,50 m).	NC-OC	BAJO	0.75	0.500	1.000
2	Terraplén parte alta Barrio Sierra Morena (2.00 m).			0.25	0.350	
69	Sierra Morena - Via costado Oriental, materia de botadero	OC				
25	Sierra Morena, Via parte alta (Oriente). Arenisca Muy friable.					
39	Sierra Morena - Via parte alta. Material depósito (0,3 m)	NC		5	1.000	1.400
37	Barrio Sn Isidro - Lote Israel Ramirez. A1-M1 ( 0.8-1,2 m )	OC				
63	Barrio San Isidro, lote Israel Ramirez. apique 2 (0,2-0,5 m)	OC	MEDIO			
62	Barrio San Isidro - Lote Israel Ramirez. Apique 2 ( 0,6-0,8 m )	OC	MEDIO			
54	Barrio San Isidro. Lote Israel Ramirez , escarpe inferior (Arcillolita)	NC-OC	BAJO			
49	Barrio San Isidro. Sector Oriental. Limites parque la nubes, Arcillolita.	OC				
48	Barrio San Isidro Talud Oriental. Arenisca Meteorizada					
22	Barrio San Isidro costado S-O, Zona de Depósito (0,30 m).	OC				
40	Barrio San Isidro. Talud Oriental. Depósito Cuaternario M1 (0,5 m)	NCC		2.5	2.800	
42	Barrio San Isidro - Talud Oriental. Barreno 2 M1 (1,00m)	NC - OC	BAJO	3.7	1.300	
5	Barrio San Isidro. Talud Oriental. Barreno 2 M2 (1,8m)	NC - OC		1.5	0.800	
26	Barrio San Isidro. Talud Oriental. M3 (2,3m).	NC - OC		1.5	0.800	
52	Barrio el Bosque - Talud margen derecha. Quebrada Yomasa	OC				
8	Barrio el Bosque - Talud Marg. Derecho. Quebrada Yomasa. Form. Usme	OC				
12	Escuela el Bosque, Margén derecha quebrada Yomasa.	NC-OC		1.5	0.600	1.100
53	Barrio el Bosque - Via al Llano. Matriz de depósito	OC		>4.5		
59	Barrio Barranquillitas - Brasilia. Matriz de depósito.	OC				
13	Barrio Campostela. Depósito Fluvio Glacial M2 (1,20m)	NC-OC	BAJO	1.5	0.800	
50	Barrio Campostela. Depósito Fluvio Glacial M1 ( 0,60m )	NC		2.5	2.800	
55	Depósito Adyacente B. Campostela I M1 ( 0,60m )	NC-OC		3.5	1.350	
15	Depósito al Sur Oriente B. Campostela I M2 (1,0m)	NC-OC		3.25	1.500	
1	Depósito al Sur B. Campostela I M3 (1,60m)	OC	MEDIO	3.25	1.600	
9	Depósito al S-O del Barrio Campostela I M4 (2,9m)	OC		>4.5		
24	Barrio San andres de los altos, Cra 6B con Cll 80sur, Apique 1, M1 (0.80 m).	OC		>4.5	>2.25	
4	Barrio San Andres de los altos, Cra 6B Cll 80 Sur. Apique 1 M2 (1,0m)	OC		>4.5		
17	Barrio San Andres de los altos, Cra 6B con Cll 80sur, Apique 1, M3 (1.40 m).	OC		>4.5		
10	Barrio San Andres de los altos, parte baja, talud Fallado.	OC		>4.5		
56	Barrio Nuevo Progreso. Margen derecha caño, material de relleno	OC		>4.5		2.000
57	Barrio Nuevo Progreso Margén derecho caño. Saprolito	OC				
30	Barrio Arayanes Cll 88S Cra 16E. Arcillolita Meteorizada	NC - OC	BAJO			
60	Barrio Arayanes. Cll 88 Sur Cra 16E ( 1,50m )	NC				
65	Barrio Arayanes cll 88 sur Cra 16e (0,80 m)	OC		0.75 - 1.25		1.600
34	Barrio el Virrey-Terraza. Nivel Arcilloso	OC				
41	Barrio El Virrey. Depósito Fluvio Glacial	OC	MEDIO			
46	Barrio el Virrey. Paleosuelo M1.	OC				
51	Barrio el Virrey. Paleosuelo M2	OC				
44	Barrio el Virrey. Matriz material de terraza.	OC				
29	Barrio el Pedregal. Matriz depósito	OC				
6	Barrio El Pedregal, Sector Norte. Areniscas Conglomerática					
20	Barrio el Pedregal, Sector Norte. Arenisca Meteorizada.					
47	Barrio el Porvenir M1 ( 0,30m )	OC				
67	Barrio el Porvenir M2 (1,20 m)	OC				
18	Barrio el Paraiso o Casa Loma, Matriz de depósito.	OC	BAJO			
19	Barrio San Pedro. Matriz Cuaternario. Cll 81sur Cra 17E. (1,00 m).	NC - OC	BAJO			
21	Barrio el Paraiso o Casa Loma. Depósito Costado S-O (0,40 m).	OC		2.5 - 3.0	1.000	1.100
27	Material Formación Regadera, Escarpe Mangueras					
28	Formación Tilata (ceniza Volcánica). Av Boyaca 400m al norte rio Tunjelito	OC	MEDIO - ALTO.			
31	Barrio Sucre - Depósito. Superficial	OC				
32	Barrio las Quintas. Compostela III Matriz de relleno ( 0.50 m )	OC				
38	Barrio Brazuelos. Matriz depósito Fluvio Galial	OC				
43	Barrio Villa Rosita. Matriz depósito fluvio glacial.	OC				
58	Barrio Buenos Aires ó La Esperanza. Déposito Fluvio Glacial (Matriz)	OC				
64	Depósito Santa Librada, aguas arriba Las Violeatas Matriz (1,00 m)	OC				
66	Barrio La Paz. Material de Botadero	OC				
68	Casa Vecinal, Barrio eñil Nevado. Matriz de depósito	OC				

OC : Sobreconsolidado  
 NC: Normalmente Consolidado  
 NC - OC : Entre normalmente consolidado y sobreconsolidado.



el índice de plasticidad y la expansión libre, permiten estimar el potencial de expansión de los suelos (TABLA No.A5-5). Según los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, el potencial de expansión para los suelos de la zona de estudio está entre "bajo a medio", con algún valor aislado que tiende a presentar una expansión alta, asociado a la presencia de ceniza volcánica (Muestra tomada de la Formación Tilatá, en la Av. Boyacá, antes del cruce con el río Tunjuelito).

TABLA No A5-5 POTENCIAL DE EXPANSION EN SUELOS

Potencial de Expansión	Límite de Contracción	Índice de Plasticidad	Expansión Libre
Muy Alto	< 10	> 32	> 100
Alto	6 - 12	23 - 45	> 100
Medio	8 - 18	12 - 34	50 - 100
Bajo	> 13	< 20	< 50

- Según el sistema de clasificación unificada USC (Bowles, 1982), los suelos de los depósitos encontrados en el área de estudio, están conformados por arcillas de baja a mediana plasticidad, arcillas limosas o suelos granulares como arenas y gravas con contenido de arcillas y limos de baja plasticidad. Estos suelos se clasifican como CL, ML-CL, SM, GM, SM-SC, GM-GC.
- Los valores de resistencia a la penetración, cohesión y resistencia al corte no drenada de suelos arcillosos, están muy relacionados con el contenido de humedad del suelo al momento de la exploración. Los valores obtenidos con el penetrómetro estuvieron en el rango de 0.25 y 3.25 kg/cm<sup>2</sup> para los suelos con contenidos de humedad cercanos al límite plástico o por encima de éste; valores superiores a 4.5 kg/cm<sup>2</sup>, correspondieron a suelos con bajos contenidos de humedad por debajo del límite plástico (sobreconsolidados). Los valores de cohesión oscilaron entre 0.35 y 2.8 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia al corte no drenada (Su), medida con la ayuda de la veleta de campo, arrojó valores entre 1.0 y 3.0 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los valores de permeabilidad para los suelos finos arcillosos están en el orden de 10<sup>-6</sup> y 10<sup>-8</sup> cm/s, con permeabilidad muy baja. Sin embargo, los fisuramientos observados en campo, debido a la estructura misma de los depósitos o a la contracción de los suelos por la disminución de los contenidos de humedad, arrojan resultados de percolación entre 10<sup>-4</sup> y 10<sup>-5</sup> cm/s (permeabilidad secundaria).
- Los valores de CBR y resistencia a la penetración, obtenidos mediante la ejecución de los ensayos con el cono dinámico, dependen de las condiciones y edad de los depósitos caracterizados. Para algunos depósitos fluvioglaciales antiguos, su grado de consolidación y resistencia a la penetración elevada no permitieron realizar los ensayos; para los depósitos arcillosos más recientes o altamente intervenidos, se pudieron realizar los



ensayos y caracterizarlos con base en el CBR y obtener un perfil de resistencias en cada zona analizada. Los datos obtenidos para este estudio proporcionó valores dentro del rango definido en el estudio de los 101 barrios realizado en el primer semestre del presente año. Lo cual apoya la determinación de realizar los cálculos con el valor medio de dicho rango.

## 5. ASPECTOS RELEVANTES

### 5.1 TOPOGRAFIA (Mapa de Pendientes).

La parte oriental de la zona estudiada corresponde a topografía ondulada y montañosa, con pendientes que pueden sobrepasar el 100%, lo cual requiere movimientos de tierra importantes para la construcción de las edificaciones, ya sea para realizar cortes o rellenos, o una alternativa a media ladera, combinando tanto cortes como relleno.

El manejo de los cortes y rellenos requiere especial cuidado, principalmente en lo concerniente a estabilidad y denudación de los suelos y rocas, manejo de técnicas de rellenos, empuje de tierras y condiciones de drenaje.

En la medida que se presenten zonas con pendientes bajas, levemente onduladas o planas; el problema se centrará en un análisis de estabilidad de la cimentación por capacidad portante, asentamientos, excavaciones y manejo de aguas superficiales y subsuperficiales.

### 5.2 CORTES

La realización de cortes con pendientes fuertes e incluso verticales, (con alturas que pueden alcanzar los 4 y 5 m en suelos arcillosos), en principio algo sobreconsolidados y estables, provocan el inicio de movimientos de la masa de suelo (o relajación de esfuerzos en la roca arcillosa) por pérdida de confinamiento o fenómenos de meteorización eólica e hídrica.

Los movimientos de la masa de suelo generan empujes grandes sobre los muros de contención, los cuales han sido construidos generalmente sin tener en cuenta estas fuerzas, provocando su desplazamiento y fisuramiento, incrementado por la falta de control en las aguas superficiales, las cuales se infiltran saturando los suelos e incrementado de manera significativa los empujes.

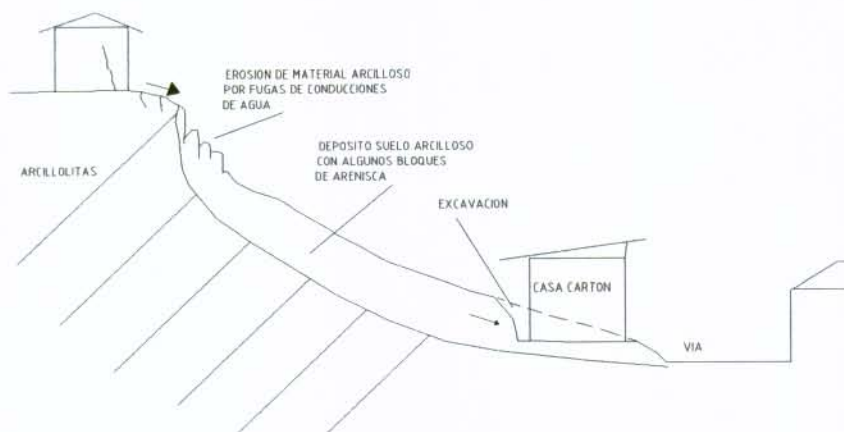
Los movimientos de los muros provocan desplazamientos de las edificaciones construidas en la parte alta de la ladera, manifestada por grietas en pisos y paredes o desplome parcial o total de la edificación; además, las malas conducciones de agua de estas casas permiten aumento de la saturación de los rellenos en los muros, incluso en épocas de intenso verano.



La velocidad de los movimientos puede ser baja y presentarse de manera gradual a lo largo de varios años, hasta el momento en el cual el suelo ha disminuido su resistencia a los esfuerzos cortantes y se presenta un colapso general del talud. Este fenómeno puede verse acelerado por otros fenómenos como eventos sísmicos o intensos aguaceros.

También es importante anotar que la denudación de las rocas y suelos provoca una pérdida de humedad y contracción de los mismos; esto se manifiesta en agrietamientos, los cuales provocan aumento de la percolación de aguas lluvias y aumento en la velocidad de meteorización de la roca. Lo anterior debido principalmente al proceso constructivo, que empieza por la excavación del área del lote, construcción de casas en lata, cartón o parcialmente en ladrillo o bloque, las cuales duran incluso varios años hasta obtener los recursos para la construcción total de la edificación (*Ver FIGURA No. A5-1*).

**FIGURA No A5-1 INESTABILIDAD DE DEPOSITO POR EFECTOS DE ACCION ANTROPICA**



### 5.3 RELLENOS

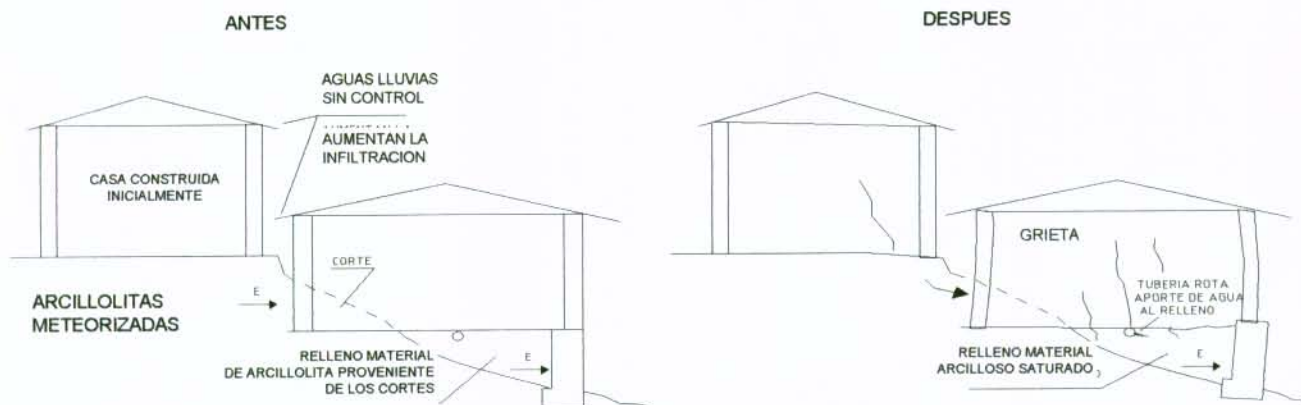
Los rellenos para nivelación del área de la vivienda, en los espaldares de muros, se realizan generalmente con material proveniente de los cortes, arcillas o rocas arcillosas parcialmente meteorizadas las cuales continúan su proceso degradacional a suelos arcillosos. Este tipo de materiales arroja empujes significativos, los cuales aumentan por saturación de suelo y falta de drenajes, del mismo provocando el movimiento de los muros, generando grietas en las paredes y pisos de la vivienda; estas ultimas contribuyen a aumentar la filtración de agua hacia el relleno incrementado el problema de manera gradual. (*Ver FIGURA No. A5-2*).



## 5.4 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

Generalmente no se realiza manejo de las aguas lluvias, las cuales se constituyen en el principal agente de la erosión sobre los cortes para viviendas y vías de acceso, además de la infiltración hacia los rellenos incrementan los empujes sobre muros y debilitan los depósitos de suelo arcillosos.

FIGURA No. A5-2 FENOMENOS GENERADOS POR MAL MANEJO DE CORTES Y RELLENOS



## 5.5 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de manejo de aguas residuales es limitado y en el mejor de los casos esta conducción se realiza con tubería de gres, altamente vulnerable a los cambios volumétricos y deformaciones en suelos arcillosos o cargas del tráfico cuando la tubería queda muy superficial. Los descoles se realizan hacia los caños que rodean los barrios y la descarga se realiza a mitad del talud contribuyendo a la infiltración y el debilitamiento del mismo.

Las roturas en las tuberías o defectos en la colocación de la misma, inducen a que se presenten infiltraciones en el subsuelo hacia los depósitos arcillosos inicialmente estables, contribuyendo a la saturación de éstos, o al incremento de empujes sobre muros. El anterior es un proceso lento que se manifiesta generalmente después de transcurrido un largo periodo de tiempo.



## 5.6 ACOMETIDAS DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE.

Requieren especial cuidado en su manejo las acometidas domiciliarias, generalmente las tuberías de PVC requieren un control técnico (o experiencia) y adiestramiento para garantizar la funcionalidad de las conducciones. Se pudo observar que las infiltraciones de aguas provenientes de acometidas domiciliarias, se manifiestan por aplastamiento de la tubería debajo de placas o pisos de concreto, filtraciones por faltas de soldura en las uniones, desprendimientos de la tubería en las mismas uniones por deformaciones excesivas de las tuberías o el uso de fuego para debilitar los extremos de los tubos acampanándolos y evitando el uso de los accesorios correspondientes. Todos estos factores contribuyen a que se incremente la infiltración y saturación de los depósitos.

Cuando no existen acometidas con tubería de PVC, la conducción se realiza por medio de mangueras de 2" de diámetro, las cuales se colocan en el terreno en pequeñas zanjas y son altamente vulnerables a la rotura, provocando la infiltración de agua, e incluso, inestabilidad de algunos depósitos y afectación a las casas circundantes.

## 5.7 CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DE LA VIVIENDA

Adicionalmente a los aspectos anotados en los numerales anteriores, los sistemas constructivos no tienen en cuenta criterios sismoresistentes establecidos por la Norma Sísmica Colombiana y por el contrario, las edificaciones presentan falencias en su sistema estructural, lo cual las hace vulnerables ante un evento sísmico.

## 5.8 TERRAPLENES, SITIOS DE DISPOSICION DE MATERIALES ESTERILES O DE CORTE Y ANTIGUAS ZONAS DE CANTERA

Los terraplenes y excavaciones de antiguas canteras, son de gran importancia debido al grado de amenaza que representan para la ubicación de viviendas, debido a los procesos constructivos en el momento de la ejecución de los terraplenes y cortes para explotación de los materiales (*Ver FIGURA No. A5-3*).

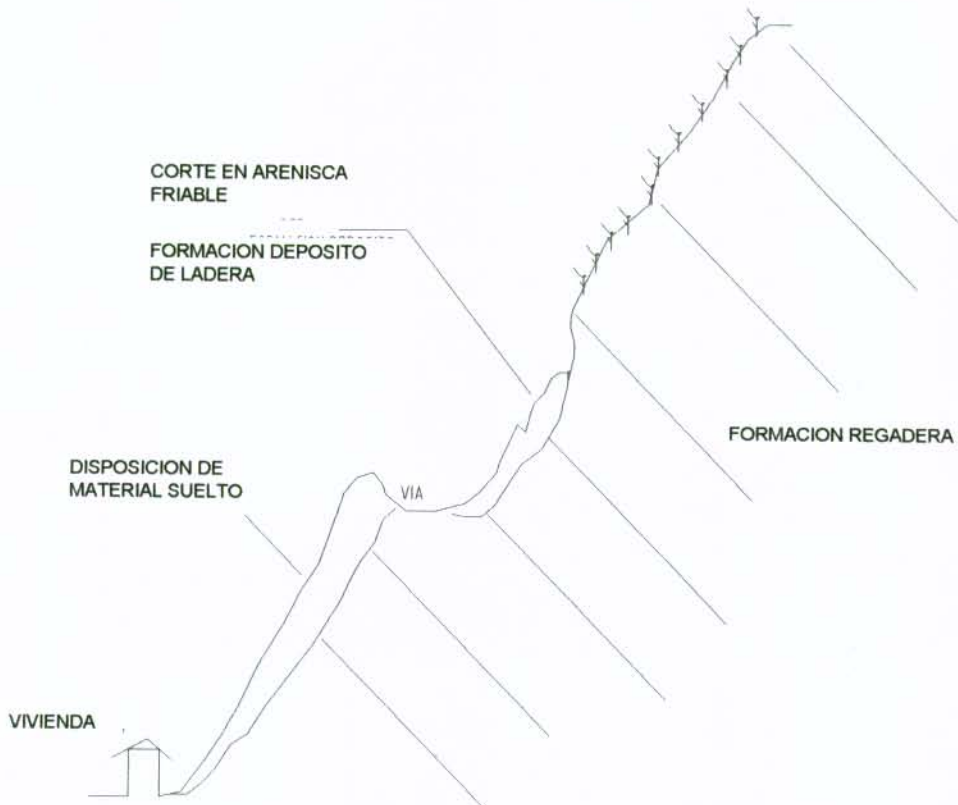
Los terraplenes y sitios de disposición de estériles observados en zonas adyacentes a las canteras, han sufrido un proceso de consolidación, el cual se ha manifestado por asentamientos y agrietamientos, algunos han presentado inestabilidad parcial debido a la saturación de suelo, principalmente en periodos lluviosos, con movimientos traslacionales a lo largo de la superficie rocosa sobre la cual fue conformado o movimiento rotacional dentro de la masa de suelo arcilloso por disminución de la resistencia al corte bajo los esfuerzos cortantes actuantes.



Por lo anterior es de esperar que edificaciones construidas sobre las zonas de terraplenes construidos con material estéril o de corte, presenten daños asociados con los asentamientos ocasionados por la consolidación del depósito o por la inestabilidad de las laderas del terraplén. Estos factores de inestabilidad pueden acelerarse por las cargas impuestas por las edificaciones, el aporte de aguas de infiltración por mal manejo de acometidas de aguas limpias o residuales y cambios en las condiciones de drenaje para las aguas lluvias.

Las zonas de corte constituyen un problema por la degradación (meteorización y erosión) de las rocas e inestabilidad de las mismas por la acción de agentes detonantes como lluvia o eventos sísmicos. Taludes sobre rocas muy fracturadas con diaclasamientos desfavorables, provocan el desprendimiento de grandes bloques hacia la cara del talud *Ver FIGURA No. A5-4*. Secuencias de rocas blandas y rocas duras, crean sobre la superficie del talud una erosión diferencial, muy rápida en rocas blandas o friables, perdiendo soporte las rocas duras diaclasadas (más resistentes a la erosión) que las suprayacen. Por lo anterior estas zonas constituyen sitios de alto riesgo para la ubicación de asentamientos urbanos.

**FIGURA No A5-3. FENOMENOS POR INTERVENCION ANTROPICA. (APERTURA VIA DE PENETRACION)**



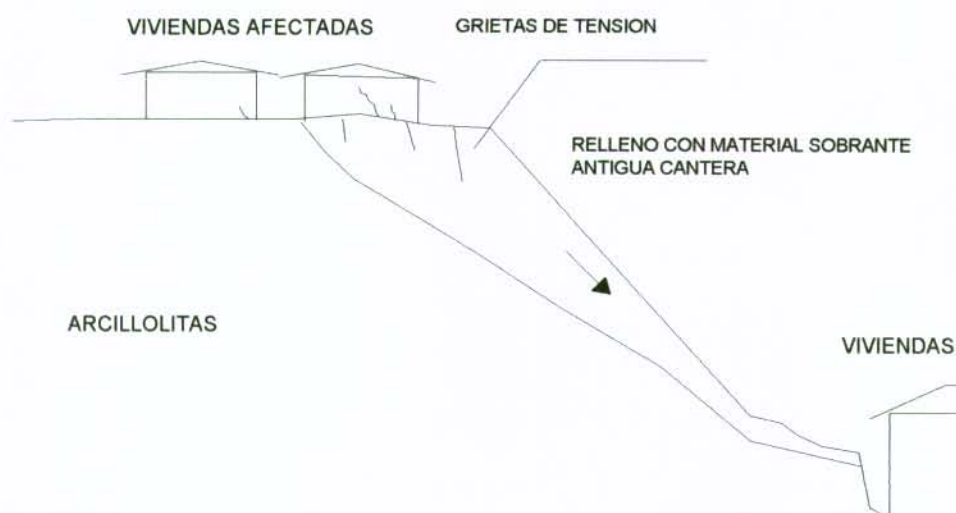




## 5.9 MITIGACION

La adopción de planes de recuperación vegetal, manejo y control adecuado de las aguas lluvias, diseño de planes de adiestramiento e información sobre los requerimientos constructivos según las condiciones del terreno, manejo de cortes y rellenos, construcción de colectores de aguas lluvias y aguas residuales, etc, permitirán mitigar la afectación o generación de fenómenos por intervención antrópica. Adicionalmente se debe restringir los planes de desarrollo urbano en la zonas de canteras, terraplenes, botaderos, laderas con pendientes fuertes y zonas de bosque.

**FIGURA No A5-4. INESTABILIDAD EN SITIOS DE DISPOSICION DE MATERIAL DE CORTE MATERIAL ANTIGUAS CANTERAS**



En los sitios considerados como críticos se deben tomar medidas inmediatas de mitigación, como descarga y reconfiguración de taludes, medidas de drenaje y control de aguas lluvias, control de infiltraciones y adopción de estructuras de contención necesarias para cada caso.

Es importante para cada sitio realizar un diagnóstico detallado de los problemas, para enfocar los diseños buscando las mejores alternativas de solución, tanto desde el punto de vista técnico, como ambiental y económico.

En las zonas de canteras y botaderos es importante realizar un aprovechamiento mediante zonas verdes de esparcimiento y recreación.



## 5.10 MAPA GEOTECNICO

Con base en la fotointerpretación, el trabajo de campo y los resultados de laboratorio se generó el mapa geotécnico donde se zonificaron unidades de roca y suelo con características geomecánicas similares y de igual respuesta a los procesos geomorfológicos y climáticos actuantes. (Ver PLANO 3).

**ANEXO A6**



## ANEXO A6

### ESTUDIO SOCIOECONOMICO

Teniendo en cuenta el objetivo general del estudio, es muy importante analizar el componente socioeconómico, por ser el hombre, el actor principal en la ocupación y transformación de los espacios, de modo que siempre deja su sello característico en el paisaje, dependiendo de su comportamiento cultural, social, económico y evidentemente, como resultado de su relación e interacción con su entorno, en el proceso de poblamiento.

Por lo tanto, es importante conocer el comportamiento de la población del área de estudio y sus características demográficas, fundamentalmente de aquella cuya vivienda se encuentra en situación de amenaza y/o riesgo. Además el conocimiento de estos grupos humanos, es básico para llevar a cabo un plan adecuado de mitigación y reubicación si fuere necesario.

El estudio comprende los resultados del análisis de la información secundaria consultada, en Bogotá, en diferentes instituciones, complementada, con la información recopilada directamente en el campo, a través de entrevistas personales y encuestas realizadas a las familias, cuyas viviendas se encuentran en zonas de amenaza.

El área de estudio comprende 21,878 km<sup>2</sup>, con un total de 27 barrios.

#### 1. OBJETIVOS

##### 1.1 OBJETIVOS GENERALES

El estudio socioeconómico tiene como objetivo general, la identificación, el análisis y la evaluación de las características socioeconómicas de la población que habita la zona de estudio, y su percepción frente a la situación de amenaza.

##### 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Como objetivos específicos, se plantean: el identificar la problemática y el comportamiento socioeconómico de la población que habita dentro del área de estudio y especialmente la ubicada en las viviendas que se encuentran en situación de amenaza y/o riesgo.

Así, como objetivos específicos, se tiene el estudio de los siguientes aspectos:

- Características generales de la población.
- Tamaño familia y nivel de educación



- Presencia de infraestructura social y física
- Relaciones de tenencia de la vivienda
- Ocupación de la población

### 1.3 METODOLOGIA

El presente estudio parte de la revisión exhaustiva, recolección detallada y análisis de la información encontrada en varias entidades del Distrito Capital, la cual se complementa con la información recopilada directamente en el trabajo de campo, a través de entrevistas personales realizadas a diferentes habitantes de la zona y de las encuestas aplicadas a las familias que viven en situación de amenaza.

Las variables socioeconómicas a tener en cuenta, son:

- ✦ Características demográficas generales de la población.
- ✦ Estructura de la población por edad y sexo.
- ✦ Presencia de infraestructura social: educación, salud, vivienda.
- ✦ Presencia de infraestructura física: acueducto, energía eléctrica, alcantarillado.
- ✦ Calidad de los servicios.
- ✦ Organizaciones comunitarias.

#### 1.3.1 Revisión de la información

Se revisó, seleccionó y recopiló la información en forma detallada, para lo cual se visitaron entidades en Bogotá como:

- Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD).
- Departamento Administrativo de Medio Ambiente (DAMA).
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAAB).
- Empresa de Energía Eléctrica (EEB).
- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).



### 1.3.2 Trabajo de campo

Se realizó un trabajo de campo con el fin de recopilar directamente información sobre el área de estudio. Se visitó la zona y se llevó a cabo un reconocimiento de campo de toda el área, con el objetivo de identificar los puntos donde sea presentado inestabilidad de taludes para realizar un acercamiento a la comunidad y recopilar información a través de entrevistas realizadas a diferentes representantes de las organizaciones comunitarias, como Juntas de Acción Comunal y de aplicar encuestas a las familias ubicadas en los sitios de riesgo.

Para tal fin se diseñó una encuesta que se aplicó únicamente a las familias residentes en las viviendas que se encuentran en zonas de amenaza y recopilar información sobre los siguientes aspectos:

- ✘ Composición de la familia.
- ✘ Nivel de educación.
- ✘ Presencia y calidad de los servicios básicos.
- ✘ Presencia infraestructura social.
- ✘ Características de la vivienda.
- ✘ Percepción sobre amenazas.

### 1.3.3 Análisis y evaluación de la información

La información se organizó para obtener una evaluación de la situación socioeconómica actual, especialmente de las viviendas ubicadas en las áreas bajo amenaza.

## **2. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS**

### **2.1 PROCESO DE DESARROLLO**

La zona de estudio ha jugado un papel muy importante a través de la historia del país, como escenario de un poblamiento muy antiguo, que data desde la época, prehispánica, la cual fue habitada por grupos indígenas de la familia lingüística Chibcha, como los Sutagaos, que habitaron la región entre el Río de Sumapaz y el Río Pazca. Al sur de ellos vivían los Doas, Sumapaces y Cundais, quizá bajo el dominio de los Sutagaos y/o emparentados con ellos (Hettner, 1986).

**USME** : Use - me expresión Chibcha que significa "tu nido", fue camino importante a los lugares de peregrinación religiosa ubicados en el Páramo de Sumapaz.



El valle del Río Tunjuelo fue centro periférico de desarrollo del grupo que pobló la Sabana de Bogotá, donde se desarrollaron importantes actividades agrícolas, como también caza, pesca, minería, tejidos y alfarería.

Pero la Conquista y luego la Colonia llegó y rápidamente, los indígenas fueron sometidos al dominio español y reducidos bajo la institución de la encomienda, base de la dominación territorial y de la tributación personal de los españoles, impidiendo un desarrollo de las fuerzas productivas.

Durante los siglos XVII y XVIII con el fin de conservar la mano de obra indígena se establecen diferentes instituciones sociales, como el resguardo, las mitas y la esclavitud, que indiscutiblemente constituyen más tarde la base del trabajo campesino y del orden social y político hasta nuestros días.

A finales de la Colonia surge la **Hacienda**, dando origen a la propiedad privada y el encomendero es reemplazado por el hacendado, quién asume las formas de autoridad y de poder político, dando origen al clientelismo, base de las relaciones sociales y políticas, común hasta nuestros días.

Por otro lado la Hacienda, al monopolizar las tierras productivas, desarrolla relaciones de aparcería: medieros, arrendatarios, jornaleros y otras formas precarias de tenencia de la tierra, formas que constituyen la estructura agraria del país, las cuales persisten hasta hoy impidiendo la modernización del campo colombiano. Esta estructura origina pequeños asentamientos rurales, como es el caso de USME, que por su cercanía a Bogotá, se convierte en un centro de poblamiento importante, que la provee de productos básicos para el consumo alimenticio.

Las haciendas de Usme, desaparecen a mediados del siglo XX, presionadas por la alta migración de población expulsada del resto país, por el periodo de "la Violencia", y por consiguiente se inicia un proceso de urbanización acelerado, desplazando la frontera agrícola y cambiando el uso del suelo en cultivos, a usos urbanos.

Dicho proceso sigue activo actualmente, fundamentalmente difundido, por personas inescrupulosas que comercian con la miseria y la necesidad de vivienda de un alto porcentaje de población de escasos recursos, originando todo tipo de problemas sociales.

Usme fue fundado como San Pedro de Usme, aproximadamente en 1650, pero solo en 1711 fue erigido como parroquia, con una superficie extensa como lo indican sus límites, por el sur: con Nazaret y Gutiérrez, por Oriente con Chipaque, por el Occidente con Bosa y Sylvania. Estaba conformado por las Veredas: Curubital, Centro, El Hato, El Arrayán, El Destino, La Cañada, los Soches, la Represa, Olarte, Tihuaque, Tunjuelito, Uval, Yomasa, Chiguaza y San Benito.



En 1911 se reconoce como municipio y en 1954, a pesar de desarrollar actividad predominantemente rural, entra a formar parte del Distrito Especial de Bogotá, nueva organización de la ciudad liderada por la Misión Currie, durante el gobierno del General Rojas Pinilla, junto con siete municipios más, cercanos a la capital. De modo que Bogotá extiende sus límites hasta el Páramo de Sumapaz y el Valle del Río Tunjuelo, más como una estrategia política para el control de las guerrillas que se movilizaban por toda la región, que como criterio de planificación urbana.

Así, su desarrollo queda sometido a las demandas urbanas de la capital, característica que prevalece hasta hoy día en la administración local, sin tener en cuenta el devenir histórico de la región, sometida a un dinámico proceso de urbanización, que cuenta con diferentes actores, inclusive institucionales que estimulan su poblamiento.

La planificación de Bogotá, a partir de los años cincuenta, se caracteriza por la creación de grandes complejos habitacionales en el sur de la ciudad, como los Barrios Quiroga y Kennedy con el objetivo de reubicar la población interna de la ciudad, pero fácilmente son desbordados por la avalancha de población llegada del campo, expulsados por la violencia política que se incrementa en esta época, generando las tasas de crecimiento urbano más altas registradas en este siglo.

Bogotá inicia un crecimiento urbano acelerado y caótico, con presencia de cinturones de miseria y barrios subnormales, conformados por la población que afanosamente busca una solución de vivienda, sin importar las condiciones de ella.

De modo que el poblamiento de Usme se origina en primer lugar con población urbana, pobre, en el centro de la ciudad en inquilinatos y la inmigrante proveniente de los campos colombianos, especialmente de Boyacá, Cundinamarca, Tolima y en años posteriores de los Llanos Orientales e inclusive de la Costa, por lo tanto se ha llevado a cabo una mezcla cultural. De este tipo de poblamiento, ha surgido una población urbana con patrones culturales y sociales, marcadamente campesinos.

El proceso de poblamiento en Usme ha sido muy dinámico y se ha llevado a cabo con la población expulsada del campo, a partir de mediados de siglo, por diferentes razones y a la vez por la oferta de terrenos por los antiguos hacendados, que lotearon sus predios.

También se generan actividades extractivas importantes, como canteras y chircales, dando origen en sus alrededores, a nuevos asentamientos de personas empleadas en dichas empresas, surgiendo barrios subnormales con características extremadamente complejas.

En general se puede decir que el proceso de urbanización en Usme ha seguido las siguientes pautas:





- ❖ Asentamientos clandestinos o invasiones las cuales carecen de servicios.
- ❖ Barrios piratas, a través del loteo indiscriminado y sin ningún control, de terrenos ubicados en la zona suburbana, con ausencia de infraestructura básica, generando grandes ganancias especialmente para los intermediarios o "urbanizadores piratas" que se encargaron de realizar las ventas de los terrenos con papeles falsos o sin ningún tipo de documento que respalden las respectivas transacciones. Hecho que se registra todavía, pues la mayoría de población que habita en la zona así sea hace 10 años, carecen de títulos de propiedad.

La alta demanda de vivienda generó un mercado especulativo de la tierra, con grandes irregularidades, sin que se ejerza un control por parte de la administración de la ciudad, el cual persiste hasta hoy día.

- ❖ Barrios con construcción básica.
- ❖ Conjuntos de vivienda.

Los barrios subnormales surgen con poca integración al tejido urbano y solo tiempo después de su creación se lleva integra a la ciudad.

Este proceso de asentamiento es uno de los más dinámicos de Santafé de Bogotá, pues en un lapso de aproximadamente cuarenta años, se han establecido más de 194 barrios, de los cuales 91 han sido legalizados. Los barrios restantes se han desarrollado sin ninguna planificación, ni control por parte del estado, si no en forma espontánea por iniciativa propia, presionados por la necesidad de tener un techo para la familia, sin tener en cuenta el aspecto paisajístico o manejo del entorno.

Además, dadas las condiciones económicas de la población que llega a la zona, las características de la vivienda son precarias, generando graves problemas sociales, como hacinamiento, ausencia de condiciones de saneamiento.

Pero lo más grave de este proceso de urbanización, es que se ha institucionalizado la ilegalidad, desde su inicio hasta nuestros días, donde juegan un papel importante, fenómenos, como el clientelismo político. (Ver FOTOGRAFIA No. A6-1)



FOTOGRAFIA No. A6-1

LOCALIZACIÓN : Usme.

DESCRIPCIÓN : Proceso de Asentamiento subnormal.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

Según el censo nacional de población de 1993, Usme contaba con un total de 119.461 habitantes, que en 1997 (DAPD) aumenta a 222.915, de los cuales el 49% son hombres, en el sector urbano.

Si se tiene en cuenta que la población de Bogotá para 1993 era de 5.484.244 habitantes, la población de Usme constituía el 2.2% de la ciudad.

Según estas cifras la población aumenta en un 86%, lo cual es explicable por todos los acontecimientos que se han desarrollado en el sector rural, entre ellos la violencia, que día a día, desplaza población del campo hacia la ciudad.

Sin embargo, se presentan otras cifras completamente diferentes como las del Comité de Educación y Salud de la localidad, que para 1997 censo una población total de 350.336 y según el DANE se tiene un total de 304.974 habitantes. El crecimiento de Usme ha superado todos los cálculos, pues según el censo de población de 1973, solo contaba con 18.806 habitantes.

La comunidad calcula que actualmente la localidad tiene cerca de 400.000 personas, ubicadas en 11.904 hectáreas, que corresponden al sector urbano de Usme, la cual



constituye el 3,4% de la superficie del Distrito Capital, dando una densidad de población bastante alta en el área residencial, de 407 habitantes por hectárea, una de las más altas de Bogotá.

Estas cifras son alarmantes, respecto al alto crecimiento que representan, pero no es raro, ya en la zona todos los días surgen nuevos asentamientos. Así Usme entre 1973-1985, presentó el crecimiento poblacional más alto de la ciudad, el 31,1%.

La tasa de crecimiento natural de la población para 1993 (DAPD ;1997 ) en Bogotá era del 18 por mil, evidentemente, que por ser un polo de atracción muy importante para la población migrantes, se puede decir que aproximadamente el 50 % de su crecimiento se debe a la inmigración. Este crecimiento va paralelo al incremento de la comercialización de lotes, que solo en cinco años, de 1985 a 1993 se incrementó de 17.778 a 35.851 lotes, colocando a Usme en el segundo lugar en esta actividad en Santafé de Bogotá.

En 1996 registraba un total de 71 desarrollos suburbanos (DAPD, 1997), de los cuales solo el 58% eran legales. Además la mayoría de los barrios corresponden a los estratos 1 y 2, el 30.8% y 69.1% respectivamente, con una alta proporción de población en estado de pobreza, el 25, 7% y el 14% en miseria absoluta, o sea que casi la mitad de su población constituye un grupo humano de alta vulnerabilidad. (DAPD).

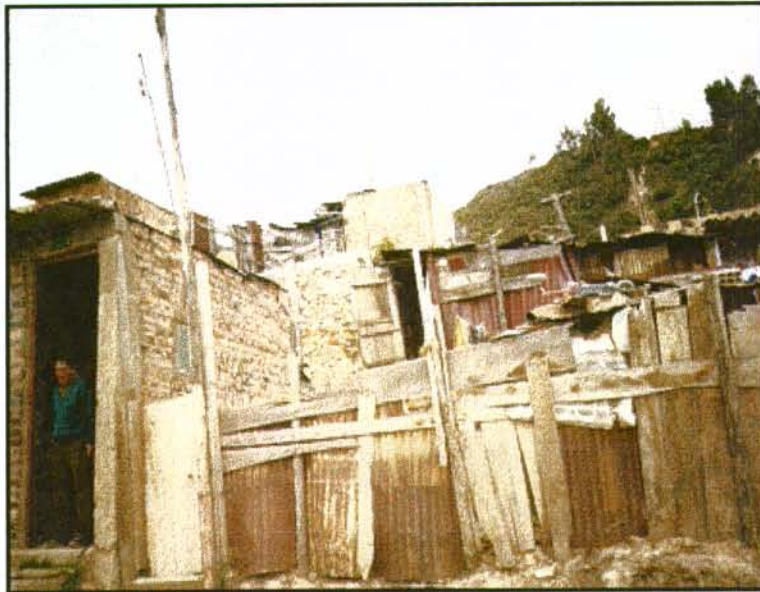
El problema de pobreza es tan grave, que en el área urbana se presenta desnutrición global, crónica y aguda para más del 50% de la población infantil.

La población rural de Usme que se calcula entre 4000 y 6000 habitantes, (JAC), que ocupan un total de 9.683 hectáreas, las cuales se dividen en las veredas de : Soches, El Uval, La Requelina, Agua Linda, Corinto, Olarte, El Destino, El Hato, Curubital, Margaritas,, La Unión, los Andes, Chisaca y Arrayanes. (Ver FOTOGRAFIA No. A6-2).

### 2.3 ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR EDAD Y SEXO

El análisis de la estructura de la población por edad y sexo, permite conocer el comportamiento demográfico de una población, y en cierta forma, su calidad de vida, a través de la expectativa de vida al nacer, su composición por edad y sexo y la Población en Edad de Trabajar (PET), es decir la que potencialmente está en edad productiva, como también permite conocer la población dependiente.

Dichos parámetros son indispensables para llevar cabo una acertada planificación, en cuanto el abastecimiento presente y futuro, de bienes y servicios a la población improductiva, como también, saber cual es el recurso productivo con que cuenta una sociedad, es decir la disponibilidad de mano de obra.



FOTOGRAFIA No. A6-2

LOCALIZACION : Barrio alto Los Pinos.

DESCRIPCION : Viviendas características de la comuna Alfonso López, donde se concentran más altos de pobreza en la localidad.

Según el censo de población de 1993 en Bogotá se tiene que el 30 % de la población era menor de 14 años y el 6.2% mayor de 60 años, para un total de población dependiente del 36.2%, mientras que la población productiva, es decir en edad de trabajar es del 63.8%, pero como el DANE la toma a partir de los 12 años, por el trabajo infantil existente en el país, aumentaría unos puntos más.

Sin embargo, ya se observa un cambio en la estructura de la población por edad y sexo, al que normalmente se presenta en los países en vía de desarrollo, es decir que se ha reducido la población menor de 14 años, ha aumentado ligeramente, la mayor de 60 años y por lo tanto hay una mayor proporción de Población en Edad de Trabajar, o sea en el rango de edad de 12 a 60 años. La estructura de la población por edad y sexo de la zona de riesgo presenta las siguientes características, como se observa en la TABLA No. A6-1.

TABLA No. A6-1 ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR EDAD Y SEXO, 1998

RANGO EDADES	HOMBRES	%	MUJERES	%
0 - 5	34	23.0	25	19.0
6 - 11	31	21.0	26	20.0
12 - 60	80	54.0	77	58.7
más de 60 años	3	2.0	3	2.3
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>100</b>	<b>131</b>	<b>100</b>

FUENTE : Encuestas trabajo de campo, Febrero 1998.



Comparativamente con Bogotá, se aprecian ciertas diferencias, a saber:

- ☆ En primer lugar se tiene una mayor proporción de población menor de 12 años, el 44% de los hombres y el 39% de las mujeres. Como ya se mencionó es frecuente encontrar familias con más de dos hijos y debido a su bajo nivel de vida es de suponer que no es común el uso de métodos anticonceptivos.
- ☆ Un menor porcentaje de población de más de 60 años, el 2.0% y 2.3% respectivamente para hombres y mujeres. Este es el resultado lógico de la baja calidad de vida, que en general, tiene gran parte de la población de Usme, sin agua potable, ni alcantarillado y sin mayor acceso a los servicios sociales eficientes, como salud, educación y vivienda.
- ☆ Una baja proporción de población de Edad de Trabajar, el 54% y 58.7%, para hombres y mujeres respectivamente. (TABLA No. A6-1.).

El porcentaje de PET masculina es inferior a la femenina, hecho que tiene una relación con los problemas sociales, que se presentan en estos barrios, que en muchos casos degeneran en violencia, la cual incide fundamentalmente en las tasas de morbilidad y mortalidad, afectando especialmente la población masculina, entre 12 y 60 años.

Según el censo de 1993 (DANE), Usme tenía, como ya se ha mencionado 119.461 habitantes, de los cuales el 57,4% correspondía a la Población Económicamente Activa, PEA, Dichos parámetros son indispensables para llevar cabo una acertada planificación, en cuanto el abastecimiento presente y futuro, de bienes y servicios a la población improductiva, como también, saber cual es el recurso productivo con que cuenta una sociedad, es decir la disponibilidad de mano de obra. Con una tasa de desempleo del 4%, situación que indudablemente ha aumentado hoy día. El porcentaje restante, 42.6% corresponde a la Población Económicamente Inactiva, PEI, distribuida, así : 38% estudiantes, 52% hogar y 10% en otras actividades.

En general este comportamiento de la población se puede explicar por el marginamiento económico y cultural en que viven los habitantes de estos barrios, por las condiciones infrahumanas y en general por bajísimo nivel de vida que tienen, hechos que incide directamente en la estructura de la población.

La población encuestada trabaja por lo general, en empleos transitorios, sin derecho a seguridad social, es decir al día. Los hombres se ocupan como conductores, ayudantes en talleres de mecánica, chatarreros, cargadores de bultos en el mercado, en la construcción, vendedores ambulantes, celaduría y algunos en la actividad rural, como jornaleros, en la construcción, quienes en su mayoría se encuentran actualmente desempleados. Es notorio este hecho en el barrio de San Andrés Alto.



## 2.4 INFRAESTRUCTURA

Por infraestructura se entienden los servicios sociales tales como: educación, vivienda y salud; los servicios públicos como acueducto, energía eléctrica y alcantarillado. La cobertura y la calidad de todos ellos son indicadores de la calidad de vida de la población y del desarrollo local y regional.

En general el área de estudio presenta una deficiente infraestructura de todo tipo no solo por ausencia, sino por deficiente calidad e insuficiente cobertura y los servicios de que disponen actualmente son comunitarios, pues fueron conseguidos a través de la gestión realizada por la comunidad, situación que hasta ahora el estado trata de regular.

### 2.4.1 Educación

Como ya se ha mencionado la infraestructura social es deficiente y la educación no es la excepción. En general puede decirse que el servicio de educación existente en el área de estudio no alcanza a cubrir la demanda total de la población en edad escolar y el más difundido es el nivel de primaria.

Además algunos de estos barrios carecen de establecimientos educativos en el mismo barrio y por consiguiente los niños tienen que realizar largos desplazamientos hasta la escuela, por caminos y vías sin pavimentar, lo cual en época de lluvia representa grandes incomodidades.

En 1995 Usme contaba con un total de 93 establecimientos educativos, donde se matricularon 18.073 alumnos (DAPD, 1997), cuya distribución se observa en la TABLA No. A6-2.

**TABLA No. A6-2 INFRAESTRUCTURA ESCOLAR EN USME - 1997**

NIVELES EDUCATIVOS	TOTAL ALUMNOS MATRICULADOS	% ALUMNOS ESC. OFICIAL	% ALUMNOS ESC. PRIVADA	TOTAL ESTABLEC. ED	% ESTABLE OFICIALES	% ESTABLE PRIVADOS
Preescolar	2.432	47.2	52.8	57	66.7	33.3
Primaria	17.634	67.0	33.0	75	56.0	44.0
Secundaria	9.921	39.3	60.7	24	29.2	70.8
Vocacional	2.142	50.0	50.0	17	35.3	64.7
<b>TOTAL</b>	<b>32.129</b>	<b>56.4</b>	<b>43.6</b>	<b>173</b>	<b>53.8</b>	<b>46.2</b>

Fuente : DAPD, Estadísticas Santafé de Bogotá, 1997

Si se observa la tabla anterior se tiene que hay una alta participación de la educación privada en Usme, especialmente en los niveles de secundaria y vocacional. En general el nivel de educación de la población del área de riesgo es bajo. Pero lo alarmante es que el 10.3% de las personas encuestadas no tiene ningún tipo de educación y por lo tanto son analfabetas. Además por falta de cupos en las escuelas cercanas o por ausencia de recursos económicos



el 12.7% de los niños en edad escolar no han podido asistir a la escuela. Únicamente el 3.0% va al preescolar, el 22% asiste a la primaria y solo un 6 % está en la escuela secundaria.

En cuanto a la población adulta, únicamente el 3.6% terminó la secundaria, mientras que el 15.2% la dejó inconclusa, solo el 12% concluyó el nivel de primaria y el 15% no la terminó.

El problema más sentido entre la población encuestada, es que no todos los barrios tienen su propia escuela y por lo tanto, las existentes, no dispone de la suficiente capacidad para recibir a los niños de otros barrios y por otro lado, los largos recorridos son inconvenientes para los niños, no solo por el estado de las vías, si no por seguridad, ya que en todos estos barrios hay presencia de delincuencia juvenil.

La educación es marginal porque no participa del desarrollo técnico y científico actual. Por lo general los maestros no disponen de materiales de enseñanza apropiados y modernos y tampoco son comunes las actividades culturales complementarias, como: música, danza, deporte, etc.

No existe una infraestructura aceptable para recreación, donde toda la población tenga acceso para practicar deportes, además los parques y las zonas verdes son escasas.

Como la población es de escasos recursos y su nivel de vida es muy bajo, en todas se detecta desnutrición infantil, hecho que influye en el proceso de aprendizaje.

#### **2.4.2 Servicios Básicos**

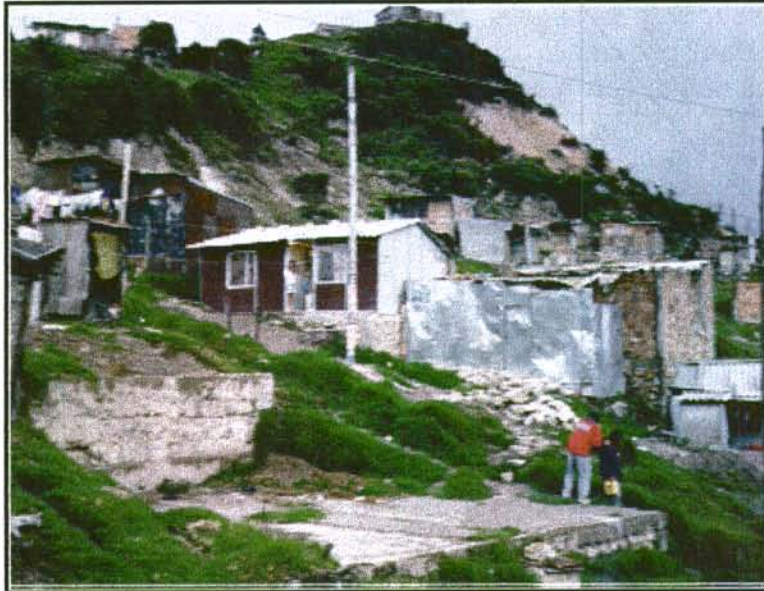
Los servicios básicos como son: el acueducto, la electrificación y el alcantarillado son los requerimientos mínimos que toda vivienda debe tener para brindar bienestar a sus ocupantes e inciden directamente en la calidad de vida de la población, de ahí la importancia de analizar no solo su presencia, sino su calidad y cobertura.

En general la prestación de estos servicios es totalmente deficiente, tanto por su cobertura, como por su calidad, hecho que se acentúa en forma alarmante en barrios, como Sierra Morena.

En general en Usme solo el 70% de las viviendas disponen de los servicios de acueducto, energía eléctrica y alcantarillado, el 14% de energía y acueducto y únicamente el 59% de servicio telefónico (DAPD; 1997).



La construcción de la vivienda en la zona se lleva a cabo por iniciativa privada, sin seguir un plan específico del Estado y muchos menos cumple con las normas de planeación urbana, sólo se desarrolla bajo la presión de tener un techo para la familia.



**FOTOGRAFIA No. A6-3**

**LOCALIZACION:** Usme, Barrio San Andrés Alto .

**DESCRIPCION :** Viviendas construidas en materiales de desecho y en ladrillo.

El tipo de vivienda de la zona de estudio, responde a las diferentes pautas que la urbanización haya seguido y depende del grado de consolidación del barrio. Así, como ya se ha mencionado, se tienen asentamientos clandestinos, lotes con servicios, barrios de construcción básica, conjuntos de vivienda, asentamientos ilegales de industria y extracción de materiales.

Por norma general los lotes tienen una superficie de 72 m<sup>2</sup>, es decir de 6 metros de frente por 12 de fondo y la calidad de la vivienda dependen de la disponibilidad de recursos económicos de sus propietarios, que poco a poco la van construyendo, adecuándola a las necesidades de espacio de la familia.

Muchos de estos barrios están ubicados en el área suburbana, como lo demuestra el Plan de Legalización Usme que abarca 11 desarrollos urbanos y 92 suburbanos. (DAPD).

La población que habita en estos barrios, en su gran mayoría, es de origen campesino, que se ha desplazado hasta Bogotá en busca de mejores condiciones de vida y por lo tanto su disponibilidad de recursos económicos es mínima o nula, porque están desempleados o





## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

porque solo tienen un empleo temporal, lo cual les impide realizar inversiones en una buena construcción.

Por consiguiente, se encuentran viviendas construidas en materiales de desecho, como cartones, tablas, madera y otros elementos, como plástico, tela asfáltica, teja de zinc, originando viviendas en condiciones muy precarias, con los pisos en tierra, propicios para la presencia de hematófagos, con graves problemas de salud para sus habitantes, pues son foco de infecciones. (FOTOGRAFIA No. A6-4)



### FOTOGRAFIA No. A6-4

LOCALIZACION : Barrio Sierra Morena Alta.

DESCRIPCION : Vivienda construida en material de desecho, en la parte alta de un talud inestable.

Además se tienen otros problemas graves, como el hacinamiento, pues la capacidad económica de la familia solo les permite construir una habitación, donde habita toda la familia.

En la construcción de la vivienda tampoco se tiene en cuenta el manejo del entorno, ni áreas destinadas a la recreación y comunitarias, como parques y zonas verdes y menos el adecuado diseño de las calles, ni el respeto por las rondas de los cuerpos de agua.



A esta deplorable situación se suma la mala calidad de los servicios básicos, fundamentalmente el agua que no es potable y en muchos barrios la ausencia de alcantarillado, trae como consecuencia que las aguas negras corran sobre la superficie, generando problemas de saneamiento ambiental supremamente graves, que indiscutiblemente inciden en la salud de sus habitantes, especialmente en la población infantil.

Pero lo más grave de todo, es que existen barrios donde por la ausencia de alcantarillado, no utilizan baños y las excretas se depositan a campo abierto, ocasionando problemas de saneamiento ambiental para la población. Dichos parámetros son indispensables para llevar cabo una acertada planificación, en cuanto el abastecimiento presente y futuro, de bienes y servicios a la población improductiva, como también, saber cual es el recurso productivo con que cuenta una sociedad, es decir la disponibilidad de mano de obra.

Las viviendas en barrios ya consolidados, están construidas en materiales permanentes, como ladrillo, teja de zinc, eternit y pisos en cemento. También existen las casas prefabricadas.

Otro gravísimo problema es el relacionado con la tenencia de la vivienda, pues la mayoría de la población ha sido asaltada en su buena fe y en cierta forma se ha negociado con la miseria de estas personas que se someten a cualquier situación, con tal de obtener una vivienda, no importa sus condiciones y/o características.

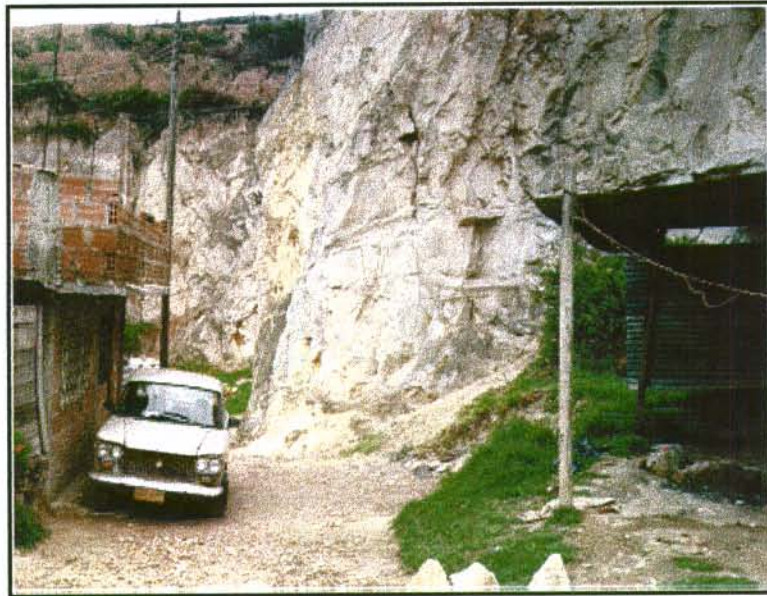
En general en Usme, se tiene que el 40.9% de las viviendas son propias, el 34.8% en arriendo y el 19.4% son viviendas que se están pagando actualmente.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN EN LAS ÁREAS INESTABLES

En primer lugar se identificaron zonas donde se han presentado inestabilidad de taludes en los barrios de Danubio Azul, la Fiscala Los Tres Laureles, para un total de 4 viviendas bajo amenaza alta. (Ver FOTOGRAFIAS Nos. A6-5).

De las familias encuestadas, el 81.6% son Hombres y el porcentaje restante corresponde a mujeres que tienen que salir a trabajar para sostener la familia, de modo que los hijos quedan solos todos el día, por general encerrados, con unas consecuencias gravísimas de tipo social, de higiene y salubridad para la población infantil.

El origen de la mayoría de los jefes de familia encuestados son inmigrantes procedentes de diferentes regiones del país, especialmente de Boyacá y el Tolima.



**FOTOGRAFIA No. A6-5**

**LOCALIZACION :** Usme

**DESCRIPCION:** Barrio Fiscal Los Tres Laureles. Area bajo amenaza.

Otro aspecto importante de resaltar es que debido al marginamiento en que vive población y a la ausencia de recursos económicos, todavía se encuentran familias, con 10 hijos, comportamiento cultural de origen campesino.

Una alta proporción de habitantes de estos barrios no poseen título de propiedad de su vivienda, a pesar de su larga posesión y de haber pagado el costo del lote. En general solo se disponen de un documento de compraventa y cada vez que reclaman a los intermediarios, estos los engañan

Las negociaciones de venta de los lotes son realizadas por intermediarios, deshonestos, amparados, en mucho casos por el clientelismo local, que por lo general venden terrenos hipotecados, embargados o ajenos, engañando a las personas, pues nunca les dan el título de propiedad, situación que con el tiempo se torna normal, donde influye el marginamiento en que vive la población, el poco acceso que esta tiene al aparato jurídico del país y el desamparo por parte de los administradores locales y de la ciudad.

Se realizó una encuesta, en barrios donde se presentan problemas de inestabilidad, y en términos generales son asentamientos creados hace diez años, en promedio



Según la información recopilada a través de las encuestas, las características de las viviendas en riesgo, son:

**Extensión lotes:** El 85% de los lotes, tienen un área de 72 m<sup>2</sup>, el 11.6% tienen una superficie menor y únicamente el 2.3 % tienen una extensión mayor.

**Número de habitaciones:** El 55% de las viviendas solo disponen de una habitación, el 28.3% de dos y el porcentaje restante, el 16.7% de tres.

**Presencia de baño:** Unicamente el 60 % de las viviendas dispone de un baño, por lo general rudimentario y con alcantarillado comunal o sin él, corriendo las aguas negras sobre superficie, como es el caso del barrio San Andrés. El porcentaje restante, el 40%, carece totalmente de este servicio.

**Presencia cocina:** En el 68% de las viviendas tienen una cocina separada de la habitación, mientras que el 32%, no disponen de ella, y cocinan dentro de la habitación.

**Materiales de construcción:** Unicamente el 85,0 % de las viviendas están construidas en materiales permanente, como ladrillo, plancha y pisos de cemento o baldosín. El resto de las viviendas, el 65% están en materiales desechables, como latas, plástico, para las paredes y latas, piedras y varas para los techos.

**Relación de tenencia:** Como ya se ha mencionado anteriormente toda la vivienda es propia, pero no se dispone de título de propiedad.

En general en Usme, se tiene que el 40.9% de las viviendas son propias, el 34.8% en arriendo y el 19.4% es vivienda que la están pagando.

## 2.6 ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

Es importante destacar el papel que juegan las Juntas de Acción Comunal en cada uno de los barrios estudiados, pues gracias a su trabajo y la organización comunitaria desarrollada por estas, depende en gran parte, la presencia de los servicios básicos y la solución de las necesidades más sentidas para sus habitantes.

## 2.7 PERCEPCIÓN SOBRE LA AMENAZA

El problema de amenaza y riesgo no entra en los requerimientos de las familias cuando de buscar vivienda se trata, pues lo que importa es tener un techo para la familia, al alcance de sus posibilidades económicas, sin importar las condiciones. En general se observa entre las personas encuestadas la resignación o aceptación de los hechos de riesgo, con una actitud de esperar que algo suceda para buscar una solución.



## ZONIFICACION DE RIESGO POR FENOMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME

UPES UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS FOPAE

---

La mayoría de los habitantes de viviendas bajo amenaza estarían dispuestas a ser reubicadas, pero son escépticas, debido a que a pesar de que se les ha censado varias veces, durante varios años, la administración distrital no les ha dado hasta el momento ninguna solución y por el momento se encuentran en lista de espera para ser reubicados, claro está, si les ofrecen unas buenas condiciones.

Pero para otras familias la situación se torna sin esperanza, debido a que a pesar de que su situación es de reconocido riesgo, las han sacado de la lista para ofrecerles una solución.

De todos modos, la población espera que la administración distrital les solucione el problema, bien sea reubicándolos, o implementando planes de manejo especial para mitigar el problema.

**ANEXO A7**



## ANEXO A7 BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, J., & BELTRÁN, W., 1987. Estratigrafía de la Formación La Regadera en el flanco occidental del Sinclinal de Usme. Trabajo de grado No. 182, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p. 58. estudios geológicos de la Cordillera Oriental de Colombia (Cordillera de Bogotá). Departamento de Minas y Petróleos, Bogotá. 58 pp.

GONZALES ALVARO, 1990. Metodología para estudios de riesgo por deslizamiento a escala intermedia VI Jornada Geotécnica, Sociedad Colombiana de Ingenieros.

GUERRERO, J., & SARMIENTO, G., 1996. Estratigrafía física, palinológica, sedimentológica y secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en exploración petrolera. Revista: Geología Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. No. 20, p.39.

GUEVARA DELGADO CARLOS. Aspectos fotogeológicos y estratigráficos al sur de Payande, - Tolima - Colombia. Revista : CIAF Vol. 10 (1). Pp 59- 72.

HERNÁNDEZ, P., & USCÁTEGUI, J., 1976. Geología de un sector del área urbana de Bogotá y sus posibles implicaciones geotécnicas. Trabajo de grado No. 15, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

HETTNER, A., 1892. Die Kordillere von Bogotá. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 104. Justus Pertha, Gotha, p. 229.

HUBACH, E., 1957. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Boletín Geológico Vol. V, No. 2. INGEOMINAS, Bogotá. p. 92-112.

IGL 1998. Zonificación De Riesgo Por Movimientos De Remoción En Masa En 101 Barrios De La Localidad De Usme. Vol. 1 Para la Upes.

JULIVERT, M. 1968. Lexique Stratigraphique International. Vol. V, Fascicule 4A, Colombie, 651 pp. París.



JULIVERT, M., PORTA, J., & TELLEZ, N., 1963. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras. Boletín de Geología, No. 13-14. pp. 101.

MEDINA, A., & PEÑA, G., 1989. Análisis geológico estructural de los Sinclinales de Usme y Chipaque, Departamento de Cundinamarca. Trabajo de grado No. 216, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

PORTA, J., 1974. Léxico estratigráfico de Colombia, 690 pp.

RENZONI, G., 1962. Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. Boletín Geológico Vol. X, No. 1-3. INGEOMINAS, Bogotá. p. 59-80.

SCHEIBE, E., 1938.

SOETERS, R. P.N.W. VERHOEF, ESCOBAR. A. J. & GUEVARA D. C. 1988 "Slope stability hazard mapping of the eastern slopes of the Cauca river, southern Antioquia Colombia". Vol. 13 No. 1 pp.283-296.

TOMAS SHUK ,1994. Evolución y el estado actual de la metodología basado en taludes naturales para el análisis de estabilidad en masa de materiales geológicos. Estudios geológicos de la Cordillera Oriental de Colombia (Cordillera de Bogotá). Departamento de Minas y Petróleos, Bogotá. 58 pp.

UJUETA, G., 1962. Geología del noreste de Bogotá. Servicio Geológico Nacional, Informe 1412, Bogotá. 44 pp.

Van der HAMMEN, T., 1957. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia). Boletín Geológico Vol. V, No. 2. INGEOMINAS, Bogotá. p. 189-207.