DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 489 DE 2004

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 1.0

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El barrio Casaloma II Sector se ubica al norte de la Localidad de Usme, en el Distrito Capital de Bogotá, limitando al norte con el predio San José (sin desarrollar), al oriente con el trazado de la futura Avenida Boyacá y el Parque Entrenubes (según el Decreto 619 de 2000), al sur con el barrio Sierra Morena (Plano US 280 / 4-01, en Sarria, 2000) y al occidente con el barrio Casaloma (Plano US 283 / 4-00, en Sarria, 2000).

El barrio Casaloma se encuentra dividido en dos sectores, de los cuales el segundo, que es objeto del presente estudio, se encuentra en proceso de legalización ante el Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD), que a su vez ha solicitado el respectivo concepto de riesgo a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE). Esta última entidad, de acuerdo con un estudio regional adelantado en la Localidad definió para el sector una categoría de amenaza por movimientos en masa entre media y alta, y contrató a través del FOPAE el presente estudio detallado.

El sector en estudio no está aún urbanísticamente consolidado y se caracteriza por viviendas de características informales. El terreno ha sufrido una fuerte intervención antrópica, en la cual se han alterado los patrones de drenaje originales y se han efectuado cortes y rellenos para la construcción de vías y viviendas

El área de estudio tiene una longitud aproximada de 200 m y un ancho medio de 175 m para un área aproximada de 3,5 hectáreas que involucra una zona cubierta por pastos ubicada al oriente del área urbanizada y un sector del Parque

Entrenubes, correspondiente a la parte baja de la microcuenca de un afluente de la quebrada Yomasa. El área de estudio está limitada en su parte norte con la calle 84A Sur, al oriente con la carrera 10 Bis este, al sur con la calle 85A Sur y al occidente con la carrera 8F Este. Según el plano de loteo el bario se compone de 17 manzanas, denominadas A, B, C, N, P, O, K, R, S, T, U, V, W, X, E, D y D'.

En este marco, la DPAE y el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE), adelantaron el proceso de contratación del presente "Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para el Barrio Casaloma II Sector, de la Localidad de Usme en Bogotá D. C.", cuyos resultados se muestran en este Informe.

En este capítulo se indican los aspectos generales del estudio, que servirán para enmarcar la información detallada de los demás apartes del estudio. Se basa en la información obtenida a partir de la investigación en fuentes secundarias y las visitas adelantadas por los profesionales asignados a la ejecución del estudio.

El capítulo comprende nueve secciones, de las cuales la primera corresponde a la introducción, la segunda registra las características del estudio, en la tercera se presentan las bases metodológicas y procedimientos de trabajo, en forma general, las cuales se detallan en las secciones cuarta a octava, y en la novena se reseñan las fuentes de información consultadas.

1.2 ESTRUCTURACIÓN DEL ESTUDIO

Está definido en los términos de referencia elaborados por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) de la Secretaría de Gobierno del Distrito Capital, según la invitación pública para contratación directa No. 7302-71-2004, adelantada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE).

Además, está ubicado en el Componente 1 "Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos de Origen Socio–Natural y Tecnológico" del Proyecto "Análisis y Evaluación de Riesgos de Origen Socio–Natural y Tecnológico en el Distrito Capital".

A continuación se presentan los principales aspectos que permitieron el desarrollo del estudio y su estructura por capítulos.

1.2.1 Definición del estudio

Las características más representativas que ayudaron a estructurar el estudio y los procedimientos para su ejecución se referencian a continuación.

1.2.1.1 Objetivo

El objetivo del estudio es efectuar la evaluación de riesgo por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras

recomendadas para el barrio Casaloma II Sector de la Localidad de Usme en la ciudad de Bogotá D. C., de acuerdo con los términos de referencia del FOPAE.

1.2.1.2 Alcance

El trabajo incluye la recopilación de información secundaria, obtención de información primaria, análisis de información, análisis geotécnicos, evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, análisis de alternativas y formulación de recomendaciones, entre las cuales se encuentran los diseños detallados de las obras de mitigación seleccionadas, siguiendo procedimientos preestablecidos en los términos de referencia y en la propuesta del Consultor. Los temas cubiertos por el trabajo involucran topografía, geología, geomorfología, geotecnia, amenaza, vulnerabilidad y riesgo por remoción en masa, según los alcances específicos detallados a lo largo del presente documento.

1.2.1.3 Destinatarios

Los destinatarios del estudio son, en primer lugar, las autoridades distritales y locales en materia de prevención de emergencias y desastres, a quienes se les suministran las herramientas para toma de decisiones en lo que corresponde al problema estudiado y los insumos para la emisión de conceptos técnicos de riesgo para la legalización del barrio objeto de estudio. En segundo lugar, los receptores del informe son los miembros de la comunidad potencialmente afectada con el fin de obtener su participación en las soluciones recomendadas.

1.2.1.4 Documentos básicos y especificaciones de trabajo

El trabajo se adelantó de acuerdo con los siguientes documentos y requerimientos:

- Términos de referencia para la elaboración del estudio elaborados por FOPAE.
- Contrato No. 489 de 2004, suscrito entre FOPAE y el Consorcio Ingeniería en Obras.
- Propuesta del Consultor de fecha 30 de noviembre de 2004.
- Requerimientos del Contratante e Interventoría manifestados en las reuniones de coordinación

De estas referencias pueden extractarse las principales especificaciones de trabajo, como son:

- Escala: 1:500 con curvas de nivel cada 0,5 m
- Nivel de resolución: Local, detallado

- Tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar: Emisión de conceptos de amenaza y riesgo sobre condiciones favorables o desfavorables para la legalización del barrio por parte de la DPAE y ejecución de medidas de prevención y construcción de obras de mitigación para la reducción de riesgos.

1.2.2 Organización del informe

El informe está dividido en 6 capítulos, como se relaciona a continuación:

- Capítulo 1: Generalidades. Se presenta la estructuración del estudio y las bases metodológicas y procedimientos de trabajo empleados.

- Capítulo 2: Marco general de referencia. Corresponde a la ubicación del área de estudio, la descripción de la Localidad de Usme como contexto del barrio en estudio, y los referentes conceptual y físico.

- Capítulo 3: Estudios básicos. Se registran los resultados obtenidos en la ejecución de los estudios básicos correspondientes al levantamiento topográfico, estudio geológico, cobertura vegetal, usos del suelo y estudios geotécnicos.

- Capítulo 4: Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. En este aparte se muestran los resultados de evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

- Capítulo 5: Plan integral de gestión de riesgos recomendado. Se presenta, en forma general, el plan de intervención recomendado para el sector con el fin de reducir el riesgo.

- Capítulo 6: Análisis de alternativas de mitigación y diseños detallados de obras. Corresponde a la evaluación de alternativas de obras, los criterios de selección y el diseño detallado de las mismas, que incluye los cálculos, planos, estimación de cantidades de obra, presupuesto, cronogrmas y especificaciones técnicas.

También hace parte el denominado Informe Ejecutivo, que constituye un resumen de los resultados obtenidos y las medidas recomendadas.

1.2.3 Personal participante y datos del Consultor

La firma consultora encargada del estudio es el CONSORCIO INGENIERÍA EN OBRAS, conformado por los Ingenieros Héctor Vicente Rodríguez Romero y Carlos Héctor Cantillo Rueda y la firma Consulcons Ltda. El domicilio del Consorcio es la Calle 64 No. 10 – 45 oficina 413 de la ciudad de Bogotá, teléfonos 2557487 y 3478260, correo electrónico ccantillo@fastmail.fm.

El grupo de trabajo que participó en el presente estudio está conformado por los siguientes profesionales, indicando sus respectivas actividades:

- Ingeniero Civil Carlos Héctor Cantillo Rueda: Encargado de la dirección y coordinación del proyecto, la redacción, edición y producción del informe final, y, la evaluación de vulnerabilidad y riesgo, participando, con los demás profesionales en la formulación del plan de gestión de riesgos, evaluación de alternativas de mitigación y diseños de obras. Igualmente desempeñó el cargo de Gerente y Representante Legal de la firma consultora.

- Ingeniero Civil Carlos Eduardo Rodríguez Pineda: Participó como asesor en geotecnia y fue el responsable de la evaluación de amenaza.

- Ingeniero Geólogo Gilmar Iván Patiño Barrera: Elaboró los estudios geológicos y geotécnicos y el cálculo de obras de mitigación.

- Ingeniero Civil Héctor Alfonso Camacho Suárez: Tuvo a cargo el inventario de predios y demás elementos expuestos. Participó también como Ingeniero Auxiliar en las demás etapas del estudio.

- Doctor Rafael Suárez Rondón: Encargado de la investigación social y participación comunitaria.

- Estudiante Sergio David Garzón: Auxiliar de Ingeniería

- Consulcons Ltda.: Firma encargada de la exploración del subsuelo.

- Ing. Willian León: SIG y dibujo AutoCAD

- Topógrafo Carlos Hernando Moreno Moreno: Levantamientos topográficos

- Sr. Julio César Santamaría: Laboratorio de suelos

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS BASES METODOLÓGICAS Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

1.3.1 Bases metodológicas generales

La evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo se basa en la "Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Movimientos en Masa a Escala Local", de Cantillo (1998), ajustada a las condiciones específicas del estudio, como marco general y, en forma específica, siguiendo los lineamientos del Método de Estimativos Puntuales de Rosenblueth (1975) y modificado por Harr (1987) y el método del bloque deslizante.

En términos generales la investigación sigue el modelo general del método científico. En los aspectos sociales se emplearon los principios generales de la

metodología Acción – Participativa, buscando, por un lado, adelantar la investigación social y, adicionalmente, establecer una relación participativa de la comunidad en las posibles soluciones para la problemática del sector.

1.3.2 Procedimientos para la ejecución del estudio

El estudio se adelantó de acuerdo con una metodología de investigación que contempló las siguientes fases o etapas:

1.3.2.1 Recopilación de información secundaria

Comprendió el acopio de información disponible de terceros en diversos aspectos de interés (medio ambiente, cartografía, topografía, geología, geomorfología, fotografías aéreas, geotecnia, hidroclimatología, usos del suelo, sismología, antecedentes históricos de emergencia en la zona, registros pluviométricos, estudios sociales, de planeamiento y urbanismo y en general, toda la información representativa para el objeto del estudio) en los centros de documentación de entidades como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), DPAE y DAPD. Así mismo se adelantó una búsqueda de información en Internet.

En la **Tabla 1.1** se presenta una relación de los documentos consultados para la ejecución del estudio (Ver **Apéndice 1.1**).

1.3.2.2 Obtención de información primaria

Incluye la información tomada en campo a partir de levantamientos detallados, visitas de inspección, entrevistas y pruebas y ensayos técnicos.

- **Levantamientos de topografía**

El levantamiento topográfico de la zona incluyó la planimetría y la altimetría a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0,20 m, aunque la exigencia de los términos de referencia era 0,50 m, detallando diversos aspectos de interés, como son las características físicas del terreno, la ubicación de drenajes, la localización de elementos físicos construidos del sistema en estudio (Viviendas, infraestructura de servicios, infraestructura vial, etc), levantamiento topográfico de secciones de estudio y todos los elementos que sirven de referencia para el entendimiento de los problemas presentes y el planteamiento apropiado de soluciones. El levantamiento de predios involucró la identificación de cada uno con dirección, número de manzana, número de lote, código interno ó consecutivo del estudio, respetando, en lo posible, la nomenclatura oficial más reciente.

El método de trabajo consistió en el levantamiento de una poligonal cerrada a partir de las placas del IGAC, tomando los detalles sobre dicha poligonal, mediante el empleo de estación topográfica. Para efectos de la localización posterior de las obras propuestas se materializaron puntos de referencia (mojones) en el terreno con coordenadas y elevación conocidas, visual en ellos y en número suficiente.

Más detalles y resultados de este trabajo se pueden consultar en el **Capítulo 3**.

- **Levantamientos geológico y geomorfológico, incluyendo inventario de procesos**

El levantamiento geológico se realizó a nivel de unidad roca, con cubrimiento, densidad y detalle suficientes para su representación gráfica en escala 1:500 indicando la descripción litológica y caracterización de los depósitos recientes. Incluyó la cartografía de todas las unidades que a la escala de trabajo son representativas (incluyendo materiales superficiales y el material subyacente), estructuras geológicas y columnas estratigráficas, así como la correlación de unidades, y la ubicación de estaciones para el levantamiento de discontinuidades, puntos de investigación del subsuelo, etc.

Por su parte el levantamiento geomorfológico, del mismo nivel de detalle del geológico, correspondió a la caracterización necesaria para establecer la geomorfología del área de estudio considerando la génesis de las diferentes unidades y su evolución dentro del área de interés, definiendo las unidades que deben tenerse en cuenta en la evaluación de amenaza y describiendo cada unidad en función de sus características morfológicas, composición de los materiales y régimen de agua.

El inventario de procesos incluyó el análisis y cartografía de los procesos morfodinámicos, tanto erosión como procesos de remoción en masa, en términos de su estado de actividad, tendencia a la propagación (retrogresividad del proceso), espesor y velocidad a partir de los aspectos básicos identificados en su génesis, (unidades geomorfológicas, geológicas, factor antrópico, etc.), de acuerdo con las condiciones particulares del sector, con base en fichas de levantamiento de información previamente diseñadas y que se presentan en el **Apéndice 1.2**. Más detalles y resultados de este trabajo se pueden consultar en el **Capítulo 3**.

- **Programa de exploración del subsuelo**

Incluye la investigación del subsuelo a través de métodos directos e indirectos, así como el programa de ensayos de campo y laboratorio, ejecutados con el fin de conocer las características del subsuelo en la zona de estudio. Para tal fin se diseñó y ejecutó un programa de exploración con base en el modelo geológico, que se fue ajustando luego de la revisión de información secundaria y reconocimiento de campo, siendo retroalimentado en el proceso de levantamiento de información primaria de detalle. En el **Apéndice 1.3** se presenta el Programa de Exploración del Subsuelo definitivo. Más detalles y resultados de este trabajo se pueden consultar en el **Capítulo 3**.

- **Inventario de elementos expuestos**

Como condición necesaria para los análisis de vulnerabilidad, se efectuó un inventario y caracterización de los elementos físicos que integran el sistema, como las viviendas, infraestructura y mobiliario urbano; de igual manera se adelantó un censo de población en el área de estudio y la identificación de las principales

actividades y relaciones y funciones sociales y económicas que se desarrollan en el sector, todo ello con base en formularios y encuestas previamente diseñados. En el **Apéndice 1.4** se incluye el Plan de Trabajo de Campo para Inventario de Elementos Expuestos que se siguió en el presente trabajo y cuyos resultados se presentan en el **Capítulo 4**.

- **Investigación social**

Además de las encuestas e inventarios anotados en el inventario de elementos expuestos, se emplearon otros instrumentos como entrevistas y talleres, en que participaron dirigentes cívicos de la zona y miembros de la comunidad, con varios fines, como fueron la presentación formal del estudio, la coordinación del censo de población y el registro de sus testimonios y su percepción sobre el problema, aplicando en forma general la metodología Investigación Acción – Participativa, buscando, por un lado, adelantar la investigación social y, adicionalmente, establecer una relación participativa de la comunidad en las posibles soluciones para la problemática del sector. En el **Numeral 1.6** se detallan los principios metodológicos empleados. Los resultados del trabajo se han incluido en el **Capítulo 4**.

- **Otros levantamientos de información**

En forma adicional a lo anteriormente planteado, durante el desarrollo del estudio se realizó la toma de información en otros aspectos relacionados con el objeto del estudio, como los usos del suelo, cobertura vegetal, y, en general, reconocimientos de campo y observaciones sobre características urbanísticas y ambientales del barrio y su entorno. También se entrevistaron funcionarios de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, DPAE, que conocen las condiciones del sector. Ver **Capítulos 3** y **4**.

1.3.2.3 Análisis de información

Con base en la información recopilada y levantada, se efectuaron los diversos análisis requeridos para la evaluación del riesgo por remoción en masa, siguiendo la metodología de Cantillo (1998) ajustada a las condiciones particulares de la zona de estudio y los términos de referencia de FOPAE, sintetizados en las conclusiones del estudio, en los aspectos que se resumen a continuación:

- **Análisis de contexto**

Comprende los análisis de las condiciones físicas, ambientales y sociales de la zona y la comunidad que la ocupa, que involucra el análisis de referentes físicos (Geología regional, geomorfología regional, clima, hidrología, hidrografía, hidrogeología, sismología), históricos (p. e. los antecedentes de inestabilidad, la historia del poblamiento de la zona, etc.), ambientales (p. e. cobertura vegetal, drenajes naturales y artificiales, etc.) y sociales (p. e. uso del suelo) y su relación con los problemas de inestabilidad en la zona.

- **Análisis técnicos detallados**

Se incluyeron:

- Comparación de planos DAPD con levantamiento topográfico, contrastando el loteo proyectado con el real

- Aspectos geológicos: Se integró la geología regional, local y de detalle, teniendo en cuenta aspectos de génesis, litología, estratigrafía y geología estructural, unidades de superficie, perfiles de meteorización y procesos de erosión.

- Aspectos geomorfológicos regionales y locales: Incluyen una descripción morfométrica, morfogenética y morfodinámica mediante el inventario y caracterización detallada de los procesos morfodinámicos existentes en términos de su magnitud, grado de actividad, factores contribuyentes y detonantes, análisis multitemporal y evaluación de los efectos del proceso de urbanización de la zona y la posible generación y/o activación de procesos de inestabilidad del terreno.

- Estimativos de pérdida de suelo

- Caracterización y zonificación geotécnica: Se determinaron zonas de comportamiento geotécnicamente homogéneo a partir de la interpretación de la información secundaria y primaria.

- Análisis de estabilidad y estabilización: Definición de los criterios de análisis y justificación de los parámetros de evaluación de estabilidad, previamente a la exhaustiva evaluación de la estabilidad de laderas, identificación de mecanismos de falla y agentes detonantes de procesos activos y/o potenciales de inestabilidad, siguiendo la metodología descrita en el **Numeral 1.4**.

Los resultados de estos análisis están incluidos en el **Capítulo 3**.

- **Evaluación de amenaza**

Las bases metodológicas se detallan más adelante, en el **Numeral 1.5**, y los resultados obtenidos en el **Capítulo 4**.

- **Análisis de vulnerabilidad**

Las bases metodológicas se detallan más adelante, en el **Numeral 1.7**, y los resultados obtenidos en el **Capítulo 4**.

- **Evaluación de riesgo**

Las bases metodológicas se detallan más adelante, en el **Numeral 1.8**, y los resultados obtenidos en el **Capítulo 4**.

1.3.2.4 Recomendaciones y propuestas

En el **Capítulo 5** se presenta un programa integral de intervención para la reducción del riesgo considerando aspectos de índole técnica, económica, ambiental, urbanística y social, registrando las estrategias necesarias para la debida coordinación interinstitucional.

Para las medidas de corte ingenieril (Ver **Capítulo 6**) se efectuó un análisis estratégico de escogencia de alternativas, basado en criterios de reducción de la amenaza y la vulnerabilidad y el mejoramiento integral de las condiciones físicas, ambientales y sociales de la comunidad.

Los criterios económicos se basan en los costos de las diversas alternativas y se tiene en cuenta su efectividad en la reducción de la amenaza (factores técnicos).

Para considerar los aspectos sociales y ambientales, debido al comportamiento no determinístico ni lineal de tales variables se optó por emplear un análisis que permita establecer intervalos de variación que pueden tomar dichos aspectos.

En la década de 1970 se desarrolló un método de planeación denominado “Planificación Estratégica Situacional” (Matus, 1992), que en el campo de la gestión de riesgos, y específicamente en la evaluación de riesgos, se ha empezado a utilizar en forma reciente. De allí se extractan algunos fundamentos aplicables a la consideración de los aspectos sociales y ambientales en la evaluación de alternativas para la mitigación de riesgos, como los referidos a que estas variables no se pueden predecir, ni se comportan siguiendo una ley, bajo una relación única causa – efecto; por tanto no siguen patrones preestablecidos porque son sistemas complejos y dinámicos. Lo que se puede hacer en estos casos es efectuar una visualización por escenarios hipotéticos, que cubren intervalos dentro de los cuales se puede estimar que la realidad que se quiere representar va a situarse en el futuro.

En consecuencia, para la consideración de los aspectos sociales y ambientales se efectuó un análisis tipo situacional, teniendo en cuenta tres escenarios probables (Piso o pesimista, techo u optimista e intermedio), estableciendo las implicaciones que tendrían las alternativas en cada uno de ellos.

Finalmente, los diseños detallados para construcción cuentan con análisis de ingeniería sustentados con sus respectivas memorias de cálculo, planos, cálculo de cantidades de obra, estimación de presupuestos, especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios y cronograma de ejecución.

1.4 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

El objetivo de los análisis geotécnicos es obtener las probabilidades de falla de taludes, como base para la zonificación de la amenaza por remoción en masa. La metodología de análisis para el desarrollo del estudio geotécnico es la siguiente:

- Obtención del modelo geológico base del análisis, a partir de la información secundaria y de acuerdo con los resultados de la exploración de subsuelo.

- Teniendo en cuenta la información secundaria y la información obtenida durante la investigación del subsuelo, estimación de los parámetros de resistencia objeto del análisis de estabilidad propiamente dicho.

- Análisis de estabilidad para la condición actual y otros escenarios de riesgo, haciendo uso del programa PCSTABL de la Universidad de Purdue. Éste se efectuará bajo la condición estática y bajo la condición pseudoestática, al tener en cuenta el coeficiente de aceleración horizontal correspondiente para la zona, según el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (Ingeominas y Uniandes, 1997).

- Obtención de las probabilidades de falla de taludes bajo diferentes escenarios, con base en el análisis de estabilidad (sin agua – sin sismo, con agua – sin sismo, sin agua – con sismo, con agua – con sismo).

- Conclusiones y recomendaciones con respecto al comportamiento de los materiales y manejo geotécnico de los taludes, para asegurar su estabilidad geotécnica.

1.5 BASES DE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN DE AMENAZA APLICADOS

A continuación se describen los modelos empleados en el presente trabajo.

1.5.1 Modelos determinísticos (Basados en equilibrio límite)

En los análisis pseudo-estáticos las fuerzas sísmicas se incluyen como unas fuerzas inerciales horizontal y vertical actuando sobre la masa de suelo. Es común considerar sólo la componente horizontal por considerarse la principal y la que tiende a inestabilizar el material. Al hacer el análisis de estabilidad incluyendo esta fuerza inercial, se puede obtener un nuevo factor de seguridad ante deslizamiento; cuando este factor de seguridad sea la unidad, la masa estará en falla y la aceleración asociada es la denominada “aceleración crítica”.

Durante un sismo real, la aceleración máxima sólo se presenta en un período de tiempo muy corto, fracciones de segundo, por lo que a pesar que se obtenga un factor de seguridad menor que la unidad, la carga aplicada no tiene el tiempo suficiente para generar el desplazamiento de la masa de suelo. Para obviar este inconveniente se plantea un segundo método de análisis que es el del bloque

deslizante. En este caso la masa de suelo o roca se asume como un bloque rígido sobre un plano inclinado sometido a un sismo, el cual está representado por el registro de aceleraciones de diseño.

1.5.1.1 Bases teóricas del método

Este método se basa en asumir que la masa deslizada se comporta como un bloque rígido deslizándose a lo largo de un plano inclinado debido a los desplazamientos causados por las aceleraciones inducidas por un sismo. Existe para materiales elasto-plásticos una resistencia (Fz) o un desplazamiento límite (uy) por encima del cual el material es perfectamente plástico. Durante esta etapa la pérdida de energía no es de tipo viscoso sino por fricción, como se muestra en la **Figura 1.1**.

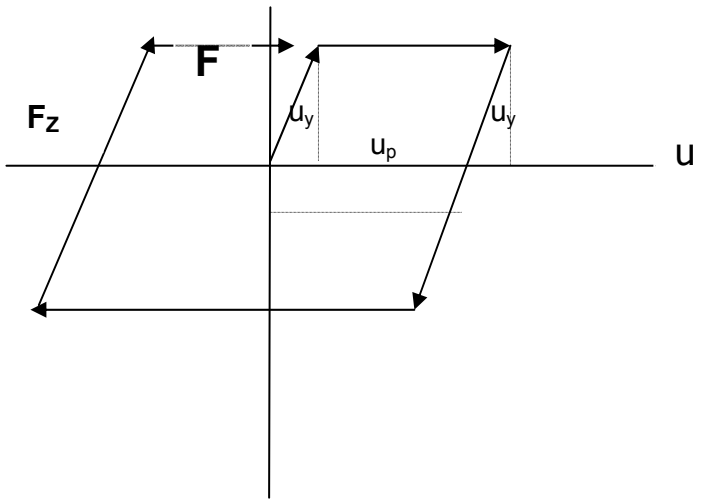


Figura 1.1 Relación esfuerzo - deformación para materiales elasto - plásticos

El comportamiento de la masa de suelo desplazada se caracteriza por los siguientes aspectos:

- El desplazamiento plástico up cambia con el número de ciclos
- La rigidez en el rango elástico no cambia
- El sistema es perfectamente plástico
- El límite del rango elástico está dado por una fuerza límite (Fz) o un desplazamiento límite (uy). Si no hay viscosidad los dos límites coinciden.

La ecuación de movimiento del sistema se puede escribir como:

Fase elástica:

$$\ddot{u} + 2\lambda w_0 \dot{u} + {w_0}^2 \left(u - u_p\right) = -\ddot{x}; \left|u - u_p\right| \le u_y$$

Fase plástica:

$$\ddot{u} + \frac{F}{m}(\text{sing}\quad \dot{u}) = -x;\ |u - u_p| \geq u_y$$

$$F = ku_y \text{ o } \frac{F}{m} = w_0^2 u_y$$

El material pasa de la fase elástica a la fase plástica cuando se supera la fuerza límite. En el caso del bloque deslizante, se considera que el material es infinitamente rígido por lo que el movimiento empieza sólo cuando se supera esta carga límite, en cuyo caso la solución de la ecuación de movimiento es del tipo:

$$\dot{u} = c(\dot{x} - k_c)$$

Donde k_c es la aceleración crítica ($a_c=k_c/g$) para que se presente el desplazamiento del cuerpo rígido. c es una constante que dependerá de la geometría del problema.

De acuerdo con la última expresión cada vez que se supere la aceleración crítica se producen desplazamientos que se van acumulando a lo largo de todo el proceso de carga. En el caso de una carga sísmica el desplazamiento total será la sumatoria de los desplazamientos que se generan por todas las aceleraciones superiores que la crítica, el cual se obtiene por la doble integración del registro de aceleraciones por encima de esta aceleración.

El valor de la aceleración crítica puede ser utilizado como criterio para la zonificación por amenaza; sin embargo, es más común utilizar el mismo desplazamiento como criterio de evaluación. La práctica común define unos niveles de desplazamiento críticos, los cuales están asociados con un mayor o menor nivel de estabilidad; por ejemplo, es común asumir un desplazamiento crítico de 5 o 10 cm por encima del cual se considera se presenta la falla del talud.

El nivel de desplazamiento crítico debe ser una función del tipo de material debido a que cada material presenta un curva esfuerzo - deformación particular de manera que un nivel de deformación diferente puede estar asociado a cada uno.

Con base en el modelo de bloque deslizante se han propuesto varias metodologías de evaluación de amenaza por deslizamientos, las cuales se basan en obtener la aceleración crítica, a partir de relaciones empíricas, como una función del factor de seguridad estático; sin embargo, a través del retroanálisis de casos reales se ha podido comprobar que estas expresiones sobrestiman la aceleración crítica subestimando a su vez los desplazamientos inducidos por un sismo, de manera que tienden a dar una subestimación de la amenaza.

Recientemente se ha establecido una relación semi-empírica entre la aceleración crítica de un talud y su factor de seguridad estático, de donde se obtienen valores más representativos de aceleración, con lo que se obtienen mejores resultados en evaluación de amenaza.

1.5.1.2 Procedimiento metodológico

En el presente trabajo se pretende utilizar el modelo de bloque deslizante con fines de zonificación de la amenaza por deslizamientos a partir de una combinación de criterios resultado del análisis de: El factor de seguridad estático, aceleración crítica, desplazamientos totales.

Para la aplicación del modelo se requiere aplicar la siguiente metodología:

1. Definir secciones típicas en cuanto a geometría y litología (modelo geotécnico del talud).
2. Con base en análisis de equilibrio límite determinar el factor de seguridad en condiciones estáticas del talud. Este factor de seguridad será función, además, de la geometría del talud, de los parámetros de resistencia de los materiales y la posición del nivel freático.
3. Estimar la aceleración crítica del talud como una función del factor de seguridad.
4. Determinar un sismo de diseño. En este caso se propone trabajar con los mismos registros que fueron empleados para el estudio de microzonificación sísmica de Bogotá (Uniandes, Ingeominas, 1997).
5. Calcular los desplazamientos totales por medio de la integración de los registros de diseño sobre el nivel de aceleración crítica.
6. Obtener los niveles de amenaza, por medio de los criterios anexos, en términos del factor de seguridad, aceleración crítica y desplazamientos.

1.5.1.3 Criterios para evaluación de amenaza

- **Método pseudo-estático**

Por medio del método pseudo-estático se obtiene un factor de seguridad, con base en el cual Siyahi y Ansai (1993) proponen la siguiente clasificación de la amenaza:

Tabla 1.2. Criterios de clasificación de amenaza con base en el factor de seguridad (Adaptada de Siyahi y Ansai, 1993)

FACTOR DE SEGURIDAD	NIVEL DE AMENAZA O SUSCEPTIBILIDAD
F.S < 1.0	Alta
1.0<F.S<1.5	Moderada
F.S>1.5	Baja

- **Método del bloque deslizante**

En este caso del método del bloque deslizante se obtiene un desplazamiento final, que es la suma de los desplazamientos producidos por todas las aceleraciones

superiores a la aceleración crítica. Legg *et al* (1992) han propuesto la evaluación de la amenaza en términos de la aceleración crítica y de los desplazamientos finales.

Con base en los desplazamientos se puede evaluar la amenaza por medio de los siguientes parámetros:

Tabla 1.3. Criterios de clasificación de amenaza con base en los desplazamientos (Legg *et al*, 1992)

ESTADO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	DESPLAZAMIENTO PERMANENTE (cm)
Ligero	Desplazamiento del terreno insignificante, no hay aparente potencial de falla del talud. Efectos solo por el paso de las ondas sísmicas.	D<0,5
Moderado	Falla moderada del terreno, pequeñas grietas se suelen formar.	0,5<D<5
Fuerte	Falla mayor del terreno, grietas de moderada magnitud y desplazamientos por deslizamientos	5<D<50
Severo	Falla extrema del terreno, grandes grietas y desplazamientos por deslizamientos	50<D<500

También se puede evaluar el nivel de amenaza por medio del valor de la aceleración crítica, de acuerdo con los siguientes parámetros, según los mismos autores:

Tabla 1.4. Criterios de clasificación de amenaza con base en la aceleración crítica (Legg *et al*, 1992)

ACELERACIÓN CRÍTICA (g)	NIVEL DE ESTABILIDAD
0,70 g ≤Ac	Muy estable
0,50 g ≤Ac≤ 0,70 g	Estable
0,30 g ≤Ac≤ 0,50 g	Alta
0,10 g ≤Ac≤ 0,30 g	Moderada
0,01 g ≤Ac≤ 0,10g	Baja
Ac ≤ 0,01 g	Inestable

1.5.2 Método estocástico de evaluación de amenaza

1.5.2.1 Bases teóricas

Los métodos probabilísticos de análisis de amenaza por deslizamientos se basan en la evaluación de la probabilidad de falla de un talud. La falla se explica a través del factor de seguridad, el cual a su vez se define como la relación entre la resistencia

disponible y la resistencia movilizada a lo largo de una superficie potencial de falla; en consecuencia la probabilidad de falla puede ser definida como la probabilidad de que el factor de seguridad sea menor que la unidad.

En el caso estático el valor esperado del factor de seguridad se designa por E(F), y la incertidumbre en la determinación de este factor de seguridad viene dada por su desviación estándar σ_F. Los términos E(F) y σ_F pueden combinarse a través del índice de confiabilidad β, el cual se define como:

$$\beta = \frac{E(F) - 1.0}{\sigma_F}$$

Si el factor de seguridad responde a una función de distribución normal, la probabilidad de falla P(f) y el índice de confiabilidad se relacionan por:

$$P(f) = 1.0 - \Phi(\beta)$$

donde Φ (β) es la función de distribución acumulada de la distribución normal.

Para extender el concepto de probabilidad de falla al caso de taludes sometidos a cargas dinámicas el factor de seguridad se obtiene a través de un análisis pseudoestático en que la carga dinámica se considera como una fuerza inercial horizontal, notando el factor de seguridad dinámico como F*; el valor esperado de F* será E(F*) y las dos expresiones anteriores son igualmente aplicables.

La función acumulada de distribución puede presentar otro tipo de tendencia, por ejemplo lognormal o Weibuill uniparamétrica, en cuyo caso se cuenta con funciones diferentes para obtener la probabilidad de falla.

El factor de seguridad F* está asociado a un valor de aceleración horizontal A_h, de manera que la probabilidad de falla P(f) ahora está asociada con la probabilidad de que la aceleración A_h sea mayor que la producida por el sismo A, la cual puede expresarse asumiendo el modelo de Poisson como:

$$P(A \leq A_h) = 1 - e^{-L/T}$$

donde L es el período de vida útil o período de diseño y T es el período de retorno de la aceleración A_h. La probabilidad de falla P(f) será finalmente la sumatoria de las probabilidades para aceleraciones en un rango entre 0 y A_h.

Debido a que el factor de seguridad es función de la posición del nivel freático y éste, a su vez, de las condiciones de lluvia, en el análisis anterior se puede

involucrar también el efecto de las lluvias sobre la probabilidad de falla a través de la probabilidad de ocurrencia de una lluvia crítica LL_c, dada por:

$$P(LL_c \leq LL) = 1 - \left(1 - 1/T\right)^t$$

En este caso la determinación del factor de seguridad no depende directamente de la cantidad de lluvia, sino que esta se involucra indirectamente a través de la posición del nivel freático, lo que implica que se debe contar con una relación entre estos dos parámetros, la cual puede ser obtenida empíricamente o a través de un estudio de respuesta hidrológica del talud.

Para considerar el efecto combinado de una carga sísmica y unas condiciones climáticas se debe determinar la probabilidad de falla a través de la probabilidad conjugada de las posibles combinaciones de simultaneidad de los factores detonantes; esto conduce a una doble integral de las probabilidades de ocurrencia del sismo y las lluvias de diseño.

La variabilidad de los parámetros de resistencia c´ y φ´ pueden también ser tomados en cuenta en el análisis si se tiene un suficiente número de ensayos que permita definir su valor medio y desviación estándar. La probabilidad de falla, en este caso, puede obtenerse a través de la función de probabilidad de que el factor de seguridad sea menor que la unidad para todas las combinaciones posibles de parámetros de resistencia y de eventos detonantes.

Como puede verse una determinación de la probabilidad de falla que involucre la incertidumbre en todos las variables que intervienen en el problema no es fácil de obtener para todas las combinaciones posibles; es por eso que en la práctica se prefiere determinar la probabilidad de falla con variación de resistencia y eventos detonantes críticos. En este caso se determina la distribución de probabilidad solamente para los valores máximos y mínimos de los parámetros de resistencia y sus posibles combinaciones con la ocurrencia o no, simultánea o no, de los eventos detonantes. Este ejercicio en la práctica lo que hace es discretizar la función de probabilidad para algunos valores específicos intermedios y extremos a partir de la cual se definen unos criterios para evaluación por amenaza.

1.5.2.2 Procedimiento metodológico

En este trabajo se buscó la evaluación de la amenaza definiendo la probabilidad de falla de los diferentes escenarios determinados en la zona. Estos escenarios constituyen la combinación de factores intrínsecos con los factores detonantes. Como factores intrínsecos se consideró la variación en la pendiente del talud y de los parámetros de resistencia de los diferentes estratos identificados. Por su parte, los factores externos o detonantes considerados fueron las lluvias y los sismos.

1.5.2.3 Criterios para evaluación de amenaza

La amenaza por deslizamientos con este procedimiento se obtiene con la aplicación de los siguientes criterios:

Tabla 1.5. Criterios de clasificación de amenaza por probabilidad de falla. (Fuente: DPAE, 2000)

CATEGORIA DE AMENAZA	PROBABILIDAD DE FALLA EN UN PERIODO DE 10 AÑOS
Baja	Menor de 0,12
Media	Mayor o igual a 0,12 y menor a 0,44
Alta	Mayor o igual a 0,44

1.6 EL COMPONENTE SOCIAL EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

A partir de la noción de riesgo como resultante de una relación directa entre amenaza y vulnerabilidad, es procedente y aún necesario considerar el grado de participación que en esta relación pueden tener las variables del orden social, máxime cuando el ejercicio diagnóstico deba abordar las amenazas de origen antrópico, aunque también se puede aceptar esta participación de lo social frente a las amenazas de origen natural o simplemente mixto.

Esta consideración general podría ser menos dudable si hacemos referencia al concepto de vulnerabilidad, en cuyo tratamiento y procesos de intervención está frontalmente comprometida la comunidad en todas las dimensiones que conforman el tejido social; ello, claro está, si se aplican procedimientos investigativos y diseño de proyectos de desarrollo sostenible, bajo la orientación de expertos en materia de gestión social aunada a la gestión del riesgo como aspecto fundamental del bienestar comunitario.

1.6.1 El modelo IAP, una alternativa recomendable en los estudios de riesgos

El diagnóstico de riesgos, centrado, como ya se dijo, en los factores de amenaza y vulnerabilidad, requiere para su mayor complitud un abordaje integral, para cuyo efecto el ejercicio evaluativo en términos de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas habrá de focalizarse en dos grandes campos de análisis: El campo ingenieril propiamente dicho, con todas sus implicaciones del orden técnico; y el campo social, con sus posibilidades de indagación a nivel investigativo.

En el aspecto ingenieril, es claro que los elementos científicos y tecnológicos que aporta la geotecnia marcan la pauta fundamental del estudio de riesgos, no sólo en la fase diagnóstica sino en la búsqueda de alternativas de solución; pero un diagnóstico y propuestas de solución cuyo soporte esté dado sólo desde el ámbito de la ingeniería resultaría poco menos que de una cobertura y alcance reduccionistas si prescinde de las múltiples indagaciones que son posibles al interior del componente social. No se debe perder de vista que los hallazgos producto de un estudio de riesgos tienen a la comunidad como destinatario de los beneficios esperados; y es finalmente el ámbito social el que recibe el impacto del mayor o menor grado de validez y confiabilidad que pueda tener un estudio de esta

naturaleza. ¿Cómo, entonces, justificar un análisis de riesgos desconociendo la consulta a la comunidad en cuyo contexto todo riesgo tiene lugar?

Un modelo recomendable para abordar procesos de indagación al interior de la comunidad es el denominado INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA. En este modelo no sólo encontramos la forma metodológica de consultar a la comunidad en el proceso de identificación del problema, sino la manera efectiva de comprometer a aquella en la solución de éstos.

Antes de hacer referencia al concepto de "investigación acción", algunos teóricos en el campo de las ciencias sociales latinoamericanas, a mediados de los años 70 y 80, hablaron de la "investigación participativa", siempre buscando mejores alternativas científicas para el estudio del componente social que las ofrecidas por el método de investigación tradicional.

En este orden de ideas, se hizo consenso en la adopción de modelos que permitieran combinar el ejercicio investigativo con las acciones educacionales, siempre orientadas a generar compromiso comunitario frente a la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones en beneficio de la misma comunidad que los sufre.

Estos modelos metodológicos, ubicados en el contexto de la "investigación cualitativa", cuentan con sus propios procedimientos y estrategias técnicas para su aplicación como un intento por resumir la relación de unidad entre teoría y práctica; pero dado lo dispendioso de tratar dichos procedimientos, en esta oportunidad nos limitaremos únicamente a señalar las siguientes características generales de los mismos:

- El problema por resolver tiene su origen en la misma comunidad o grupo afectado; luego no se puede desconocer la participación comunitaria en la identificación del problema y en el señalamiento de posibles soluciones.

- El propósito básico para buscar la solución a ese problema consiste en mejorar la situación de vida de las personas involucradas. Por eso este tipo de investigación se realiza generalmente al interior de grupos humanos pobres o marginados de la sociedad, que de alguna manera, viven en situaciones alienantes.

- La solución de los problemas requiere que esas personas tomen conciencia de su situación, se movilicen y organicen, de tal modo que puedan emplear en mejor forma sus capacidades y recursos.

- La comunidad o grupo debe participar en todo el proceso de la investigación y debe tener el control de todas sus instancias.

- En el desarrollo de este proceso investigativo desaparece la separación rígida entre investigador e investigado. Se trata de un ejercicio integral e integrado en el que "todos somos responsables de todo".

- La condición de sufrimiento por parte de la comunidad no excluye a ésta del nivel de responsabilidad que pueda tener en la existencia de los problemas y, más aún, en la búsqueda de soluciones. Se trata de establecer tal nivel de responsabilidad y de generar conciencia de cooperación para beneficio de todos y con proyecciones sostenibles.

1.6.2 El IAP como apoyo al estudio de riesgos

Ya se dio por aceptado que es el componente ingenieril el que determina la esencia técnica del estudio; sin embargo, también se advirtió sobre el riesgo que, en materia de validez y confiabilidad, se puede correr si se diagnostica de espaldas a la consulta comunitaria.

Por ello lejos de desconocer la autoridad profesional del ingeniero que interviene con el concurso de especialistas afines, lo que estamos aportando como sugerencia es la importancia de fortalecer el estudio a través de un enfoque social, en su procedimiento y en sus posibles aplicaciones, e incluso más allá, en sus alcances y contribuciones al desarrollo sostenible.

De alguna manera, los procesos de consulta, aún desde la perspectiva meramente técnica, conllevan un ejercicio de interacción con líderes y representantes de la comunidad, e incluso suponen la posible aplicación de algún modelo de encuesta como instrumento de recolección de información. Cabe aclarar que estas instancias son parte constitutiva de la aplicación del modelo de investigación IAP, sólo que imprimiendo a ellas ciertos criterios de mayor rigor metodológico en lo que concierne al manejo del denominado "muestreo focalizado" y en lo que luego se conducirá mediante talleres especializados, con instrumentos técnicamente diseñados y con participación de grupos bajo la orientación profesional de quienes intervienen como responsables del estudio.

La estrategia de investigación social como un componente que soporta y fortalece los estudios de riesgos, liderados y financiados por el Estado a través de la DPAE, puede contribuir de modo significativo a elevar la calidad científica de tales estudios y de las gestión del riesgo en general, de cara a los requerimientos de soluciones estructurales que reclaman con mayor urgencia cada día los sectores comunitarios, en cuyo contexto la problemática es cada vez mas compleja, sin dejar de ser uno de los mayores imperativos en lo que hace al diseño y ejecución de la política pública en materia de desarrollo social.

1.7 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad, contempla, en primer lugar, la identificación de elementos expuestos que pueden ser elementos físicos (viviendas, infraestructura de servicios o líneas vitales e infraestructura de importancia social, como escuelas, colegios, hospitales, salones comunales, iglesias, puestos de salud, etc.), los miembros de la comunidad (agrupados por familias) y las principales funciones socioculturales (comercio, trabajo, recreación, educación, etc.) que pueden verse

afectados por la materialización de la amenaza. La metodología empleada en el presente trabajo para el inventario de elementos expuestos se presenta, como se mencionó anteriormente, en el **Apéndice 1.4**.

En segundo lugar, se establecen parámetros de respuesta a los eventos, en los que juegan un papel importante los factores de resistencia a los eventos de los elementos físicos; posteriormente se deben considerar las condiciones del sistema para la atención de la emergencia, bien con sus propios recursos (en forma inmediata al evento), o bien por los organismos operativos encargados de la atención. Las variables relacionadas con la capacidad de respuesta tanto individual (familias), como comunitaria e institucional determinan el nivel de afectación del sistema (daños potenciales); se comparan estos resultados con la información histórica de daños y pérdidas por eventos similares.

De acuerdo con este planteamiento los análisis de vulnerabilidad se adelantaron de la siguiente manera.

1.7.1 Vulnerabilidad de los elementos físicos

La vulnerabilidad de los elementos físicos tiene como factores principales la exposición y la resistencia. En este punto se han adoptado los siguientes criterios:

a) Un elemento físico es vulnerable si está expuesto, es decir, si está dentro de la zona de influencia de los eventos estudiados en forma proporcional al nivel de amenaza.

b) Cada elemento físico se toma como una unidad inseparable. Por ejemplo no puede existir media vivienda expuesta, sino una vivienda completa.

c) La vulnerabilidad de los elementos físicos tiene como unidad de análisis cada uno de ellos. Sin embargo, como se verá más adelante se deben calcular valores agrupados por manzana o barrio, para hacerlo compatible con la extrapolación de datos del censo de población y algunos otros cálculos.

La vulnerabilidad de cada elemento físico V_F viene dada por:

$$V_F = v_e * v_r$$

Donde v_e es la vulnerabilidad por exposición y v_r es la vulnerabilidad por resistencia.

La vulnerabilidad por exposición puede definirse como una condición que depende del nivel de amenaza, de acuerdo con la distribución espacial de las probabilidades de falla.

La vulnerabilidad por resistencia está relacionada con la capacidad de las edificaciones de soportar la materialización de la amenaza, en este caso de acuerdo con su rigidez, como se observa en la **Tabla 1.6**.

Tabla 1.6. Criterios de vulnerabilidad por resistencia. Fuente: Cantillo, 1998

Tipo de estructura	Vr
Pórticos en concreto con muros en ladrillo o bloque y cimentación rígida con placa o placa-pilote	0,1
Pórticos en concreto con muros en bloque hueco o ladrillo y cimentación superficial con zapatas unidas con vigas de amarre o pilotes aislados	0,3
Mampostería reforzada con placa de cimentación	0,4
Mampostería reforzada con cimientos aislados unidos con vigas	0,5
Vivienda prefabricada con losa de cimentación	0,9
Mampostería simple, madera o latas	1,0

1.7.2 Vulnerabilidad de la población

La vulnerabilidad de la población es una variable que depende de la vulnerabilidad de los elementos físicos (en este caso, para simplificar, solamente de las edificaciones) y de una serie de factores sociales, políticos, culturales, económicos y ambientales relacionados con el nivel de desarrollo, la adecuada preparación para emergencias, el nivel de conocimiento de los fenómenos, la lectura de la población sobre el riesgo en que se encuentran (percepción del riesgo) y otros más, que resultan difíciles de ponderar, calibrar y relacionar. Sin embargo, en la búsqueda de una visión holística del riesgo se intenta cubrir la mayor parte de estas variables mediante el método que se describe a continuación. Para ello se adoptaron los siguientes criterios:

a) La unidad de análisis es la familia.

b) En el análisis no se incluyen peatones, visitantes ocasionales ni población flotante sino únicamente los ocupantes censados o estimados a partir del censo. El escenario de ocupación es el máximo, independientemente de si es de día o de noche.

c) Las ecuaciones y los valores que se registran en las tablas provienen de la experiencia del Especialista en Riesgos, por lo cual debe considerarse un factor de incertidumbre en el análisis.

d) Cuando el uso de la edificación es diferente a vivienda se toma como "familia" el grupo de ocupantes.

La vulnerabilidad de la población V_P se puede expresar como sigue:

$$V_P = V_F * FR$$

Donde V_F es la vulnerabilidad de las edificaciones heredada del análisis anterior y FR es la falta de resiliencia de la población, o sea, un indicador de las deficiencias que presenta la comunidad para la respuesta y recuperación frente a un impacto.

De otra parte,

$$FR = \alpha_1*P + \alpha_2*I + \alpha_3*E + \alpha_4*S + \alpha_5*A + \alpha_6*R$$

Donde,

α_i son constantes de ponderación de cada indicador, cuya sumatoria es 1,

P es un indicador de las deficiencias de preparación individual y comunitaria para enfrentar emergencias,

I, indica la deficiencia de preparación institucional,

E refleja las condiciones favorables o desfavorables para una evacuación efectiva,

S es el indicador que califica las condiciones de atención en salud (inmediata),

A muestra las condiciones para suministro de abastecimientos y albergue a los posibles afectados, y

R da una idea sobre las condiciones para rehabilitación y reconstrucción.

Cada uno de estos indicadores resultan de la agregación de otros de segundo orden, como se muestra en la **Tabla 1.7**.

La manera de estimar cada parámetro es de la siguiente manera:

$$Y = (\Sigma\ XYi) / n\ ,\ i = 1,..., n$$

Donde Y representa cada parámetro P, I, E, S, A o R,
n es el número total de indicadores de segundo orden para cada parámetro Y.

Tabla 1.7. Indicadores de la falta de resiliencia en la comunidad

PRIMER ORDEN	2º ORDEN	UNIDAD DE ANÁLISIS	NOTACIÓN
P	Percepción del riesgo	Barrio	XP1
	Participación en simulacros	Barrio	XP2
	Existencia de sistemas de alarma	Barrio	XP3
	Credibilidad en el Estado	Barrio	XP4
	Nivel de desarrollo	Barrio	XP5
I	Existencia y calidad de planes de emergencia, contingencia	Barrio	XI1
	Disponibilidad de personal de rescate	Localidad	XI2
	Operatividad en emergencias	Localidad	XI3
E	No. de pisos	Edificación	XE1
	Distancias mínimas a puntos seguros	Manzana	XE2
	Señalización de evacuación	Barrio	XE3
	Alternativas de evacuación	Manzana	XE4
	No. de niños/familia	Predio	XE5
	No. de ancianos/familia	Predio	XE6
	No. de discapacitados / familia	Predio	XE7
	No. de personas que no entiendan idioma / familia	Predio	XE8
S	Distancia a hospitales fuera de la zona	Barrio	XS1
	No. de camas servicios de urgencias	Localidad	XS2
A	Nivel de organización	Barrio	XA1
	Familiares o amigos en otros barrios	Predio	XA2
	Áreas para albergues	Barrio	XA3
R	Sistema de salud familiar	Predio	XR1
	Situación laboral	Predio	XR2
	Nivel educativo	Predio	XR3
	Nivel de ingresos	Predio	XR4
	No. miembros/familia	Predio	XR5
	Densidad poblacional	Predio	XR6
	Efectividad institucional en procesos similares	Ciudad	XR7

En las **Tablas 1.8** a **1.35** se registra la forma de estimar cada uno de los indicadores de segundo orden.

Tabla 1.8. Estimación de la percepción del riesgo

DESCRIPCIÓN	XP1
Se cuenta con buena información sobre el fenómeno, sus causas y consecuencias y se reconoce el peligro. Hay memoria del desastre.	0,0
A pesar de contar con información la comunidad la tergiversa o la calidad de la información es deficiente. El peligro latente no es asumido en su totalidad. No hay memoria del desastre.	0,5
No se cuenta con información veraz, o no hay actitudes de inquietud frente al peligro.	1,0

Tabla 1.9. Estimación de la participación en simulacros

DESCRIPCIÓN	XP2
Se han hecho simulacros o se tiene registro de emergencias recientes	0,0
No se han hecho simulacros	1,0

Tabla 1.10. Estimación de la existencia de sistemas de alarmas

DESCRIPCIÓN	XP3
Hay sistemas de alarma efectivos, la comunidad entiende claramente los mensajes y sabe qué hacer	0,0
No hay sistemas de alarma o si los hay no son suficientemente efectivos	1,0

Tabla 1.11. Estimación de la credibilidad en el Estado

DESCRIPCIÓN	XP4
La comunidad cree en la efectividad de las instituciones del Estado en la resolución de los problemas que las afectan y participan activamente en la búsqueda de soluciones.	0,0
La comunidad siente que las entidades estatales no son eficientes, pero que a través de la gestión de algunas de ellas se pueden llegar a lograr algunos resultados.	0,5
Incredulidad total. No hay colaboración con la acción institucional.	1,0

Tabla 1.12. Estimación del nivel de desarrollo

DESCRIPCIÓN	XP5
Calidad de vida excelente. Las necesidades de la población están satisfechas. Es fundamental el concepto de seguridad.	0,2
La mayor parte de las necesidades de la población se encuentran satisfechas. Buen nivel de calidad de vida. La seguridad es una de las prioridades.	0,4
Principales necesidades básicas satisfechas. Moderada calidad de vida. Hay preocupación por la seguridad frente a desastres.	0,6
Hay un porcentaje importante de necesidades básicas insatisfechas, sin que haya marginalidad. La prevención de desastres no es una prioridad, pero alcanza a inquietar.	0,8
Marginalidad. No hay acceso a los servicios básicos y muchas necesidades básicas insatisfechas. Los barrios no son legales. La prevención de desastres no se encuentra dentro de las prioridades.	1,0

Tabla 1.13. Estimación de la existencia de planes

DESCRIPCIÓN	XI1
Hay planes de contingencia y emergencia actualizados y eficientes	0,0
No hay planes o si los hay están desactualizados o no son suficientemente efectivos	1,0

Tabla 1.14. Estimación de la disponibilidad de personal de rescate

DESCRIPCIÓN	XI2
Uno por cada 500 habitantes o menos	0,2
Uno por cada 1.000 habitantes	0,4
Uno por cada 1.500 habitantes	0,6
Uno por cada 2.000 habitantes	0,8
Uno por cada 2.500 habitantes o más	1,0

Tabla 1.15. Estimación de la operatividad en emergencias (Comité Local), según entrevista a personal de la DPAE

DESCRIPCIÓN	XI3
Muy alta	0,2
Alta	0,4
Media	0,6
Baja	0,8
Muy baja	1,0

Tabla 1.16. Estimación del indicador número de pisos cuando hay sistemas de alarmas efectivos

DESCRIPCIÓN	XE1
Un piso	0,0
Dos pisos	0,2
Tres pisos	0,5
Cuatro pisos o más	1,0

Tabla 1.17. Estimación del indicador de distancia a puntos seguros

DESCRIPCIÓN	XE2
Una cuadra o menos	0,0
Entre dos y cuatro cuadras	0,5
Más de cuatro cuadras	1,0

Tabla 1.18. Estimación del indicador de existencia de señalización para evacuación

DESCRIPCIÓN	XE3
Hay señalización clara	0,0
No hay señalización o ésta no es clara	1,0

Tabla 1.19. Estimación de alternativas de evacuación de la manzana

DESCRIPCIÓN	XE4
Tres o más	0,0
Dos	0,5
Una	1,0

Tabla 1.20. Estimación del indicador de número de niños/familia

DESCRIPCIÓN	XE5
Ninguno	0,0
Uno a dos	0,5
Más de dos	1,0

Tabla 1.21. Estimación del indicador de número de ancianos/familia

DESCRIPCIÓN	XE6
Ninguno	0,0
Uno	0,5
Dos o más	1,0

Tabla 1.22. Estimación del indicador de número de discapacitados/familia

DESCRIPCIÓN	XE7
Ninguno	0,0
Uno	0,5
Dos o más	1,0

Tabla 1.23. Estimación del indicador de número de personas que no entienden el idioma

DESCRIPCIÓN	XE8
Ninguno	0,0
Uno	0,5
Dos o más	1,0

Tabla 1.24. Estimación del indicador de distancia a hospitales fuera de la zona

DESCRIPCIÓN	XS1
Menos de 10 km	0,0
Entre 11 y 30 km	0,5
Más de 30 km	1,0

Tabla 1.25. Estimación del indicador de camas de servicios de urgencias en hospitales de la localidad por cada 100.000 habitantes

DESCRIPCIÓN	XS2
80 o más	0,2
Entre 60 y 79	0,4
Entre 40 y 59	0,6
Entre 20 y 39	0,8
19 o menos	1,0

Tabla 1.26. Estimación del indicador de nivel de organización

DESCRIPCIÓN	XA1
Existe la Junta de Acción Comunal, debidamente registrada y hay asociaciones comunitarias	0,0
No existe la JAC o no está registrada	1,0

Tabla 1.27. Estimación del indicador de familiares o amigos en otras zonas

DESCRIPCIÓN	XA2
Existen familiares y amigos fuera de la zona	0,0
Existen familiares o amigos fuera de la zona	0,5
No hay familiares ni amigos fuera de la zona	1,0

Tabla 1.28. Estimación del indicador de áreas cercanas para albergues

DESCRIPCIÓN	XA3
Existen áreas para albergues previamente planeadas y suficientes para la potencial población afectada	0,0
Existen áreas, pero son insuficientes	0,5
No hay áreas disponibles	1,0

Tabla 1.29. Estimación del indicador de sistema de salud familiar

DESCRIPCIÓN	XR1
EPS	0,0
SISBEN	0,3
Ninguno	1,0

Tabla 1.30. Estimación del indicador de situación laboral de la cabeza de familia

DESCRIPCIÓN	XR2
Empleado	0,0
Desempleado, subempleado o independiente	1,0

Tabla 1.31. Estimación del indicador de nivel educativo de la cabeza de familia

DESCRIPCIÓN	XR3
Profesional, técnico o tecnólogo	0,0
Bachiller	0,5
Primaria	0,9
Ninguno	1,0

Tabla 1.32. Estimación del indicador de nivel de ingresos

DESCRIPCIÓN	XR4
3 o más SMMLV (Menos de 8)	0,7
Más de 2 y menos de 3 SMMLV	0,8
Más de 1 y menos de 2 SMMLV	0,9
1 SMMLV o menos	1,0

Tabla 1.33. Estimación del indicador de miembros por familia

DESCRIPCIÓN	XR5
3 o menos	0,2
Más de 3 y menos de 6	0,7
6 o más	1,0

Tabla 1.34. Estimación del indicador de densidad poblacional (por m2 de construcción)

DESCRIPCIÓN	XR6
0,05 o menos	0,2
Más de 0,05 y menos de 0,08	0,4
Más de 0,08 y menos de 0,12	0,6
Más de 0,12 y menos de 0,15	0,8
0,15 o más	1,0

Tabla 1.35. Estimación del indicador de efectividad (eficacia + eficiencia) institucional en procesos de rehabilitación y reconstrucción

DESCRIPCIÓN	XR7
Alta efectividad	0,0
Baja efectividad	1,0

1.7.3 Vulnerabilidad de las funciones y relaciones sociales

El grado de perturbación que pueden sufrir estas actividades está relacionado con la vulnerabilidad de los elementos físicos que sirven de medio para su realización así como la vulnerabilidad de las personas que las llevan a cabo. Para el presente estudio y dada la complejidad de su análisis solamente se tienen en cuenta las relaciones con los elementos físicos, con una unidad de análisis de barrio, de la siguiente manera:

$$V_R = (\Sigma\ V_F * D)$$

Donde V_F es la vulnerabilidad de los elementos físicos y D es una función de dependencia de cada actividad con dichos elementos que adopta valores entre 0 (Ninguna dependencia) y 1 (Dependencia Total) como se muestra en la **Tabla 1.36**.

Tabla 1.36. Relación de dependencia de las actividades sociales con los elementos físicos

ELEMENTOS FÍSICOS		RELACIONES Y FUNCIONES SOCIALES									
		HABITACIÓN	SALUD	EDUCACIÓN	COMERCIO	PRODUCCIÓN DE BIENES	MOVILIDAD	TRABAJO	RECREACIÓN	SEGURIDAD Y ORDEN PÚBLICO	CULTURALES
VIVIENDAS	Viviendas	1,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5
INFRA-ESTRUCTURA DE SERVICIOS	Acueducto	0,6	1,0	0,6	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Alcantarillado	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Energía eléctrica	0,6	0,8	0,6	0,9	0,5	0,2	0,0	0,0	0,5	0,5
	Telecomunicaciones	0,2	0,6	0,1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2
	Gas	0,6	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Residuos sólidos	0,1	0,4	0,2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INFRA-ESTRUCTURA SOCIAL	Educativa	0,0	0,0	1,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,5
	De Salud	0,0	1,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	Deportiva	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,5
	Cultural	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	1,0	0,0	1,0
	C. Reclusión	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0

ELEMENTOS FÍSICOS		RELACIONES Y FUNCIONES SOCIALES									
		HABITACIÓN	SALUD	EDUCACIÓN	COMERCIO	PRODUCCIÓN DE BIENES	MOVILIDAD	TRABAJO	RECREACIÓN	SEGURIDAD Y ORDEN PÚBLICO	CULTURALES Y
	De seguridad	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0
	Comercial	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,5
	C. Religiosos	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,0
	Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5
	Industrial	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
	Administrativa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	1,0	0,0
	De transporte	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	0,2	0,2	0,6
	Equipamento	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,2	0,5

Para la distribución espacial de la vulnerabilidad, en planos, se graficó la vulnerabilidad física de los predios, bajo los criterios mostrados en la **Tabla 1.37**.

Tabla 1.37. Criterios de zonificación de vulnerabilidad de elementos físicos

VULNERABILIDAD FÍSICA	CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD
VF<0,3	BAJA
0,3<=VF<0,7	MEDIA
VF>=0,7	ALTA

1.8 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO

Una vez evaluada la amenaza y la vulnerabilidad, deberá procederse a una valoración de los elementos expuestos. El riesgo se expresa en este trabajo en términos de pérdidas económicas directas y pérdidas sociales y están relacionadas con la población potencialmente afectada (perjudicada) y las funciones sociales perturbadas, con la probabilidad de amenaza calculada.

Las pérdidas económicas PE se evalúan de la siguiente manera:

$$PE = PEF + PEL$$

Donde PEF es la sumatoria de las pérdidas generadas por la destrucción de elementos físicos resultante de la multiplicación de su vulnerabilidad por su valor

aproximado y PEL es el costo del lucro cesante, lo que se deja de producir, de acuerdo con la duración aproximada de la emergencia y las actividades económicas perturbadas. En este caso es muy complejo establecer el costo diario de cada actividad, por lo que se asimiló: PE = PEF

Para el cálculo de las pérdidas asociadas con los eventos estudiados se define un costo promedio por m^2 de construcción de edificaciones, C, de la siguiente manera:

$$C = CC + CL + CM + CU$$

Donde,

CC es el costo de construcción, dado por la suma de costos directos (CCD) e indirectos (CCI).
CL es el costo del lote.
CM es el costo de los muebles y equipos de la edificación.
CU es el costo de las obras de urbanismo (infraestructura) requeridas para la edificación.

Es importante aclarar que los resultados corresponden a estimaciones y no a avalúos de las viviendas. Las pérdidas económicas se expresan en dólares (US$) para que sean comparables con otras zonas o casos y en diversas épocas.

La zonificación del riesgo se establece a partir de criterios de pérdidas económicas por daño en los elementos físicos (PEF).

Se estudian las alternativas de prevención - mitigación más viables, procediendo a repetir los análisis con la aplicación de éstas y ver su efecto en la reducción del riesgo. Finalmente se compara la reducción del riesgo con los costos de las medidas propuestas.

1.9 FUENTES DE CONSULTA

Cantillo R., Carlos (1999). Fundamentos Conceptuales sobre Riesgos y Desastres. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cardona A., Omar D. (2003). Memorias Curso Virtual de Gestión de Riesgos. Structuralia y Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Cardona A., Omar D. (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

DAPD (2000). Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá. Decreto 619 de 2000. Bogotá, Colombia.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (2001). Documentos del Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias, SIRE.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (2000). Resolución 364 de 2000. Bogotá, Colombia.

Duncan, J.M. (2000). *Factors of safety and reliability in Geotechnical Engineeing*. ASCE *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol 126, No 4, Págs 307-316.

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, FOPAE (2004). Términos de Referencia Definitivos Invitación Pública para Contratación Directa FOPAE 7302 - 71 – 2004. Bogotá, Colombia.

Geoingeniería (2004) para FOPAE. Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D. C. Bogotá, Colombia.

Geoingeniería (2002) para FOPAE. Evaluación de Riesgos para los Barrios México y Villa Jacqui por Inestabilidad en los Taludes Aledaños a las Gravilleras e Inundación para los Barrios Tunjuelito y Meissen por Desbordamiento del Río Tunjuelito debido al Embalsamiento actual de las Aguas dentro de las Gravilleras. Bogotá, Colombia.

Hudson J. A. y Harrison J. P. (1995). *Engineering Rock Mechanics. An Introduction to the Principles. Final Draft*.

Ingeominas y Universidad de los Andes (1997). Estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia.

Kalinin E. V. y Sheshenin S. V. (1990). *The State of Stress of Anisotropics Rock Mass in Mechanics of Jointed and Faulted Rock.* Rossmanith (Ed.). Págs. 945 a 949.

Matus, Carlos (1992). Guía de Análisis Teórico, Curso de Gobierno y Planificación, versión 05-92. Fundación Altadir. Caracas, Venezuela.

Nishida K. (1989). *Residual Soils Properties and their Relation to Slope Failure Pattern. Journal of Natural Disasters*. Vol. 11 No. 1. Págs. 27 a 41.

Ohmachi T. Midorikawa (1992). *Grand Motion Intensity Inferred from Upthrow of Boulders During the 1984 Western Nagano Prefecture, Japan, Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol. 82 No. 1 Págs. 44 a 60.

Pradel D. y Raad G. (1993). *Effect of Permeability on Surficial Stability of Homogeneus Slopes. ASCE Journal of Geotechnical Engineering*. Vol. 119 No. 2. Págs. 315 a 332.

Rodríguez, Carlos E. (2001*). Hazard Assessment of Earthquakes induce Landslides on Natural Slopes*. *Ph. D. Tesis, Imperial College. London, U. K.*

Rodríguez, Carlos E. (1997). Análisis y Modelación de Torrentes. Tesis de Magister. Universidad Nacional de Colombia.

Sánchez - Silva, Mauricio (1997). Estrategias para la Evaluación de Riesgos. Universidad de los Andes. Especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres. Bogotá, Colombia.

Sarria E., Orlando (2000). Plano Desarrollo Casaloma II Sector. Bogotá, Colombia.

Unión Temporal Consultores en Riesgos (2002) (Omar Darío Cardona, C. Cantillo & Consulcons Ltda.) para FOPAE. Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en los barrios San Ignacio y San Martín en la Localidad de Usme de la ciudad de Bogotá, D. C. Bogotá, Colombia.

Universidad de los Andes (1999). Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Desastroso en Santa Fe de Bogotá. Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. Bogotá, Colombia.

Velásquez, Elkin y Asté, Jean Pierre (1994). Algunas Bases para la Concepción de Escenarios de Riesgo Asociados a Fenómenos de Inestabilidad. Taller Internacional sobre Manejo de Riesgos Naturales en Zona Urbanas. Manizales, Colombia.

Wilches Ch., Gustavo (1993). La Vulnerabilidad Global, incluído en “Los Desastres no son Naturales”, compilación de Andrew Maskrey, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Bogotá, Colombia.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 489 DE 2004

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 2.0

MARCO GENERAL DE REFERENCIA

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se registran las características de contexto del área de estudio, la delimitación del sector, la descripción de la Localidad de Usme y los referentes conceptual y físico, que sirven para enmarcar la información detallada de los demás apartes del estudio. Se basa en la información obtenida a partir de la investigación en fuentes secundarias y las visitas adelantadas por los profesionales asignados a la ejecución del estudio.

El capítulo comprende seis secciones, de las cuales la primera corresponde a la introducción, la segunda registra el marco conceptual, la tercera presenta la ubicación del área de estudio, la cuarta se ocupa de la caracterización de la Localidad de Usme, la quinta el referente físico y en la sexta se señalan las fuentes de información consultadas.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Conceptos básicos sobre riesgos y desastres

2.2.1.1 Amenaza

- **Definiciones**

De acuerdo con Cardona (1997), la amenaza o peligro, o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, está representada por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio

específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo. La amenaza es el potencial de ocurrencia del fenómeno; no es el fenómeno, ni el evento.

Al respecto Sánchez-Silva (1997) establece que dependiendo de la delimitación del sistema, la amenaza podría estar incluida dentro del mismo y por lo tanto no necesariamente ser un factor de riesgo externo.

Resumiendo y complementando lo anterior, se puede definir la amenaza como el peligro latente, de carácter externo o interno al sistema bajo estudio, que tiene un potencial de materialización en un período dado (probabilidad de ocurrencia), caracterizable en el tiempo, que está relacionado con un área potencialmente afectada y cuya severidad puede ser determinada cuantitativa y cualitativamente. (Cantillo, 1999).

Se puede definir entonces la amenaza por deslizamientos como la probabilidad de ocurrencia de un evento geotécnico (proceso de inestabilidad) capaz de producir daño en un espacio e intervalo de tiempo determinado. (Rodríguez, 2001).

- **Dimensiones y variables**

Los fenómenos o procesos que dan lugar a amenaza requieren evaluarse en términos de tiempo (inminencia, recurrencia, duración o velocidad), espacio (distribución espacial, estado de avance y diferenciación por zonas), magnitud (energía) y probabilidad de ocurrencia (en relación con la excedencia de un umbral o valor predefinido en un período de observación o de diseño). Estas variables adquieren particularidades propias para cada tipo de fenómeno, y en algunos casos son difíciles de evaluar, como el caso de la inminencia y la duración en los terremotos. (Cantillo, 1999).

- **Concepto de orden en los eventos y fenómenos amenazantes**

Es muy importante determinar la relación de orden que se presenta en la ocurrencia de los diversos eventos. El orden de los eventos, en un proceso de falla en cadena, se refiere a la secuencia de generación de eventos relacionados; el de orden inferior es detonante o disparador de uno o varios del siguiente orden. Así, por ejemplo, un evento sísmico (que en este caso sería de primer orden) puede originar roturas de oleoductos y deslizamientos (eventos de segundo orden); estos, a su vez, pueden dar lugar a otros eventos como explosiones e incendios, en el caso de la rotura de oleoductos, y taponamientos del cauce de un río o quebrada (eventos de tercer orden); la avalancha que suceda cuando el río o quebrada rompa el tapón impuesto por la masa deslizada sería entonces un evento de cuarto o quinto orden. El conocimiento de los procesos encadenados es de vital importancia, puesto que se puede intervenir la secuencia e impedir la ocurrencia de los eventos de los siguientes órdenes. (Cantillo, 1999)

2.2.1.2 Vulnerabilidad

- **Definiciones**

La vulnerabilidad puede entenderse como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas. La resiliencia es la capacidad de recuperación de un sistema. (Cardona, 1997).

- **Ángulos de vulnerabilidad**

Wilches (1993), en su artículo "La Vulnerabilidad Global", define la vulnerabilidad como la "incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio". Así mismo examina diferentes ángulos de la vulnerabilidad, como son:

a) Natural: Todo ser vivo, por el hecho de serlo, posee una vulnerabilidad intrínseca determinada por los límites ambientales dentro de los cuales es posible la vida, y por las exigencias internas de su propio organismo.

b) Física: Se refiere a la localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo y deficiencias de las estructuras físicas. Se podría generalizar el término para abarcar factores de exposición espacial y resistencia; también incluiría los conceptos de vulnerabilidad funcional, estructural y no estructural de Cardona (1997).

c) Económica: Los sectores económicamente más deprimidos son los más vulnerables. Se podría interpretar, más que como un factor de vulnerabilidad, como un determinante de la resiliencia, si ésta pudiera aislarse de la vulnerabilidad.

d) Social: Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. En este caso también sería un determinante de resiliencia.

e) Política: Constituye el valor del nivel que posee una comunidad para la toma de las decisiones que la afectan.

f) Técnica: Falta de dominio de técnicas de construcción o tecnologías alternativas en diversas áreas, en los sectores marginales de la población.

g) Ideológica: La respuesta ante el desastre depende de la concepción del mundo que tenga la comunidad, ya que hay algunas concepciones fatalistas, que lo atribuyen a fuerzas divinas o del destino o de la naturaleza, sin comprender las características del mismo.

h) Cultural: Se refiere a las características de la personalidad del colombiano y a la influencia de los medios masivos de comunicación en las relaciones humanas y con el medio ambiente y en la configuración de la identidad cultural del país.

i) Educativa: Hay una brecha muy grande entre la verdad académica y la verdad real, por lo cual la educación no está contribuyendo en la actualidad a forjar una cultura de la prevención.

j) Ecológica: El modelo de desarrollo actual del país, no basado en la convivencia, sino en la destrucción del ambiente, ha conducido a unos ecosistemas altamente vulnerables incapaces de autoajustarse ante la intervención humana y riesgos para las comunidades que los explotan o habitan.

k) Institucional: Obsolescencia y rigidez de las instituciones.

- **Factores de vulnerabilidad**

Los principales factores que influyen en la vulnerabilidad de un sistema son:

a) Exposición: Corresponde a la condición del sistema de estar situado dentro del área de influencia de la amenaza y en la ventana de tiempo en la que ésta puede materializarse. Esta es una condición necesaria para definir si el elemento o sistema es o no es vulnerable frente a la amenaza estudiada.

b) Resistencia: Se refiere a la capacidad del sistema de soportar las diversas solicitaciones a que se ve afectado. Una mayor resistencia determina menor vulnerabilidad.

c) Resiliencia: Es la capacidad de recuperación que tiene el sistema después de ocurrido un evento. A mayor resiliencia, menor será la vulnerabilidad.

d) Características del sistema: Se refiere a algunos aspectos del sistema analizado que definen diversos grados de vulnerabilidad y que no están relacionados con los anteriores. Como ejemplos se tienen: Organización del sistema, complejidad del sistema, forma de distribución (de información, de energía, etc.), características de funcionamiento, condición de alternativa múltiple (mal llamada redundancia) y forma geométrica, entre otros.

(Cantillo, 1999)

2.2.1.3 Desastres y riesgo

- **Definiciones**

El medio ambiente es un sistema cuyos elementos se encuentran en permanente interacción, que determina las condiciones de existencia de los mismos y de la totalidad del sistema. Cuando en esa dinámica hay cambios que no son posibles de absorber por falta de flexibilidad o capacidad de adaptación, surge una crisis; dependiendo de la valoración social que la comunidad le asigne, se le denomina “desastre”, siendo en todos los casos un impacto ambiental desfavorable.

Un desastre es un proceso social que reviste una situación de anormalidad, como consecuencia de la materialización de una amenaza, que implica pérdidas ambientales (humanas y/o materiales), en un contexto determinado por la vulnerabilidad y resiliencia del sistema afectado. El riesgo es el desastre potencial, definido como el daño, destrucción o pérdida esperada obtenida de la convolución de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo.

(Cardona, 1997)

- **Daños, perjuicios y perturbaciones**

Las diversas afectaciones que sufren los elementos expuestos pueden definirse, en el caso de elementos materiales, como "daño", de las personas, "perjuicio", y de las relaciones y funciones socio culturales, "perturbación". (Velásquez y Asté, 1994)

2.2.1.4 Gestión de riesgo

Se entiende como “Gestión de Riesgo” el conjunto de acciones encaminadas a la reducción de los niveles de riesgo de un contexto específico, relacionadas con la promoción, divulgación, planeación y ejecución de medidas de manejo de riesgos y desastres y preparativos para desastres.

La visión moderna de la gestión del riesgo implica cuatro políticas públicas distintas:

a) La identificación del riesgo (que involucra la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva)

b) La reducción del riesgo (que involucra a la prevención - mitigación)

c) La transferencia del riesgo (que tiene que ver con la protección financiera)

d) El manejo de desastres (que corresponde a la respuesta y la reconstrucción).

(Cardona, 2003).

2.2.2 Procesos de remoción en masa

Nuestro planeta es un sistema dinámico, contando con varios procesos de modelación del paisaje, entre ellos la denudación, inducida por fenómenos climáticos y geológicos naturales, a los cuales, en tiempos recientes de la edad geológica, se ha unido la acción humana que se presenta en varias direcciones: Como agente directo de modificación del paisaje o como generador y/o catalizador de los procesos de denudación. Dentro de los procesos de denudación se

encuentran los llamados procesos de remoción en masa (en el presente trabajo se consideran expresiones sinónimas las siguientes: "Movimientos en masa", "movimientos de falla de taludes", "inestabilidad de taludes", "inestabilidad del terreno" y en forma genérica, aunque con reservas por las confusiones que puede generar el término "deslizamientos"), que vienen a constituirse en una de las amenazas más frecuentes y más severas que afectan el territorio colombiano y los cuales pueden ser caracterizados de diversas maneras, según su tipo y su dinámica espacial y temporal. (Cantillo, 1998). Bajo el término "Procesos de Remoción en Masa" se designa a los movimientos de falla del terreno que abarcan un volumen apreciable de material (suelo o roca), incluyendo una gran variedad de movimientos y tipos de materiales. (Castellanos, 1996).

Se utiliza el término deslizamiento en su carácter general, para abarcar casi todas las variedades de movimientos en masa de taludes incluyendo caídas de roca y suelo, volcamiento, deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos de tierra, detritos y de lodos, algunos de los cuales en rigor presentan poco a ningún movimiento sobre superficie de rotura definida como se concibe un verdadero deslizamiento. Otro término general muy usado en Colombia es el de "derrumbe" que es empleado para referirse a la acumulación de materiales de un talud que han sufrido deslizamientos y quedan en reposo más abajo de su posición original. (García, Manuel, citado por Castellanos, 1996).

El sistema más común de clasificación de deslizamientos es el propuesto por Varnes (1978), por lo que también ha sido el más utilizado para definir el tipo de amenaza, como se muestra en la **Tabla 2.1**.

Tabla 2.1. Clasificación de deslizamientos según Varnes (1978)

MATERIAL MECANISMO DE FALLA	ROCA	SUELO	
		Fino	Granular
Caídas	Caída de roca	Caídas de suelo	Caídas de detritos
Deslizamiento rotacional	Hundimiento en roca	Hundimiento de suelo	Hundimientos de detritos
Deslizamiento traslacional	Deslizamiento traslacional en roca	Deslizamiento traslacional en suelo	Deslizamiento traslacional de detritos
Flujos	Flujos de roca	Flujos de lodo o flujo de tierra	Flujos de detritos
Propagación lateral	Propagación lateral		
Complejos	Movimientos complejos		

El fenómeno de los deslizamientos se basa en que: "Toda masa de suelo situada debajo de la superficie de una ladera o talud natural, o bien debajo de la superficie del talud formado por un desmonte o excavación, tiene tendencia a desplazarse hacia abajo y hacia afuera por efecto de su propio peso. Cuando esta tendencia es contrarrestada por la resistencia al corte de suelo, el talud es estable; en caso contrario, se produce el deslizamiento" (K. Terzaghi, 1950, citado por Castellanos, 1996). Esta definición, aunque sencilla, envuelve un fenómeno cuya naturaleza es compleja, si se consideran sus causas, la diversidad de mecanismos que producen la falla del terreno, las consecuencias de la falla y las consideraciones requeridas para su corrección. (Castellanos, 1996).

El análisis de taludes tradicional considera que las causas de los deslizamientos pueden ser internas y externas; las primeras (que en el presente trabajo se denominarán como factores intrínsecos o inherentes) tienen que ver con la litología (tipo de material), sus condiciones (estado de meteorización, estructura) y la presencia y acción del agua subterránea; casi siempre las causas internas producen cambios sobre la resistencia al corte del terreno.

Las causas externas tienen que ver con las alteraciones bien sea por la acción de fenómenos naturales -lluvias, sismos, pérdida de soporte por socavación de corrientes de agua, volcanes- o por factores antrópicos -sobrecargas en la parte superior de un talud (rellenos, obras), cortes en la base (minería, obras de ingeniería y otras), modificación perjudicial del régimen de drenaje y deforestación- . La mayor influencia de las causas externas se manifiesta en un aumento del esfuerzo cortante aplicado a los materiales que forman el talud.

Es común hacer referencia a la acción de las causas enunciadas, como factores contribuyentes o disparadores. Como factores contribuyentes pueden actuar bien las causas internas o externas en relación con los fenómenos o procesos que hacen susceptible a la falla un talud (Ej. materiales débiles o alterados, la pendiente natural, etc.). Los agentes (o factores) disparadores (o detonantes) son aquellos que actúan de manera tal o en determinado momento que producen la disminución necesaria de resistencia o el aumento suficiente de esfuerzos que dispara la falla, al sobrepasarse el umbral donde el esfuerzo aplicado es menor a la resistencia. (Cantillo, 1998 y Castellanos, 1996).

Para los efectos de este trabajo se define susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa como la potencial actitud o vocación de una masa de suelo o roca en talud, a alterar sus condiciones de estabilidad, ante la acción de uno o varios agentes disparadores. Se acostumbra distinguir zonas de susceptibilidad baja a nula, media y alta. La susceptibilidad es una réplica conceptual de vulnerabilidad (en este caso el agente disparador actuaría como amenaza y la masa de suelo a manera de elemento expuesto). Las consecuencias de la acción del agente disparador sobre un terreno susceptible, pueden ser potenciales (similitud con el riesgo) o efectivamente presentarse un movimiento en masa (similitud con la concepción de desastre). (Cantillo, 1998).

De acuerdo con González (1990), los movimientos de remoción en masa pueden considerarse como fenómenos de segundo orden, pues son producto de factores naturales o artificiales, los cuales constituyen los eventos de primer orden o causas.

Desde esta óptica, al considerar la acción combinada de una amenaza de primer orden (evento detonante que materializa el proceso de inestabilidad, como por ejemplo lluvias, movimientos sísmicos, erosión natural, efectos de la acción del hombre, o combinaciones de ellos), que encuentra condiciones favorables en la naturaleza y nivel de exposición del terreno (susceptibilidad), se está planteando la primera fase de la cadena del riesgo. Una vez configurado el proceso de inestabilidad, aunque sea potencial, éste se convierte en amenaza para los elementos expuestos (población, edificaciones, infraestructura, actividades y

relaciones de la comunidad, etc.), los cuales presentan unas determinadas características tanto de exposición como de resistencia a sus efectos y un nivel de resiliencia, que definirán el nivel potencial de daños o pérdidas (riesgo). (Cantillo, 1998).

2.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.3.1 Localización y delimitación del área de estudio

El barrio Casaloma II Sector se ubica al occidente de la localidad Usme, limitando al norte con el predio San José (sin desarrollar), al oriente con el trazado de la futura Avenida Boyacá y el Parque Entrenubes, al sur con el barrio Sierra Morena y al occidente con el barrio Casaloma. Para referenciar la zona de estudio con la nomenclatura urbana, el barrio Casaloma II Sector se desarrolla desde la proyección de la Avenida Boyacá hacia el occidente, entre las Calles 84A y 85A Sur.

El área de estudio del barrio Casaloma II Sector tiene una longitud aproximada de 200 y un ancho medio de 175 m (**Figura 2.1**), para un área total aproximada de 3.5 hectáreas que involucra una zona cubierta por pastos ubicada al oriente del Sector urbanizado y la parte del Parque Entrenubes, correspondiente a la parte baja de la microcuenca de un afluente de la quebrada Yomasa. (FOPAE, 2004).

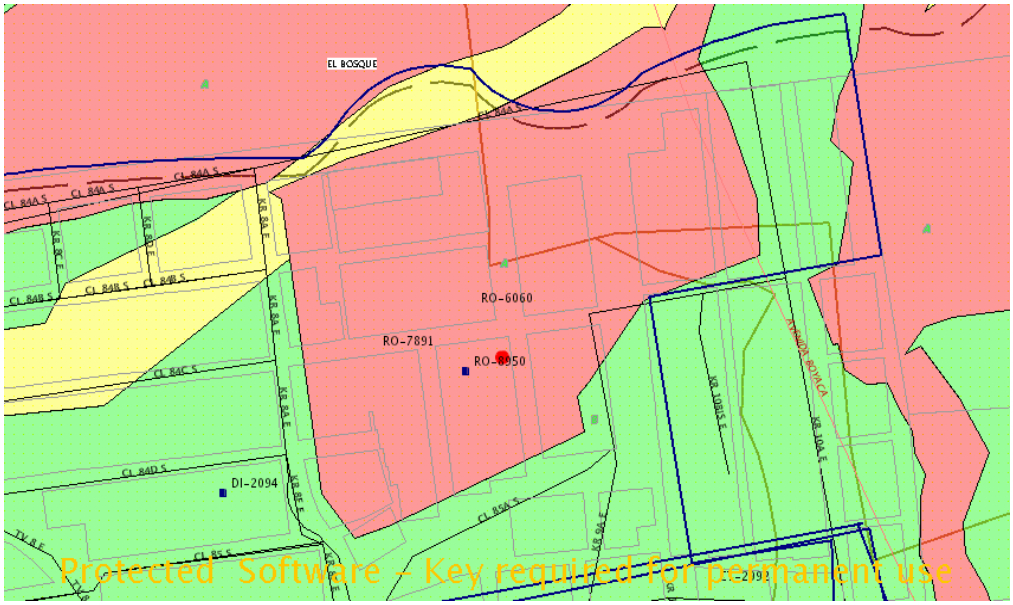


Figura 2.1. Localización del área de estudio (Tomada de FOPAE, 2004)

2.3.2 Descripción del barrio Casaloma II Sector

2.3.2.1 Ubicación general

El barrio Casaloma II Sector pertenece a la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 57, Gran Yomasa, de la Localidad 05 Usme del Distrito Capital de Bogotá, ubicada en el suroriente de la ciudad.

La UPZ 57 se compone de 79 barrios y limita al norte con el río Tunjuelito, Carretera a Usme o Av. Caracas, carrera 26B Este, límite oriental del desarrollo Duitama y el límite sur del desarrollo Alaska; por el oriente limita con el Parque Entrenubes (Cerro de Juan Rey y Cuchilla del Gavilán) y la carrera 11C Este; por el sur, con la quebrada El Muerto, la quebrada Yomasa y la Autopista al Llano; y por el occidente con la Autopista al Llano y el río Tunjuelito. (Ver **Figura 2.2**)

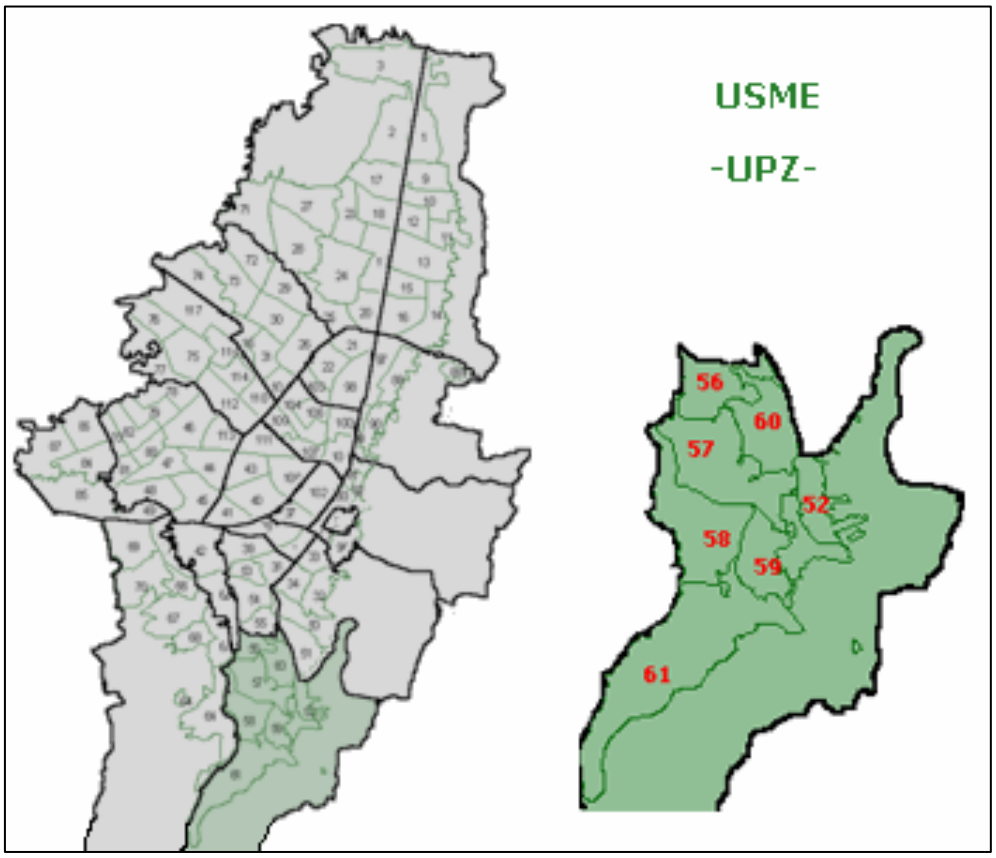


Figura 2.2. Localización de la Localidad de Usme en la ciudad y división de la misma en UPZ. Fuente: Univerciudad (2005)

El barrio objeto de estudio se encuentra en proceso de legalización ante las autoridades distritales de planeación, según el esquema mostrado en la **Figura 2.3**. En este proceso es necesario que la DPAE emita conceptos técnicos acerca de las condiciones de amenaza y riesgo del barrio (señalados con flechas naranja en el esquema), los que son tenidos en cuenta en las instancias de decisión sobre la legalización de este asentamiento.

2.3.2.2 Historia del barrio

De acuerdo con la información suministrada por la comunidad, el barrio se encuentra en el sector denominado Bolonia, en conjunto con otros 15 barrios, y fue fundado en 1985.

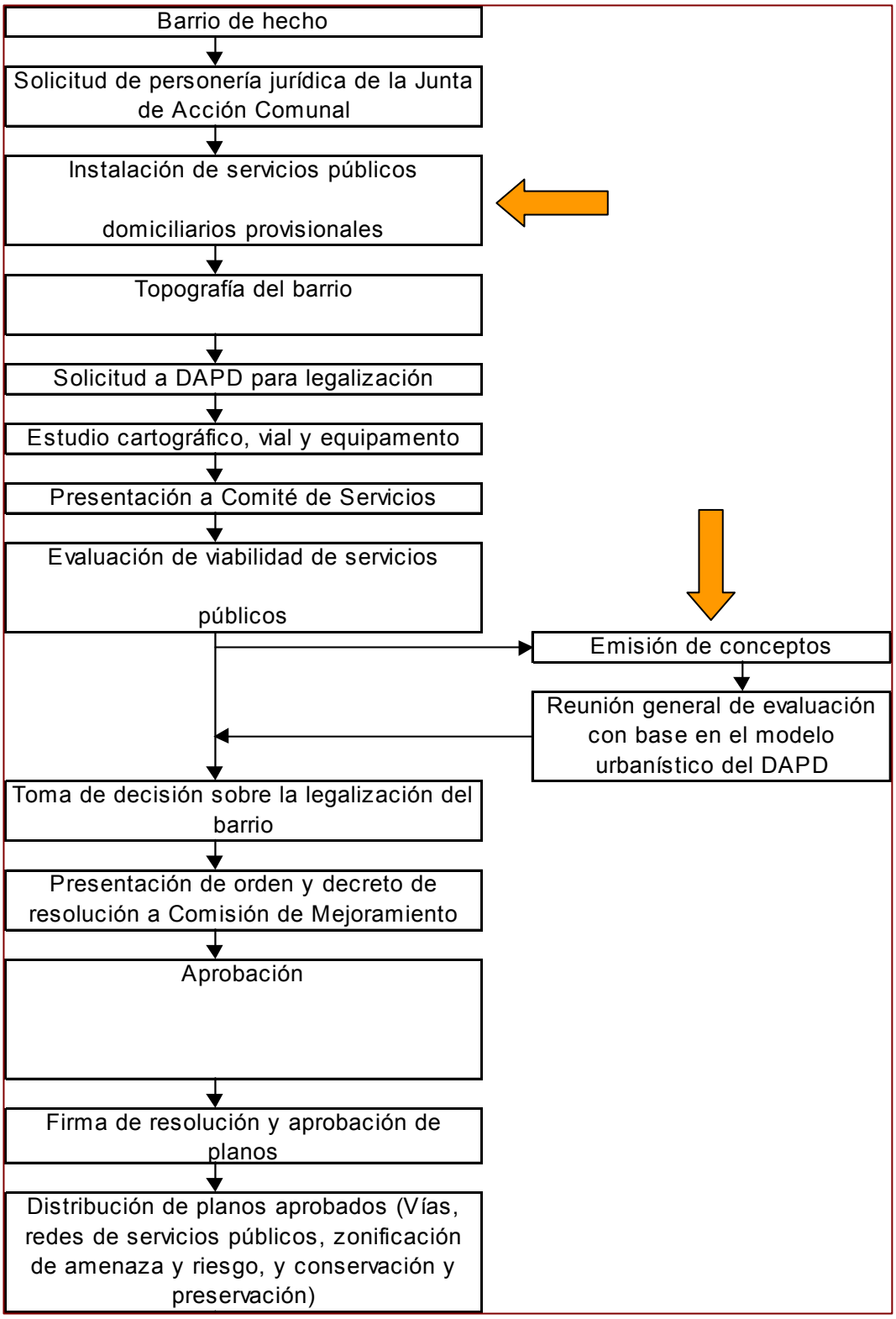


Figura 2.3. Esquema del proceso general de legalización de barrios. Fuente: DPAE (2001)

Según esta misma fuente, en 1983 el sector que hoy se denomina Casaloma hacía parte de la "Hacienda La Cajita - Soches", la cual fue vendida a Gil Tovar e Hijo, firma que efectuó el loteo y posteriormente vendió una franja al señor García Paz, quien, con el tiempo cambió el nombre de la hacienda al de “Casaloma” haciendo referencia a la casa de la hacienda (hoy en día la cabaña o chalet).

Los primeros habitantes del barrio fueron el señor José Anatolio Quintero y la señora Berenice Enciso. La vegetación predominante en esa época estaba conformada por eucaliptos y pinos. Adicionalmente, se tenían cultivos de papa, cebolla y hortalizas.

La quebrada Yomasa bañaba y abastecía estos terrenos con sus aguas, en esa época, cristalinas. Con el pasar del tiempo y el aumento de población se fueron contaminando sus aguas haciendo imposible su consumo por lo que los pobladores tenían que desplazarse hasta el barrio más cercano (el barrio Betania) para conseguir agua.

En una ocasión, un tubo de acueducto que pasaba cerca al barrio se rompió y los pobladores se dieron cuenta de su ubicación, de manera tal que a partir de ese momento se iniciaron de manera nocturna, clandestinas e ilegales conexiones a la tubería para surtir al barrio con agua. Por este hecho, las autoridades detuvieron a varios habitantes del sector entre los cuales se encontraba el señor Ciro Avendaño.

En 1987 en la entrada del barrio se ubicaba un transformador eléctrico de 25 kW que, con la densificación poblacional de la zona, debió ser cambiado por uno de mayor potencia.

Casaloma fue dividido en dos sectores por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, durante el proceso de legalización. En 1998 fue legalizada la mayor parte de Casaloma (Primer sector) quedando sin legalizar la parte alta (Segundo sector) por inconsistencias en la delimitación con el barrio Sierra Morena.

La primera Junta de Acción Comunal, presidida por el señor Guillermo Moreno, gestionó y obtuvo la personería jurídica de ésta el 4 de diciembre de 1988.

La actual Junta de Acción Comunal gestionó la construcción del salón comunal y la casa vecinal de Casaloma, con una capacidad de albergar 110 niños entre 0 y 5 años, así como la instalación de los servicios de gas, energía eléctrica y acueducto. Actualmente gestiona la legalización de Casaloma II sector y la instalación del servicio de alcantarillado.

Fuentes: Señor Enrique Cuéllar, Presidente de la JAC, y señora Luz Dary García, Conciliadora.

2.3.2.3 Descripción urbanística

En términos generales el barrio Casaloma II Sector presenta las siguientes características:

- Los habitantes del barrio se encuentran en una localización privilegiada por estar en la periferia del Parque Entrenubes.

- Cerca al área de estudio se encuentra proyectado el Parque Ronda del río Tunjuelo, del cual se beneficiarán también sus habitantes.

- La movilidad y accesibilidad en la zona es precaria. Pocas avenidas de la malla vial arterial, aún sin condiciones adecuadas a su función, llevan al barrio, desde donde a través de una malla vial local discontinua y sin planificación se accede a los sectores residenciales perimetrales, con la excepción de una avenida recién construida. En el sur de la ciudad hay muy pocos elementos de la malla vial complementaria y la intermedia carece de continuidad.

- La zona carece de actividades económicas de escala urbana, convirtiéndose en “área dormitorio” con desplazamientos diarios obligados, principalmente hacia el centro metropolitano.

- El sistema de transporte está conformado por diferentes modos de transporte masivo y sus respectivas infraestructuras complementarias, concebidos para lograr un funcionamiento integrado, interdependiente y complementario de la ciudad. El elemento que más incide en el área de estudio es el Sistema Integrado de Corredores Troncales de Buses y Rutas Alimentadoras – Transmilenio. Aunque un alto porcentaje de la población del área de estudio se moviliza por el sistema Transmilenio, debido a la carencia de corredores de movilidad local, las rutas alimentadores no llegan hasta allí.

- No hay rutas de transporte público que accedan a la zona; las más cercanas llegan al barrio Alfonso López.

- Debido a la difícil topografía, no se ha contemplado el sistema de ciclorrutas a nivel local.

- Dentro del trámite de legalización adelantado por la comunidad y gestionado por las empresas del Distrito, falta la instalación del servicio de alcantarillado.

- La zona tiene muy pocas estructuras para equipamientos, o diferentes a la vivienda. Lugares de reunión espontáneos, así como el salón comunal y la casa vecinal (Ubicados en el Sector I) son algunos de los escasos equipamientos del área.

- Aunque el área de estudio pertenece a la UPZ 57, Gran Yomasa, como ya se mencionó anteriormente, se encuentra funcionalmente ligada a la UPZ 59, Alfonso López, por donde se accede al lugar.

De acuerdo con el plano de loteo (Sarria, 2000), el barrio Casaloma II Sector cuenta con 152 lotes, de los cuales hay construcciones en 60 de ellos, de acuerdo con el levantamiento realizado en el presente estudio.

2.4 CONTEXTO GENERAL: LOCALIDAD 05 USME

2.4.1 Descripción

La Localidad de Usme, identificada como la número cinco del Distrito Capital, ocupa la periferia sur oriente de la ciudad, ubicada contra los cerros del Páramo de Cruz Verde y se extiende sobre las estribaciones montañosas que se levantan progresivamente sobre el eje principal de la Cordillera Oriental. La Localidad tiene los siguientes límites:

Norte: Con las localidades de Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito.
Sur: con la Localidad de Supamaz.
Oriente: Con la Localidad de San Cristóbal y los municipios de Chipaque, Une y Pasca.
Occidente: Con Ciudad Bolívar.

Tiene una extensión territorial de 11904.53 hectáreas de las cuales 2220.35 corresponden al casco urbano, esta extensión la ubica en el lugar sexto entre las localidades del Distrito.

(Univerciudad, 2004)

2.4.2 Referente histórico de la Localidad

La localidad de Usme fue fundada en 1650, bajo el nombre de San Pedro de Usme, convirtiéndose en centro de una zona rural dedicada primordialmente a la actividad agrícola, la cual proveía parte importante de los alimentos de la capital. Su nombre proviene de una indígena llamada Usminia (vocablo chibcha), la cual estaba ligada a los romances de los caciques de la época.

Tales romances siguen siendo famosos en etapas posteriores durante la Colonia, como el caso de María Lugarda de Ospina, La Marichuela, quien entabló un tempestuoso amor con el Virrey Solís, motivo por el cual fue desterrada por la sociedad santafereña a las selvas de Usme. El Virrey, para poderla acompañar, fundó la hacienda “Las Manas” en un latifundio relativamente grande, en lo que hoy son los barrios de Santa Lucía, Tunjuelito, Brazuelos y Marichuela, hasta la quebrada Yomasa incluyendo los actuales barrios Santa Marta, La Fiscala, Barranquillita, El Recuerdo y El Pedregal.

En 1911 Usme se convierte en municipio, adoptando dicho apelativo y haciéndose famoso por los conflictos y luchas entre colonos, arrendatarios y aparceros por la tenencia de la tierra. A mediados de siglo la situación cambia por la parcelación de tierras para la explotación de materiales de construcción.

En 1954 mediante la ordenanza 7 de la Asamblea de Cundinamarca, se suprime como municipio y su territorio es incorporado al Distrito Especial de Bogotá y mediante decreto 3640 del mismo año se incorpora dentro de la nomenclatura de Bogotá como la Alcaldía N° 5.

En 1975 se incluye en el perímetro urbano, perteneciendo desde ese momento al circuito judicial, a la circunscripción electoral y al circuito de registro y notariado de Bogotá; más adelante, con el Acuerdo 15 de 1993, el Concejo de Bogotá definió sus limites.

Posteriormente, la Constitución de 1991 le dio a Bogotá el carácter de Distrito Capital; en 1992 la Ley 1ª reglamentó las funciones de las Juntas Administradoras Locales, de los Fondos de Desarrollo Local y de los Alcaldes Locales, y determinó la asignación presupuestal de las localidades. Por medio de los acuerdos 2 y 6 de 1992, el Concejo Distrital, definió el número, la jurisdicción y las competencias de las JAL. Finalmente, el Decreto - Ley 1421 determinó el régimen político, administrativo y fiscal bajo el cual operan hasta hoy las localidades del distrito.

(Univerciudad, 2005).

2.4.3 Contexto social y económico de la Localidad

2.4.3.1 Estratificación socioeconómica

La estratificación socioeconómica es una herramienta de focalización geográfica que permite en una localidad clasificar las viviendas y su entorno, en distintos estratos o grupos de estratos según sus características físicas similares. Es útil para establecer tarifas diferenciales para el pago de los servicios públicos domiciliarios, para desarrollar proyectos de infraestructura física de beneficio general y para determinar las tarifas del impuesto predial unificado de las viviendas. Los municipios y distritos pueden tener entre uno y seis estratos, dependiendo de la heterogeneidad social y económica de sus viviendas.

La clasificación por estratos es:

- Estrato uno (1): Bajo – bajo
- Estrato dos (2): Bajo
- Estrato tres (3): Medio – bajo
- Estrato cuatro (4): Medio
- Estrato cinco (5): Medio – alto
- Estrato seis (6): Alto
- No residencial: Uso diferente a vivienda (industria, comercio y dotacional)

De manera general, en la localidad de Usme habitan comunidades de estratos socioeconómicos 1 y 2, con la presencia de varios asentamientos ilegales.

La distribución por Unidades de Planeación Zonal (UPZ) en la localidad de Usme obedece a la ubicación de los barrios, condiciones de riesgo, tipos de vivienda, entre otras, más que a la estratificación de la población, debido a que toda la población de Usme se clasifica en los estratos 1 y 2. La UPZ de mayor concentración de habitantes es Gran Yomasa con 10.214 personas en el estrato 1 y 107.244 en el estrato 2; esta UPZ cubre el 48% del total de población. Las UPZ de La Flora y Alfonso López están clasificadas en estrato 1.

En el entorno de la zona de estudio se observan asentamientos ilegales en consolidación, los cuales presentan un elevado déficit en todos los servicios. En su gran mayoría la población es de origen rural con altos niveles de analfabetismo y desempleo, la cual sufre los rigores de pobreza generalizada.

2.4.3.2 Demografía

- **Población**

Con 200.892 habitantes, según el dato de población ajustado para 1993, la población de la localidad representa en este mismo año aproximadamente el 3,69% del total del Distrito Capital, ocupando el puesto número doce dentro de las localidades.

Los crecimientos intercensales son de 158.453 habitantes para el periodo 73 - 85 y de 36.045 para el periodo 85 - 93. Este comportamiento la sitúa como la décima localidad en tasa de crecimiento hasta 1993 y en términos de proyecciones, la equipara a otras 4 localidades con un alto potencial de crecimiento.

- **Distribución por edad y género**

La población de la localidad puede calificarse como joven. El grupo de edad con mayor representatividad (65,9%) es el rango de edad menor a 30 años, sobresaliendo la población de 0 a 14 años con una participación aproximada del 38% del total de la población local. Otra característica es la distribución por género de mujeres con el 51% y hombres del 49%, similar al promedio de la ciudad. Manteniendo el perfil joven de la localidad, las mujeres entre 20 y 30 años son el grupo más representativo. Como resultado de esta distribución y del comportamiento del mercado de trabajo, el índice de dependencia económica es del 66 %, frente a un promedio de 51% en Bogotá. En Usme, por cada 100 habitantes en edad productiva dependen 63 personas menores de 15 años y 3,3 mayores de 65, resultado que permite afirmar que la población local se sostiene económicamente del 60% de sus habitantes.

- **Densidad**

Las medidas de densidad constituyen un indicador directo de lo que se podría denominar el nivel de aglomeración del poblamiento, como en el caso de la

densidad poblacional, y también de la intensidad del proceso de generación de áreas construidas habitables, como en el caso de viviendas por hectárea.

Al mismo tiempo permite observar la calidad del proceso de urbanización, si se entiende que la relación área urbana - área amanzanada es un indicador muy aproximado de la relación espacio público - espacio privado de la ciudad y de cada localidad en particular.

En este sentido, una comparación con estándares internacionales que recomienda una proporción 50% - 50% entre espacio público y espacio privado, da una idea de la calidad de la ciudad en este aspecto y una comparación entre sectores y localidades, una perspectiva de las desigualdades internas en esta materia.

De otro lado, medidas como Viviendas / Ha, Hogares / Ha, Hogares / Vivienda, déficit de vivienda y Habitantes / Hogar, son indicadores directos e indirectos de la habitabilidad de las viviendas y del grado de hacinamiento, si se hacen los cálculos adecuados para deducir el tamaño promedio de las viviendas y los hogares.

Usme es una localidad con alta densidad de habitantes en las áreas amanzanada y residencial en relación con los promedios de la ciudad y una mayor ocupación de metros cuadrados por persona en relación con el promedio de la ciudad.

Esta situación se explica en parte por la alta proporción de los estratos 1 (la segunda de la ciudad) y 2, y probablemente por la altura promedio de las edificaciones, si observamos que su promedio de viviendas/Ha es superior al de la ciudad.

Sin embargo, al analizar los datos por estratos, la densidad poblacional del estrato 2 es superior al promedio de la ciudad, lo cual parece afirmar lo dicho anteriormente sobre la habitabilidad de las viviendas.

(Univerciudad, 2002).

2.4.3.3 Procesos de urbanización

Los procesos de urbanización en las localidades de Usme y aledañas se caracterizan por la informalidad y la ilegalidad. Estos barrios tuvieron su origen en urbanizaciones ilegales, ya que sus pobladores fueron objeto de engaños por parte de urbanizadores piratas que les vendieron lotes baratos y sin servicios públicos, ubicados en sectores no aptos para la urbanización.

2.4.3.4 Infraestructura de salud

Integran los equipamientos de salud el conjunto de instituciones públicas, privadas y mixtas de la seguridad social en salud, que tienen como objetivo principal administrar, suministrar y prestar servicios integrales de salud, de tercero, segundo y primer nivel de atención a la comunidad a través de intervenciones de aseguramiento; promoción de la salud; prevención, diagnóstico, tratamiento y

rehabilitación de la enfermedad; además deben ejercer un control a los factores de riesgo en los diferentes niveles de atención a las personas y al medio ambiente.

Las Empresas Promotoras de Salud (EPS) son las responsables de la afiliación, del registro de los afiliados y del recaudo de sus cotizaciones, encargadas de garantizar el Plan Obligatorio de Salud (POS) directa o indirectamente a sus afiliados. Las cajas de compensación familiar, que cuentan con participación obligatoria de recursos para el régimen subsidiado, pueden prestar servicios como EPS; adicionalmente existen las entidades de medicina prepagada o seguros de salud para las personas de estratos altos que quieran un servicio complementario de salud además de la EPS; finalmente se encuentran las empresas solidarias de salud y las administradoras de Régimen Subsidiado, ARS, que se encargan de afiliar a las personas de bajos recursos al sistema.

Las Instituciones Prestadoras de Servicios de salud (IPS) son los organismos encargados de prestar los servicios en el nivel de atención correspondiente a los afiliados y beneficiarios de las EPS, dentro de los parámetros y principios establecidos en la Ley 100 de 1993, obedeciendo a los principios de calidad y eficiencia. Las IPS, de acuerdo con su naturaleza jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, prestan servicios de salud como servicio p˙blico a cargo del Estado o como parte del servicio público de seguridad social en salud.

El primer nivel lo caracteriza la atención básica prestada por puestos y centros de salud; los hospitales locales, que cuentan con servicios de consulta externa y odontológica, urgencias y hospitalización, bajo la atención de médicos generales; además están los Centros de Atención Médica Inmediata (Cami). El primer nivel de atención tiene los siguientes grados:

- Primer grado, compuesto por las Unidades Básicas de Atención (UBA), prestan servicios básicos de salud, atendidos por un equipo de salud que cuenta con médico, odontólogo, trabajadora social, auxiliar de enfermería, promotor de saneamiento y promotores de salud.

- Segundo grado, compuesto por los Centros de Salud o Unidades Primarias de Atención (UPA), que en conjunto con las Unidades Básicas de Atención del área de influencia, constituyen el centro de salud.

- Tercer grado, compuesto por los Centros de Atención Médica Inmediata (Cami); está capacitado para atención de partos de bajo riesgo, consulta externa médica odontológica y atención de urgencias durante las 24 horas del día.

- Cuarto grado, compuesto por un Hospital de Nivel I, cuenta con servicios de consulta externa médica y odontológica, atención de urgencias y hospitalización, para patologías de baja complejidad y saneamiento ambiental local.

Por su parte, al segundo nivel lo caracteriza la presencia de médicos generales y médicos especialistas; los pacientes de mayor gravedad que deban ser enviados a

otros hospitales son remitidos por los hospitales de nivel II, de la misma manera reciben a los pacientes remitidos por las IPS de nivel tres que ya no presentan un alto riesgo, todo esto en su área de influencia como lo establece la Dirección General del Sistema Distrital de Salud. Además están capacitadas para ejecutar labores de atención de urgencias y desarrollan programas de cirugía ambulatoria y atención al medio ambiente.

Las IPS del tercer nivel de atención están caracterizadas por la presencia de médicos generales, especialistas y subespecialistas (cardiólogos, neurólogos, nefrólogos, gastroenterólogos y otros, de acuerdo con la disponibilidad de recursos). Las actividades de atención al medio ambiente en este nivel son ejecutadas por la Dirección respectiva de la Secretaría de Salud.

Como se registra en la **Tabla 2.2**, la localidad de Usme cuenta con nueve (9) IPS públicas del primer nivel de atención, adscritas a la Secretaría de Salud: 5 Unidades Primarias de Atención en Salud (UPA), 2 UBA y 2 Cami. Además, tiene 26 instituciones prestadoras de servicios de salud privadas, que corresponden a una caja de compensación, 13 centros médicos de atención básica y 12 consultorios. En esta localidad no hay instituciones prestadoras de servicios de salud públicas o privadas de II o III nivel de complejidad

Tabla 2.2. Unidades de primer nivel de atención en salud por UPZ, Usme, 2002 Fuente: Secretaría Distrital de Salud y DAPD, Subdirección de Desarrollo Social (Alcaldía Mayor, 2004).

UPZ	UPA	UBA	CAMI	IPS Privadas	Total
La Flora	-	1	-	-	**1**
Danubio	-	-	-	5	**5**
Gran Yomasa	3	1	1	18	**23**
Comuneros	1	-	-	2	**3**
Alfonso López	1	-	-	-	**1**
Parque Entrenubes	-	-	-	-	**0**
Ciudad Usme	-	-	-	1	**1**
Total	**5**	**2**	**2**	**26**	**35**

La localidad cuenta con dos instituciones que ofrecen servicios básicos de salud de nivel I: El Cami de Usme, en la UPZ Ciudad Usme y el Cami de Santa Librada en la UPZ Gran Yomasa. En el 2000, las dos instituciones contaban con una oferta de 20 camas, que representan el 7,3% de la oferta total de camas en el nivel I de atención. Los hospitales de nivel de atención II más cercanos a la localidad, son los de El Carmen en la localidad de Tunjuelito, que cuenta con 17 camas, el hospital de San Blas en la localidad de San Cristóbal, con una oferta de 185 camas, y el de Meissen en Ciudad Bolívar con una oferta de 81 camas.

En el nivel de atención 3, los hospitales más cercanos a la localidad, son los de El Tunal en la localidad de Tunjuelito y el de La Victoria en San Cristóbal. El Cami de Santa Librada está en capacidad de prestar servicios de urgencias, medicina general, laboratorio clínico, farmacia y transporte de pacientes. Por su parte, el Hospital de Usme atiende servicios de segundo nivel ambulatorio, cirugía general, cirugías especializadas (laparoscópica, proctológica, hemorroidal, vascular, de mama, ortopédica y traumatológica, entre otras), servicio de optometría, ecografías y terapias física, respiratoria, de lenguaje y ocupacional. Hasta el año 2001 Usme contaba con el hospital de Usme (I nivel de atención), el cual fue convertido en Cami.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2004)

2.4.3.5 Infraestructura deportiva y de recreación deportiva

Usme cuenta con 59 parques infantiles que presentan deterioro físico, problemas de inseguridad, uso inadecuado y poco provecho por parte de la comunidad.

De otra parte, la localidad tiene 87 escenarios deportivos con carencias en servicios de aseo y en la dotación adecuada respecto a las actividades de recreación y deporte allí realizadas; se desarrollan también labores en programas blandos de formación, competencia, participación comunitaria y mejoramiento de la infraestructura recreodeportiva de la localidad.

El equipamiento deportivo y recreativo abarca las áreas, edificaciones y dotaciones destinados a la práctica del ejercicio físico, al deporte de alto rendimiento, a la exhibición y a la competencia de actividades deportivas en los medios aficionados y profesionales, así como a la exhibición de espectáculos con propósito recreativo. Agrupa, entre otros, a estadios, coliseos, polideportivos, clubes deportivos, clubes campestres deportivos y recreativos, hipódromos, autódromos, piscinas, clubes privados e instalaciones privadas que contemplen el deporte como actividad central.

La localidad de Usme no tiene aún edificaciones especialmente diseñadas para realizar actividades deportivas.

En lo referente a las zonas verdes y parques, según la base de datos del IDRD, la localidad de Usme cuenta con 174 zonas verdes y parques que suman 683.835,6 m2, que equivalen a 2,64 m2 por habitante; este indicador es uno de los más bajos en relación con las demás localidades y con el promedio de Bogotá, que tiene un total de 4.014 parques y zonas verdes, que suman 32.009.501,9 m2, que equivale a 4,82 m2 de parques y zonas verdes por habitante.

Es importante destacar que la localidad cuenta con 4 parques propuestos, que una vez sean construidos y puestos en funcionamiento, le darán a Usme un indicador de 22,5 m2 de parques y zonas verdes por habitante, siendo la segunda localidad de la ciudad, después de Santa Fe (33,24 m2/hab.), incrementando en 19,9 m2 de parques y zonas verdes por habitante el indicador actual.

Es preciso aclarar que en la base de datos del IDRD, se registran tanto los parques diseñados para recreación activa como las zonas verdes y parques de reserva ecológica para recreación pasiva, como son los humedales, las rondas, los cerros y los bosques.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2004)

2.4.3.6 Infraestructura educativa

De acuerdo con el Decreto 619 de 2000, POT, los equipamientos colectivos de educación son los que están destinados a la formación intelectual, la capacitación y la preparación de los individuos para su integración en la sociedad. Agrupa, entre otros, a las instituciones educativas de preescolar, primaria, secundaria básica y media, centros de educación para adultos, centros de educación especial, centros de investigación, centros de capacitación ocupacional, centros de formación artística, centros de capacitación técnica e instituciones de educación superior.

Como aparece en la **Tabla 2.3**, de acuerdo con la información del directorio de establecimientos de la Secretaría de Educación Distrital (SED), la localidad de Usme contaba en el año 2001con 63 colegios oficiales, tres de ellos dados en concesión, que ofrecen 52.074 cupos educativos, y 83 colegios no oficiales, concentrando el 4% de las instituciones educativas del Distrito. Cabe agregar que en el análisis del número de instituciones educativas del año 2002 deben considerarse los efectos de la Ley 715 del 2002 sobre la organización de la oferta educativa del sector oficial, que determinaron la integración de instituciones educativas oficiales. De esta forma, para el año 2002 la localidad de Usme contaba con 46 instituciones oficiales, de las cuales 3 son de concesión y 74 no oficiales, concentrando así el 4% de las instituciones educativas del Distrito.

La demanda de Usme ha sido atendida mediante el mejor uso de la capacidad actual del sistema educativo, así como la construcción de los Centros Educativos Distritales Don Bosco II y IV y Miravalle que son administrados mediante contratos de concesión educativa y subsidios a través de convenios con instituciones privadas.

De otra parte, se han asignado 26 rutas de transporte escolar, 25 de ellas intra locales, para subsanar desfases entre la ubicación de la oferta y el origen de la demanda y una que lleva niños a la localidad de Rafael Uribe para garantizar su acceso al servicio educativo. Estas rutas benefician a 1.069 estudiantes.

Tabla 2.3. Equipamientos educativos de Usme, 2001 y 2002 (Fuente: Alcaldía Mayor, 2004)

TIPO DE ESTABLECIMIENTO	2001			2002		
	DISTRITO	USME	%	DISTRITO	USME	%
Establecimientos oficiales	688	63	9,16	386	46	11,92
Establecimientos no oficiales	2.924	83	2,84	2.648	74	2,79
TOTAL	**3.612**	**146**	**4,04**	**3.034**	**120**	**3,96**

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2004)

2.4.4 Marco político

Según el Acuerdo 8 de 1977, que reorganiza las alcaldías menores, se determina que la localidad de Usme se encuentra limitando al norte con las localidades de Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito, al oriente con la localidad de San Cristóbal y los municipios de Chipaque, Une y Pasca, por el sur con la localidad de Sumapaz y por el occidente con la localidad de Ciudad Bolívar. La localidad posee una extensión territorial de 11.904,53 hectáreas de las cuales 2.220,35 corresponden al casco urbano; esta extensión la ubica en el sexto lugar entre las localidades del Distrito. Usme es administrada por el Alcalde Local y la Junta Administradora Local, JAL, compuesta por 9 ediles.

(Univerciudad, 2002).

2.4.5 Parque Entrenubes

La zona de estudio colinda con el Parque Ecológico Distrital Entrenubes. El Parque Entrenubes tiene una extensión de 629 hectáreas, abarcando la Cuchilla de Guacamayas, Cerro Juan Rey y la Cuchilla El Gavilán. Está ubicado en las localidades de Usme, Rafael Uribe Uribe y San Cristóbal. Lo recorren 7 ríos o quebradas, entre ellas Yomasa, Bolonia, Santa Librada, Seca, Hoya del Ramo, Verejones y Chiguaza, que hacen parte de la cuenca del río Tunjuelo. Existe en esta zona un bosque primario natural que da origen al subsistema hídrico de la región.

El parque surge en 1992 como "Entre Nubes" después de pasar por varios nombres, el cual fue escogido por la densa niebla que cubre la mayor parte del territorio. El Distrito, a través de un proyecto de cooperación para mejorar la calidad ambiental plantea estrategias de conservación y sostenibilidad en el cual la comunidad es el principal partícipe y beneficiario, por lo que el parque está dedicado a la restauración del bosque primario nativo, la educación ambiental y la recreación compatible con los objetivos primarios de la conservación, el tratamiento para su uso y equipamiento dentro del sistema de áreas protegidas por el Distrito.

En la actualidad la ronda de sus quebradas se encuentra muy afectada por la acción antrópica, por deforestación, desvío de cauces, taponamientos y vertimientos. La explotación minera, la urbanización descontrolada y la deforestación del bosque primario han sido los causantes de la degradación del parque.

(Alcaldía Mayor de Bogotá y KFW, 1999, DAPD, 1999 y DAMA, 2000).

2.5 REFERENTE FÍSICO

2.5.1 Clima e hidrología

Los principales datos climáticos de la Localidad son:

- Temperatura: 13 grados promedio anual
- Humedad Relativa: Seca y Semi-seca
- Precipitación Total: 800 a 1.000 mm promedio anual
- Sector contra Cerros orientales: 1.000 a 1.500 mm promedio anual
- Período más lluvioso: Abril a octubre
- Período más seco: (Lluvias moderadas) Noviembre a marzo
- Altimetría: 2.276 metros sobre el nivel del mar

Debido a la geografía local, se presenta un nivel de precipitaciones bastante elevado en la pequeña porción de territorio ubicada contra los Cerros Orientales, registrando una media de precipitación anual de 1.000 a 1.500 mm, mientras en su mayor extensión se presenta un nivel de precipitación promedio anual de 800 a 1.000 mm.

Dependiendo de la relación precipitación - brillo solar, se presenta la condición de zona semiseca, en la proporción de territorio que bordea los Cerros Orientales extendiéndose aproximadamente hasta la mitad de la Localidad en el sentido oriente - occidente. La porción de territorio restante hasta el límite con las Localidades de Rafael Uribe, Tunjuelito y Ciudad Bolívar, debido a su bajo nivel de precipitaciones, tiene condiciones de zona seca.

(Univerciudad, 2005)

2.5.2 Hidrografía

Hidrográficamente la zona pertenece a la cuenca del río Tunjuelito, y a la subcuenca de la quebrada Yomasa.

2.5.2.1 Río Tunjuelo

El Río Tunjuelo (o Tunjuelito) nace en el Páramo de Sumapaz por encima de los 3.700 m. s. n. m., a partir de tres cauces principales relativamente paralelos que fluyen en dirección predominante de sur a norte, correspondientes a los ríos Chisacá, Mugroso y Curubital, que al unirse conforman el Río Tunjuelo propiamente dicho, el cual continúa en similar dirección hasta la parte baja de la cuenca, donde gira su curso en dirección occidente hasta desembocar en el Río Bogotá, a una cota aproximada de 2.570 m. s. n. m., recorriendo una distancia total de unos 73 km. (CEI, 1997, citado por Cantillo, 2002).

En el estudio de CEI (ref. cit.) la cuenca se divide en tres tramos o sectores, descritos así:

- "El sector superior o cuenca alta, comprendido entre el nacimiento del río y el sitio de la presa de La Regadera, ubicada a una cota aproximada de 3.140 m. s. n. m.; está caracterizado por una muy pronunciada pendiente que oscila entre el 15% y el 3%, típica de los torrentes de montaña, cubriendo un área de drenaje de unos 140 km², aproximadamente un 35% del área total. Allí la topografía de la cuenca es

abrupta, alcanzando pendientes hasta del 75%. En general, la mayor parte del terreno presenta escarpes resultantes de la acción de antiguos glaciares que han dado origen a depósitos morrénicos fluvioglaciares, configurando valles disectados en forma de "U", como se destaca en los ríos Chisacá, Mugroso y Curubital. Con fines principales de abastecimiento, y en menor proporción para control de inundaciones, esta cuenca alta cuenta con dos embalses; el primero de ellos, el Embalse de Chisacá, recibe los aportes hídricos y sedimentológicos de los ríos Mugroso y Chisacá; cuenta con una capacidad total de 7,0 millones de m³, e introduce al río una regulación del orden del 60%, para un caudal regulado de 0,75 m³/s (frecuencia 1/10 años). La descarga de este embalse, unida a la del Río Curubital, ingresa al segundo de los embalses, el Embalse de La Regadera, el cual posee una capacidad total de 4,0 millones de m³ , produce un caudal regulado del orden de 1,35 m³/s, con un 45% de regulación, para una frecuencia de 1/10 años".

- "El segundo sector, o cuenca media, se extiende desde el Embalse de La Regadera, hasta el sitio de Cantarrana donde se ha previsto construir un nuevo embalse, sitio que se localiza aproximadamente a unos 5 km aguas abajo de Usme. El tramo posee una pendiente promedio del orden de un 3%, menor que la anterior, pero aún considerada alta, lo cual garantiza un buen drenaje de la cuenca. Hasta este punto, el área de la cuenca es de unos 267 Km², conservando el área tributaria la característica rural de la porción superior. En este sector, el río presenta un cauce unicanal con importante relleno aluvial torrencial formando terrazas altas constituídas por bloques de arenisca muy heterogéneos en tamaño. El cauce es ligeramente sinuoso, controlado litológicamente en algunos puntos por rocas del Terciario. En el tramo entregan sus aguas varias quebradas, entre las que se destacan la Pasquilla, la Paso Colorado, la Horqueta y la Chuscal, por la margen izquierda; mientras que por la derecha afluyen las quebradas Suate, Chiguaza Alta, Fucha y Yomasa, cuyas cuencas de drenaje se encuentran escasamente intervenidas, si se les compara con las subcuencas de aguas abajo".

- Tercer sector o cuenca baja o inferior: "Es justamente desde las inmediaciones de Cantarrana donde se hace evidente la explotación de grandes canteras en las proximidades del cauce y la urbanización intensiva que caracteriza al tramo final del río, el cual se extiende hasta su desembocadura en el Río Bogotá, siguiendo un trazado meándrico (aunque fuertemente intervenido por la acción del hombre) de casi 10 km de longitud, y con un área tributaria total que alcanza los 390 km2. En este afluyen los tributarios mayores de la zona de interés para el estudio, como lo son la Quebrada Chiguaza por la margen derecha y la Quebrada de Limas por la izquierda. Otras corrientes afluentes de menor relevancia por la reducida extensión de sus áreas de drenaje, son las quebradas Mochuelo, Trompetas y Estrella por la izquierda, y las de La Fiscala y Santa Librada, por la derecha, las cuales incluso, presentan trayectos donde han sido entubadas y prácticamente desaparecidas como drenaje superficial por efecto de la urbanización, y por la ocupación de sus cauces. De todas maneras, las tres corrientes afluentes principales drenan áreas intensamente pobladas e intervenidas por la explotación de laderas para la producción de materiales de construcción".

2.5.2.2 Quebrada Yomasa

A continuación se registra la descripción detallada que de la Quebrada Yomasa hace la firma consultora CEI, en su estudio de 1997, precisando que el barrio Casaloma II Sector se encuentra localizado en la cuenca alta, de acuedo con la sectorización que hace CEI:

"La quebrada Yomasa nace en el flanco oriental de los cerros surorientales, cerca al Páramo de Cruz Verde, en el extremo sur del Distrito Capital de Bogotá. En su cuenca se ha establecido en los últimos años una parte importante del desarrollo urbano, caracterizado por una alta densidad poblacional de barrios generalmente subnormales, especialmente en el sector de Tocaimita, en las vecindades de la Autopista a Villavicencio, así como en la Carretera de Oriente.

- **Sectorización de la Quebrada**

La quebrada Yomasa nace aproximadamente en la cota 3450 m.s.n.m, tiene una longitud de 11 km y una diferencia de altura entre el nacimiento y la desembocadura de 830 m. El cauce se desarrolla en dirección SE-NW, atravesando diferentes unidades geológicas, las cuales se explican a continuación y permiten sectorizar el cauce en dos tramos: El Sector I, o cuenca alta, que corresponde a la zona de mayor pendiente y se ha definido entre el nacimiento de la quebrada y el paso de la angostura de Tocaimita; el Sector II, o cuenca baja, va desde la mencionada angostura hasta la desembocadura de la quebrada en el Río Tunjuelo, a la altura del barrio Tenerife.

El sistema hidrográfico desarrollado en esta cuenca es de tipo dendrítico y subparalelo. El valor de la pendiente en la parte alta le da a las corrientes una gran capacidad de transporte. El mayor grado de erosión se presenta sobre las unidades arcillosas y depósitos coluviales que afloran en el Sector I, en tanto que fenómenos de sedimentación y divagación se presentan preferencialmente a lo largo del Sector II.

a. Cuenca Alta - Sector I

Incluye las áreas desde la cota 3300 m.s.n.m., hasta los 2850 m.s.n.m. Hace parte de las estribaciones de los cerros orientales de la Sabana y en ella se encuentran cerros y cuchillas orientadas de norte a sur, en concordancia con la orientación de las unidades litoestratigráficas. Las zonas más altas se encuentran al oriente de la carretera a Villavicencio, donde las alturas sobrepasan los 3100 m.s.n.m. Hacia el occidente sigue una zona de relieve más suave con un descenso menos pronunciado, sustentada por secuencias esencialmente arcillosas. A continuación se observa otra zona que, aunque no sobrepasa la cota de los 3050 m.s.n.m., (Cuchilla Gavilán y Loma Los Pepinitos), muestra una topografía más empinada que está condicionada por las características litológicas y estructurales, donde están expuestas las rocas de la Formación Areniscas de la Regadera. La dirección estructural de esta unidad litoestratigráfica está bien disectada por la quebrada Yomasa en el estrecho de Tocaimita.

b. Cuenca Baja - Sector II

Está comprendido entre los 2850 m.sn.m., y los 2600 m.s.n.m. Se inicia con la aparición del límite geológico entre la unidad Areniscas de La Regadera (Tr) y el Cuaternario. Morfológicamente se trata de superficies suavemente descendentes hacia el occidente, que corresponden a los interfluvios entre los valles mayores del drenaje, orientados en la misma dirección. Esta superficie topográfica está soportada por cuerpos sedimentarios del Cuaternario; depósitos aluviales y masas coluviales.

- **Caracterización geomorfológica y estabilidad**

El área de la cuenca de la quebrada Yomasa puede ser considerada como relativamente estable, es decir presenta zonas estables y zonas inestables. En algunos sectores de la cuenca se detectaron fenómenos de inestabilidad en forma de desprendimientos, reptación y socavación lateral. Algunos de estos fenómenos son causados por el mal manejo de aguas negras de los desarrollos urbanísticos a lo largo del valle de la quebrada, especialmente en el sector de Tocaimita, barrio Alfonso López y en el barrio Tenerife, cerca a la desembocadura de la quebrada en el Río Tunjuelo.

Desde luego, las características geológicas y geomorfológicas de las unidades de roca sobre las cuales la quebrada ha labrado su valle, juegan un papel importante en los procesos de inestabilidad. El tramo I, curso alto de la quebrada, es más estable, aún cuando se han detectado algunos procesos de inestabilidad a la altura de las cotas 3050 m.s.n.m. y 3000 m.s.n.m. Sin embargo, las mayores zonas de inestabilidad se encuentran en el tramo II, ó curso bajo de la quebrada, a partir del cañón disectado sobre rocas terciarias de la Formación Arenisca de La Regadera".

2.5.3 Aspectos sísmicos

La amenaza sísmica a que está expuesta la ciudad de Bogotá es de estudio reciente y desde comienzos de la década de 1980 viene siendo motivo de estudio. De acuerdo con las Normas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR98 (AIS, 1998), la ciudad de Bogotá se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia.

En septiembre de 1992, la entonces Unidad de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá D.C. (UPES), hoy Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), presentó al Concejo de la capital el Plan Integral de Prevención y Atención de Desastres de Santa Fe de Bogotá (PAD), el cual incluía el proyecto "Microzonificación Sísmica de la ciudad de Santa Fe de Bogotá", aprobado mediante el Acuerdo 31 de 1992 como parte integral del Plan de Desarrollo de la ciudad. El proyecto fue realizado por Ingeominas en convenio con la Universidad de los Andes y presentado finalmente en agosto de 1997. Sus resultados deben aplicarse en el diseño de edificaciones nuevas e intervenidas según el Decreto No. 074 del 30 de enero de 2001.

El estudio tuvo en cuenta la geología y la topografía de toda la ciudad y la afectación de las fallas activas provenientes de las siguientes fuentes: Bucaramanga, Santa Marta, Magdalena, Cordillera Oriental, Ibagué, Palestina, Romeral, Salinas y Suárez, las cuales se considera pueden afectar la ciudad por encontrarse dentro de un círculo con un radio de 200 km. (Ver **Figura 2.4**).

El Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas y Uniandes, 1997) fija las siguientes zonas (**Figura 2.5**):

- Zona 1 - Cerros: Caracterizada por la presencia de formaciones rocosas con capacidad portante relativamente mayor. Puede presentar amplificaciones locales de aceleración sísmica por efectos topográficos.

- Zona 2 - Piedemonte: Conformada por la zona de transición entre los cerros y la zona plana y consta principalmente de depósitos coluviales y conos de deyección de materiales con una elevada capacidad portante en general, pero con estratigrafías heterogéneas 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 de 50 m. Pueden aparecer depósitos ocasionales de turbas y/o arenas de espesor intermedio o bajo. Presentan una capa superficial preconsolidada de espesor variable y mayor a 10 m.

- Zona 4 - Lacustre B: Posee 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 base es del orden de 200 m hasta 400 m o más.

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

De acuerdo con el mapa de microzonificación, la Localidad de Usme se encuentra en las zonas 1 y 5. Dadas las características del área de estudio y para considerar potenciales amplificaciones por efecto del relieve local, ésta se ubicó en la Zona 1 “Cerros”, por tanto se consideró para el presente trabajo el valor del parámetro Am de 0,24 g.

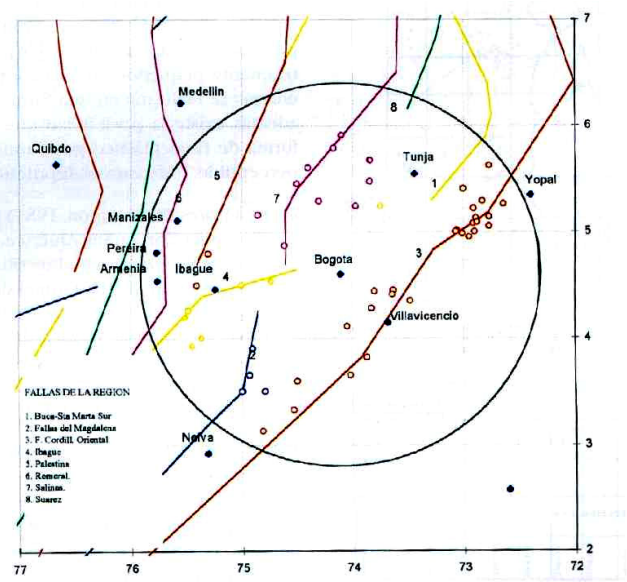


Figura 2.4. Sismos asignados para Bogotá, R=200 Km. (Tomada de Ingeominas y Uniandes, 1997)

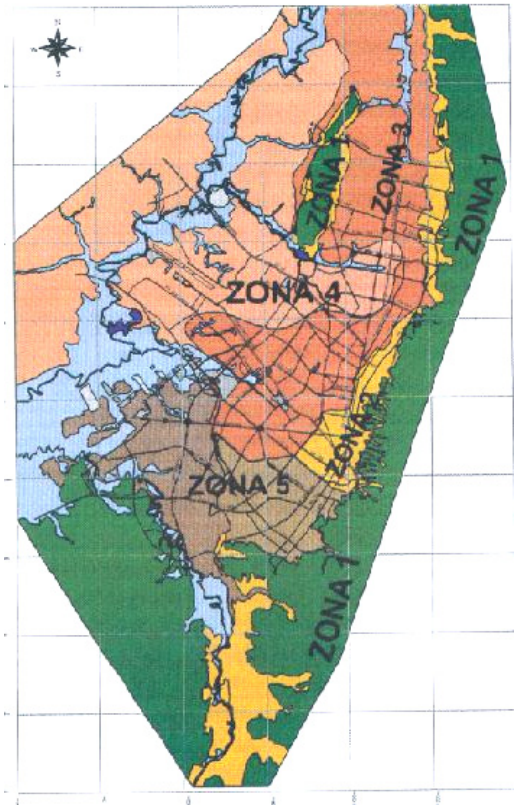


Figura 2.5. Microzonificación sísmica de Bogotá. (Tomada de Ingeominas y Uniandes, 1997)

2.6 FUENTES DE CONSULTA

Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2004). Recorriendo Usme. Bogotá, Colombia

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. - Departamento Administrativo de Planeación Distrital (2001). Guía Urbanística de Usme. Bogotá, Colombia

Alcaldía Mayor de Bogotá y KFW (1999). Proyecto Sur con Bogotá. Bogotá, Colombia.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR98. Bogotá, Colombia.

Cantillo R., Carlos (2002) para Fundación San Antonio. Informes sobre Emergencia por Avenidas e Inundaciones del Río Tunjuelito, Nos. 1 y 2. Bogotá, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1999). Fundamentos Conceptuales sobre Riesgos y Desastres. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cardona A., Omar D. (2003). Memorias Curso Virtual de Gestión de Riesgos. Structuralia y Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Cardona A., Omar D. (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Cardona A., Omar D. (1997). Los Desastres: Eventos Ambientales. Artículo Técnico. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Castellanos J., Ramiro N. (1996). Lluvias Críticas en la Evaluación de Amenaza de Eventos de Remoción en Masa. Tesis de Postgrado, Magister en Geotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

CEI Ltda. (1997). Estudio de Saneamiento Ambiental y Control de Crecientes en la Cuenca del Río Tunjuelito. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Bogotá, Colombia.

DAMA (2000). Proyecto Parque Entrenubes: Un Plan para la Educación Ambiental. Bogotá, Colombia.

DAPD (2000). Decreto 619 de 2000. POT Distrito Capital. Bogotá, Colombia.

DAPD (1999). POT Distrito Capital, versión preliminar. Bogotá, Colombia.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (2001). Documentos del Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias, SIRE.

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, FOPAE (2004). Términos de Referencia Definitivos Invitación Pública para Contratación Directa FOPAE 7302 - 71 – 2004. Bogotá, Colombia.

González G., Alvaro J. (1990). Conceptos sobre la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos. VI Jornadas Geotécnicas. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá, Colombia.

González, A. J., Zamudio, E, Castellanos, R. (1999). Relación de Precipitación – Duración de Lluvias que Disparan Movimientos en Masa en Santafé de Bogotá, Colombia.

Ingeominas y Universidad de los Andes (1997). Estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia.

Rodríguez C. E. (2001*). Hazard Assessment of Earthquakes induce Landslides on Natural Slopes*. *Ph. D. Tesis, Imperial College. London, U. K.*

Sánchez - Silva, Mauricio (1997). Estrategias para la Evaluación de Riesgos. Universidad de los Andes. Especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres. Bogotá, Colombia.

Sarria E., Orlando (2000). Plano Desarrollo Casaloma II Sector. Bogotá, Colombia.

Unión Temporal Consultores en Riesgos (2002) (Omar Darío Cardona, C. Cantillo & Consulcons Ltda.) para FOPAE. Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en los barrios San Ignacio y San Martín en la Localidad de Usme de la ciudad de Bogotá, D. C. Bogotá, Colombia.

Secretaría Distrital de Salud (1998). Diagnósticos Locales con Participación Social - Metodología: Usme. Bogotá, Colombia.

Univerciudad (2002, 2004 y 2005). Sitio en Internet: http://www.univerciudad.net.

Varnes D. V. (1978). *Slopes Movement, Types and Proceses in Landslides: Analysis and Control. Transportation Research Board. National Academy of Sciences. Washington Special Report 176*. Págs. 11 a 33.

Velásquez, Elkin y Asté, Jean Pierre (1994). Algunas Bases para la Concepción de Escenarios de Riesgo Asociados a Fenómenos de Inestabilidad. Taller Internacional sobre Manejo de Riesgos Naturales en Zona Urbanas. Manizales, Colombia.

Wilches Ch., Gustavo (1993). La Vulnerabilidad Global, incluído en “Los Desastres no son Naturales”, compilación de Andrew Maskrey, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Bogotá, Colombia.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 489 DE 2004

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 3.0

ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se registran los resultados de los estudios básicos requeridos para la evaluación de riesgos, objeto del estudio, basados en los trabajos de investigación y análisis descritos en el **Capítulo 1**.

El capítulo comprende nueve secciones, de las cuales la primera corresponde a la introducción, la segunda incluye el levantamiento topográfico, la tercera registra los resultados de los estudios geológicos, la cuarta la descripción de la cobertura vegetal, la quinta los usos actuales del suelo en el área de estudio, la sexta cubre el estudio geotécnico, en la séptima el estudio hidrológico y climatológico, en la octava los estimativos de pérdida de suelo y en la novena se señalan las fuentes de información consultadas.

3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En esta sección se presentan los resultados del levantamiento topográfico realizado en el área de estudio, bajo la dirección del Topógrafo Carlos Hernando Moreno Moreno. El trabajo se adelantó entre el 29 de enero y el 15 de febrero de 2005, una vez definida el área de estudio por parte del Contratante. Adicionalmente se efectuó al final del Estudio el levantamiento de una zona del primer sector de Casaloma para definir las características topográficas de la entrega de las obras de drenaje a la Quebrada Yomasa.

3.2.1 Descripción del levantamiento

Para la realización de la consultoría del "Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras

Recomendadas para el Barrio Casaloma II Sector, de la Localidad de Usme, en Bogotá D. C.", se diseñó una programación de actividades entre las cuales se encuentra el levantamiento topográfico, permitiendo la recopilación de información de las características físicas del terreno.

Durante la ejecución del trabajo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

3.2.1.1 Visitas iniciales de campo

Los días 31 de diciembre de 2004 y 05 de febrero de 2005 se realizaron visitas de campo por parte del Topógrafo en compañía de los demás profesionales encargados del proyecto, con el objeto de determinar la envergadura del mismo, sus alcances y la planeación de las actividades a desarrollar.

3.2.1.2 Investigación de placas topográficas y cartografía de la zona

Para realizar el levantamiento topográfico se investigó en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) la ubicación de las placas más cercanas al área del terreno a levantar y la cartografía útil para la ejecución del mismo.

Como resultado de la investigación realizada en dicha institución se encontró que las placas más cercanas a la zona son las mostradas en la **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1. Placas de referencia

MOJÓN No.	NORTE	ESTE	COTA
CD 586	89.422,625	96.036,808	2.765,200
CD 586 a CD 587	Azimut plano del norte al este 227º 41´ 53,036´´ y distancia 524,93 m		

En el **Anexo 3.1** se adjunta el certificado pertinente. Por medio de una poligonal cerrada se trasladaron estas placas a la zona de estudio.

3.2.1.3 Levantamiento topográfico

Se efectuó la altimetría y planimetría del sector a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0,20 m. Esta especificación se mejoró para obtener más detalle, ya que originalmente se habían contemplado en los términos de referencia curvas de nivel cada 0,5 m.

En este levantamiento se incluyó la localización de viviendas, infraestructura de servicios públicos (agua, luz, gas, teléfonos, etc.), vías, corrientes de agua, accidentes topográficos y los detalles de interés para el presente estudio. El plano final del levantamiento topográfico se presenta en el **Apéndice 3.1** (**Plano 3.1**); en el **Plano 3.2** del mismo **Apéndice 3.1** se incluye la nube de puntos levantados, que en total fueron 1.125. De igual forma se levantó en campo una sección real que sirve para el análisis y el diseño, así como se construyeron otras 8 secciones a partir del plano, que se demarcan en planta en el **Plano 3.1** y se muestran en el **Plano 3.3**.

El método general de trabajo correspondió a una poligonal cerrada a partir de las placas del IGAC, tomando los detalles sobre dicha poligonal, mediante el empleo de estación topográfica. Partiendo del CD 586 con vista atrás, se ubicó una poligonal de cuatro vértices con sus auxiliares respectivos para tener mayor facilidad en tomar detalles. La poligonal tiene un error de cierre de 1:21.774 con cierre específico 1:25.000 (Ver cartera de cierre de poligonal en el **Apéndice 3.2**). Partiendo de la poligonal y con la certeza de que tiene el cierre exigido, se tomaron detalles como paramentos, bordes de vía, pozos, cajas, postes y la topografía necesaria para elaborar las curvas de nivel y la sección de análisis y diseño. En los **Apéndices 3.2** a **3.4** se presentan los cálculos y cartera de cierre de la poligonal, la cartera de coordenadas y la cartera y esquemas de campo, respectivamente.

Se empleó una Semiestación Electrónica Topcon GTS 2R y cartera electrónica, cuyas especificaciones y certificado de calibración se adjuntan en el **Anexo 3.2**. En el **Anexo 3.3** se adjunta la tarjeta profesional del Topógrafo, con su respectivo certificado de vigencia.

Se dejaron 4 referencias materializadas que permiten el posterior replanteo, así como los puntos de armada de la poligonal que materializaron con puntilla de acero y pintura identificado cada uno con su nombre.

3.2.1.4 Trabajo de oficina

- **Cálculos**

Con ayuda del software topográfico se calcularon los puntos tomados tanto en coordenadas como en cota. Con el software *Eagle Point* se dibujaron las curvas de nivel.

- **Dibujo**

Con los puntos calculados se unieron los de igual descripción (como por ejemplo paramentos, bordes de vía, etc.) y se elaboró un plano completo tanto de loteo como de la zona de trabajo.

3.2.2 Comparación de plano de loteo con el levantamiento

Se efectuó una comparación del plano de loteo contratado por la comunidad al Topógrafo Orlando Sarria Escobar para la legalización del Desarrollo Casaloma II Sector y radicado ante el Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD), y el plano del levantamiento topográfico ejecutado específicamente para el presente estudio, encontrándose notables diferencias, que se relacionan a continuación:

3.2.2.1 En cuanto a la localización del barrio

- La dirección del norte indicado en el plano de Sarria no es la real; hay una diferencia de aproximadamente 90°.

- No coincide la nomenclatura de calles y carreras.

3.2.2.2 En relación con el loteo

- La alineación, forma y tamaño de los lotes en el plano presentado a DAPD no corresponden con el levantamiento reciente.

- La identificación de manzanas y lotes en el plano de Sarria no coincide con la información suministrada por los habitantes cuando se efectuó el inventario de predios.

- En el plano de Sarria hay varios lotes que figuran como “construidos”, que en realidad están sin ningún tipo de edificación.

3.2.2.3 En relación con la altimetría

- En el plano de Sarria las curvas de nivel no concuerdan con la forma real del terreno (La pendiente está en otra dirección).

- Hay diferencias en cota hasta de 5 m.

3.3 ESTUDIO GEOLÓGICO

La presente sección contiene el marco geológico regional del área de estudio, el modelo geológico detallado y la zonificación geomorfológica que sirven de base para el estudio geotécnico objeto de la zonificación de amenaza por remoción en masa del barrio Casaloma II Sector en la localidad de Usme en Bogotá D. C.

Para entender el modelo geológico regional, se consultó y analizó la información correspondiente con esta área del conocimiento, entre la que se destaca el “Estudio de Zonificación de Riesgos por Movimientos de Remoción en Masa en 101 Barrios de la Localidad de Usme”, realizado por la firma Investigaciones Geotécnicas Ltda. (1998), junto con el mapa geológico del extremo sur de la Sabana de Bogotá realizado por M. Julivert (1963); adicionalmente se efectuó la fotointerpretación de los contactos 43 y 44 del vuelo C2717 de 2004 (IGAC, 2004). Una vez consultada y analizada dicha información, se prosiguió con el control de campo, con el objeto de efectuar el reconocimiento de las unidades litológicas y estructuras que afloran e inciden en el área de estudio.

En lo que respecta a la geología de detalle, se analizó la información correspondiente con la exploración del subsuelo (sondeos y apiques) y se elaboraron los perfiles y mapa geológico detallado de la zona de estudio, a escala 1:500.

3.3.1 Geología regional

La litología y estructuras geológicas del área en la cual se enmarca la zona de estudio es la siguiente:

3.3.1.1 Estratigrafía

Las rocas que afloran en la Localidad de Usme corresponden a la Formación Bogotá (Tpb), Formación Regadera Conjunto Superior (Trs), Formación Regadera Inferior (Tri) y Formación Usme (Tmu). Discordantemente sobre las rocas terciarias aparecen importantes depósitos y suelos del Cuaternario: Suelos Residuales (Qsr), Suelos Negros (Qsn), Depósito Fluvio Glaciar (Qfg), Depósitos Coluviales (Qcl), y Rellenos antrópicos (Qra) (Ver **Tabla 3.2** y **Figura 3.1,** en el **Apéndice 3.5**). A continuación se hace una breve descripción de cada una de estas unidades:

Estratigráficamente, por debajo de las formaciones incluidas en la **Tabla 3.2**, se encuentran las formaciones Cacho, Guaduas, Areniscas de Labor y Tierna, *Plaeners* y Arenisca Dura, entre otras.

En la **Figura 3.2** (**Apéndice 3.5**) se localiza el área de estudio en el Marco Geológico Regional tomada del estudio "Zonificación de Riesgo por Movimientos de Remoción en Masa en 101 Barrios de la Localidad de Usme en Santa Fe de Bogotá" realizado por la firma Investigaciones Geotécnicas Limitada (IGL) para el FOPAE en 1998, donde fueron identificados tres conjuntos de la Formación Regadera (Superior, medio e inferior), los cuales en el presente estudio se reducen a dos, de acuerdo con la fotointerpretación realizada (Fotografías 43 y 44 del vuelo C2717 de 2004). De otra parte y tal como se pudo ver en las fotografías aéreas, la secuencia estratigráfica se encuentra invertida, lo cual no se tuvo en cuenta durante la cartografía geológica realizada en el estudio de IGL de 1998.

La Formación Regadera Superior se encuentra constituida por arcillolitas en su mayoría con pequeñas interestratificaciones de arenitas, y en el área Casaloma II Sector, se encuentra estratigráficamente por debajo de la Formación Regadera inferior constituida por areniscas feldespáticas.

- **Formación Bogotá (Tpb)**

Consta de una sucesión monótona de lodolitas, limolitas y arcillolitas abigarradas (grises, rojas, violáceas y moradas), separadas por bancos de areniscas arcillosas blandas y no contiene mantos de carbón; la litología se caracteriza por ser muy parecida a la del Conjunto Superior de la Formación Guaduas, aunque la tonalidad de las arcillolitas es violácea.

La secuencia completa se encuentra expuesta en el flanco occidental del Sinclinal de Usme (Tunjuelito) donde fue medida. La sección tipo fue descrita por Julivert (1963) en la Quebrada Zanjón Grande, en la que se mide un espesor de 2.000 m aproximadamente. De acuerdo con otros geólogos (Monroy, 2000), esta formación puede superar los 4.000 m de espesor en sectores diferentes a lo mencionados.

En la Formación Bogotá hay menos intercalaciones arenosas que en la Formación Guaduas y está representada por una morfología ondulada con pendientes moderadas, en general. Sus arcillas se utilizan para la fabricación de ladrillos y tubos, por su carácter "impermeable". Debido a la alta plasticidad de los suelos arcillosos producto de la meteorización y/o alteración de las rocas que la constituyen, el área donde aflora es susceptible de inestabilidad, especialmente en pendientes inclinadas a muy inclinadas.

Tabla 3.2. Descripción de las unidades geológicas a nivel regional

EDAD GEOLÓGICA		UNIDAD GEOLÓGICA	CONVENCION EN EL PLANO	DESCRIPCION LITOLÓGICA
CUATERNARIO		Rellenos Antrópicos	Qra	Depósitos de escombros, material de excavaciones y basuras, conformados de manera técnica o antitécnica.
		Depósitos de ladera tipo Coluvión	Qcl	Depósitos Matriz-soportados, guijos y bloques de arenisca cuarzosa, embebidos en matriz arcillosa y a arcilloarenosa.
		Suelos negros de la sabana	Qsn	Consisten en suelos limo arcillosos, con un contenido de materia orgánica y algo de ceniza volcánica, que cubren las rocas y suelos residuales.
		Depósitos fluvioglaciares	Qfg	Bloques subredondeados de variados tamaños, asociados a zonas de cañadas, de la última glaciación.
		Suelos Residuales	Qsr	Suelos arcillosos, arcillolimosos y arcilloarenosos, producto de la meteorización y alteración de las rocas existentes.
TERCIARIO	Oligoceno – Mioceno	Formación Usme	Tmu	Intercalaciones de lutitas grises claras con ortocuarcitas blandas
	Eoceno Medio	Formación La Regadera	Ter	El conjunto superior está conformado por intercalaciones de areniscas cuarzofeldespáticas y arcillolitas abigarradas, y el conjunto inferior por Areniscas cuarzofeldespáticas, de grano grueso a conglomerático, grisáceas
	Paleoceno Superior a Eoceno	Formación Bogotá	Tpb	Lodolitas, limolitas y arcillolitas abigarradas, separadas por bancos de areniscas arcillosas blandas.

Fuente: Geología del Área Metropolitana de Bogotá D.C., PCI – OYO, 2000.

- **Formación Regadera (Tr)**

La formación consta de areniscas cuarzofeldespáticas, poco consolidadas, de color gris claro a blanco, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares

de conglomerados finos y matriz arcillosa. El conjunto inferior de la formación (Tri) consiste en bancos de arenisca con estratificación cruzada y espesores entre 0,5 y 15 metros. Las areniscas alternan con arcillolitas de color gris claro a rosadas y hasta rojizas con espesores que no sobrepasan los 0,3 m. En el conjunto superior de la formación (Trs) predominan las arcillolitas.

Sin que haya sido propuesta como sección tipo, Acosta y Beltrán (1987) han medido varias secciones en el flanco occidental del sinclinal de Usme (Tunjuelito), al sur de la población de Usme. La potencia máxima medida por estos geólogos es de 345 metros; según Julivert (1961) la formación alcanza los 400 metros de espesor.

El conjunto inferior (Tri) es un nivel resistente que se destaca en la topografía; las areniscas son muy friables, por lo cual se explotan como materiales de construcción. Además, tiene contacto erosivo con la Formación Bogotá. Las arcillolitas del conjunto superior (Trs) son explotadas para la fabricación de ladrillo. En taludes en contrapendiente son frecuentes las caídas de bloques.

- **Formación Usme (Tmu)**

La parte basal de la formación se halla muy bien expuesta en la cantera Cueva del Chulo, 1 kilómetro al Noreste de Usme (Ujueta y Patiño, 1998). Se observa allí una intercalación fina de lutitas grises claras (en panelitas que recuerdan a los *plaeners* arcillosos) en bancos delgados (5 - 10 centímetros), intercaladas con areniscas blancas, cuarcíticas de grano muy fino, bien cementadas, también en bancos de 5 - 10 centímetros de espesor. Sobre la secuencia anterior descansan en bancos gruesos (3 metros) areniscas muy blancas de grano fino, cuarcíticas, bien cementadas. Los interbancos son lutitas gris oscuras, duras, quizá con algo de sílice y escamas de peces y foraminíferos. La parte superior de la formación está caracterizada por la presencia de areniscas de grano medio a fino, localmente conglomerática, lodolitas, limolitas y arcillolitas con algunas intercalaciones arenosas menores y con lentes carbonosos. Hay restos de vegetales en las lodolitas.

La formación tiene su localidad tipo cerca de la población de Usme, de donde recibe su nombre. El espesor para la parte inferior obtenido a partir de cortes geológicos por Peña y Franco (1989) es de 115 metros y de 180 para la parte superior. La formación Usme yace directamente sobre la Formación Regadera y aún puede serlo sobre la Formación Bogotá, debido a que el contacto es discordante.

- **Depósitos fluvioglaciares (Qfg)**

Además de los depósitos de origen torrencial asociados o que sobresalen del valle del Tunjuelito, en el área se han cartografiado depósitos de origen fluvio glaciar, los cuales están ubicados en zonas de ladera y hacia la parte alta de los cerros más meridionales de la Sabana, donde se presentan enormes extensiones de morrenas.

En general, los depósitos de origen fluvioglaciar se localizan sobre formaciones blandas y preferiblemente sobre la Formación Bogotá. Constan de bloques y cantos de arenisca de formas subredondeadas a subangulares y algo planares

provenientes de las rocas del Grupo Guadalupe, embebidos en matriz limoarcillosa. El tamaño de los bloques es muy variado, alcanzando tamaños relativos hasta de 5 metros y su proporción con respecto a la matriz es de un 40 a 60%. De otra parte, los depósitos no son continuos, en algunos sitios enmarcados dentro del mismo afloran materiales arcillosos de la Formación Bogotá.

Dadas las mismas características físicas y mecánicas de los depósitos fluvio glaciares, son cuerpos que permiten el almacenamiento y flujo del agua subsuperficial de acuerdo con su posición con respecto a la topografía. Cuando estos depósitos se encuentran saturados y en laderas de pendiente alta, son susceptibles a inestabilizarse.

- **Suelos negros (Qsn)**

Son suelos de tonalidad oscura, orgánicos, con algo de ceniza volcánica, bastante fisurados. Se encuentran cubriendo los suelos residuales y en partes las rocas. Los suelos negros en el sector constituyen un espesor aproximado de 1 m y consisten en limos arcillosos que han copiado el fracturamiento de los macizos rocosos o el fisuramiento de los suelos residuales, razón por la cual captan agua de superficie con mayor facilidad, aumentando su potencial de inestabilidad.

- **Depósito coluvial (Qsl)**

Son depósitos de ladera resultantes de la fracturación y transporte que han sufrido las unidades geológicas presentes en el área. Por lo general se han originado por procesos de remoción en masa y en el área de la Sabana aparecen principalmente en el flanco occidental de la Falla de Bogotá. Están compuestos por guijos y bloques de arenisca cuarzosa embebidos en una matriz que varía de arcillosa a arcillo-arenosa. El espesor de los depósitos es muy variable (1 a 12 metros, en partes 20 metros) y éste depende más del relieve preexistente a la depositación y al potencial del material desplazado. Por razón de su composición granulométrica, los depósitos coluviales son algo permeables, captadores de agua y muy susceptibles a inestabilizarse, especialmente los localizados en zonas de pendiente alta.

3.3.1.2 Geología estructural

El área de estudio se enmarca en una zona muy compleja desde el punto de vista estructural, razón por la cual se describen a continuación los diferentes sistemas estructurales de incidencia en el sector de Casaloma II sector, con el objeto de comprender mejor el entorno geológico del área.

- **Sinclinal fallado Usme - Tunjuelito**

Esta estructura es la terminación sur de la depresión tectónica de la Sabana de Bogotá. El eje de plegamiento tiene dirección aproximada N-S, se extiende hacia el sur por más de 20 kilómetros y su eje se inclina de sur a norte. El flanco occidental se encuentra en posición normal con buzamientos hasta de 45º, mientras que el

flanco oriental se encuentra invertido en algunos tramos, lo cual no ocurre en el sector de San Cristóbal, donde la secuencia estratigráfica es normal. De otra parte, el sinclinal se encuentra afectado por fallas perpendiculares y oblicuas a su dirección general, y por pliegues menores que se presentan especialmente en áreas donde afloran formaciones rocosas de características blandas, como la Formación Guaduas y la Formación Bogotá.

Ingeominas (1997) efectuó la cartografía de la Falla de Tunjuelito y muestra que tiene rumbo NNE-SSW al sur, pasa a rumbo N-S al centro y cambia a rumbo NNW-SSE al norte. Según esta fuente de información, la estructura es de tipo inverso y delimita por el occidente al Sinclinal de Usme - Tunjuelito.

- **Falla de la Quebrada Yomasa**

Corresponde a un importante trazo rectilíneo, con dirección general N40W, a través del cual sufre un importante cambio en 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 deflecte hacia 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, genera un leve desplazamiento dextral en las rocas Terciarias.

- **Falla de Cerritos**

De acuerdo con lo observado en las fotografías aéreas empleadas en este trabajo, la inversión de la secuencia estratigráfica que se aprecia en el sector de Casaloma, corresponde a un bloque de rocas del flanco oriental del Sinclinal de Usme que de alguna manera sufrió su inversión local como consecuencia de una falla transversal a la estructura; dicha falla podría localizarse siguiendo el alineamiento de la quebrada Cerritos un poco más al norte del área de estudio. La secuencia estratigráfica al norte de dicha estructura se encuentra nuevamente en posición normal. De acuerdo con la fotografía, el trazo de falla presenta una dirección SE - NW.

La estructura descrita guarda relación con la Falla del Zuque, la Falla del río San Cristóbal y otras estructuras que causan inversiones en las rocas de los cerros del centro y norte de Bogotá.

3.3.2 Geología local

El propósito del estudio geológico local es elaborar un modelo litológico, que sirve de base para los análisis de estabilidad y las consecuentes propuestas de obras de mitigación y/o control de la estabilidad. Este trabajo fue realizado para cada uno de los sitios, a partir del reconocimiento detallado de campo a cargo del Ingeniero

Geólogo Gilmar Iván Patiño, con base en la topografía realizada específicamente para el presente proyecto y los registros de exploración de subsuelo. La litología del área de estudio de presenta en el **Plano 3.4** del **Apéndice 3.5** y se describe a continuación:

3.3.2.1 Formación Regadera Conjunto Superior (Trs)

La Formación Regadera se encuentra aflorando al NE y W del área de estudio, y está formada por arcillolitas de color violáceo a rojizo, con interestratificaciones de arenitas de color amarillo de grano fino y delgado espesor (menor a 20 cm) que en su mayoría se encuentran alteradas y meteorizadas a suelos residuales. La estratificación al NE del área de estudio está orientada N6°W buzando 18ºNE, y en la parte W presenta rumbo N-S buzando al E. Los estratos de la Formación Regadera se encuentran buzando en posición invertida. (Ver **Fotografías 3.1** y **3.2**). De acuerdo con lo descrito en el aparte de geología regional y con lo observado en la zona, debido al carácter arcilloso de la formación se encuentran industrias para la fabricación de ladrillo.



Fotografía 3.1. Formación Regadera Superior (Trs) en la parte W del área de estudio.



Fotografía 3.2. **Formación Regadera Superior (Trs) hacia la parte NE del área**

3.3.2.2 Suelos residuales (Qsr)

Los suelos residuales son producto de la meteorización y alteración del material parental, en este caso de la Formación Regadera Superior (Trs); básicamente son materiales finogranulares predominantemente arcillosos. Aunque esta unidad geológica es quizá la de mayor predominio en el área de estudio, su espesor es relativamente pequeño (menor de 3 metros). Pese al espesor relativamente delgado, en muchos sectores estos materiales dan lugar a procesos de remoción en masa como deslizamientos; no obstante, en el área de estudio solo constituyen un potencial relativamente bajo de inestabilidad. Se encuentran formando una ladera erosional residual en la parte central del área de estudio tal como se observa en las **Fotografías 3.3** y **3.4**.



Fotografía 3.3. **Suelos residuales altamente susceptibles al fenómeno de carcavamiento.**



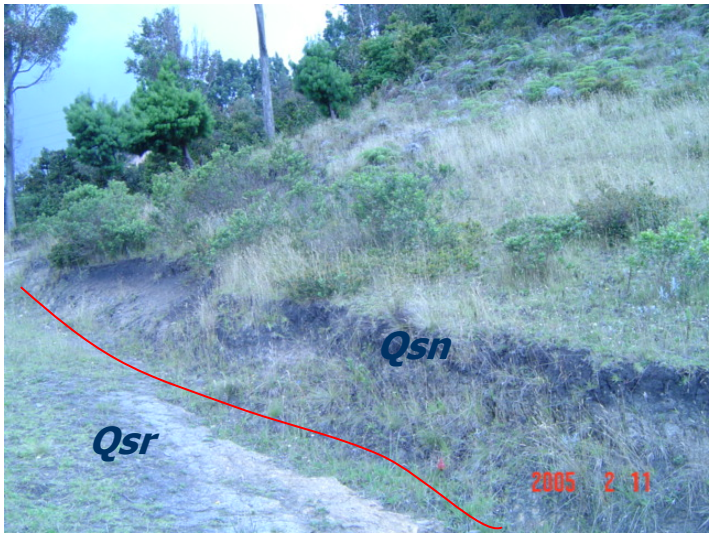
Fotografía 3.4. Suelos residuales hacia la parte central del área de estudio.

3.3.2.3 Suelos negros (Qsn)

Se encuentran expuestos hacia el NE y SE del área de estudio. Los suelos negros en el sector constituyen un espesor aproximado de 1 m, y consisten en limos arenoso-arcillosos orgánicos con algo de ceniza volcánica, que han copiado el fracturamiento o fisuramiento de los materiales infrayacentes, razón por la cual captan agua de superficie, aumentando su potencial de inestabilidad. (**Fotografías 3.5** y **3.6**). Los suelos negros se observan en general en los taludes de corte efectuados durante explanaciones para la construcción de viviendas y, por lo general, se han perdido en zonas explanadas o con problemas intensos de erodabilidad.



Fotografía 3.5. Suelos negros en la parte N del área de estudio.



Fotografía 3.6. **Suelos negros en la parte NE del área de estudio.**

3.3.2.4 Rellenos antrópicos (Qra)

Son depósitos conformados por la actividad humana; producto de explanaciones o excavaciones y depósitos de escombros de construcción **(Fotografía 3.7**). En general, en el sector de Casaloma II sector, es común la disposición de materiales de desecho (basuras y escombros de excavación) en la parte lateral y en el frente de los taludes de corte. Estos depósitos se localizan principalmente al W y S del área de estudio, donde se han realizado excavaciones para la construcción de viviendas y básicamente se encuentran constituidos por escombros de construcción mezclados con suelos negros removidos, razón por la cual son altamente susceptibles de inestabilidad en épocas de invierno (Ver **Fotografías 3.8** a **3.9**).



Fotografía 3.7. **Relleno antrópico localizado sobre la Cra. 8A Este.**



Fotografía 3.8. Relleno antrópico localizado sobre la calle 84 B sur.



Fotografía 3.9. Relleno antrópico (*Qra*) hacia la parte central del área de estudio.

3.3.2.5 Depósitos de flujos de tierra (Qfdt)

En el sitio de estudio, se presentan depósitos de material producto de los flujos de tierra ocurridos en diferentes ocasiones, los cuales se han denominado depósitos de flujos de tierra, toda vez que no son coluviones propiamente dichos, pero tampoco corresponden a suelos *in situ*.

Corresponden a depósitos de materiales deformados ya sea de suelos residuales, suelos negros o rellenos antrópicos. En el sector se pueden diferenciar dos tipos de depósitos de flujos de tierra: Los activos (el proceso como tal es evidente) y los potenciales (el proceso de flujo puede llegar a ocurrir como consecuencia de las lluvias o de sismos). En el área de estudio, este tipo de depósitos pueden llegar a representar una amenaza para las viviendas que se encuentran localizadas ladera abajo. Ver **Fotografías 3.10** a **3.12**.



Fotografía 3.10. **Depósito de flujos de tierra (*Qfdt*) en la parte SW del área de estudio.**



Fotografía 3.11. **Depósito de flujos de tierra en la parte NW del área de estudio.**



Fotografía 3.12. Depósito de flujos de tierra en la parte central del área de estudio.

3.3.3 Geomorfología

El objeto de esta sección es presentar la zonificación de las unidades geomorfológicas del área de estudio, con base en los procesos morfodinámicos existentes en cada una de ellas y las características de las mismas, con el propósito de definir las áreas de mayor y menor susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en el barrio Casaloma II sector en la localidad de Usme en Bogotá.

3.3.3.1 Unidades geomorfológicas

Una unidad geomorfológica es un área determinada en la cual existen particularidades de relieve, procesos morfodinámicos y propiedades litológicas que la caracterizan y diferencian de las demás.

En el área de estudio se identificaron 3 unidades, las cuales se presentan en el **Plano 3.6** del **Apéndice 3.5**.

En términos generales, las unidades presentes son de dos tipos: Las de origen antrópico, que corresponden básicamente a áreas donde se han efectuado rellenos compactados y sin compactar, botaderos, apilamientos de material y movimientos de tierra en general, donde se desarrollan procesos de inestabilidad relacionados con erosión y derrumbe de materiales en taludes de corte, y las de origen natural que tienen que ver con la exposición de material *in situ*, donde los procesos morfodinámicos tienen que ver con erosión laminar, en surcos y cárcavas, flujos de tierra, reptación, como se muestra en la **Tabla 3.3**.

3.3.3.2 Procesos morfodinámicos

- **Posibles causas de los procesos morfodinámicos**

Los posibles factores condicionantes de la inestabilidad del terreno son los siguientes:

a) Presencia de rocas altamente fracturadas, meteorizadas y fisuradas de la Formación Regadera (conjunto superior).

b) Existencia de estructuras geológicas (pliegues, diaclasas, estratificación y posiblemente zonas de cizalla), las cuales han contribuido a la degradación de los macizos rocosos.

c) Manejo insuficiente de aguas de escorrentía superficial y disposición inadecuada de rellenos en la ladera. (Ver **Fotografía 3.13**).

d) Realización de excavaciones sin efectuar un tratamiento adecuado de los taludes de corte para la construcción de viviendas. (Ver **Fotografía 3.14**).

- **Descripción de los procesos**

A continuación se describen los procesos morfodinámicos identificados de acuerdo con la descripción de las unidades geomorfológicos en el área de estudio. El inventario de los procesos morfodinámicos se presenta en las fichas técnicas elaboradas durante los reconocimientos de campo incluyendo en cada ficha uno o más procesos, en total se identificaron 53 procesos que para el presente estudio se presentan en 23 fichas. (Ver **Apéndice 3.6**).

- Carcavamiento

El carcavamiento es uno de los procesos morfodinámicos más notorios en el área de estudio; consiste en zanjas que se han formado como consecuencia de la escorrentía superficial sobre materiales de la Formación Regadera (suelos residuales y rocas blandas), suelos que en su mayor parte son arcillolimosos por lo cual son altamente susceptibles al proceso erosivo. El aporte de aguas desde la parte alta de la microcuenca es de volumen considerable durante épocas de lluvia. Las cárcavas se presentan hacia la parte central del área de estudio, tal como se puede apreciar en las **Fotografías 3.15** y **3.16**.

- Erosión laminar y en surcos

La erosión se acentúa sobre terrenos desprovistos de vegetación y aunque en el área de estudio es un poco incipiente, ésta puede llegar a desencadenar otra serie de procesos morfodinámicos como flujos y deslizamientos. Uno de los sectores donde se evidencia el proceso de erosión laminar es justamente en el área central de la zona de estudio, tal como se muestra en la **Fotografía 3.16**. También se presenta erosión laminar en los rellenos antrópicos depositados debido a la excavación del terreno para la construcción de viviendas.

Tabla 3.3. Descripción de las unidades geomorfológicas del área de estudio

ORIGEN DE LA GEOFORMA	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	CONVENCIÓN EN EL PLANO	CARACTERÍSTICAS DE LA GEOFORMA	PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
DENUDACIONAL	LADERA EN CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL	I	Relieve inclinado a muy inclinado con pendientes escarpadas en promedio de 45º, constituido principalmente por roca (Formación Regadera Superior) cubierta parcialmente por suelos negros. En la zona de estudio ocupa un área aproximada de **6.000 m2**	Se presenta caída de rocas, erosión laminar, en surcos. Carcavamiento
	LADERA RESIDUAL EROSIONAL	II	Relieve inclinado a ondulado, con pendientes de 30º en promedio, constituido por suelos residuales y por rellenos antrópicos sin compactar. En la zona de estudio ocupa un área aproximada de **11.000 m2**	Carcavamiento, Erosión laminar y en surcos. Taludes de corte, rellenos, Flujos de tierra, derrumbes.
AGRADACIONAL	LADERA EROSIONAL DEPOSITACIONAL	III	Relieve inclinado con pendientes en promedio que van desde 10º a 45º. Esta constituido por Suelos negros, Depósitos de flujos de tierra, Relleno Antrópico, Suelo Residual. En la zona de estudio ocupa un área aproximada de **21.000m2**	Taludes de Corte, Flujos de tierra, Rellenos, Reptación, derrumbes, Erosión laminar.



Fotografía 3.13. Manejo inadecuado de aguas de escorrentía superficial.



Fotografía 3.14. Detalle de manejo inadecuado de taludes de corte



Fotografía 3.15. Cárcava del barrio Casaloma II sector



Fotografía 3.16. Erosión laminar, en surcos y en cárcavas

- Taludes de corte, excavaciones y explanaciones

En el área de estudio los taludes de corte son procesos bastante representativos, en su mayoría se encuentran hacia el SW de la zona debido a las explanaciones realizadas para la construcción de viviendas; en general presentan longitudes entre 15 y 20 m, con alturas de 2 a 3 m y con pendientes promedio entre 30º y 50º; un ejemplo claro es el talud de corte que se muestra en la **Fotografía 3.17**. Es importante registrar que la estabilidad de estos cortes no está controlada por las discontinuidades del macizo.



Fotografía 3.17. **Talud de corte en la calle 85 sur con carrera 9 Este**

- Flujos de tierra

Los flujos de tierra son movimientos de velocidad variable; en el área estudiada están formados sobre materiales arcillosos de rellenos antrópicos y suelos negros que pierden su estabilidad por efecto del agua y como consecuencia de cortes inadecuados, originando desplazamientos con trayectorias relativamente alargadas, lobuladas en su extremo inferior; estos procesos siguen el alineamiento del drenaje natural, donde los suelos arcillosos se encuentran expuestos la mayor tiempo a la escorrentía subsuperficial. Este tipo de proceso se presenta en el área de estudio hacia el Este, tal como se puede observar en la **Fotografía 3.18**.



Fotografía 3.18. **Flujos de tierra hacia la parte SE de la zona de estudio**

- Reptación en laderas

Se manifiesta como un desplazamiento muy lento de la parte superficial del terreno, aún en taludes de pendiente moderada y con cobertura vegetal. De acuerdo con la teoría, en veranos prolongados el movimiento puede ser prácticamente nulo, pero en inviernos pronunciados puede alcanzar velocidades hasta de 5 cm/año. Este fenómeno es característico de todas las laderas donde se encuentran rellenos antrópicos dispuestos de manera inadecuada. **Fotografía 3.19**.



Fotografía 3.19. **Detalle de fenómenos de reptación en el área de estudio**

- Explanaciones y rellenos

Son los procesos antrópicos mediante los cuales se acondicionaron las áreas para llevar a cabo el desarrollo urbanístico. Hacia la carrera 8 F Este se conformaron taludes de corte en materiales arcillosos del orden de 2 m de altura, de los cuales la mayoría no se encuentran confinados; las explanaciones para el emplazamiento de la infraestructura física de viviendas conllevan a la conformación de taludes de corte donde se generan zonas con relajación de esfuerzos y rellenos. Al proceso combinado de corte – relleno se denomina terraceo y estas explanaciones a lo largo de la ladera forman un escalonamiento, tal como se puede apreciar en la **Fotografía 3.20**.

- Derrumbes

En el área de estudio se presentan derrumbes de importancia que representan una amenaza alta para viviendas que pueden verse afectadas. En general estan formados por materiales de relleno, en su mayoría de escombros de construcción, mezclados con suelos negros. Un derrumbe importante es el que se obseva en la **Fotografía 3.21** en la calle 85 Sur con carrera 9 A Este.



Fotografía 3.20. Escalonamiento a lo largo de la calle 84 A sur



Fotografía 3.21. Derrumbe propio del área de estudio.

3.3.4 Aspectos hidrogeológicos

La característica geoestructural más importante en el área estudiada es el alto grado de fisuramiento de las arcillolitas de la Formación Regadera Conjunto Superior, las cuales en su mayoría en el área de estudio se encuentran meteorizadas y alteradas a suelos residuales arcillosos, lo que hace que estas se constituyan en materiales "semipermeables". También forman parte del régimen hidrogeológico los estratos permeables de arenisca interestratificados con las arcillolitas, los cuales se encuentran diaclasados.

Debido a estas características, el macizo en roca blanda presenta una permeabilidad secundaria y en términos hidrogeológicos, las rocas clasificarían

como un acuicierre (permiten el almacenamiento pero no el flujo del agua subterránea).

El área de recarga aguas arriba de la zona de estudio es amplia y está constituida por rocas permeables (areniscas) del Conjunto Inferior de la Formación Regadera. En superficie, las aguas lluvias de la microcuenca confluyen en inmediaciones de las calles 84 A sur a la calle 85 sur. Es de aclarar que las rocas de la Formación Regadera Superior que afloran en el barrio Casaloma II Sector, pueden estar almacenando agua proveniente de la Formación Regadera Inferior que se encuentra topográficamente más arriba.

Por las razones expuestas anteriormente, es de esperarse que los materiales que constituyen el suelo y subsuelo alcancen humedades hasta del 36%. No obstante, debido a la pendiente moderada del Sector Casaloma II Sector, los problemas de inestabilidad no están relacionados con la presencia de aguas subterráneas. Durante las perforaciones efectuadas en la etapa de exploración de campo no se detectó nivel freático como tal sino niveles colgados en algunos horizontes de suelo, como producto de infiltraciones muy localizadas. Concretamente, el nivel colgado de agua en el subsuelo se localizó en la Diagonal 85 sur 9-10 a 3,30 m de profundidad.

En el nivel de suelos negros y hacia la pata del flujo de tierras localizado en la parte norte del área de estudio se presentan afloramientos de agua subsuperficial o de infiltración.

3.4 COBERTURA VEGETAL

Este aparte se refiere al tipo de cobertura vegetal del terreno y que para efectos prácticos se ha clasificado en los siguientes grupos, que se expresan en función de la altura de dicha cobertura:

- Sin cobertura
- Pastos y rastrojo
- Arbustos y matorrales
- Bosque

En la **Figura 3.3** (**Apéndice 3.7**) se presenta la zonificación del área de estudio según la cobertura vegetal del terreno.

3.5 USOS DEL SUELO

Existen diversas definiciones, interpretaciones y taxonomías de usos del suelo, de acuerdo con el objeto de estudio y las diversas disciplinas que intervengan. Así, por ejemplo, para efectos de reglamentación, el Plan de Ordenamiento Territorial de

Bogotá (POT), define uso del suelo como la "destinación asignada al suelo, de conformidad con las actividades que se puedan desarrollar".

En nuestro caso, se trata de establecer el uso del suelo como el resultado de la interacción en doble vía entre el suelo y la acción del hombre y que conlleva implícita o explícitamente el concepto de intervención antrópica del terreno, detallando el tipo de actividad que el ser humano ha desarrollado en el área de estudio.

De conformidad con lo anterior se han establecido las siguientes categorías de usos del suelo.

- Residencial: Donde se han construido edificaciones que sirven como lugar de habitación. Puede ser de carácter neto o combinado con otros usos.

- Dotacional: El uso dotacional corresponde al suelo donde se localizan los servicios necesarios para la vida urbana y para el recreo y esparcimiento de la población, independientemente de su carácter público o privado. Dentro de este uso se identifican zonas destinadas a la infraestructura de servicios públicos y la infraestructura de uso social, como se definieron en el **Capítulo 1** (Plan de Inventario de Elementos Expuestos).

- Minero: Corresponde a aquellas áreas donde se extraen o explotan diversos materiales por cualquier método.

- Agropecuario: Zonas donde se realizan actividades agrícolas, ganaderas o de explotación forestal.

- Bosque no intervenido: Zonas donde se observa vegetación primaria.

En la **Figura 3.4** (**Apéndice 3.8**) se presenta la zonificación del área de estudio según los usos del suelo.

3.6 ESTUDIO GEOTÉCNICO

El presente estudio tiene por objeto la investigación del subsuelo y la definición de los parámetros de resistencia de los materiales que lo constituyen, así como la ejecución de los análisis de estabilidad que conduzcan al planteamiento de las diferentes alternativas de obras para el control de la estabilidad geotécnica del área de estudio. De otra parte, mediante el estudio geotécnico se sientan las bases para la evaluación de la amenaza por remoción en masa, toda vez que se determinan las áreas de análisis y se establecen los diferentes mecanismos de falla de los materiales.

La investigación del subsuelo contempló la exploración con métodos mecánicos y ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas. Los parámetros de resistencia se obtuvieron a través del ensayo in situ de penetración estándar, ensayos de

laboratorio y análisis retrospectivos de estabilidad en los sitios con problemas de inestabilidad. Los análisis de estabilidad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas se efectuaron con la ayuda del programa PCSTABLE en su versión 6.0 de la Universidad de Purdue.

3.6.1 Investigación del subsuelo

3.6.1.1 Exploración del subsuelo

Se llevó a cabo un programa de exploración directa con el fin de conocer el espesor y las propiedades geotécnicas de los diferentes materiales que constituyen la superficie del terreno en el barrio Casaloma II Sector; se tomaron muestras inalteradas en apiques y semialteradas en las perforaciones. En total se realizaron tres apiques (5,3 ML) y once perforaciones (36,4 ML), además de la inspección visual del entorno geológico, geomorfológico y geotécnico. En el **Plano 3.4** se muestra la distribución en planta de los elementos que conforman la exploración del subsuelo, superpuestos a la geología de superficie.

Durante estos trabajos se describieron los materiales encontrados consignando en cada caso: Tipo de material, tamaño de grano, distribución granulométrica, color, contenido de humedad y presencia de oxidaciones y fisuras; y específicamente para los suelos: Plasticidad, consistencia y presencia de raíces.

En las **Tablas 3.4** y **3.5** se citan las coordenadas, cotas y profundidades aproximadas de los apiques y perforaciones ejecutadas (**Plano 3.4**) y en la **Tabla 3.6** se realiza la descripción de los niveles estratigráficos encontrados durante la exploración. Los registros de apiques y perforaciones se presentan en el **Apéndice 3.9**.

La mayor parte de los rellenos antrópicos se encuentran localizados hacia el costado sur y occidental del área de estudio, es decir en las zonas urbanizadas. Los suelos residuales y la roca afloran en áreas explanadas y abandonadas en el sector central y este del área.

Tabla 3.4. Localización de apiques

PUNTO DE EXPLORACIÓN	COORDENADAS		COTA	PROFUNDIDAD
	NORTE (m)	ESTE (m)	msnm	(m)
APIQUE 1	89.563	97.829	2.853,6	1,40
APIQUE 2	89.561	97.684	2.818	1,70
APIQUE 3	89.595	97.667	2.823,4	2,20

Tabla 3.5. Localización de perforaciones

PUNTO DE EXPLORACIÓN	COORDENADAS		COTA	PROFUNDIDAD
	NORTE (m)	ESTE (m)	msnm	(m)
PERFORACIÓN 1	89.580	99.751	2.829,1	6,50
PERFORACIÓN 2	89.603	99.773	2.834,4	2,50
PERFORACIÓN 3	89.563	97.683	2.820,6	1,10
PERFORACIÓN 4	89.594	97.665	2.823,6	2,20
PERFORACIÓN 5	89.669	97.673	2.818,2	4,20
PERFORACIÓN 6	89.666	97.713	2.831,4	3,30
PERFORACIÓN 7	89.651	97.661	2.817,8	4,30
PERFORACIÓN 8	89.522	97.738	2.830	3,60
PERFORACIÓN 9	89.540	97.746	2.827,8	4,40
PERFORACIÓN 10	89.676	97.646	2.813,7	1,60
PERFORACIÓN 11	89.554	97.732	2.823,8	2,70

Tabla 3.6. Descripción de los niveles estratigráficos

NIVEL	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
1	Depósitos de flujos de tierra: Corresponden a depósitos de materiales deformados o involucrados en procesos de falla (suelos negros y rellenos antrópicos).
2	Rellenos antrópicos: Son depósitos de material originados en actividades humanas, los cuales son producto de explanaciones y rellenos o depósitos de escombros.
3	Suelo negro: Constituye un espesor aproximado de 1 m y en términos generales se encuentra cubriendo los suelos residuales y la roca en la mayor parte del área; consisten en limos arenosos orgánicos, probablemente con algo de ceniza volcánica.
4	Suelos residuales: Son producto de la meteorización y alteración del material parental, en este caso de la Formación Regadera Superior (Trs); básicamente son materiales finogranulares predominantemente arcillosos.
5	Roca: Corresponde a la Formación Regadera Superior, constituida por arcillositas de color violáceo a rojizo, intercaladas con capas de areniscas de color amarillo de grano fino y delgado espesor (menor a 20 cm).

3.6.1.2 Ensayos de laboratorio

Para la determinación de las propiedades índice del suelo a diferentes profundidades y los parámetros de resistencia se realizaron los siguientes ensayos de clasificación y de resistencia, sobre las muestras obtenidas durante la exploración de campo: Humedad natural, límites líquido y plástico, peso unitario y corte directo a humedad natural. En el **Apéndice 3.10** se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados sobre las muestras representativas y en la **Tabla 3.7** se sintetizan los valores obtenidos para cada nivel.

Tabla 3.7. Resumen de resultados de laboratorio de suelos y ensayo SPT

ENSAYO	PARÁMETRO	RELLENO ANTRÓPICO	SUELO NEGRO	SUELO RESIDUAL
A PARTIR DE LOS DATOS DEL SPT	FRICCIÓN (ϕ °)	23	-	27
CORTE DIRECTO "CU"	COHESIÓN (Ton/m^2)	-	7,9	5,9 – 7,34
	FRICCIÓN (ϕ °)	-	21,7	13,7 - 22,7
PESO UNITARIO	γ_t Ton/m^3	1,83-1,91	1,42-1,82	1,95-2,25
CLASIFICACIÓN	U.S.C.S	CH-CL	MH-CH	CH-CL
LIMITE LIQUIDO	LL %	34,6-42,2	75,6	25 – 50,5
LIMITE PLÁSTICO	LP %	15,6-21,1	38	12,2-25,5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP %	13,5-25,9	37,6	9 – 29,2
HUMEDAD NATURAL	W %	16,3-28,6	14,7-36,4	13,7 – 25,9
INDICE LIQUIDEZ	IL %	9,5-55,3	(-7,7)	(-29,9) – (61,3)
PASA T-200	%		-	80,1
PRESIÓN DE EXPANSION	Ton/m2	-	0,0 NO CRITICA	5,0 NO CRITICA

3.6.1.3 Caracterización geomecánica

La caracterización geomecánica de los diferentes tipos de materiales encontrados partió de los trabajos de reconocimiento de campo, fotointerpretación geológica y la información obtenida de la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio.

Se aclara que la roca no fue estudiada al detalle, teniendo en cuenta que las superficies de falla potenciales ocurren siempre en los suelos blandos: Rellenos y suelos negros. Los depósitos de flujos de tierra representan una mínima parte de los materiales presentes en el área de estudio y sus características geomecánicas pueden estar muy cerca de los valores residuales de los suelos negros.

3.6.2 Caracterización del perfil estratigráfico

Para la caracterización geomecánica de los diferentes tipos de materiales encontrados se tomaron como base los trabajos de reconocimiento de campo, la información obtenida de la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y la interpretación geológica.

En total, se determinaron cinco (5) tipos de material, los cuales se describen a continuación:

3.6.2.1 Nivel 1: Depósitos de flujos de tierra

En el sitio de estudio se presentan depósitos de material producto de los flujos de tierra ocurridos en diferentes épocas, los cuales se han denominado depósitos de flujos de tierra, toda vez que no son coluviones propiamente dichos, pero tampoco corresponden a suelos *in situ*. Corresponden a depósitos de materiales deformados o involucrados en procesos de falla de taludes. Estos materiales clasifican como suelos CL a CH-MH dependiendo del material de origen (suelos negros o suelos residuales). Para propósitos del análisis de estabilidad, se considera que estos materiales no presentan cohesión y su ángulo de fricción es muy bajo, es decir, puede corresponder con la pendiente media del terreno o con los valores de resistencia residual de los suelos a partir de los cuales se originaron.

3.6.2.2 Nivel 2: Rellenos antrópicos

Material de composición arcillo limosa de consistencia baja a media, humedad natural hasta del 28,6%. Su peso unitario es variable (1,83 – 1,91) ton/m³ y se clasifica como arcilla orgánica de plasticidad elevada a arcilla limosa CH-CL de acuerdo con la USCS. Con respecto al estudio geológico, corresponden a la unidad Qra. Estos materiales se encuentran contaminados por material orgánico y eventualmente por escombros de construcción. Son depósitos originados por la actividad humana, como los rellenos producto de explanaciones y los depósitos de escombros. En general, en el sector de Casaloma II sector, es común la disposición de materiales de desecho al frente de las explanaciones.

3.6.2.3 Nivel 3: Suelos negros

Los suelos negros denominados así en el área de estudio por su tonalidad oscura cuando se encuentran húmedos, constituyen un espesor aproximado de 1 m, y consisten en limos arenosos orgánicos con algo de ceniza volcánica; clasifican como suelos MH (limos orgánicos) según la USCS. Su peso unitario está entre 1,42 y 1,82 ton/m³ y la humedad natural alcanza valores hasta de 36,4 %. Con respecto al estudio geológico, corresponden a la unidad Qsn.

3.6.2.4 Nivel 4: Suelo residual

Los suelos residuales son producto de la meteorización y alteración del material parental, en este caso de la Formación Regadera Superior (Trs); básicamente son materiales finogranulares predominantemente arcillosos. Se clasifican como suelo CH - CL (arcilla de alta a media plasticidad). Su peso unitario está entre 1,95 y 2,25 ton/m³ y la humedad natural alcanza valores de 25,9 %. Los suelos residuales fueron identificados en el estudio geológico con la nomenclatura Qsr. Teniendo en cuenta las observaciones de campo, en estos materiales no se presenta inestabilidad.

3.6.2.5 Nivel 5: Arcillolitas de la Formación Regadera Superior (Trs)

Este nivel corresponde a la roca aflorante, la cual consiste en arcillolitas de color amarillo a grisáceo, intercaladas con capas de areniscas de color amarillo de grano fino y delgado espesor (menor a 20 cm). Se encuentra a profundidades variables, dependiendo del espesor de los rellenos y del suelo residual. En el área de estudio aflora en la parte central, donde se aprecian buzamientos hasta del 100% en contrapendiente estructural. Para este nivel se adoptó un peso unitario ligeramente por encima del suelo residual: 2,1 ton/m³.

3.6.3 Análisis de estabilidad

El objetivo de los análisis de estabilidad fue el de evaluar las condiciones de seguridad de los taludes del área de estudio, con el fin de identificar la situación de amenaza a la que está sometida la infraestructura física y de esta manera proponer las medidas de mitigación para contrarrestar o mitigar el riesgo.

Los análisis de estabilidad se efectuaron a partir de la calibración de los parámetros geomecánicos de los materiales que constituyen el subsuelo, en especial de los rellenos y suelos negros, tomando como base los resultados de los ensayos de laboratorio y de la exploración de campo.

La modelación se efectuó con la ayuda de los métodos de equilibrio límite, para cada uno de los taludes (perfiles empleados de acuerdo con el plano geológico).

3.6.3.1 Condiciones de análisis

Los análisis de estabilidad se iniciaron con los modelos retrospectivos en el perfil I-I' del plano geológico, donde existe una evidencia clara de inestabilidad (flujo de tierras como consecuencia de un talud de corte y la acción de las aguas lluvias). Bajo estas condiciones, se considera que en dicho sector la estabilidad es precaria y que el factor de seguridad es del orden de 1,0 o que el terreno se encuentra en estado de equilibrio límite.

En las primeras siete figuras del **Apéndice 3.11** (llamadas 1 a 7) se nota claramente que las condiciones de estabilidad de los rellenos antrópicos sobre los suelos negros desmejoran de manera considerable en la medida que el factor Ru toma valores entre 0,1 y 0,5. Se aclara que dicho factor se incorpora en el análisis considerando que en el terreno no existe un nivel freático como tal pero que sí existen incrementos de presión de poros en el interior de los materiales que conllevan a la inestabilidad, lo cual se puede simular con una condición de suelo parcialmente saturado.

En las figuras 8 en adelante del **Apéndice 3.11**, se comprueba mediante el análisis de estabilidad de un talud constituido por materiales de relleno, que el factor de seguridad con superficies potenciales de falla muy próximas al borde del talud es de 1,19, pero en la medida que se alejan las superficies potenciales de falla del borde

del talud, las condiciones de estabilidad mejoran considerablemente. Esta situación es muy típica en todo el sector de viviendas de Casaloma II sector.

Los análisis iniciales permiten concluir que los parámetros determinados pueden ser aplicados de manera confiable para los análisis de estabilidad y evaluación de la amenaza, toda vez que su empleo en los análisis reflejan las condiciones actuales de estabilidad.

En la **Tabla 3.8** se indican los parámetros de resistencia empleados para el análisis de estabilidad, los cuales a su vez se utilizaron para la evaluación de la amenaza.

Tabla 3.8. Parámetros de resistencia empleados para los análisis de estabilidad

TIPO DE MATERIAL	PESO UNITARIO HÚMEDO (Ton/m^3)	PESO UNITARIO SATURADO (Ton/m^3)	COHESIÓN Ton/m^2	FRICCIÓN ϕ (°)
DEPOSITO DE FLUJOS DE TIERRA (Nivel 1)	1,8	2,0	0	14
RELLENO ANTROPICO (Nivel 2)	1,9	2,1	0,5	21
SUELOS NEGROS (Nivel3)	1,42	1,8	0,8	20
SUELO RESIDUAL (Nivel 4)	2,0	2,2	10,0	26
ROCA (Nivel 5)	2,1	2,3	20,0	30

Se aclara que los rellenos antrópicos y suelos negros presentan baja cohesión, debido a que en el primero de los casos la compactación no es adecuada y los suelos negros se encuentran altamente fisurados, lo que conlleva a que la masa de materiales en general sea potencialmente inestable.

Los suelos residuales no se encuentran involucrados en procesos de falla y teniendo en cuenta la pendiente suave del terreno y la baja altura de los taludes de corte (menor a 3 m), las condiciones de estabilidad de estos materiales son buenas.

3.6.3.2 Resultados del análisis de estabilidad

Los análisis de estabilidad efectuados permiten concluir que bajo condición estática y sin aporte de aguas, los taludes o laderas en general son estables, pero igualmente, los rellenos antrópicos y los suelos negros son altamente susceptibles de inestabilidad al generarse presión de poros en el interior de los mismos, la cual puede ser de diferente orden, dependiendo de la duración o intensidad de la lluvia. En términos generales, puede afirmarse que con cada incremento de presión de

poros en términos de ru de 0,1, los factores de seguridad se reducen en 0,08 unidades (**Tabla 3.9**).

Bajo condición pseudoestática, los factores de seguridad se encuentran por debajo de la unidad en aquellas zonas en las cuales existen evidencias actuales de inestabilidad (Perfiles I-I', H-H' Y C-C' del mapa geológico) y se encuentran ligeramente por encima de la unidad para el resto del área (Perfiles B-B' y E-E' del mapa geológico).

Tabla 3.9. Factores de seguridad para condiciones estática y pseudoestática

PERFIL DE ANÁLISIS	CONDICIÓN DE AGUA EN EL SUBSUELO EN TÉRMINOS DE Ru	FS CONDICIÓN ESTÁTICA	FS CONDICIÓN PSEUDOESTÁTICA SISMO 0,25g
I-I`	0,0	1,01	0,68
I-I`	0,1	0,93	0,62
I-I`	0,2	0,84	0,56
I-I`	0,3	0,76	0,50
I-I`	0,4	0,68	0,44
I-I`	0,5	0,59	0,37
H-H` a 2 m del borde del talud	0,0	1,19	0,85
H-H` a 4 m del borde del talud	0,0	1,25	0,86
H-H` a 6 m del borde del talud	0,0	1,47	0,92
H-H` a 8 m del borde del talud	0,0	1,61	0,94
H-H` a 10 m del borde del talud	0,0	1,80	1,00
B-B`	0,0	2,50	1,26
B-B`	0,1	2,37	1,18
B-B`	0,2	2,24	1,11
B-B`	0,3	2,10	1,03
B-B`	0,4	1,95	0,95
B-B`	0,5	1,80	0,87
C-C`	0,0	5,93	4,30
C-C`	0,1	5,82	4,22
C-C`	0,2	5,71	4,13
C-C`	0,3	5,59	4,05
E-E`	0,0	4,80	2,96
E-E`	0,1	4,72	2,96
E-E`	0,2	4,64	2,96
E-E`	0,3	4,56	2,85
E-E`	0,4	4,48	2,94
E-E`	0,5	4,40	2,89

Bajo condición pseudoestática, los factores de seguridad se encuentran por debajo de la unidad en aquellas zonas en las cuales existen evidencias actuales de inestabilidad, pero de manera local (perfiles I-I', H-H' del mapa geológico) y se encuentran muy por encima de la unidad para el resto del área aún bajo condición pseudoestática (perfiles B-B', C-C' y E-E' del mapa geológico).

Como es de esperarse, bajo condición pseudoestática y con presencia de agua en el subsuelo, se puede establecer con certeza la inestabilidad de los taludes de rellenos y suelos negros.

Por las razones anteriores, se recomienda la construcción de obras de contención de taludes, en aquellos sectores que resulten del análisis de la amenaza. Inicialmente, estos son los de los taludes de corte en los cuales se presentan espesores mayores a 2 m de rellenos y/o suelos negros.

Los análisis geotécnicos permiten concluir que el drenaje es fundamental para mantener las condiciones de estabilidad del área en general, dentro del cual toma gran importancia la captación, conducción y entrega adecuada de las aguas que provienen de la microcuenca localizada al oriente del barrio Casaloma II Sector. Cabe aclarar que en la actualidad existen pozos sépticos, los cuales a futuro pueden convertirse en un detonante de problemas de inestabilidad. Gran parte de las aguas servidas se entregan libremente sobre las vías de acceso al barrio, situación que debe ser controlada de manera adecuada por las entidades competentes.

3.6.4 Zonificación geotécnica

Con el objeto de enfocar los análisis de estabilidad para la evaluación de la amenaza por procesos de remoción en masa, se realizó una zonificación por áreas relativamente homogéneas, teniendo en cuenta las características geotécnicas del terreno. La zonificación se realizó con base en los planos geológico y geomorfológico, elaborados específicamente para el presente estudio, y con base en los resultados del análisis de estabilidad. Las zonas identificadas se describen a continuación y se presentan en el **Plano 3.7** del **Apéndice 3.12.**

3.6.4.1 Zona 1

Se demarca como zona geotécnica 1 el área donde se ha efectuado la mayor actividad antrópica, debido a las explanaciones para la construcción de vías y viviendas, conllevando la generación de taludes de corte y la conformación de rellenos medianamente compactados o sin ningún grado de compactación. Precisamente, los problemas de inestabilidad más evidentes del barrio Casaloma II Sector se localizan en esta zona. Los factores de seguridad de los taludes en condición estática se encuentran muy cerca de la unidad (1,01) y muy por debajo de ésta en condición pseudoestática (0,68). No obstante, las laderas en general presentan buenas condiciones de estabilidad aún bajo la acción sísmica. Los rasgos de inestabilidad se manifiestan durante temporadas invernales. En esta zona se recomienda la construcción de obras puntuales para corregir los problemas de inestabilidad de taludes de corte y de relleno.

3.6.4.2 Zona 2

Consiste en un área amplia de rellenos con espesores hasta de 4 m, donde los procesos morfodinámicos que se evidencian son los flujos de tierra incipientes. Existe gran afluencia de aguas durante inviernos, así como vertimiento de aguas negras hacia las vías de acceso. Teniendo en cuenta la baja pendiente media

longitudinal de la zona, los factores de seguridad están muy por encima de la unidad inclusive bajo condición pseudoestática. En esta zona se recomienda el mejoramiento de las vías de acceso, la construcción de un canal que colecte, conduzca y entregue de manera adecuada las aguas de escorrentía superficial en el cauce de la quebrada Yomasa. Es una zona relativamente atractiva para la creación de parque de juegos.

3.6.4.3 Zona 3

Corresponde al área donde están bien expuestos los suelos residuales y las rocas blandas de la formación Regadera, gracias a las explanaciones efectuadas con anterioridad para la construcción de viviendas. Allí se ha generado un carcavamiento relativamente profundo (hasta de 2 m). Desde el punto de vista de estabilidad, la zona es estable, con factores de seguridad por encima de la unidad inclusive bajo condición pseudoestática. En esta zona se recomienda efectuar terraceos hasta el nivel inferior de cárcavas y la construcción ordenada de viviendas. Este manejo puede resultar más seguro, práctico y económico que la misma recuperación de cárcavas.

3.6.4.4 Zona 4

Se enmarca dentro de esta zona a los sectores donde están presentes los suelos negros en laderas de pendiente relativamente alta (hasta de 40º). Allí se evidencian flujos de tierra activos e incipientes. Teniendo en cuenta que la estabilidad es relativamente precaria, se recomienda mantener el área revegetalizada y la construcción de obras de drenaje superficial. Este sector podría convertirse en zona verde del barrio.

3.6.4.5 Zona 5

Debido a las restricciones generadas por la construcción de la futura Avenida Boyacá y su proximidad al Parque Entrenubes, se estableció una zona especial denominada Zona 5, que bien podría haber quedado en las zonas 3 o 4, pero que requiere un tratamiento distinto. Se trata de un área donde no se recomendaría ningún tipo de intervención antrópica.

3.7 ESTUDIO HIDROLÓGICO Y CLIMATOLÓGICO

Las obras de drenaje requeridas por el barrio Casaloma II son de gran importancia para disminuir el riesgo y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Alcantarillas y cunetas longitudinales, hasta obras de mayor envergadura como canales y un buen alcantarillado para la recolección de aguas negras serán de gran ayuda. Cada una de ellas requiere de algún tipo de análisis hidrológico cuya extensión y alcance depende del nivel del estudio y de la importancia de la obra. La valoración inadecuada de caudales trae como consecuencia sobrecostos en la construcción de obras sobredimensionadas o resultados nocivos en la referente a la estabilidad de taludes.

En la presente sección se describe la metodología mediante la cual se calcularon los caudales para los diferentes períodos de retorno de la microcuenca existente inmediatamente aguas arriba del barrio Casaloma II Sector y los análisis correspondientes.

3.7.1 Caracterización morfométrica

Las características morfométricas de una determinada cuenca están determinadas 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.

La microcuenca a estudiar se encuentra enmarcada entre las coordenadas X=(89.600,89780) Y=(97.800,98.200), pertenece a la subcuenca de la quebrada Yomasa, tributaria del río Tunjuelito.

La subcuenca de la Quebrada Yomasa se puede caracterizar brevemente así, tal como se realizó en el **Capítulo 2**: La quebrada nace a 3.450 m.s.n.m. y desemboca en el Río Tunjuelo a 2.620 m.s.n.m, con una forma rectangular oblonga, con baja captación de aguas lluvias. La densidad de drenaje y de corriente son altas y el tiempo de concentración es muy alto. Esta última característica puede ser aplicada a la microcuenca objeto del presente estudio.

3.7.2 Climatología

Por ser el clima un factor importante en el modelamiento del paisaje, se tratan a continuación los diferentes caracteres climáticos básicos como son precipitación, temperatura, vientos, humedad relativa y brillo solar, entre otros. Esta información se obtuvo de las estaciones meteorológicas disponibles por las diferentes entidades encargadas en el área de interés, como son el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), las cuales se detallan en la **Tabla 3.10**.

Tabla 3.10. Información de las estaciones meteorológicas. Fuente: IGL, 1997

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

	PARAMETROS	TIPO	
1	Precipitación diaria	PM	Pluviométrica
2	No. días mensuales con lluvia	PG	Pluviográfica
3	Precipitación máximas en 24 horas	CO	Climatológica Ordinaria
4	Precipitación media mensual	CP	Climatológica principal
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		

3.7.2.1 Precipitación

- **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 y son leídos cada 24 horas (a las 7 a.m.).

Para el análisis de las precipitaciones se utilizó la información suministrada por el estudio de IGL (1997), en el cual 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.

Para el análisis detallado de la microcuenca del Barrio Casaloma II sector se procesó la información de la estación el Bosque y se obtuvieron las curvas IDF.

- **Variación temporal de la precipitación**

Las estaciones del área de estudio indican que el período lluvioso corresponde a los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, principalmente, caracterizados por altas precipitaciones, mientras 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 3.11** para todas las estaciones analizadas. El período lluvioso cuenta con algunos aguaceros de poca duración y gran intensidad.

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 3.5**)

Tabla 3.11. Precipitación media mensual multianual (mm) al 50% de probabilidad de ocurrencia.

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	40,6	60,32	78,28	94,09	63,9	79	68,4	51,0	76,72	74,17	41,9	751,8

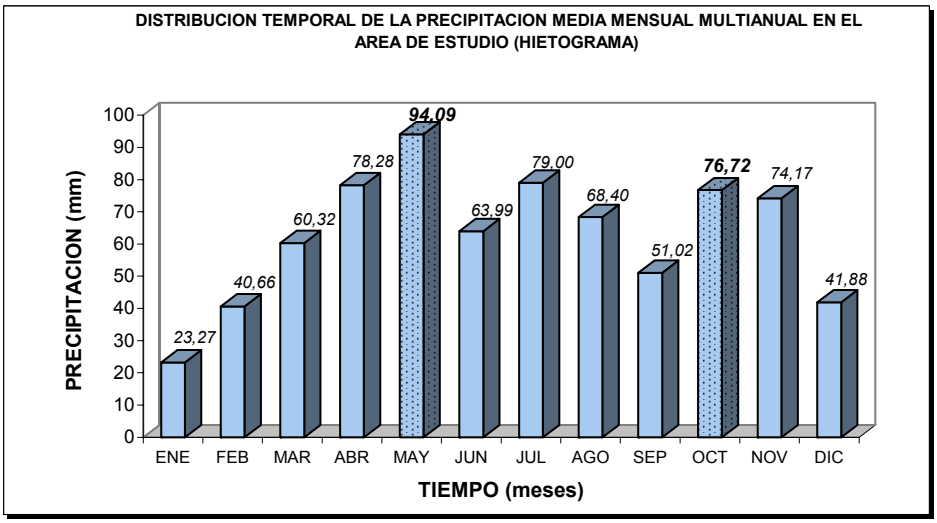


Figura 3.5. Distribución temporal de las precipitaciones mensuales multianuales

- **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 Lucia, 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, como se muestra en la **Tabla 3.12.**

Tabla 3.12. Precipitación 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	10,99	15,9	20,8	16,6	10,34	10,85	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

Utilizando el modelo para el análisis de frecuencia de lluvias máximas en 24 horas realizado en el estudio de IGL (Ref. cit.) se obtienen las precipitaciones máximas promedias para un intervalo de tiempo de 24 horas para seis diferentes períodos de retorno en las estaciones analizadas. En la **Tabla 3.13** se pueden apreciar los valores de las Isomáximas para diferentes períodos de retorno.

Tabla 3.13. Isomáximas (mm) en 24 horas para diferentes períodos de retorno (Tr)

ESTACION	ISOMAXIMAS	Tr,	Tr,	Tr,	Tr,	Tr,	Tr,
	PROMEDIO	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	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

3.7.2.2 Otros parámetros meteorológicos

Para el estudio de otros parámetros climatológicos, 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. 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 esta información, aunque sea sólo de manera general.

- **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. 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; 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, como se muestra en la **Tabla 3.14**.

$$T = 12,1 - 0,08\ (H)$$

Donde:
T = Temperatura en grados centígrados
H = Altura en metros sobre el nivel del mar

Tabla 3.14. Temperatura media de la Localidad de Usme

ESTACION	TEMPERATURA	ALTURA (m.s.n.m.)
DOÑA JUANA	12	2700
SAN JORGE GJA.	11,8	2900

El comportamiento de la temperatura, registra en los meses de junio, julio y agosto las más bajas y en los meses restantes se presenta una temperatura estable alrededor de 12° C. (**Figura 3.6**). 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.

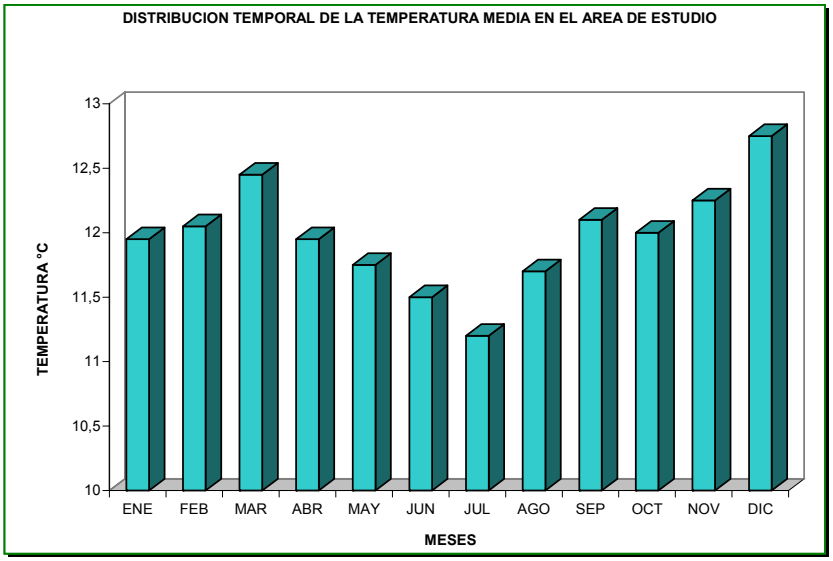


Figura 3.6. Distribución de la temperatura media en el área de estudio.

- **Humedad relativa**

Este parámetro se define como la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y está 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 (es). Está dada por la expresión:

$$H = 100 (e / es)$$

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.

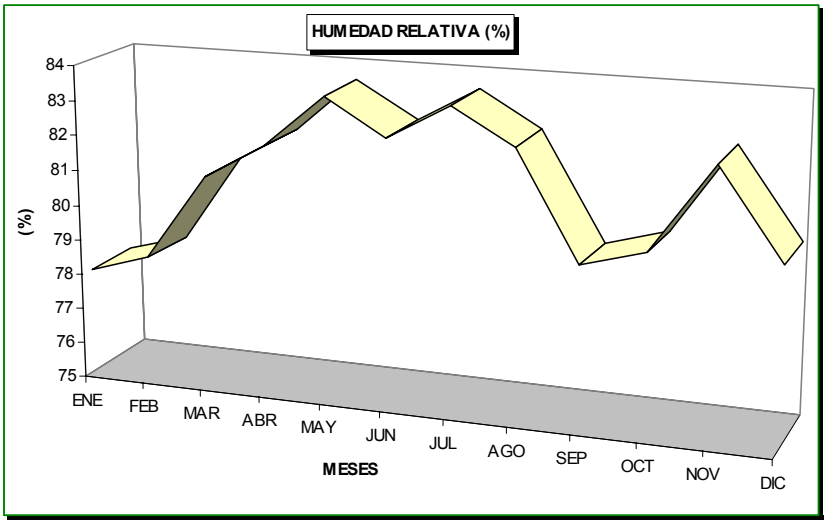


Figura 3.7. Humedad relativa (%).

- **Brillo solar y nubosidad**

La relación de estos 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, mientras 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). Los meses menos nubosos son diciembre, enero y febrero con 4 octas, y en los meses restantes la nubosidad es estable con un valor de 5 octas.

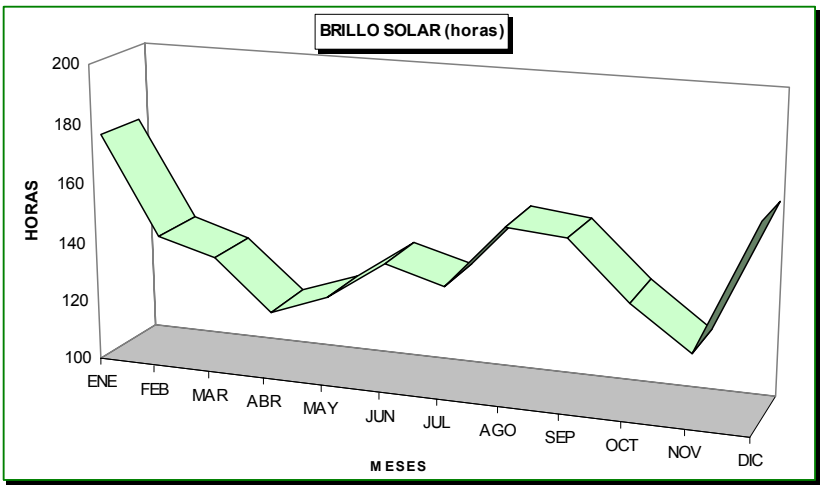


Figura 3.8. Brillo solar.

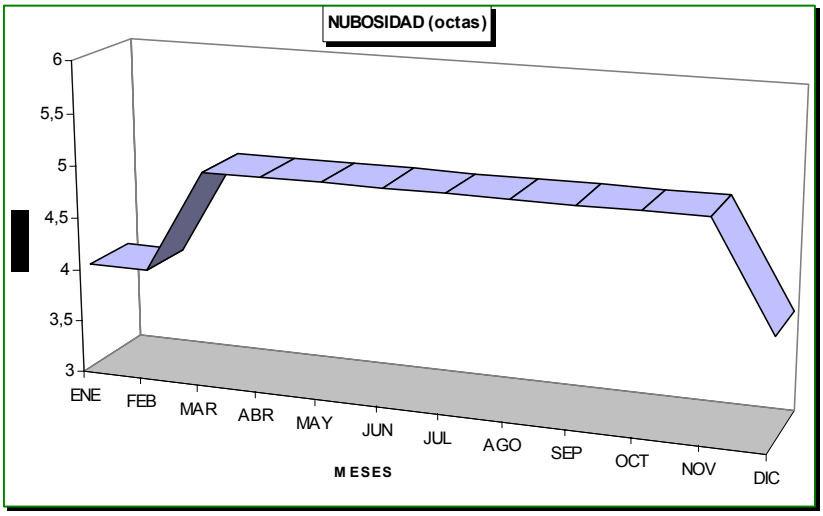


Figura 3.9. Nubosidad.

- **Punto de rocío**

Este elemento del clima se define como la temperatura a la cual la tensión de vapor es igual a la 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 y 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).

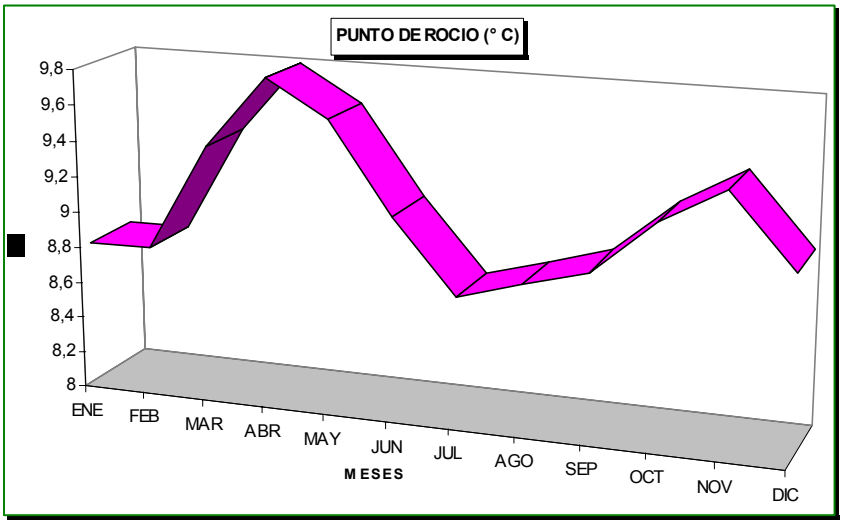


Figura 3.10. Punto de rocío.

- **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 solo. 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.

- **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 tropósfera inducen desplazamientos verticales de corrientes de aire húmedo que se condensan, y 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 y 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 4,5 m/s, obedeciendo principalmente a la circulación general de la atmósfera en el trópico.

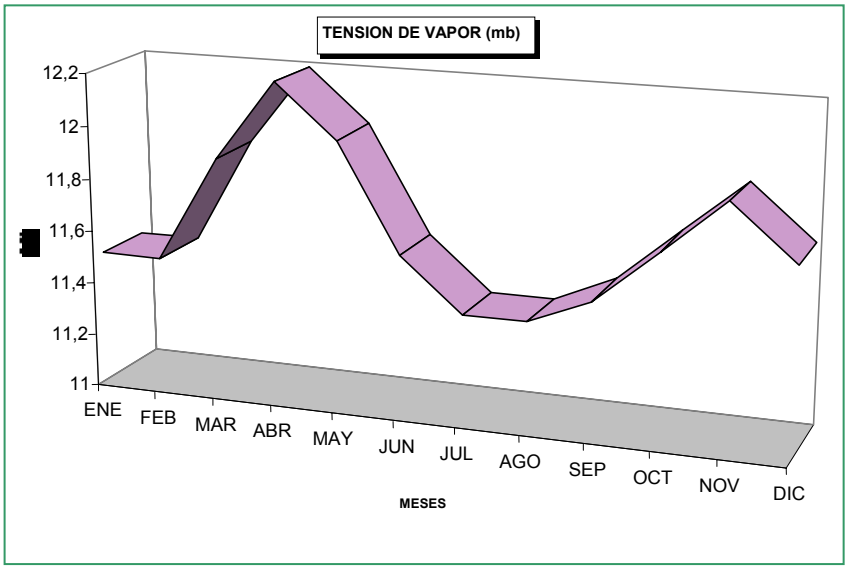


Figura 3.11. Tensión de vapor.

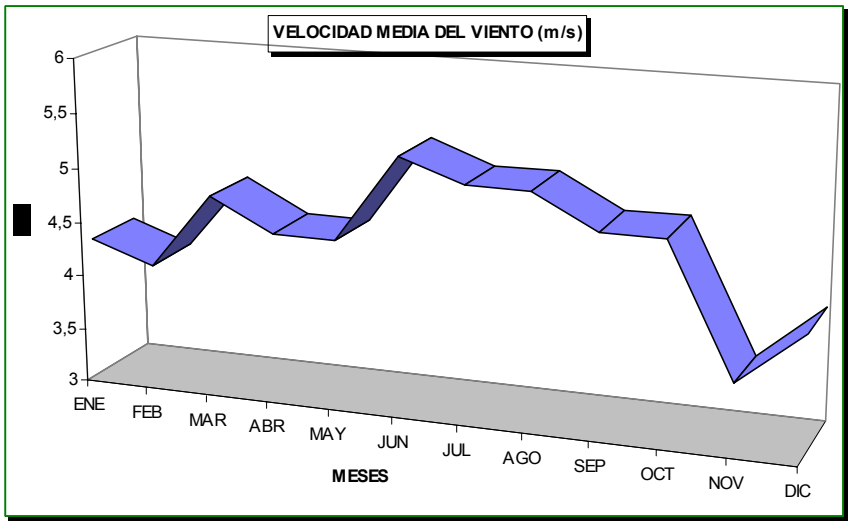


Figura 3.12. Velocidad media del viento.

3.7.3 Análisis hidrológico y de drenaje

Este análisis tiene por finalidad determinar los caudales de diseño que servirán para el análisis y cálculo hidráulico de las estructuras de drenaje. Se basa en información básica recopilada en entidades como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá (DPAE), particularmente los siguientes documentos:

- Plancha P-9 Antigua, escala 1:2.000.
- Planos topográficos del presente trabajo.
- Fotografías aéreas # 000043, 000044, 000045 del vuelo C-2717 del año 2004.
- Datos hidrometeorológicos generales.
- Densidad de drenajes de la localidad de Usme.
- Isomáximas medias mensuales multianuales de 24 horas, localidad de Usme.
- Distribución de isomáximas en 24 horas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años, localidad de Usme.
- Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá. (EAAB).

En términos generales, el área donde se localiza el proyecto presenta una topografía agreste, con elevaciones, generando cauces con pendientes naturales de importancia.

Para el presente estudio se ha tomado en cuenta la estación meteorológica # 2120085 - El Bosque, por ser la más cercana y representativa del área del proyecto.

3.7.3.1 El método racional para el cálculo de caudales

El método utilizado para determinar el caudal máximo aferente es el denominado Método Racional, desarrollado por Thomas James Mulvaney en el documento titulado "Sobre el uso de los Auto-registros de lluvia y aforos de avenidas al observar las relaciones de precipitación con las descargas de avenidas en una cuenca dada", publicado por la Institución de Ingenieros Civiles de Irlanda en febrero de 1851.

El Método Racional se utiliza ampliamente para la determinación de caudales de diseño, debido a su simplicidad y lógica.

El método es utilizable en cuencas pequeñas; sin embargo se deben tener presentes sus limitaciones y las hipótesis involucradas:

- El método supone que el coeficiente de escorrentía se mantiene constante para distintas tormentas, lo cual es estrictamente válido sólo para áreas impermeables, de allí la necesidad de amplificar los valores de C para periodos de retorno altos.

- Se asume que el periodo de retorno de la lluvia de diseño es igual al del caudal máximo.

- Considera también que la tormenta tiene distribución e intensidad constante en toda la cuenca.

- Supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída.

La fórmula característica del Método Racional es:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal máximo a drenar en m3/s, para un período de retorno "Tr"
A = Área del drenaje en Ha.
C = Coeficiente de escorrentía.
I = Intensidad de la precipitación en mm / hora.

3.7.3.2 Determinación de parámetros

- **Área de drenaje**

El área de la cuenca se obtuvo utilizando los planos topográficos de la zona y las divisorias de aguas de las cuencas se definieron con la ayuda de las fotografías aéreas y las observaciones de campo, obteniéndose un área A de 33.500 m2.

- **Pendiente media de la cuenca**

La diferencia de alturas de la cuenca aportante en la ladera oscila entre las cotas 3020 y 2880 m. s. n. m. en una longitud de 400 metros, lo que equivale a una pendiente media del 35%.

- **Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía representa el porcentaje de lluvia que se convierte en escurrimiento superficial y sale directamente de la cuenca; varía entre 0 y 1 y depende de las características del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración. La elección del coeficiente de escorrentía se aborda con la ayuda de los factores de relieve, infiltración, cobertura vegetal y almacenamiento de agua de la cuenca.

En la **Tabla 3.15** se relacionan los valores utilizados para la determinación del coeficiente de escorrentía en la cuenca, los cuales son recomendados por el Estado

de California en la versión de 1995. El uso de la tabla requiere seleccionar el valor correspondiente a la situación de cada factor e ir sumando las contribuciones de cada uno de ellos.

Tabla 3.15. Coeficiente de escorrentía

FACTOR	EXTREMO	ALTO	NORMAL	BAJO
Relieve	0,28-0,35	0,20-0,28	0,14-0,20	0,08-0,14
	Escarpado con pendientes mayores de 30%.	Montañoso con pendientes entre 10% y 30%.	con cerros y pendientes entre 5% y 10%.	Plano con pendientes menores al 5%.
Infiltración	0,12-0,16	0,08-0,12	0,06-0,08	0,04-0,06
	Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable.	Suelo arcilloso o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados.	Normal, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos.	Suelos profundos de arena u otro suelo bien drenados con alta capacidad de infiltración.
Cobertura Vegetal	0,12-0,16	0,08-0,12	0,06-0,08	0,04-0,06
	Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura.	Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos de 20% del área con buena cobertura vegetal.	Regular a buena, 50% del área con praderas o con bosques, no más del 50% cultivado.	Buena a excelente, 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente.
Almacena-miento superficial	0,10-0,12	0,08-0,10	0,06-0,08	0,04-0,06
	Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas.	Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas húmedas.	Normal, posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos.	Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos.
Periodo de Retorno de 10 años. Si T<10 años Amplificar Por: [T=25 ; C*1,10] [T=50; C*1,20] [T=100; C*1,25].				

Para el diseño de las obras del proyecto se requiere un coeficiente de escorrentía para una tormenta con período de recurrencia de 50 años.

El área presenta un relieve montañoso con pendientes entre el 10% y el 40% y se caracteriza por estar sobre suelo arcilloso o limoso con baja capacidad de infiltración, mal drenados con una cobertura vegetal buena en la parte alta de la cuenca, pero no es de la misma manera en la parte baja, al haberse realizado en el sector explanaciones para futuras urbanizaciones o vías; la vegetación que se observa es variada y está compuestas por bosques en la parte alta de la cuenca y por pasto y especies de poca altura en la zona baja.

Por lo expuesto anteriormente y con base en la **Tabla 3.15** se determinaron los coeficientes parciales, y posteriormente el valor total del coeficiente de escorrentía.

Relieve = 0,20

Infiltración = 0,08

Cobertura vegetal = 0,07

Almacenamiento superficial = 0,08

C= 0,20+0,08+0,07+0,08 = 0,43

C= 0,43*1,25 = 0,53.

- **Intensidad de la precipitación**

Es necesario conocer o evaluar la intensidad de precipitación para el tiempo de concentración de la cuenca. Si se utiliza un tiempo menor, no se permite que toda la cuenca contribuya al caudal, y si se utiliza un tiempo mayor, la intensidad máxima será menor. Esta intensidad de precipitación para aplicar la fórmula debería corresponder a una precipitación uniforme por toda la extensión de la cuenca durante el tiempo considerado. Para la determinación de las curvas Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF) se utilizó la ecuación:

Intensidad = C1 *(Duración + X0) ^ C2

Dicha ecuación hace parte del Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá, en el cual los datos de precipitaciones de la estación # 2120085 El Bosque, ubicada cerca a la zona de estudio, son ordenados y procesados por medio de métodos estadísticos (Distribución de Valores Extremos de Gumbel) para obtener las curvas la ecuación y posteriormente las curvas IDF, como se muestra en la **Tabla 3.16**.

Tabla 3.16. Datos para las curvas IDF

VALORES PARA LA ECUACIÓN INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA				
ESTACION			COORDENADAS	
NUMERO:	2120085		ESTE	NORTE
NOMBRE:	EL BOSQUE		1000000	986500
AÑOS	TR	C1	X0	C2
25	3	608,7	14,1	-0,82
25	5	764,9	12,8	-0,82
25	10	985,8	12	-0,84
25	25	1.228,2	11,1	-0,84
25	50	1.400,8	10,6	-0,84
25	100	1.626,4	10,6	-0,85

La **Figura 3.13** muestra las curvas Intensidad—Duración—Frecuencia para la estación # 2120085, El Bosque con los datos registrados.

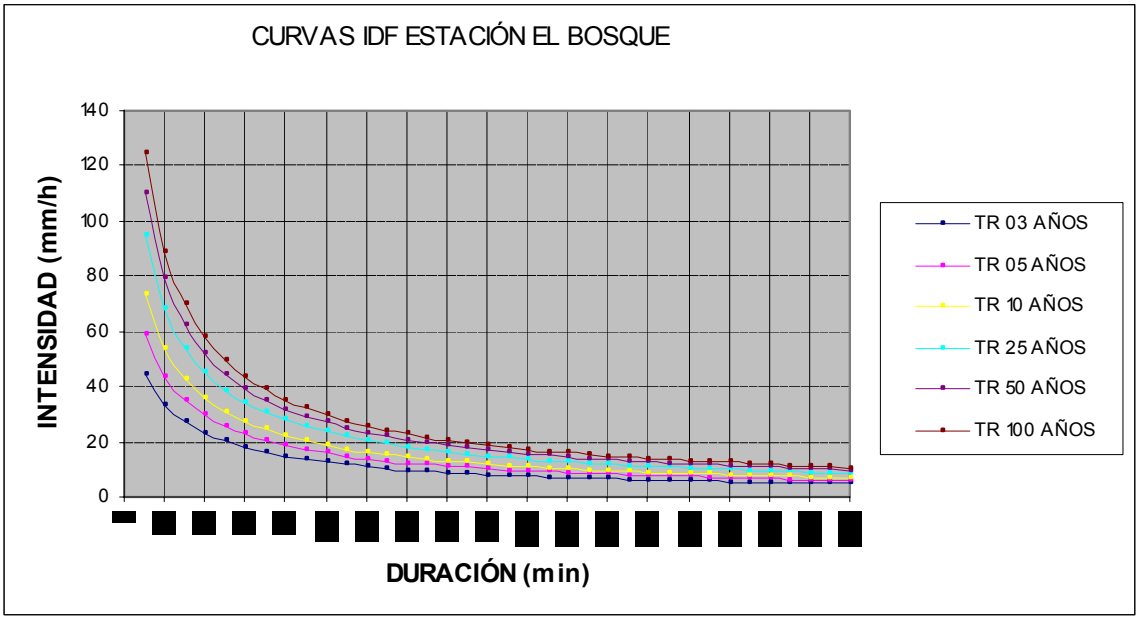


Figura 3.13. Curvas IDF Estación El Bosque

- **Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración es el tiempo desde el inicio del aguacero hasta el momento en llegar al sitio de interés, que se considera igual al tiempo de duración de la lluvia cuando se produce el máximo aporte de la cuenca, según Ven Te Chow, 1964.
Para su cálculo existen las metodologías de Kirpich, Corps of Engineers, California y otras; sin embargo, dada la corta longitud de recorrido en la subcuenca hacia el área de estudio, el tiempo de concentración según dichas metodologías es muy pequeño (5 minutos) y se adoptó un valor de 10 minutos equivalente a la duración.

3.7.3.3 Resultados del análisis

En la **Tabla 3.17** se resumen las características de la cuenca, como son el tiempo de concentración, el área y la intensidad de la lluvia, explicados anteriormente.

Tabla 3.17. Resumen características de la cuenca

Cuenca N°	Longitud (m)	Desnivel (m)	Tiempo (min.)	Intensidad 100 años	Área (Ha)	Coeficiente Escorrentía, C
1	400	140	10	124,29	3,4	0,52

Los caudales máximos obtenidos para diversos períodos de retorno se presentan en la **Tabla 3.18**.

Tabla 3.18. Caudales máximos esperados (m3/s)

PERÍODO DE RETORNO (años)					
3	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
0,22	0,28	0,36	0,46	0,54	0,62

3.7.3.4 Caudal de diseño de obras

Para el diseño de las estructuras hidráulicas que se requieran, se consideró como caudal de diseño, el equivalente a un período de retorno de 100 años.

El caudal que aporta la cuenca es de Q = 0,62 m³/s, pero si se considera que en un futuro el barrio Casaloma II sector se encontrará pavimentado, existirá un aporte de agua lluvia estimado en 0,56 m^3/s, obtenido a partir de los siguientes datos:

- Área portante (construida pavimentada) A = 23.300 m2 = 2,33 Ha
- Coeficiente de escorrentía C zona (construida y pavimentada) C= 0,70
- Intensidad TR = 100 años= 124,29 mm/hora
- Qpavimentada = 0,56m3/s

Por lo tanto el caudal de diseño será de 1,18 m³/s.

3.8 ESTIMATIVOS DE PÉRDIDA DEL SUELO

Los modelos de erosión hídrica han sido diseñados para predecir y controlar las alteraciones en las condiciones del suelo debidas a la erosión superficial, que puede darse tanto de forma natural como provocada por las actividades humanas. Dichos modelos sirven para calcular la pérdida de suelo que se produce en determinada zona, como se expone a continuación, donde la principal fuente de consulta fue Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de España (1990).

3.8.1 Ecuación universal de pérdida de suelo

El modelo más ampliamente difundido es el de la “Ecuación Universal de pérdida de suelo” o simplemente “Ecuación universal” postulado en 1958 (Wischmeier y Smith). Una investigación muy completa sobre las ecuaciones de pérdida de suelo ha sido hecha por Taylor (1970) y su expresión es como sigue.

$$A = 2{,}24 * R * K * L * S * C * P$$

Donde:

A: Es la pérdida media anual de suelo en toneladas por unidad de superficie (Ha).

R: Factor de lluvia

K: Factor de erosionabilidad del suelo

L: Factor de longitud de declive

K: Factor de pendiente de declive

C: Factor de cultivo y ordenación

P: Factor de prácticas de conservación de suelos

3.8.2 Estimación de factores

3.8.2.1 Factor lluvia, R

Este factor se define como el producto de la energía cinética del aguacero (E) por su densidad máxima en 30 minutos (I), es decir:

$$R = E * I$$

El valor de E viene medido en Kgm/Ha y para determinarlo se requiere efectuar las siguientes consideraciones:

Experimentalmente se ha establecido que la ecuación que relaciona la energía cinética con la intensidad de la lluvia es:

$$E = 12{,}142 + 8{,}877 \log_{10} I$$

Donde E representa la energía cinética en Kgm por mm de lluvia sobre una Ha.; I es la intensidad de la lluvia en una hora en mm.

En este caso se utiliza:

I_1 = 45 mm para un Tr de 100 años según curvas IDF Estación el Bosque.

I_2 = 20 mm para un Tr de 3 años según curvas IDF Estación el Bosque.

Reemplazando en E:

$$E_1 = 12{,}142 + 8{,}877 \log_{10} 45 \Rightarrow E_1 = 26{,}817 \text{ Kgm/Ha*mm}$$

$$E_2 = 12{,}142 + 8{,}877 \log_{10} 20 \Rightarrow E_2 = 23{,}642 \text{ Kgm/Ha*mm}$$

Y así mismo para el cálculo de R se emplea:

I_1 = 71 mm para un Tr de 100 años según curvas IDF Estación el Bosque.

I_2 = 28 mm para un Tr de 3 años según curvas IDF Estación el Bosque.

Obteniendo,

$$R_1 = 26{,}817 * 71 \Rightarrow \mathbf{R_1 = 1904{,}007}$$
$$R_2 = 23{,}642 * 3 \Rightarrow \mathbf{R_2 = 661{,}976}$$

3.8.2.2 Factor de erosionabilidad del suelo, K

Expresa la influencia de las propiedades químicas y físicas del suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia a la dispersión, aplastamiento, abrasión y fuerzas de transporte.

Para facilitar el cálculo de K. Wischmeier y colaboradores (1971) elaboraron un nomograma que resuelve gráficamente la ecuación que liga las variables del proceso de erosión.

A partir de los datos detallados del suelo, se conocen sus características físicas con las cuales se ingresa al nomograma de Wischmeier (1971), para obtener:

K =0,405 Tm/acre y se multiplica por 2,47 (1 Ha = 2,47 acres)

K = 1,00035 Tm/Ha

3.8.2.3 Factor de longitud de declive, L

Representa la longitud de terreno que se ha tomado como unidad de estudio y donde se manifiesta la escorrentía y se expresa:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22{,}13} \right)^m$$

Donde:

λ : Longitud del declive de escorrentía en el campo

22,13 (en m) : Unidad estándar de longitud

m = 0,6 para pendientes > 10%

m = 0,5 para pendientes < 10%

Reemplazando los valores se obtiene:

$$L = \left(\frac{20}{22{,}13} \right)^{0{,}5} \Rightarrow L = 0{,}95$$

3.8.2.4 Factor de pendiente de declive, S

Basados en el análisis de los datos del *Runoff and Soil-Loss Data Center*, Wischmeier y Smith propusieron la relación:

$$S = \frac{0{,}43 + 0{,}30 * s + 0{,}043 * s^2}{6{,}613}$$

Donde s es la pendiente en %

Según el sistema del *Soil Conservation Service*, s debe ser alguno de los valores absolutos de la **Tabla 3.19** en la que las pendientes vienen agrupadas en clases. (Way, 1978)

Tabla 3.19. Valores absolutos de s

CLASE DE PENDIENTE	VALOR ABSOLUTO
0 – 3	1,5
3 – 6	4,5
6 – 8	7
8 – 10	9
10 – 12	11
12 – 15	13,5
15 – 25	20
> 25	30

Reemplazando los valores se obtiene:

$$S = \frac{0{,}43 + 0{,}30 * 1{,}5 + 0{,}043 * 1{,}5^2}{6{,}613} \Rightarrow S = 0{,}147$$

3.8.2.5 Factor de cultivo y ordenación, C

Es un factor combinado que refleja la influencia de:

- Las secuencias en la cubierta vegetal (en el caso de los cultivos).
- Los tipos de cubierta vegetal.
- La cantidad de aguaceros caídos durante los períodos en que las prácticas agrícolas dejan desprotegido el suelo

El *U.S. Soil Conservation Service* tiene tabulados los valores de C para distintos tipos de especies de cultivos extensivos. Así mismo posee tablas para áreas forestales, pastizales y terrenos baldíos.

Teniendo en cuenta las condiciones y características del área de estudio el valor de C puede establecerse a partir de la **Tabla 3.20**, obteniendo un valor de C = 0,20.

Tabla 3.20. Factor de cultivo y ordenación C para pastizales y terrenos baldíos (Fuente: U.S. Soil Conservation Service, 1975)

TIPO DE CUBIERTA Y PROMEDIO DE ALTURA DE CAÍDA DEL GOTEO DE AGUA	CUBIERTA ARBÓREA Y ARBUSTIVA %	CUBIERTA HERBÁCEA Y DESPOJOS VEGETALES	PORCENTAJE DE CUBIERTA HERBÁCEA Y DE DESPOJOS VEGETALES					
			0	20	40	60	80	95 – 100
Cubierta no apreciable		G	0,45	0,20	0,10	0,042	0,013	0,003
		W	0,45	0,24	0,15	0,090	0,043	0,011
Cubierta de maleza alta o arbustos bajos (0,5 m altura de caída)	25	G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,012	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,082	0,041	0,011
	50	G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
		W	0,26	0,16	0,11	0,075	0,039	0,011
	75	G	0,17	0,10	0,06	0,031	0,011	0,003
Arbustos (2 m altura de caída	25	G	0,40	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,40	0,22	0,14	0,085	0,042	0,011
	50	G	0,34	0,16	0,085	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,061	0,041	0,011
	75	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,007	0,040	0,011
Árboles sin sotobosque de arbustos bajos (4 m altura de caída)	25	G	0,42	0,19	0,10	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,087	0,042	0,011
	50	G	0,39	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,39	0,21	0,14	0,085	0,042	0,0011
	75	G	0,36	0,17	0,09	0,039	0,012	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,063	0,041	0,011

G = La cubierta de la superficie es césped o plantas similares con despojos vegetales compactados de por lo menos 2 pulgadas de profundidad
W = La cubierta de la superficie consiste principalmente en plantas herbáceas de hoja ancha.

3.8.2.6 Factor de prácticas de conservación de suelos, P

Expresa la influencia que ejercen las prácticas de cultivo, corrección y conservación en la erosión hídrica. La función de este factor es disminuir el valor de pérdida de suelo obtenido, suponiendo que existen o van a llevarse a cabo prácticas de conservación en el área de estudio.

Los valores de P, para introducir en la ecuación general, pueden obtenerse de la **Tabla 3.21**. Considerando las condiciones particulares del área de estudio es de esperarse que no se cuente con las prácticas adecuadas de conservación por lo que se ha asumido un valor de P = 1,0.

Tabla 3.21. Factor de prácticas de conservación (P) (Fuente: U.S. Soil Conservation Service, 1975)

VALORES FACTOR PRÀCTICAS CONSERVACIÓN (P)			
% PENDIENTE	**CULTIVO NIVEL**	**CULTIVO EN FAJAS SIGUIENDO CURVAS DE NIVEL**	**CULTIVO EN TERRAZAS**
1,1 – 2,0	0,60	0,30	20 % factor cultivo a nivel
2,1 – 7,0	0,50	0,25	
7,1 – 12,0	0,60	0,30	
12,1 – 18,0	0,80	0,40	
18,1 – 24,0	0,90	0,45	

3.8.3 Resultados del análisis

Reemplazando los valores obtenidos de cada uno de los factores en la ecuación universal de pérdida de suelo se obtiene:

$$A_1 = 2,24 * 1904,007 * 1,00035 * 0,95 * 0,147 * 0,20 * 1,0 \Rightarrow A_1 = 119,16 \text{ ton/Ha/año}$$

$$A_2 = 2,24 * 661,976 * 1,00035 * 0,95 * 0,147 * 0,20 * 1,0 \Rightarrow A_2 = 41,42 \text{ ton/Ha/año}$$

Es decir que la pérdida de suelo en el área de estudio varía entre 41 y 119 toneladas por hectárea por año, valores altos, que coinciden con las observaciones de campo, especialmente en las zonas donde se presenta erosión laminar y erosión en cárcavas.

Es importante que estos datos se tomen con la debida reserva, solamente como indicadores de la magnitud de la pérdida de suelo, puesto que la aplicabilidad de la ecuación universal en nuestro medio ha sido cuestionada dado que los datos experimentales y los diversos parámetros se han obtenido en condiciones que distan mucho de las de Colombia.

3.9 FUENTES DE CONSULTA

David, J. (1998). Recent Developments In Landslide Mitigation Techniques. Geolith Consultants.

Eden, W. J. (1971). CBD-143 Lanslides in Clays.

Geoingeniería (2004) para FOPAE. Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D. C. Bogotá, Colombia.

Geoingeniería (2002) para FOPAE. Evaluación de Riesgos para los Barrios México y Villa Jacqui por Inestabilidad en los Taludes Aledaños a las Gravilleras e Inundación para los Barrios Tunjuelito y Meissen por Desbordamiento del Río Tunjuelito debido al Embalsamiento actual de las Aguas dentro de las Gravilleras. Bogotá, Colombia.

Hubach, E. (1957). Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores. Boletín Geológico, Volumen V, No. 2, Instituto Geológico Nacional. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Certificaciones de coordenadas de placas. http://www.igac.gov.co

Julivert, M. (1963). Los Rasgos Tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá y los Mecanismos de Formación de las Estructuras. Boletines Geológicos UIS, Nos. 13-14. Bucaramanga, Colombia.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de España (1990). Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Madrid, España.

Pérez de Agreda, A. y otros (1992). Efecto de la Infiltración de Agua en la Estabilidad de Taludes de Suelos Parcialmente Saturados. II Simposio Nacional Sobre Taludes y Laderas Inestables. La Coruña, España.

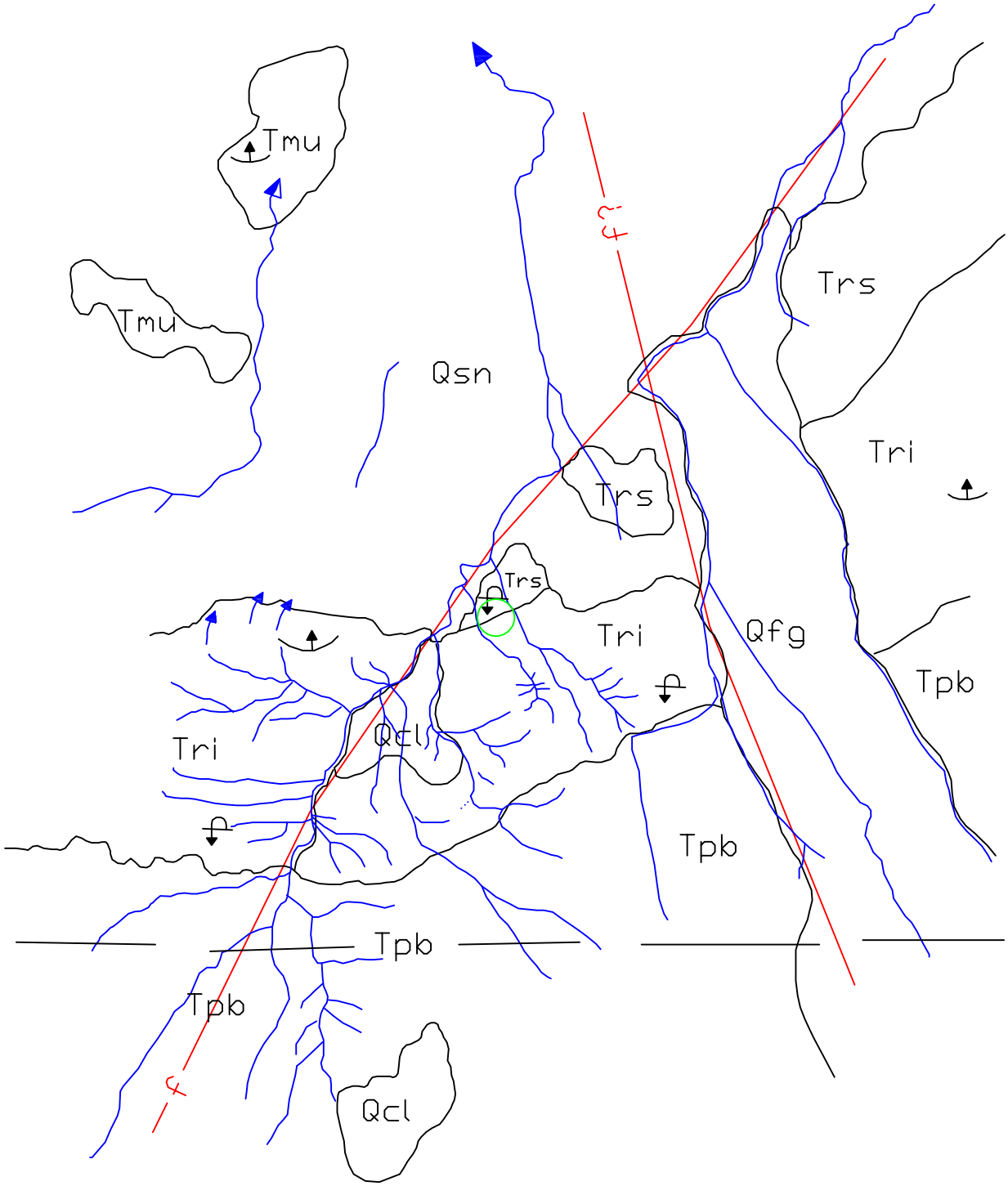
Renzoni, G. (1962). Apuntes Acerca de la Litología y Tectónica de la Zona al Este Sureste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen X, Nos. 1-3, pp. 59-79. Bogotá, Colombia.

Ujueta, G. (1993). Arcos y Lineamientos de Dirección Noroeste-Sureste en las Cuencas Subandinas de Venezuela y Colombia. Geología Colombiana, 18, pp. 95-106. Bogotá, Colombia.

Ujueta, G. (1990). Lineamientos de Dirección NW-SE en la Cordillera Oriental de Colombia (Sector Girardot-Cúcuta) y Los Andes Venezolanos. M. Sci. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Trabajo de Promoción a Profesor Titular. Bogotá, Colombia.

Ujueta, G. (1961). Geología del Noreste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen IX, Nos. 1-3, pp. 23-46. Bogotá, Colombia.

Unión Temporal Consultores en Riesgos (2002) (Omar Darío Cardona, C. Cantillo & Consulcons Ltda.) para FOPAE. Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en los barrios San Ignacio y San Martín en la Localidad de Usme de la ciudad de Bogotá, D. C. Bogotá, Colombia.



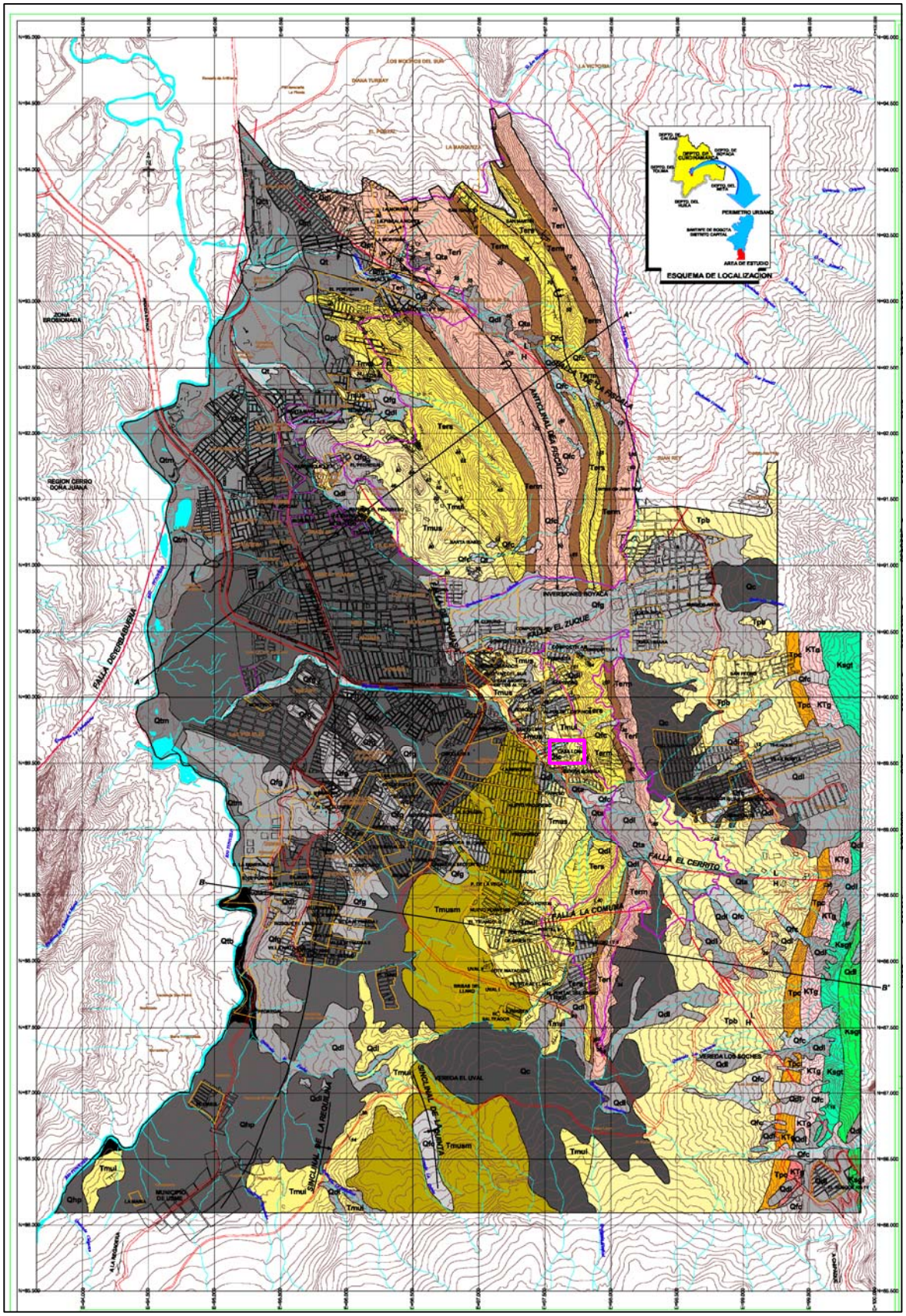
CONVENCIONES
LEYENDA GEOLÓGICA

Depósito Coluvial	Qcl	Formación Regadera, Conjunto Inferior	Tri	Falla Inferida	
Suelos Negors	Qsn	Formación Bogotá	Tpb	Drenaje Natural	
Depósito Fluvioglaciar	Qfg	Dato de Buzamiento Invertido		Drenaje Natural Intermitente	
Froemación Usme	Tmu	Dato de Buzamiento Normal		Localizacion Área de Estudio Casaloma II Sector	
Formación Regadera Conjunto Superior	Trs	Falla Geológica, Estudio 101 Barrios Usme			

FIGURA No. 3.1
MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑES DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME BOGOTÁ D.C."

CONSORCIO INGENIERÍA EN OBRAS



CONVENCIONES

GENERALES

Depósito de Ladera	Qdl
Depósito de Planicie	Qhp
Depósitos Fluvio–Coluviales	Qfc
Depósito de Terraza	Qfa
Depósito de Terraza	Qfm
Depósito de Terraza	Qfb
Conos del Tunjuelito	Qct
Depósito Fluvio–Glaciares	Qfg
Formación Tilatá	Qpt
Formación Usme	Tmu
Formación Arenisca de la Regadera	Ter
Formación Bogotá	Tbp
Formación Cacho	Tpc
Formación Guaduas	Ktg
Formación Arenisca Tierna	Ksgf

TEMÁTICAS

- Anticlinal
- Falla
- Anticlinal Simétrico
- Sinclinal Simétrico
- Localizacion Área de Estudio Casaloma II Sector

FIGURA No. 3.2
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LA GEOLOGIA REGIONAL

"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑES DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME BOGOTÁ D.C."

CONSORCIO INGENIERÍA EN OBRAS

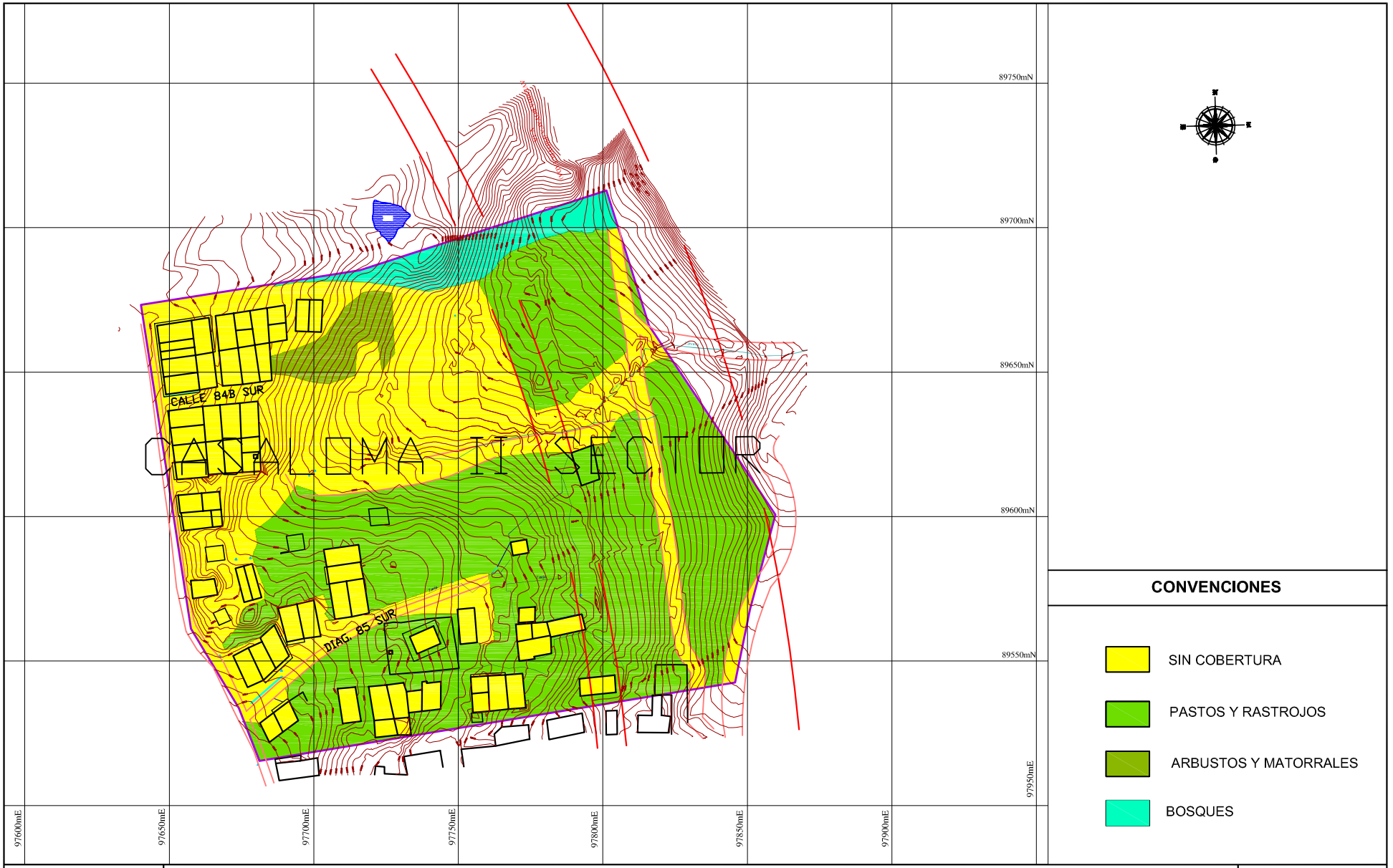


FIGURA No. 3.3
COBERTURA VEGETAL
"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME BOGOTA D.C."

CONSORCIO INGENIERÍA EN OBRAS

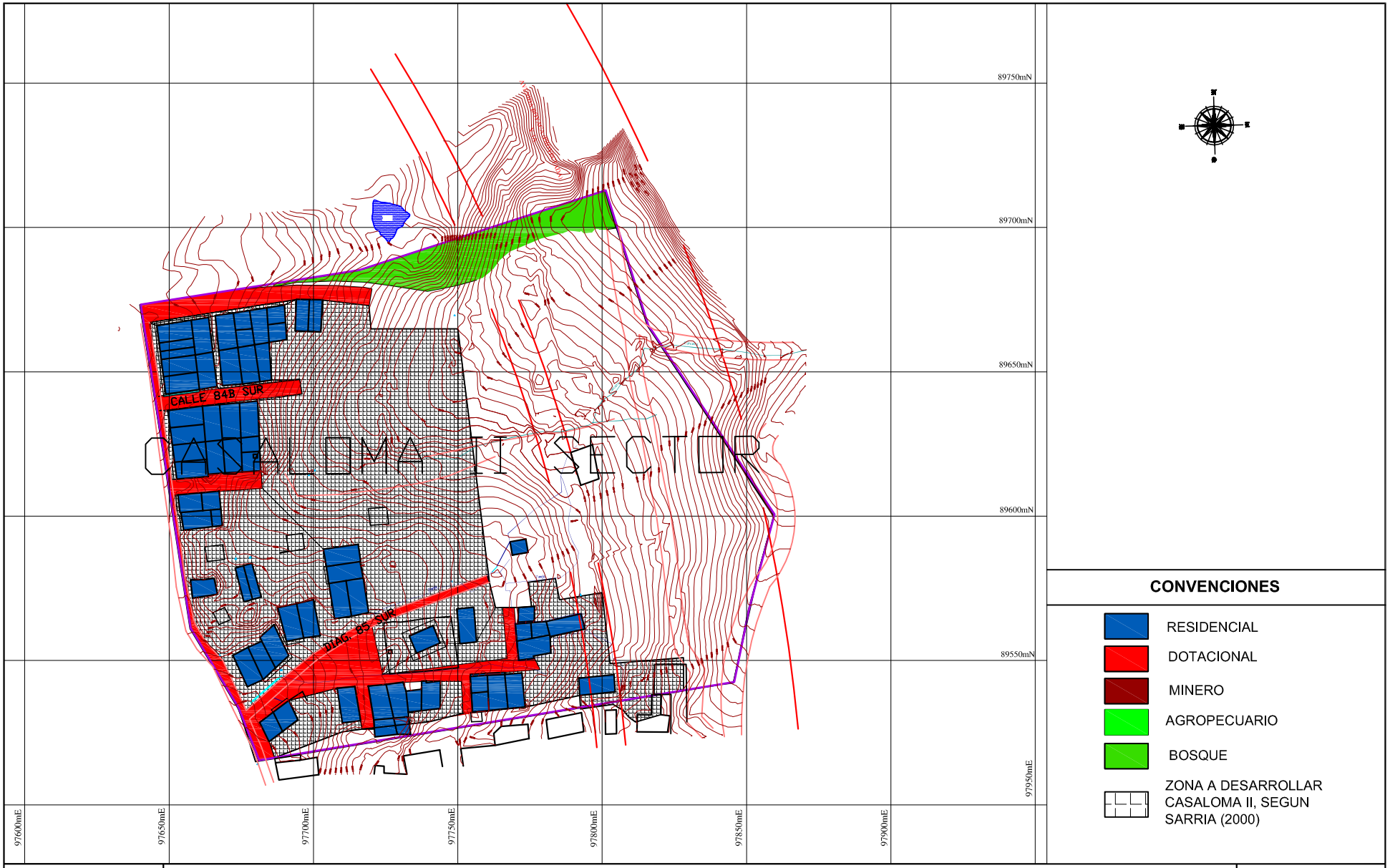


FIGURA No. 3.4
USO DEL SUELO
"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME BOGOTA D.C."

CONSORCIO INGENIERÍA EN OBRAS

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 489 DE 2004

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 4.0

ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

4.1 INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en capítulos anteriores, la evaluación del riesgo es un ejercicio interdisciplinario, que involucra aspectos técnicos, sociales, ambientales y urbanísticos. En el presente capítulo se presentan los resultados finales del diagnóstico de riesgo por remoción en masa en el área de estudio, que metodológicamente se divide en los estudios de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo.

Su importancia radica en que, además de resaltar estos aspectos fundamentales, se puede visualizar con mayor integralidad la problemática del riesgo geotécnico y su interrelación con otros aspectos igualmente importantes de la zona, que, tradicionalmente en estudios de este corte, se han relegado; cuando esto último ocurre, las posibles soluciones propuestas presentan sesgos disciplinarios, que impiden la formulación de propuestas integrales y viables.

Por lo anterior, sin desconocer la importancia de los aspectos netamente geotécnicos, y aunque varios temas incluidos en el capítulo no responden a exigencias específicas de los términos de referencia, el Consultor ha optado por incluirlos, con el fin de aportar, en la medida de lo posible, un acercamiento a un enfoque holístico en la ejecución de este tipo de trabajos.

El capítulo comprende diez secciones, de las cuales la primera corresponde a la introducción, la segunda registra el estudio de amenaza, la tercera el inventario de elementos expuestos, la cuarta el inventario de daños, la quinta incluye las condiciones ambientales de la zona de estudio, la sexta las condiciones urbanísticas, la séptima registra la información sobre el componente social, la

octava el estudio de vulnerabilidad, la novena el estudio de riesgo y en la décima se señalan las fuentes de información consultadas.

4.2 ESTUDIO DE AMENAZA

A continuación se presenta la caracterización y evaluación de amenaza en la zona de estudio teniendo en consideración las diversas variables y atributos que la definen.

4.2.1 Antecedentes de inestabilidad

Con el fin de determinar los mecanismos de falla comunes (tipo de amenaza) en los depósitos encontrados en la zona de estudio, se consultaron los informes de emergencia en la Localidad de Usme adelantados por la DPAE; así mismo se consultaron los siguientes estudios: “Zonificación de Riesgo por Movimientos de Remoción en Masa en 101 Barrios de la Localidad de Usme”, “Zonificación de Riesgo por Fenómenos de Inestabilidad del Terreno en 27 barrios de la Localidad de Usme”, “Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Antiguo Escarpe de Explotación frente al Barrio El Portal, Localidad Rafael Uribe Uribe” y el “Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en los Barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme de la ciudad de Bogotá, D. C.”.

4.2.1.1 Antecedentes en suelos residuales arcillosos

En este tipo de materiales se han identificado deslizamientos translacionales a lo largo de las interfaces de los diferentes horizontes del perfil de meteorización inducidos generalmente por cortes verticales de alturas entre 3 y 5 metros. Ejemplos de este tipo de falla se han observado en el Barrio Altos del Pino (Informe D. I. 1275); en este caso en particular se indujo la falla por el flujo de aguas de las redes de suministro; en el Barrio San Isidro (Informe D. I. 1506 y D. I. 1268) se han presentado estas fallas por el corte del talud en una altura de 2,5 a 3,0 m; igualmente este mecanismo ha sido reportado en el Barrio Juan José Rondón Sector II (Informe D. I. 1323), donde se especifica falla de suelos residuales de la formación Regadera, la misma que encontramos en el área de estudio. En el Barrio El Progreso Sector La Esmeralda, se han reportado fallas locales de cortes en depósitos residuales de arenisca (Informe D. I. 1361).

Por infiltración de aguas y cortes en suelos residuales se han reportado fallas rotacionales pequeñas en los Barrios El Pedregal (Informe D. I. 892), Altos del Pino (Informe D. I. 1222); este último se produjo en residual de arcillolita afectada por cortes verticales de 3 m de altura.

En el estudio del Barrio El Portal se reportan caídas de suelo en depósitos arcillosos debido a presiones hidrostáticas ejercidas detrás de los agrietamientos que este tipo de material sufre por secado; las dimensiones reportadas indican espesores entre 0,5 y 1,5 m y longitudes de 5 m. Igualmente, este estudio reporta que los mecanismos más comunes en este tipo de material son los movimientos

traslacionales por reducción de resistencia por incremento del contenido de humedad; en este caso se informa de movimientos de espesores de 1,5 m con dimensiones en planta muy reducidas.

4.2.1.2 Antecedentes en suelo orgánico

Este estrato es el que presenta mayor susceptibilidad a deslizamiento por sus pobres características geomecánicas y mayor posibilidad de saturación. Este material, con el incremento de la saturación y las pendientes altas de la zona ha fallado en forma de flujos de tierra tal como se ha reportado en los Barrios Nueva Esperanza (Informe D. I. 749) y El Portal (informe del Barrio El Portal).

Deslizamientos translacionales de este estrato también se han reportado, como por ejemplo, en el Barrio Altos del Pino (Informe D. I. 1474) por la acción de aguas lluvias e infiltración de aguas negras. Adicionalmente, este horizonte muestra generalmente señales de reptación y erosión laminar y en surcos.

4.2.1.3 Antecedentes en rellenos antrópicos

Los rellenos antrópicos han mostrado ser depósitos muy susceptibles a deslizamientos en especial por la presencia de aguas, bien sean lluvias o infiltraciones de aguas de suministro y negras. El mecanismo de falla común en este tipo de material es el movimiento rotacional tal como se presentó en los Barrios El Oasis (Informe de Moya y García Ltda.), El Pedregal (Informe D. I. 892) y Santa Marta (Informe D. I. 1628). En los Barrios Nevado y El Portal del Divino se reportó la falla de estos rellenos por descarga de la pata del relleno por las excavaciones ejecutadas para instalación de tuberías enterradas.

4.2.1.4 Antecedentes de inestabilidad en la zona de estudio

En el barrio Casaloma II Sector, la comunidad reportó la ocurrencia de un deslizamiento en el costado suroriental en el año 2002, que atribuye a la rotura de un tubo del acueducto y a la escasa compactación del relleno de tapado de la misma.

De otra parte, en el concepto técnico No. 3965 (DPAE, 2004), se identifican 27 predios de 3 manzanas en zona de amenaza alta por remoción en masa y 8 manzanas en situación de amenaza alta por flujos fluviotorrenciales.

4.2.2 Caracterización de la amenaza

4.2.2.1 Identificación de procesos generadores de amenaza

En el sector en estudio se identificaron los siguientes procesos como generadores de amenaza:

- Erosión, como mecanismo iniciador de procesos de remoción en masa. Con las recomendaciones que se generen en el presente estudio se

pretende intervenir en el proceso, pero su condición actual no amerita un análisis de amenaza.

- Deslizamientos: La amenaza por deslizamientos se incluye en el presente trabajo en los numerales siguientes.

- Flujos de tierras: Los flujos de tierras activos se incluyen en el trabajo estableciendo sus características espaciales y estado de actividad.

- Avalanchas (Flujos torrenciales): Un estudio de amenaza por flujos torrenciales requiere de insumos de información que están por fuera del alcance del presente estudio; sin embargo, a partir del Concepto Técnico emitido por DPAE, y la información recopilada para este trabajo se logra un acercamiento a las condiciones de la zona, sin llegar a estudiar detalladamente este proceso ni la amenaza generada, pero que sirve para establecer algunas medidas de mitigación, a través de las obras de drenaje.

4.2.2.2 Análisis de factores que definen la amenaza geotécnica en la zona de estudio

En este aparte se identifican y caracterizan los factores que intervienen en la estabilidad de las laderas y cortes en los materiales de la zona de estudio. Los factores contribuyentes son aquellos que condicionan la posibilidad de un talud a desplazarse por la acción de los factores detonantes. Entre los factores contribuyentes están la litología, pendiente, cobertura, y en general todos los factores intrínsecos del talud, los cuales definen su susceptibilidad, mientras que los factores detonantes son los elementos externos que inducen la falla del talud, entre los que se destacan los efectos de las lluvias, los sismos y la intervención humana.

- **Factores intrínsecos del terreno (Susceptibilidad)**

La susceptibilidad es un término usado para definir el potencial de un talud próximo a deslizarse. Una de las formas convencionales de definir la susceptibilidad de un talud se basa en un inventario de casos pasados y la determinación de los parámetros internos que han condicionado su falla

Una vez identificados los factores que intervinieron en el proceso de inestabilidad o erosión, se determina la forma como estos factores se interrelacionan para generar las condiciones críticas anteriores a la falla del talud. Este método se basa en la suposición de que la distribución de deslizamientos o erosión refleja la combinación desfavorable de los factores que intervienen. Si estos factores pueden ser identificados, medidos y mapeados, entonces la comparación de la distribución de los diferentes factores permite la identificación de áreas con diferente grado de susceptibilidad.

Los parámetros comúnmente considerados en la evaluación de susceptibilidad son:

- Geología: Litología, estructuras y condiciones de agua, grado de meteorización.

- Topografía: Pendiente, forma en planta y forma en perfil.

- Geotecnia: Parámetros mecánicos del material, condiciones iniciales de esfuerzos.

- **Factores externos al terreno**

Los principales factores externos que contribuyen a la generación de deslizamientos son las lluvias, los sismos y la acción antrópica y en general se debe considerar su efecto combinado en la evaluación de la amenaza por deslizamientos.

4.2.3 Evaluación de amenaza

El análisis de estabilidad de cualquier estructura civil debe satisfacer simultáneamente dos postulados de la mecánica clásica. Por una parte el equilibrio de fuerzas y por otra la compatibilidad de deformaciones. Es común en el análisis de estabilidad de taludes el estudio del equilibrio de fuerzas, olvidando la compatibilidad de deformaciones. En el presente trabajo se estudió la estabilidad por medio del método del equilibrio límite, el cual se fundamenta en asumir que la masa de suelo está en falla en el momento en que el estado de esfuerzos de algún punto del medio iguala la resistencia del material. Si el material no está en falla, el método define la estabilidad en términos de la relación entre la resistencia movilizada y la resistencia disponible del material; esta relación es el Factor de Seguridad, el cual por sí solo puede considerarse un parámetro para medir la amenaza.

El tipo de amenaza por deslizamientos se suele asociar al mecanismo de falla que puede ser generado en una determinada masa de suelo o roca. Definido un mecanismo de falla a través del análisis de equilibrio de fuerzas sobre la masa desplazada, considerada como un bloque rígido, se puede obtener una expresión del factor de seguridad en términos de la resistencia del material.

En la sección de caracterización geotécnica se identificaron diferentes zonas las cuales van a ser analizadas y evaluadas en la presente sección.

4.2.3.1 Amenaza por deslizamientos

Cada una de las zonas geotécnicas definidas en el **Capítulo 3**, se dividieron en otras subzonas, cada una con su perfil, en las cuales se efectuaron los respectivos análisis, tanto por el método de bloque deslizante como por el método estocástico.

- **Análisis por el método del bloque deslizante**

Para la aplicación del método determinístico (Bloque deslizante) se utilizaron los parámetros reportados en el estudio geotécnico, que se consideran los valores

promedio; se tuvieron en cuenta dos casos, el primero de los cuales es la condición general de la ladera y el segundo cuando se efectúan cortes de diversas alturas e inclinaciones. En las tablas del **Apéndice 4.1** se incluyen los cálculos efectuados para cada una de las zonas y subzonas, considerando la ladera sin cortes, variando la superficie de falla en cada una de las interfaces y para cada posición del nivel freático. En las figuras del mismo **Apéndice 4.1**, las denominadas "Cartas de estabilidad", las cuales muestran la variación del factor de seguridad en función de la ubicación, la altura del corte (para 1, 2 y 3 m) y su inclinación (entre 30 y 90 grados).

A partir de los resultados de aceleraciones críticas, desplazamientos y factores de seguridad, y los criterios registrados en el **Capítulo 1**, se estableció el nivel de amenaza en cada sector, como se muestra en la **Tabla 4.2**. La amenaza particular de los cortes (ver Inventario de procesos, **Capítulo 3**) se obtuvo a partir de las "Cartas de estabilidad" con base en el factor de seguridad, y se plasmó directamente en los planos.

- **Análisis por el método estocástico**

Para la aplicación del método estocástico se determinaron en primer lugar los parámetros máximos y mínimos de cada uno de los materiales de la zona, utilizando los coeficientes de variación recomendados en la Resolución 364 (DPAE, 2000).

$$CV_t = S_t / t'_{promedio} = 0{,}20$$

$$CV_c = S_c / c'_{promedio} = 0{,}40$$

$$\rho_{tc} = -0{,}50$$

Donde,

CV son los coeficientes de variación de los parámetros de resistencia efectivos de cada material ($t' = \tan\varphi' c'$), ρ_{tc} el coeficiente de correlación y S_t y S_c son las desviaciones estándar de los parámetros respectivamente.

Una vez calculados o estimados los valores anteriores, se calculan para cada material los valores máximos y mínimos de cálculo de los parámetros de resistencia esperados (Ver **Tabla 4.1**):

$$t+ = t_{promedio} + S_t$$
$$t- = t_{promedio} - S_t$$

$$c+ = c_{promedio} + S_c$$
$$c- = c_{promedio} - S_c$$

A partir del coeficiente de correlación ρ_{tc}, se calculan los factores de ponderación η por aplicar a los factores de seguridad obtenidos para cada combinación de los parámetros de resistencia, así:

$$\eta\text{--} = \eta\text{++} = (1+ \rho_{tc})/4 = 0,125$$
$$\eta\text{ -+} = \eta\text{ +-} = (1- \rho_{tc})/4 = 0,375$$

Tabla 4.1. Parámetros considerados para la evaluación de amenaza

Tipo de suelo	Parámetros promedio		Parámetros máximos		Parámetros mínimos	
	c	φ	c +	φ +	c -	φ -
Relleno	5,0	21,0	7,0	25,2	3,0	16,8
Suelo negro	8,0	20,0	11,2	24,0	4,8	16,0
Suelo residual	100,0	20,0	140,0	24,0	60,0	16,0
Depósito de flujo de tierra	0,0	14,0	0,0	16,8	0,0	11,2
Roca	200,0	30,0	280,0	36,0	120,0	24,0

Luego se establecen las condiciones que se pueden presentar, asociadas a la ocurrencia de eventos detonantes, lluvias (LL) y sismos (SS). En la práctica, tales condiciones son cuatro, correspondientes a las combinaciones de ocurrencia o no de lluvias críticas y ocurrencia o no de sismos de diseño.

Se selecciona el período de observación, que fue definido por la DPAE de 10 años, y la lluvia y el sismo de diseño, con sus correspondientes períodos de retorno TRLL y TRSS. A partir de éstos, se calcula la probabilidad de ocurrencia de estos eventos E durante el período de diseño, con base en la distribución de Poisson, así:

$$p\,(LL) = 1 - e^{-(TD/TRLL)}$$

$$p\,(SS) = 1 - e^{-(TD/TRSS)}$$

De acuerdo con los estudios adelantados por Castellanos (1996) y Castellanos y otros (1999) sobre la relación entre la precipitación crítica y los movimientos en masa en Bogotá, la Localidad de Usme, se ubica en la zona Cerros Orientales, en la que se presentan las siguientes correlaciones:

$$LLcrít = 12,6326 + 0,1814\ Llan$$

$$D = 0,04923\ LLcrít$$

Donde Llan es la lluvia anual en mm, LLcrít es la lluvia crítica en mm y D es la duración en días.

La estación más cercana a la zona de estudio es la de Santa María de Usme, que registra una precipitación anual de 675 mm, una precipitación crítica de 243,61 mm, una duración de 32,2 días y un período de retorno de 10,3 años, dato éste que fue empleado en los análisis de amenaza.

Para el caso de sismos, al emplear la aceleración del Estudio de Microzonificación Sísmica (Ingeominas y Uniandes, 1997) para esta zona, su período de retorno es de 475 años.

Aplicando la fórmula de Poisson, para un período de observación de 10 años y con períodos de retorno de 30,5 años para la lluvia crítica y de 475 años para el sismo de diseño, las probabilidades de ocurrencia establecidas fueron las siguientes:

$$p\,(LL) = 0{,}62124805$$

$$p\,(SS) = 0{,}02083257$$

Se hacen los análisis de estabilidad para cada condición. Puesto que se consideran cuatro posibles combinaciones de parámetros de resistencia, para cada condición se obtendrán cuatro factores de seguridad, FS (FS++, FS+-, FS-+, FS--).

Con los valores obtenidos de FS y los factores de ponderación η se obtienen la esperanza del factor de seguridad $E(FS) = FS_{promedio}$ y la desviación estándar correspondiente S(FS):

$$E(FS) = (\eta\,--)(FS--) + (\eta\,-+)(FS-+) + (\eta\,+-)(FS+-) + (\eta\,++)(FS++)$$

$$E(FS^{2}) = (\eta--)(Fs--^{2}) + (\eta-+)(Fs-+^{2}) + (\eta+-)(Fs+-^{2}) + (\eta\,++)(Fs++^{2})$$

$$S(FS) = [E(FS^{2}) - E(FS)^{2}]^{1/2}$$

Con los cuales se obtiene la probabilidad de falla, pf, para cada condición analizada (con lluvia y sismo, sin lluvia ni sismo, con lluvia y sin sismo, y sin lluvia y con sismo), utilizando para el efecto una distribución normal de FS.

Una vez analizadas todas las condiciones, se halla la probabilidad total de falla correspondiente Pf, entendida como la sumatoria de las probabilidades de falla para cada condición afectadas por las probabilidades de ocurrencia o no ocurrencia de los eventos detonantes que corresponden a tal condición.

$$\begin{aligned} Pf = {} & pf(\sim LL, \sim SS)[1-p\,(LL)][1-p\,(SS)] + \\ & pf(\sim LL, SS)[1-p\,(LL)][p\,(SS)] + \\ & pf(LL, \sim SS)[p\,(LL)][1-p\,(SS)] + \\ & pf(LL, SS)[p\,(LL)][p\,(SS)] \end{aligned}$$

En el **Anexo 4.1** se presenta un ejemplo del cálculo de estas probabilidades. Los resultados se registran en la **Tabla 4.2**, los cuales se emplearon como base para la zonificación de amenaza que se muestra en el **Plano 4.1** del **Apéndice 4.2**.

Como puede observarse en la **Tabla 4.2**, hay gran coincidencia en el nivel de amenaza establecido para cada sector empleando los diversos métodos y criterios. Se ha marcado con rojo la amenaza alta, con amarillo la amenaza media y con verde la amenaza baja y sólo hay discrepancia entre el criterio de aceleración crítica y los demás en los sectores IIIC, IVD y VB; al detallar los resultados se observa que dichas discrepancias no son significativas.

Tabla 4.2. Resultados de evaluación de amenaza según los diversos métodos y criterios aplicados

PERFIL	SUPERFICIE DE FALLA	Método bloque deslizante		M. Estocástico
		Ac (g)	Desplazamientos (m)	p %
IA	Relleno	0,00 - 0,12	0,22 - 21,08	56,95
IA	Suelo negro	0,00 - 0,09	0,35 - 21,09	64,98
IA	Suelo residual	0,52 - 0,77	0,00	1,94
IB	Suelo residual	> 1	0,00	0,91
IIA	Relleno	0,00 - 0,09	0,35 - 21,09	64,61
IIA	Suelo negro	0,00 - 0,09	0,36 - 21,09	65,62
IIA	Suelo residual	0,48 - 0,71	0,00	1,83
IIB	Suelo residual	> 1	0,00	0,91
IIIC	Suelo negro	0,17 - 0,42	0,00 - 0,09	4,07
IIIC	Suelo residual	> 0,96	0,00	0,67
IIIA	Suelo residual	> 1	0,00	4,41
IVA	Depósito de flujo de tierra	0,00	21,09	99,99
IVA	Suelo negro	0,00 - 0,07	2,93 - 21,09	81,92
IVA	Suelo residual	0,49 - 0,73	0,00	3,75
IVB	Relleno	0,00 - 0,09	0,35 - 21,09	62,78
IVB	Suelo negro	0,00 - 0,06	0,61 - 21,09	72,18
IVB	Suelo residual	> 0,78	0,00	2,10
IVC	Relleno	0,00 - 0,05	0,70 - 21,09	69,77
IVC	Suelo residual	0,54 - 0,75	0,00	2,06
IVD	Suelo negro	0,04 - 0,29	0,00 - 0,89	26,66
IVD	Suelo residual	> 1	0,00	1,55
VB	Suelo negro	0,20 - 0,46	0,00 - 0,06	2,34
VB	Suelo residual	> 1	0,00	0,51

Estos resultados muestran que la amenaza alta se presenta en las zonas donde hay presencia de suelos blandos (Rellenos antrópicos, depósitos de flujos de tierra y suelos negros u orgánicos). En estas zonas, las superficies de falla se localizan en estos materiales blandos o en las interfaces con los suelos residuales. En los sectores donde el perfil está constituido únicamente por suelos residuales y rocas de la Formación Regadera, la amenaza es baja.

4.2.3.2 Amenaza por flujos de tierra

La amenaza por flujos de tierra se estableció directamente a partir del inventario de procesos. Los flujos de tierra activos se observan en las zonas donde se presenta concentración de humedad en suelos blandos y se localizan principalmente en las franjas sur y norte del área de estudio. Para efectos de incorporar estos procesos al plano de amenaza (**Plano 4.1**) se han identificado los flujos activos como amenaza alta por flujos de tierra (Probabilidad de ocurrencia del 100%), involucrando su posible trayectoria hasta el reposo.

4.3 INVENTARIO DE ELEMENTOS EXPUESTOS

El trabajo de campo se adelantó en el período comprendido entre el 23 de enero y el 5 de febrero de 2005, y consistió en el diligenciamiento de encuestas y realización de entrevistas, cuyos formatos diligenciados se presentan en el **Apéndice 4.3**. Para ello se contactó previamente al Presidente de la Junta de Acción Comunal (JAC) del barrio. Algunas particularidades que se pueden mencionar son las siguientes:

- El señor Luis Enrique Cuéllar, Presidente de la JAC, y la Señora Luz Dary García colaboraron muy gentilmente suministrando información acerca de los antecedentes del barrio y en el acompañamiento al grupo de trabajo en la primera jornada del levantamiento de predios; de igual forma, por medio de volantes, solicitaron la colaboración de la comunidad.

- La respuesta de la comunidad fue amplia, por lo que el inventario de elementos tuvo una cobertura casi total, quedando solamente sin censar los habitantes de dos viviendas de las cuales no se consiguió información alguna. Se encontraron cinco construcciones deshabitadas.

- Para tener una idea más precisa del sector la DPAE suministró una copia del plano radicado por la comunidad ante el DAPD dentro del trámite de legalización del Desarrollo de Casaloma II Sector, el cual tiene inconsistencias con el levantamiento topográfico del presente estudio y registradas en el **Capítulo 3**.

- Se hicieron en campo, adicionalmente, levantamientos de otro tipo de información, así como los drenajes existentes y daños en infraestructura y viviendas, entre otros.

- La información predial y de infraestructura se encuentra montada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), por lo cual los planos de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo tienen la base de datos respectiva asociada a cada polígono de interés.

A continuación se registran los resultados del levantamiento de información de elementos expuestos realizado en la zona de estudio.

4.3.1 Inventario de elementos físicos

Los elementos físicos fueron inventariados en su totalidad, aunque en dos viviendas no se obtuvo información sobre daños, número de ocupantes y otros datos, ya que, como se estableció anteriormente, no se obtuvo respuesta alguna.

En las **Tablas 4.3** (**Apéndice 4.4**) y **4.4** a **4.9** se presentan los resultados consolidados del inventario adelantado. Se efectuó una proyección de la información faltante, que se muestra en la **Tabla 4.10** del **Apéndice 4.5**, para lo cual se empleó la moda, en unos casos y en los otros la media de los datos. En el **Apéndice 4.3** se presentan las fichas diligenciadas del inventario.

4.3.1.1 Consolidado de elementos inventariados y usos

Se identificaron 71 elementos, de los cuales 52 se destinan a vivienda, hay 5 construcciones deshabitadas (sin uso) y el resto (14) corresponde a la escasa dotación urbanística y de servicios de la zona construida del área de estudio, como se muestra en la **Tabla 4.4**. El salón comunal se encuentra en Casaloma I Sector por lo que no hace parte de este inventario.

Tabla 4.4. Elementos inventariados

UBICACIÓN	NÚMERO DE ELEMENTOS
Manzana 01	7 viviendas
Manzana 02	6 viviendas
Manzana 03	1 vivienda y 1 construcción sin uso
Manzana 04	8 viviendas y 1 construcción sin uso
Manzana 05	2 viviendas
Manzana 06	3 viviendas
Manzana 07	3 viviendas
Manzana 08	2 viviendas
Manzana 09	3 viviendas y 1 construcción sin uso
Manzana 10	1 vivienda
Manzana 11	2 viviendas
Manzana 12	1 vivienda
Manzana 13	3 viviendas y 1 construcción sin uso
Manzana 14	1 vivienda
Manzana 15	1 vivienda
Manzana 16	4 viviendas
Manzana 17	3 viviendas
Manzana 18	1 vivienda
Manzana 19	1 construcción sin uso
Vías vehiculares	1
Vías peatonales	8
Zona de cesión	1
Sistema acueducto	1
Sistema teléfonos	1
Sistema gas natural	1
Sistema energía eléctrica	1
TOTAL	**71**

4.3.1.2 Número de pisos de las construcciones

La mayoría de las construcciones es de un piso (49 de 57), equivalente al 86%. Se inventariaron 3 de dos pisos (5,3%) y 5 de tres pisos (8,8%).

El total de pisos construidos es de 70, lo que arroja un promedio para las 57 construcciones de 1,2 pisos por construcción.

4.3.1.3 Número de familias por construcción

Se contabilizaron 57 familias en el área de estudio, y como se dijo anteriormente, no se tiene información de dos de las construcciones. Como se observa en la **Tabla 4.5**, predomina una familia por construcción, con el 75,4%.

Tabla 4.5. Distribución de familias por edificación

NUMERO DE FAMILIAS	NÚMERO DE CONSTRUCCIONES	%
0	5	8,8
1	43	75,4
2	7	12,3
Sin información	2	3,5
TOTAL CONSTRUCCIONES	**57**	**100,0**

4.3.1.4 Número de habitantes por vivienda y por familia

El total de habitantes en el barrio es de 253, lo que arroja un promedio por construcción de 4,6 habitantes por vivienda y una moda de 5, sin contar con las dos viviendas cuya información es desconocida. La distribución de habitantes por construcción se registra en la **Tabla 4.6**.

Tabla 4.6. Distribución de número de habitantes por construcción

NUMERO DE HABITANTES	NÚMERO DE CONSTRUCCIONES	%
0	5	9,1
1	0	0,0
2	3	5,5
3	7	12,7
4	11	20,0
5	13	23,6
6	6	10,9
7	3	5,5
8	3	5,5
9	4	7,3
TOTAL CONSTRUCCIONES	**55**	**100,0**

En cuanto al número de miembros por familia, en el sector predominan las familias compuestas por 4 a 6 miembros, en el 58% de los casos, como se muestra en la **Tabla 4.7**. El promedio es de 4,44 personas por familia.

Tabla 4.7. Número de habitantes por familia

HABITANTES POR FAMILIA	NÚMERO DE FAMILIAS	%
Entre 0 y 3	18	31,5
Entre 4 y 6	33	58,0
Mayor de 6	6	10,5
TOTAL FAMILIAS	**57**	**100,0**

4.3.1.5 Tipo de construcciones

La gran mayoría de viviendas fueron construidas por etapas y en diferentes materiales y, en términos generales, no siguen la Norma NSR-98 para construcciones sismo-resistentes.

En total se identificaron 14 tipologías de construcción (Ver distribución en **Tabla 4.8**), de las cuales solamente 3 se consideran como sistemas estructurales aceptable según las Normas NSR98 para la zona de amenaza en que se encuentra la ciudad (Ver **Tabla 4.9**). Esto no significa que las construcciones cumplan con las normas NSR98, ya que no se detallaron aspectos como su configuración geométrica, diseño y construcción. En general es aceptado por los habitantes del sector, que sus viviendas no cuentan con los diseños apropiados y los materiales empleados en su construcción no son de buena calidad. Por lo anterior puede concluirse que las viviendas no se ajustan a los criterios de diseño y construcción sismorresistentes.

Tabla 4.8. Tipo de construcciones en la zona de estudio

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE CONSTRUCCIONES	%
Madera	3	5,2
Mampostería simple	12	21,1
Pórticos en concreto con muros en bloque hueco	15	26,31
Mixto: Madera y latas	5	8,7
Mixto: Ladrillo y latas	3	5,2
Mixto: Bloque y latas	5	8,7
Latas	2	3,5
Mixto: Madera y plástico	1	1,7
Mixto: Madera y lona	1	1,7
Mixto: Madera y ladrillo	3	5,2
Prefabricada	2	3,5
Mixto: Madera y bloque	3	5,2
Pórticos en concreto con muros en ladrillo	1	1,7
Mampostería reforzada	1	1,7
TOTAL CONSTRUCCIONES	**57**	**100,0**

Tabla 4.9. Aceptabilidad del sistema estructural según NSR98 para la zona de amenaza sísmica intermedia

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE CONSTRUCCIONES	%
Aceptables: Pórticos y mampostería reforzada	17	29,8
No aceptables	40	70,2
TOTAL CONSTRUCCIONES	**57**	**100,0**

4.3.2 Censo de población

El censo tuvo una cobertura sobre 55 de las 57 viviendas (96,5 %). En las **Tablas 4.11 (Apéndice 4.6)** y **4.12** a **4.21** y **Figuras 4.1** a **4.4** se presentan los resultados consolidados del censo adelantado. Se efectuó una proyección de la información faltante, que se muestra en la **Tabla 4.22** del **Apéndice 4.6**, para lo cual se empleó la moda, en unos casos y en los otros la media de los datos. En el **Apéndice 4.3** se presentan las fichas diligenciadas del censo.

4.3.2.1 Consolidado de población censada

Se contabilizaron 57 familias en los 55 predios censados, de los cuales cinco se encontraban desocupados, y 253 habitantes (datos sin proyectar). Como se había mencionado antes, el valor típico de familias por construcción es de una y de habitantes por familia entre 4 y 6.

4.3.2.2 Distribución de la población por edad y género

En el área de estudio, el grupo más representativo es el de edades comprendidas entre los 19 a los 60 años (adultos, con capacidad de trabajar), con 120 personas, equivalentes al 47,4% de la población, seguido por el grupo de niños, que en total agrupa 88 pobladores (34,8%) y el de adolescentes, compuesto por 41 personas (16,2%). En este barrio hay solamente 4 habitantes mayores de 61 años, que representan el 1,6% del total. (Ver **Tabla 4.12**)

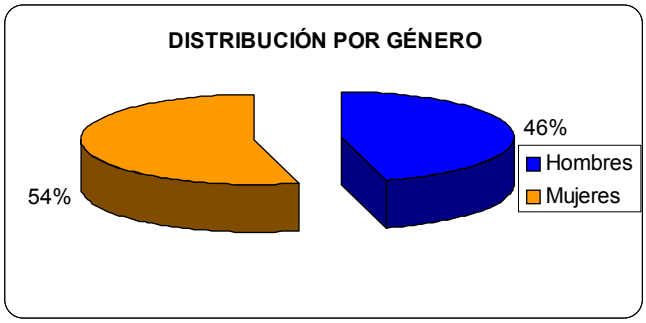
Asumiendo que la población en edad de trabajar corresponde a la de los adultos se tendría que el 52,6% de la población tiene una dependencia económica del 47,4% restante. (Nota: Los menores de edad suman 129 personas, es decir, el 51 % de la población).

Tabla 4.12. Habitantes censados y distribución por género y edad

INTERVALO DE EDADES	GÉNERO FEMENINO	GÉNERO MASCULINO	TOTAL
Bebés en gestación	0	0	0
0 a 12 años	47	41	88
13 a 18 años	23	18	41
19 a 60 años	64	56	120
61 años o más	3	1	4
TOTAL	**137**	**116**	**253**

En cuanto a la distribución por género es evidente la mayor representatividad de mujeres, con el 54,2% (**Figura 4.1**), mayoría que se mantiene en todos los grupos de edad, aunque con distintos porcentajes (53,4% en niños, 56,1 en adolescentes, 53,3 en adultos y 75% en ancianos).

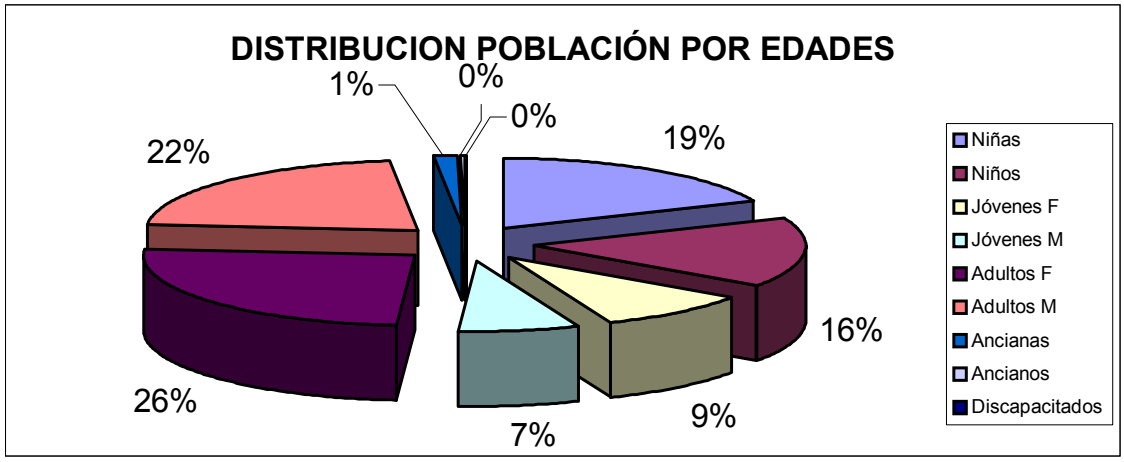
Figura 4.1. Distribución por género



La distribución de edades en cada género tiene una representación similar a la del total de la población. Así, en mujeres, las niñas representan el 34,3%, las adolescentes el 16,8%, las mujeres adultas el 46,7% y las ancianas 2,2%. En hombres, los niños cuentan con 35,3%, los adolescentes 15,5%, los adultos 48,3% y los ancianos 0,8%.

Si se considera por separado cada uno de los grupos por edad y género, el mayor corresponde a las mujeres adultas con el 25,3%, seguido por el de hombres adultos con 22,1%, niñas con 18,6% y niños con 16,2%, como se muestra en la **Figura 4.2**.

Figura 4.2. Distribución por género y edad



En cuanto a grupos especiales, además de niños y ancianos, no hay habitantes discapacitados o que no hablen o entiendan el idioma castellano.

4.3.2.3 Caracterización de los jefes de hogar

En las 57 edificaciones inventariadas, se censaron 57 familias, y como se ha mencionado en otros apartes, hay 5 viviendas deshabitadas y 2 sin datos.

- **Edades**

De las 57 familias censadas se obtuvo información sobre la edad del jefe de hogar en 56 de ellas, encontrándose la distribución por intervalos de edad registrada en la **Tabla 4.13**.

El grupo predominante es el de 31 a 40 años de edad, con el 44,6%, seguido por el de 19 a 30 años, con 21,4%; se censó un jefe de hogar mayor de 61 años y ninguno menor de edad.

El promedio de edad es de 38,4 años.

Tabla 4.13. Distribución de las edades de cabezas de hogar

INTERVALO DE EDAD	JEFES DE HOGAR	%
Menores de edad	0	0,0
Entre 19 y 30	12	21,4
Entre 31 y 40	25	44,6
Entre 41 y 50	9	16,1
Entre 51 y 60	9	16,1
61 o más	1	1,8
TOTAL	**56**	**100,0**

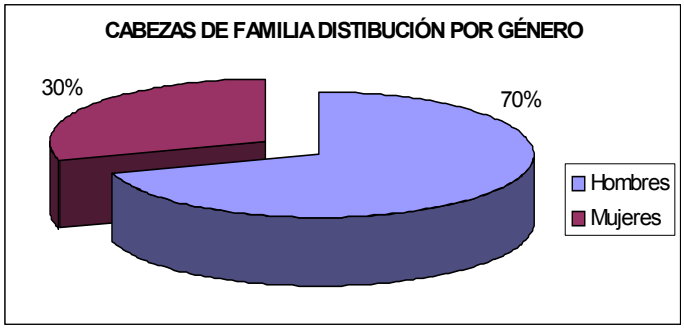
- **Género**

El 70% de jefes de hogar son de género masculino, como se ilustra en la **Tabla 4.14** y en la **Figura 4.3**.

Tabla 4.14. Género cabeza de familia

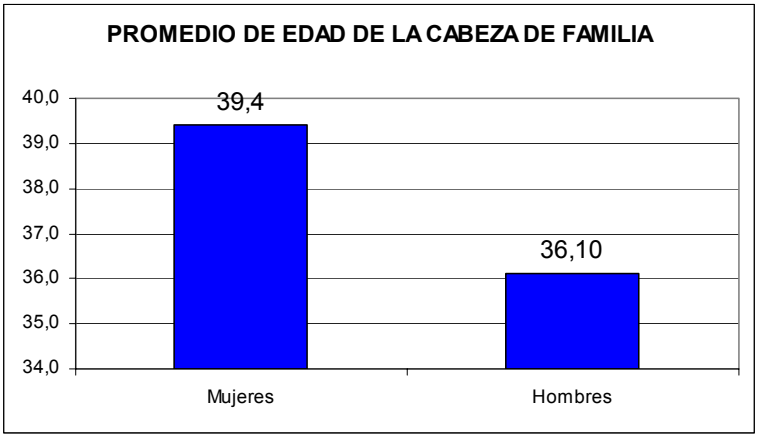
GÉNERO	TOTAL	%
Masculino	40	70,2
Femenino	17	29,8
TOTAL	**57**	**100,0**

Figura 4.3. Distribución por género de cabezas de familia



Si se tienen en cuenta por separado los hombres y mujeres cabeza de hogar, se obtienen promedios de edad de 36,1 y 39,4 años respectivamente, lo que se muestra en la **Figura 4.4**.

Figura 4.4. Promedio de edad de cabezas de familia



- **Situación laboral**

En la **Tabla 4.15** se muestra la situación de empleo de las cabezas de familia, encontrándose que alrededor del 67% se encuentra empleado, con un preocupante 24,6% desempleado y 7% subempleado, por lo cual el desempleo real de los jefes de hogar alcanza un explosivo 31,6%.

Tabla 4.15. Situación laboral cabeza de familia

SITUACIÓN LABORAL	TOTAL	%
Empleado	38	66,7
Desempleado	14	24,6
Subempleado (Vendedor ambulante)	4	7,0
Pensionado	1	1,8
TOTAL	**57**	**100,0**

- **Nivel educativo**

La encuesta, respondida en este punto por 56 de los 57 jefes de hogar, señala que la mayoría (75%) solamente cursó hasta primaria, hay 11 bachilleres (19,6%), 2 técnicos/tecnólogos (3,6%); no hay profesionales entre ellos y uno no tiene nivel educativo alguno. (Ver **Tabla 4.16**).

Tabla 4.16. Nivel educativo cabeza de familia

NIVEL EDUCATIVO	TOTAL	%
Ninguno	1	1,8
Hasta Primaria	42	75,0
Bachiller	11	19,6
Técnico / Tecnológico	2	3,6
Profesional Universitario	0	0,0
TOTAL	**56**	**100,0**

4.3.2.4 Acceso al sistema de salud

Respecto al sistema familiar de salud, la mitad de la población se encuentra afiliada a EPS o al Seguro Social y un 45% se encuentra inscrita en el SISBEN; cabe anotar que tres de las familias no tienen ninguna clase de seguridad social en salud. (**Tabla 4.17**). (NOTA: Se obtuvo respuesta a esta pregunta en 56 de los 57 encuestados).

Tabla 4.17. Sistema de salud

SISTEMA DE SALUD FAMILIAR	TOTAL	%
EPS	28	50,0
SISBEN	25	44,6
Ninguno	3	5,4
TOTAL	**56**	**100,0**

4.3.2.5 Nivel de ingresos familiares

La mayoría de las familias (sobre un total de 56 que respondieron esta pregunta) tiene ingresos familiares mensuales mayores a 1 salario mínimo mensual legal vigente (S.M.M.L.V.) y menores o iguales a 2 S.M.M.L.V. Solamente hay una familia que supera dicho valor, pero no alcanza a sobrepasar los 3 S.M.M.L.V. Ninguna familia tiene ingresos superiores a este último valor; el 37,5% de las familias sobreviven con ingresos de 1 S.M.M.L.V. o menos. (Ver **Tabla 4.18**).

Tabla 4.18. Nivel de ingresos familiares mensuales

INGRESOS FAMILIARES	TOTAL	%
Menor o igual a 1 S.M.M.L.V.	21	37,5
Mayor a 1 y menor o igual 2 S.M.M.L.V.	34	60,7
Mayor a 2 y menor o igual a 3 S.M.M.L.V.	1	1,8
Mayor a 3 S.M.M.L.V.	0	0,0
TOTAL	**56**	**100,0**

Según la nueva metodología del DANE para establecer las líneas de pobreza, vive en condiciones de pobreza la familia con más de 4 miembros que tenga ingresos

familiares menores a $1.000.000,00, y en indigencia la que tenga ingresos de $400.000,00 o menos (El Tiempo, 2005). Bajo esta definición, por lo menos la mitad de las familias de Casaloma se encuentra en condiciones de indigencia y el 98% está por debajo de las líneas de pobreza e indigencia.

Así mismo, si se hace un promedio ponderado, con el dato mayor de cada intervalo, se tendría que el ingreso medio por familia al mes es de 1,64 S.M.M.L.V. o US$ 268,56[1] y en términos diarios de US$ 8,95. Conociendo que el promedio de miembros por familia es de 4,44, entonces tendremos un ingreso diario *per cápita* de US$ 2, lo que en términos del Banco Mundial, coincide con una de las líneas de pobreza[2].

4.3.2.6 Familiares o allegados en otros sitios de la ciudad

Esta información cobra mucha importancia en caso de requerirse la reubicación temporal de familias. En Casaloma II Sector se pudo establecer que 53 familias cuentan con familiares o allegados en otras zonas de la ciudad y sólo 4 no cuentan con este apoyo.

4.3.2.7 Frecuencia en acceso a medios masivos de comunicación

Esta es una información clave cuando se trate de diseñar campañas de divulgación en aspectos preventivos o de preparación o alerta de la población. En las **Tablas 4.19** a **4.21** se presentan los resultados de las 56 familias que contestaron esta pregunta.

Tabla 4.19. Frecuencia con la que se lee la prensa

FRECUENCIA PRENSA	TOTAL	%
Diaria	7	12,5
Semanal	5	8,9
Mensual	3	5,4
Rara vez o Nunca	41	73,2
TOTAL	**56**	**100,0**

Tabla 4.20. Frecuencia con la que se ve televisión

FRECUENCIA TV	TOTAL	%
Diaria	53	94,6
Semanal	1	1,8
Mensual	0	0,0
Rara vez o Nunca	2	3,6
TOTAL	**56**	**100,0**

[1] 1 S.M.M.L.V. equivale en la actualidad, a una tasa representativa del mercado de $2.333,70 por US$1 (04 de marzo de 2005), a US$163,47, o a US$5,45 por día.

[2] Aunque la pobreza se define en otros términos, como por ejemplo las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y otros indicadores.

Tabla 4.21. Frecuencia con la que se escucha radio

FRECUENCIA RADIO	TOTAL	%
Diaria	39	69,6
Semanal	8	14,3
Mensual	0	0,0
Rara vez o Nunca	9	16,1
TOTAL	**56**	**100,0**

Como se observa, el acceso a los medios de comunicación es claramente dominado por la televisión ya que el 94,6% ve televisión diariamente, seguido de la radio.

4.3.3 Inventario de relaciones y funciones sociales

Con base en la información recabada se pudo establecer que en el área de estudio se desarrollan las siguientes actividades principales:

- Habitación
- Recreación
- Reuniones sociales y culturales
- Movilidad

4.3.4 Otra información levantada

En desarrollo del trabajo de campo se recolectó información adicional de interés, que se describe a continuación.

4.3.4.1 Listado de propietarios

La Junta de Acción Comunal hizo entrega al equipo de Consultoría de dos listados de propietarios que se adjuntan en el **Anexo 4.2**, de los cuales se llama la atención en los siguientes aspectos:

- Los nombres de los propietarios no coinciden con los nombres de los jefes de hogar, por lo que se presume que las viviendas, en general, se encuentran arrendadas o figuran a nombre de personas distintas a sus habitantes.
- Hay inconsistencia entre la codificación de los predios en los listados con la que aparece en el plano de loteo (Sarria, 2000), así como con la que fue suministrada durante el desarrollo de la encuesta.
- El listado no cubre la totalidad del barrio Casaloma II Sector.

4.3.4.2 Riesgos colaterales

- **Almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas**

Algunas sustancias pueden generar amenaza tecnológica por fuga, derrame, explosión y/o incendio o pueden agravar una situación originada por otro tipo de evento, pero de acuerdo con la información suministrada por los habitantes, en ninguna de las viviendas se almacenan ese tipo de sustancias, aunque se maneja gas natural, el cual se encuentra instalado en todas las casas del sector.

- **Actividades peligrosas**

No se observó que se realizaran procesos industriales o comerciales (Lavanderías, fábricas, etc.) que generen condiciones de riesgo adicional.

- **Concentración masiva de personas**

Esta situación se da semanalmente en la casa con dirección carrera 9 Este # 84D – 16 sur (“El Chalet”), que es utilizada como centro evangelizador por los Hermanos Maristas de La Enseñanza.

4.4 INVENTARIO DE DAÑOS

Se realizó una inspección de daños de tipo general en las áreas públicas de la zona de estudio, y, de manera particular en las viviendas, de forma externa a las mismas. De igual forma, durante el desarrollo del censo de población se reportaron algunos daños dentro de las viviendas, que no hubo oportunidad de corroborar.

En el primer caso, es decir, en las áreas públicas, cabe anotar que el mobiliario físico urbano en el barrio es muy precario, en el cual no se detectaron daños evidentes ocasionados por procesos de remoción en masa.

La inspección externa de las viviendas solamente permitió determinar un daño en una de ellas, que consiste en una fisura en una viga, pero no hay mayores evidencias de que esté relacionado con movimientos del terreno.

Finalmente, los daños reportados por los ocupantes de las edificaciones se presentan en la **Tabla 4.22** y en la **Figura 4.5**. Se refieren principalmente a molestias ocasionadas por la caída de materiales producto de los cortes efectuados para la construcción de viviendas, y algunas humedades y agrietamientos, que pueden atribuirse a las deficiencias de obras de drenaje y alcantarillado en el sector, así como al uso de materiales y técnicas de construcción deficientes desde el punto de vista técnico. En total se reportaron daños en 8 viviendas, equivalente al 16% del área de estudio.

Tabla 4.22. Daños reportados por los ocupantes

Código	Dirección	Daños internos en las viviendas reportados por los habitantes
CLII_03_02	Calle 84A sur # 8F-45 Este	Humedad parte oriental
CLII_04_09	Calle 84B Sur #8F-19 Este	Humedad interior costado oriental
CLII_06_02	Carrera 8F Este #84D-04 Sur	Caída de material en los costados por corte para la construcción
CLII_16_04	Carrera 10 Bis Este #84C-63 Sur	Grietas verticales junto a columnas, desde hace un año, columna de cimentación agrietada
CLII_06_03	Carrera 8F Este #84C-22 sur	Piso agrietado
CLII_01_02	Carrera 8F Este # 84A-31 sur	Humedad en sector oriental parte posterior de la casa
CLII_13_04	Calle 85 Sur # 9-03 Este	Humedad
CLII_13_01	Calle 85 A Sur # 8A-35 Este	Caída de material en el costado oriental de la casa

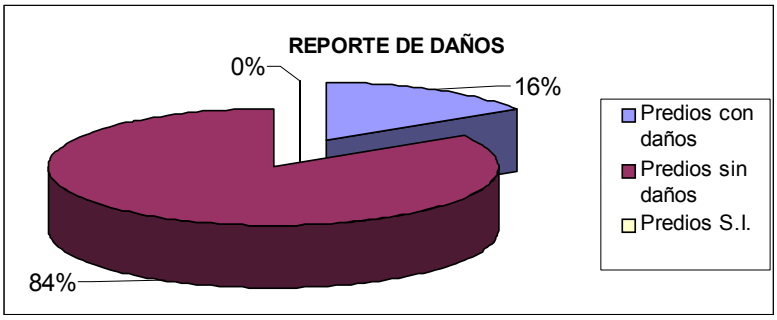


Figura 4.5. Reporte de daños en predios

4.5 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

En esta sección se van a tratar dos puntos fundamentales que caracterizan la zona de estudio desde el punto de vista ambiental y que guardan estrecha relación con el riesgo por procesos de remoción en masa objeto del presente trabajo. En primer lugar se discute sobre la influencia del barrio Casaloma sobre el Parque Entrenubes, y, en segundo lugar, se tratan los problemas ambientales particulares del barrio.

4.5.1 Influencia de la zona de estudio sobre el Parque Entrenubes

La Localidad de Usme se destaca en Bogotá por ser una de las pocas zonas en las que aún se conservan las riquezas ambientales. Estos recursos están representados por suelos con potencial agrícola, por una considerable disponibilidad de agua y riquezas en biodiversidad de flora y fauna, contando además con grandes capitales de recursos renovables y no renovables. (DAMA, 1993). Esta gran riqueza ambiental se ve amenazada por variados y complejos problemas ambientales, como los que se describen a continuación.

Uno de los grandes problemas que afronta la Localidad, y que se puede apreciar en la zona de estudio, es la migración irregular de población, en buena parte desplazada por la situación de violencia que vive el país, originando asentamientos ilegales, en procesos informales de urbanización y sin la posibilidad de que la Administración pueda satisfacer la demanda de agua potable, alcantarillado, vías, zonas verdes comunales, entre otras, que mejoren la calidad de vida de la población. (Fuente: DAMA, 1993 y SAF, 2000).

El establecimiento de urbanizaciones ilegales consolidadas dentro del área del Parque Entrenubes ha generado grandes inconvenientes ambientales como la ocupación de tierras, deforestación y cambios bruscos del uso del suelo.

Tal como se pudo observar, la unidad de paisaje que predomina en el Parque Entrenubes y que colinda con la zona de estudio, se denomina “Colinas con cobertura antrópica”. Esta unidad, en términos generales, se caracteriza por estar bañada por una gran cantidad de quebradas y fuentes de aguas menores; posee riquezas de fauna y flora, predominando relictos de bosques, que se consideran como banco germoplásmico, y especies menores en tamaño; su formación ecológica es la de bosque húmedo montano y una matriz constituida por vegetación antrópica de cultivos homogéneos, misceláneos y pastizales, además de poseer en su parte alta formación de bosque alto andino donde predomina el encenillo (*Weinmasnnis tomentosa).*

Con base en la identificación de la unidad de paisaje, se pueden establecer algunos impactos ambientales que afectan directa o indirectamente los procesos naturales que se desarrollan en el Parque, de los cuales, el más relevante para el caso de estudio, es el producido por la modernización de los sistemas de usos del suelo, el cual ha promovido la ampliación de la frontera agrícola y la ocupación urbana hasta niveles que desbordan la capacidad de carga del suelo.

La influencia directa que tiene el barrio de estudio sobre el Parque Entrenubes está condicionada por las actividades cotidianas que desarrolla la comunidad.

El asentamiento de barrios en este sector ha generado problemas de deterioro ambiental y paisajístico manifestado en la falta de árboles, carencia de prados y jardines, presencia de basuras y aguas residuales, presencia de animales domésticos y plagas, también de roedores e insectos y un aspecto desolador de la colina, al igual que otros barrios ubicados al borde del Parque Entrenubes. (Contraloría de Bogotá, 2002)

El área de influencia directa posee rastros de vegetación paramuna. Las actividades que se realizan en estas colinas, como el descapote para la urbanización desordenada, el vertimiento de aguas residuales, la disposición de residuos sólidos y su quema, han generado la disminución y la casi desaparición de estas especies vegetales.

Otra de las actividades que se desarrollan en el área de influencia directa es el pastoreo. El ganado utiliza como alimento la vegetación típica de la zona y los

rebrotes de plantas que han podido surgir en las épocas de lluvia, provocando un cambio en la cobertura vegetal y compactación del suelo por el pisoteo diario del ganado.

La degradación de las colinas genera zonas potencialmente erosionables, por el efecto combinado o individual del manejo inadecuado de las aguas y la deforestación ya que la vegetación alta protege el suelo del viento.

Es posible que se estén produciendo otros impactos por la intervención antrópica en esta zona que no se pueden detectar a simple vista, lo que amerita un estudio detallado de evaluación de impacto ambiental.

De lo anterior puede deducirse que:

- La importancia que las autoridades distritales han otorgado al Parque Entrenubes ha venido creciendo, lo que se expresa en los avances normativos y legales.

- De otra parte, existe una fuerte presión por el cambio de uso del suelo, a través de la urbanización informal, que ha reducido el área del parque. En particular, en la zona de interés del presente trabajo, este fenómeno se expresa en la existencia misma del barrio objeto de estudio.

- Según las observaciones efectuadas en el área de estudio, hay un divorcio entre la norma y la realidad, cuyos efectos inmediatos son el deterioro del parque y la presencia de comunidades en condiciones marginales.

4.5.2 Problemática ambiental en la zona de estudio

El barrio Casaloma II Sector, en su parte alta, presenta un panorama de deterioro ambiental, que, al igual que la situación de amenaza geotécnica descrita en la sección correspondiente, condiciona en gran medida la calidad de vida y seguridad de sus habitantes. A continuación se realiza una breve descripción de los factores ambientales que definen el deterioro mencionado, obtenidos a partir de las observaciones efectuadas en campo y sin estudiarlos en forma detallada, dado que no es el objeto del presente estudio.

4.5.2.1 Caracterización general de la zona

El barrio Casaloma II Sector colinda con el Parque Entrenubes en su costado oriental y norte, por lo que se observa un paisaje típico de bosque intervenido.

En términos generales la flora original ha sido modificada, observándose varias especies foráneas, como eucaliptos. En la parte superior se observan relictos de bosque, en la parte media algunos pastizales así como una zona completamente deforestada por la acción urbanizadora.

La fauna original en el barrio ha sido reemplazada por especies domésticas y plagas, como perros, roedores e insectos, de los cuales se pudo establecer que hay una superpoblación canina, lo que afecta las condiciones de salud e higiene de la población humana. Con menor participación se pudieron observar caballos y pájaros.

Los residuos sólidos generados por los habitantes del área de estudio son de tipo doméstico, caracterizándose los residuos orgánicos. Los habitantes deben desplazar los residuos hasta un lugar de acopio temporal de los mismos, donde son recolectados. Los miembros de la comunidad tienen el compromiso de llevar sus basuras hasta este lugar. Esto indica bajo cubrimiento del servicio de aseo, tanto por la falta de vías adecuadas para los carros recolectores como por la falta de colaboración ciudadana. Los residuos que no son llevados al sitio de acopio, son dispuestos en zonas verdes a cielo abierto para su futura quema o simplemente se dejan al descubierto. Esta práctica con la disposición de los residuos genera graves riesgos de salud, tanto por la multiplicación de vectores, como por la producción de olores molestos.

El barrio Casaloma no cuenta con el sistema de alcantarillado, razón por la cual las aguas residuales son vertidas directamente al terreno y toman curso por varias zanjas que atraviesan el barrio.

4.5.2.2 Contaminación en la zona

- **Contaminación atmosférica**

Aunque en el área de estudio no hay industrias que perjudiquen la calidad del aire, se puede observar que el *smog* fotoquímico producido en la ciudad afecta esta variable. La niebla es densa y la capacidad visual se disminuye con la distancia.

Se observa que este efecto también es producido por la presencia de partículas suspendidas. Como se registró en capítulos anteriores, hay varios sectores sin una adecuada cobertura vegetal y todas las vías carecen de pavimento; en estas zonas, expuestas a la acción del viento, se producen levantamientos y arrastre de partículas de suelo que constituyen los elementos suspendidos en el aire. De igual forma en el costado norte hay una fábrica de ladrillos, que al parecer, está inactiva, pero que en desarrollo de su actividad generó varios taludes que quedaron sin vegetación y sometidos al arrastre de partículas por la acción del viento.

Además de lo anterior, cabe resaltar que se presentan olores, molestos para los residentes y visitantes, originados por las deficientes condiciones de higiene en que vive la población, y por la descomposición de aguas y residuos. Dentro de las deficiencias higiénicas observadas se puede hacer referencia a los excrementos de los perros y otros animales que están dispersos por todo el barrio y por la disposición inadecuada de los residuos sólidos.

No hay evidencias de contaminación por ruido; durante los trabajos de campo no se observaron fuentes sonoras que pudiesen generar ruidos que sobrepasen el máximo de decibeles permitidos por las normas, aunque en los alrededores de la

zona de estudio se ubica la Autopista al Llano. La influencia directa que tiene el parque automotor en esta zona es baja ya que no cuenta con un sistema de transporte definido al cual se le puedan endosar los problemas de contaminación atmosférica.

- **Contaminación hídrica**

En la zona de estudio no se encuentra definida ninguna fuente hídrica consolidada a la cual se le esté aportando carga contaminante directamente; sin embargo, la contaminación se observa aguas abajo en la quebrada Yomasa, la cual recibe contaminantes como residuos sólidos y aguas residuales.

- **Contaminación del suelo**

En primera instancia deben registrarse los procesos descritos en el **Capítulo 3** relacionados con los aspectos geotécnicos que están afectando el suelo.

Pero, de otro lado, los suelos de la zona de estudio presentan contaminación, principalmente por dos factores. El primero, por residuos sólidos, que como se ha dicho en párrafos anteriores, son dispuestos inadecuadamente sobre el recurso suelo, aumentando las áreas afectadas por contaminación de forma continua y progresiva. En segundo lugar, se puede decir que se presenta contaminación por la infiltración de las aguas residuales, por la inexistencia del sistema de alcantarillado.

4.6 COMPONENTE URBANÍSTICO

En el **Capítulo 2** se describieron en forma general las características urbanísticas del barrio Casaloma II Sector, haciendo énfasis en aspectos como su relación con la estructura ecológica principal (Parque Entrenubes y Parque Ronda del Río Tunjuelo), la movilidad y accesibilidad, sistemas de transporte y equipamientos.

En este aparte se va hacer énfasis en dos aspectos trascendentales de la relación en doble vía que existe entre el tema urbanístico y el riesgo por remoción en masa. En primera instancia, se discuten los aspectos inherentes a la influencia del proceso de urbanización (factor antrópico) en la amenaza geotécnica, y a renglón seguido se aborda el tema del riesgo como condicionante, en unos casos, o restricción, en otros, en la planificación adecuada del desarrollo urbanístico del barrio.

Finalmente, en lo que respecta a este tema, se dedicará un espacio a la presentación del Decreto 411 del 23 de diciembre de 2004, mediante el cual se reglamenta la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 57 Gran Yomasa, a la que pertenece el barrio Casaloma II Sector.

4.6.1 Influencia del proceso de urbanización en la amenaza geotécnica

A lo largo del capítulo se ha podido establecer cómo la actividad del hombre en la zona y la forma en que se han adelantado los procesos de urbanización están

relacionadas estrechamente con las condiciones de estabilidad del terreno y la generación de amenazas y riesgos en el sector.

La intervención antrópica resulta una variable de influencia directa sobre la potencial inestabilidad del terreno, bien actuando como factor contribuyente, detonante o circunstancial.

Dentro de esta intervención, debe mencionarse, en primer lugar, la degradación de la cobertura de suelo, efectuada para la construcción de viviendas, apertura de vías y caminos y siembra de cultivos. Esta degradación genera modificaciones en la capacidad de retención de las aguas lluvias por pérdida de vegetación, cambios en los drenajes y procesos de erosión. Tal degradación, en la zona de estudio, puede considerarse generalizada.

Es importante registrar, de igual forma, la ocupación de zonas de drenaje, pues se obstaculiza el libre paso de las aguas lluvias, y en interrelación con la degradación del suelo, se generan procesos como los denominados flujos de tierra. Esto es particularmente importante en el sector de la Diagonal 85 Sur, pues ésta ocupa un antiguo cauce de una quebrada, razón por la cual, en el caso de presentarse una avenida de tipo torrencial, con arrastre de sólidos provenientes de las partes altas, se genera un corredor de amenaza alta, tal como se definió en el **Plano 4.1**.

Uno de los factores de mayor significancia, en relación con las modificaciones impuestas a las condiciones de estabilidad, corresponde a los cortes del terreno para la construcción de viviendas, situación que resulta de difícil control, pues es una actividad puntual, sin la debida asistencia técnica y de carácter casi general en la zona de estudio. Otro factor relevante es la ejecución de rellenos de bajas calidades técnicas, presentes en buena parte de las construcciones de la zona de estudio.

Al igual que los cortes y rellenos, son de gran importancia los vertimientos de aguas residuales al terreno. La ausencia de alcantarillado pluvial y sanitario contribuye a los aportes de agua al terreno.

4.6.2 El riesgo como determinante en la planificación urbanística

En esta sección se abordará este tema, para lo cual es necesario precisar algunos conceptos, como el de desarrollo y su relación con el tema de riesgos; así mismo es conveniente indicar la forma en que se puede integrar el tema a los procesos de planificación del territorio, en lo aplicable al área de estudio.

4.6.2.1 El concepto de desarrollo

La noción de desarrollo se ha convertido en uno de los conceptos centrales en torno a la planificación territorial dada su capacidad aglutinante de acciones y perspectivas para la creación de transformaciones sobre el hábitat humano y las relaciones de la sociedad con su medio circundante.

El concepto de desarrollo, tal como se emplea en este documento, se refiere al proceso que permite elevar la calidad de vida de las personas sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. La calidad de vida depende de las posibilidades que tengan las personas de satisfacer adecuadamente sus necesidades humanas fundamentales, tales como subsistencia, protección, afecto, entendimiento, participación, ocio, creación, identidad y libertad.

El concepto de desarrollo puede delimitarse como todas las transformaciones que el ser humano realiza sobre la biosfera, y la aplicación de acciones y estrategias para conseguir satisfacer las necesidades humanas y alcanzar una calidad de vida. Desde este marco, el desarrollo debe ser sostenido y tener en cuenta la relación de las dimensiones socioculturales, ambiental, política e institucional; además, las políticas de desarrollo deben responder a una evaluación continua de los efectos de las intervenciones sobre el medio ambiente.

Desde la aparición del ser humano sobre el planeta, el entorno se ha visto sometido a su acción, desde los cazadores y recolectores del neolítico, pasando por los agricultores y siervos de la edad media ha existido esta relación entre la sociedad y el territorio, empero es en los últimos decenios que el modelo de desarrollo de la civilización occidental ha iniciado una carrera desenfrenada hacia la degradación de los recursos naturales, la concentración urbana, el uso indiscriminado de sustancias tóxicas, y el desequilibrio ecológico y socio económico.

Además de lo anterior, una de las características más importantes del desarrollo moderno es su influencia planetaria; en efecto, con la globalización se genera transformación en los patrones culturales tradicionales y se tiende hacia una homogenización de concepciones y prácticas sobre el medio ambiente y las relaciones que se deben establecer con éste.

Tradicionalmente, el desarrollo ha sido entendido desde una perspectiva economicista; por ello no es difícil encontrar en los textos planteamientos como el siguiente: “Con una población superior a los treinta millones de habitantes, localizada abrumadoramente en zonas urbanas, el país se enfrenta al desafío de romper a través de la industrialización la barrera de la dependencia externa en tal forma que sea posible generar suficientes empleos de buena calidad y aliviar, de esta manera, las condiciones de extrema pobreza en la cual vive todavía cerca de un 25% de su población” (Caballero, 1991). Es decir, se concibe de manera sectorial que el crecimiento de la economía de un país produce beneficios colaterales, y estos redundan en el bienestar de los sectores sociales menos favorecidos. Sin embargo, este modelo ha llevado a acrecentar las desigualdades sociales y regionales, factor que, unido a la urbanización acelerada de las ciudades, ha acarreado innumerables problemas, entre los que se presentan la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo y la explotación indiscriminada de recursos naturales.

El afán por imitar modelos extranjeros ha ocasionado que se pierdan las perspectivas tradicionales particulares; por ello es importante retomar algunos elementos que conforman el marco conceptual del Desarrollo a Escala humana, planteamiento que se contrapone diametralmente a la perspectiva economicista y

que plantea postulados como los siguientes: "Encontrarnos con nosotros mismos y el desarrollo de países y culturas capaces de ser coherentes consigo mismas", es el objetivo principal de los procesos de desarrollo que adelanten los grupos sociales. (Max-Neef y otros, 1986).

La perspectiva propuesta por el Desarrollo a Escala Humana es que tal desarrollo, "… se concentra y sustenta en la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales, en la generación de niveles crecientes de autodependencia y en la articulación orgánica de los seres humanos con la naturaleza y la tecnología, de los procesos globales con los comportamientos locales, de lo personal con lo social, de la planificación con la autonomía y de la Sociedad Civil con el Estado ". Desde esta perspectiva juega un papel primordial la Sociedad Civil, el desafío se concentra en su capacidad para movilizarse y adecuar un orden político representativo a los proyectos de los diversos y heterogéneos sujetos sociales; por ello el Estado debe entonces propiciar y fortalecer nuevos mecanismos institucionales capaces de conciliar participación con heterogeneidad, formas más activas de representatividad y mayor receptividad en cada una de las instancias públicas. (Max-Neef, ref. cit.).

Desde este marco referencial planificar significa tener en cuenta múltiples racionalidades y dimensiones de la dinámica colectiva de los grupos sociales, por lo tanto, es necesario validar tanto el conocimiento científico como del saber popular, para que los planes con esquemas homogenizantes y globales se articulen con la perspectiva local y den respuestas más eficientes a los grupos sociales, sujetos del proceso de planificación.

(Cantillo, 2004).

4.6.2.2 Desastres, desarrollo y planificación

Si en el medio ambiente, entendido como un sistema, en el cual sus elementos se encuentran en permanente interacción, se presentan cambios o alteraciones que el sistema no puede absorber por falta de flexibilidad o capacidad de adaptación surge una crisis; dependiendo de la valoración social que la comunidad le asigne, se le denomina "desastre", siendo en todos los casos un impacto ambiental desfavorable.

Las situaciones de crisis no son más que la materialización de unas condiciones de riesgo existentes, las cuales a su vez no dependen solamente de la acción de un agente perturbador o detonante, que bien podría ser un evento o un proceso acumulativo de deterioro, sino de unas condiciones de vulnerabilidad, que son aquellas que facilitan o favorecen que se desencadene la crisis ante la ocurrencia del evento detonante o del sobrepaso de un umbral crítico del proceso de deterioro.

Las condiciones sociales y ambientales, que favorecen la vulnerabilidad o fragilidad de un asentamiento humano, por ejemplo, son en general el resultado de los estilos de desarrollo aplicados y de la deuda que se ha generado con la naturaleza, lo cual obedece a un proceso de gestación o incubación. En otras palabras, las situaciones de crisis e incluso los desastres son problemas del desarrollo aún no resueltos. La vulnerabilidad en sus diferentes modalidades no es otra cosa que un déficit de

desarrollo y una cuenta ambiental negativa hacia la cual se deben dirigir los esfuerzos de la gestión preventiva desde el punto de vista del planeamiento, con el fin de evitar o reducir las consecuencias sociales, económicas y ambientales. (Cardona, 1997 y 2003)

A lo anterior habría que agregar que los estilos de desarrollo aplicados no solamente generan condiciones de vulnerabilidad, sino también son altamente determinantes de la generación de fenómenos peligrosos o la exacerbación de su severidad y recurrencia.

El nivel de riesgo de una sociedad está relacionado con sus niveles de desarrollo y su capacidad de modificar los factores de riesgo que potencialmente lo afectan; en este sentido, desastres son riesgos mal manejados; todo riesgo está construido socialmente, aún cuando el fenómeno físico con el cual se asocia sea natural. (Cardona, ref. cit.)

Continuando con Cardona (ref. cit.), este autor afirma que muchas ciudades están construidas sobre, o contienen, sitios propensos a desastres debido a tres razones principales:

- Las ciudades se fundaron en sitios peligrosos porque en la época de su fundación las ventajas del sitio valían más que los riesgos

- El desarrollo de las ciudades no estaba conducido por una cultura de la prevención de desastres.

- Las ciudades traspasaron lo que originalmente fueron sitios relativamente seguros.

La situación ambiental de las ciudades está directamente relacionada con los problemas que conlleva el acelerado proceso de urbanización, producto de desequilibrios de orden social y económico a través de la historia. El proceso de desarrollo y urbanización para el cual los países industrializados necesitaron muchos años, se efectúa en los países en desarrollo en un lapso de tiempo mucho más corto, con características completamente diferentes.

Complementando lo anterior debe registrarse que, particularmente en el caso colombiano, los procesos de apropiación de la tierra se han caracterizado por el empleo de la fuerza y la violencia, lo que ha llevado a grandes masas de población a establecerse en sitios no seguros, en condiciones de alta marginalidad. En la época precolombina varios grupos de indígenas encontraron condiciones apropiadas para su supervivencia en esta región; pero la conquista y colonia, fueron procesos extremadamente sangrientos, en que los indígenas fueron desalojados por la fuerza. En la república, a raíz de las múltiples guerras civiles, la violencia bipartidista, y luego por efectos de la violencia guerrillera, paramilitar y del narcotráfico, se han generado oleadas masivas de desplazamientos de la población rural hacia las ciudades, ocasionando procesos de crecimiento veloz y desordenado de las mismas. Los inmigrantes, al no encontrar espacios adecuados para su instalación, han tenido que radicarse en lugares poco aptos para la urbanización,

expuestos a fenómenos generadores de amenaza y, debido a sus prácticas constructivas y deficiencias técnicas, en condiciones de alta vulnerabilidad. (Cantillo, 1999)

Por ejemplo en la ciudad de Bogotá, en la cuenca del río Tunjuelito, los procesos de urbanización, en su mayoría, se han caracterizado por la informalidad y la ilegalidad. Muchos barrios tuvieron su origen en invasiones y urbanizaciones piratas y con el tiempo se han ido legalizando. El poblamiento de estas zonas tiene sus orígenes en el desplazamiento de personas por la violencia de los años cuarenta y cincuenta, que, provenientes del campo, fueron objeto de engaños por parte de urbanizadores piratas que les vendían lotes baratos y sin servicios públicos, la mayor parte de las veces ubicados en zonas de amenaza por inundación o deslizamientos y sin algún tipo de planeación. (Cantillo y otros, 2002).

Otro punto importante se refiere a la sostenibilidad urbana. Las ciudades pueden favorecer o impedir procesos de sostenibilidad a partir de sus relaciones con el medio, ya que a su vez son ordenadoras del territorio, generan procesos de producción y consumo y producen desechos. La aplicación del concepto de "sostenibilidad" urbana debe necesariamente referirse a formas de ocupar, producir y consumir el espacio edificado para garantizar la permanente regeneración de sus sistemas sociales y económicos lo cual sólo se logra mediante la adopción de patrones de ordenamiento y ocupación del suelo que garanticen dicha regeneración. Estos patrones de ordenamiento se materializan en diversos "atributos" que distinguen una ciudad sostenible de una que no lo es, independientemente de su tamaño, localización o papel regional. Un sistema urbano sostenible se caracteriza por su capacidad de permitir la regeneración permanente de los sistemas de soporte de la vida y la actividad económica mediante patrones específicos de ocupar y utilizar el territorio. (Cardona, ref. cit.).

Se deben señalar estilos de desarrollo tanto en los ámbitos rurales como en los urbanos, de acuerdo con las características del entorno y los requerimientos de las poblaciones. La competencia por el suelo y la necesidad de tierra señalan fallas en el estilo actual del desarrollo en América Latina y en Colombia particularmente. Esto implica que dentro del desarrollo se debe tener en forma manifiesta la prevención. (Hernández, 1996).

Por lo expuesto anteriormente, la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad y del hábitat natural y urbano debe ser un objetivo explícito de la planificación del desarrollo económico, social y ambiental desde la perspectiva de lo territorial y lo sectorial. Solamente incorporando criterios de prevención en la planificación física (urbana y/o territorial), la planificación sectorial y socioeconómica y formulando modelos prospectivos de indicadores que permitan detectar mediante alertas tempranas posibles crisis, será posible un proceso equilibrado que pueda interpretarse como desarrollo sostenible. (Cardona, ref. cit.).

Con relación a la planificación territorial, específicamente, el ordenamiento del territorio, según la Ley 388 de 1997, comprende un conjunto de acciones para orientar el desarrollo del territorio y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía

con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales. Esto significa que el ordenamiento territorial tiene como objetivo fundamental el desarrollo humano sostenible, es decir, la elevación de la calidad de vida de la población. Cárdenas (1999) plantea los siguientes interrogantes: ¿Si el Plan de Ordenamiento Territorial busca el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, no debería hacerse un análisis riguroso sobre cuáles de los aspectos que conciernen al ordenamiento territorial actual afecta cada uno de los aspectos que constituyen la calidad de vida de los diferentes sectores de la población? ¿Qué hacer preventivamente frente a cada una de las amenazas que afectan esos aspectos constituyentes de la calidad de vida humana y, ante todo, frente a aquellas que más rápidamente pueden conducir a una crisis en el sistema social?

En ese sentido se han propuesto esquemas como el de la planeación preventiva o urbanismo preventivo, propuesto por P. Massure en 1997 (en Cárdenas, ref. cit.), que se basa en tres características fundamentales del sistema urbano: Su estructura (medio físico, natural y construido, ecología y fragilidad de la ciudad), su funcionamiento (funciones y actividades urbanas, su distribución espacial y su vulnerabilidad, el análisis de los flujos correspondientes, y aspectos culturales y de toma de decisiones) y su crecimiento (en los ámbitos demográfico, económico y espacial). Este tipo de análisis debe desembocar en propuestas de soluciones preventivas, que estén integradas en los esquemas de desarrollo urbano:

- Proyecto de estructuración del espacio natural en función de sus potencialidades, sus límites e inestabilidades.

- Proyecto de organización de las funciones urbanas, determinación de las funciones estratégicas o vitales que deben preservarse para los períodos de crisis o que deben reforzarse para limitar el impacto socioeconómico de las catástrofes.

- Información y educación para desarrollar una cultura de la prevención.

- Medidas específicas de protección.

En términos generales, todos los enfoques confluyen coherentemente en los siguientes aspectos básicos (Cárdenas, ref. cit.):

- La búsqueda del desarrollo no debe conducir a cosa distinta que a la elevación de la calidad de vida de la población

- La calidad de vida de las poblaciones de los países en desarrollo y, en particular, de sus grandes concentraciones humanas, está sujeta a grandes riesgos como consecuencia de las amenazas a las que están expuestas en forma vulnerable, y que están conduciendo a crisis de todo orden.

- Introducir la prevención en la cultura ciudadana e institucional e implementar metodologías de planificación preventiva en todos los aspectos del desarrollo físico espacial, social, ambiental y económico, no

debe ser hoy día una opción sino una obligación de los gobiernos en los distintos niveles territoriales.

(Cantillo, 2004)

4.6.2.3 Incorporación del riesgo en la planificación urbanística de Casaloma II Sector

Considerando que el barrio Casaloma II Sector ya es un hecho, y que el estilo de urbanización aplicado carece de elementos fundamentales que conduzcan al desarrollo, se hace necesario replantear el modelo urbanístico, como se discute en el **Capítulo 5**, para lo cual es necesario contar con diversos determinantes, dentro de los cuales destacamos en este aparte, en forma explícita, el tema del riesgo.

La incorporación del riesgo en los diversos procesos de planificación y ordenamiento del territorio, es un tema vasto y de difícil tratamiento por las diversas concepciones alrededor del mismo y las múltiples implicaciones que conlleva. A continuación se plantean, de manera general, algunos principios aplicables al barrio en estudio, extractados de Cantillo (2004), que, en conjunto con la norma reglamentaria de la UPZ Gran Yomasa, que se presenta más adelante, constituye el punto de partida para la propuesta incluida en el **Capítulo 5** del presente trabajo.

Cuando se trata de la reorganización del territorio, en asentamientos existentes, podría establecerse que el tema de riesgo interviene en los siguientes sentidos:

- En términos amplios, como factor determinante de la calidad de vida de la comunidad, es decir que al abordar en forma integral la problemática de la calidad de vida, se está interviniendo en los factores que generan vulnerabilidad y, por ende, riesgo.

- Como restricción a la ocupación, ya que las amenazas y riesgos limitan el uso y ocupación de algunas zonas de terreno; por las características de la amenaza se pueden establecer áreas no aptas para el desarrollo urbanístico.

- Como condicionante de la ocupación del terreno en las áreas aptas para el desarrollo, lo que se traduce en especificaciones para la intervención en función de variables como la altura de los cortes, pendientes del terreno, inclinación y espesor de los estratos, inclinación de los cortes, entre otras.

Este enfoque conlleva a plantear las siguientes estrategias para un efectivo reordenamiento de la zona:

- Definición de manejo de sistemas estructurantes, considerando las amenazas y riesgos: El modelo territorial se sustenta en los sistemas estructurantes, que en la mayor parte de los casos se refieren a una estructura ecológica principal, a una estructura urbana y una estructura rural. La definición, delimitación y manejo de estos sistemas requiere el

conocimiento de las amenazas y riesgos como elementos determinantes, dado que, por un lado dichos sistemas deben establecerse a partir de principios como la sostenibilidad y la seguridad y, por otro, se debe proteger la estructura ecológica principal, que tiene como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica original y existente en el territorio.

- Establecimiento de organización funcional del barrio, considerando el tema de amenazas y riesgos: La organización funcional debe considerar el escenario de potenciales emergencias o desastres que puedan presentarse con ocasión de las amenazas y riesgos existentes, de manera que cuente con una capacidad de respuesta adecuada, tanto en los servicios de emergencia como en la infraestructura de servicios con el fin de retornar a la normalidad en la forma más rápida posible.

- Establecimiento de limitaciones al patrón de crecimiento por amenazas y riesgos: Las amenazas y riesgos establecen limitaciones al crecimiento del barrio, considerado el crecimiento en diversos sentidos (Densificación, ocupación de áreas no urbanizadas, límites de altura de edificaciones).

4.6.3 Reglamentación urbanística de la UPZ 57 Gran Yomasa

Mediante el Decreto 411 del 23 de diciembre de 2004, cuyo texto completo se presenta en el **Anexo 4.3**, el gobierno distrital reglamentó la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) 57, Gran Yomasa, a la cual pertenece el barrio Casaloma II Sector.

En su parte considerativa, la citada norma establece que esta UPZ se ha definido como una UPZ prioritaria de intervención del Subprograma de Mejoramiento Integral, por estar conformada con asentamientos humanos de origen ilegal, con uso residencial predominante de estrato 1, la cual presenta serias deficiencias de infraestructura, accesibilidad, equipamientos y espacio público; por lo tanto, se orientarán las acciones de complementación, ordenamiento o adecuación requeridas tanto en el espacio urbano como en las unidades de vivienda.

De igual forma refiere que la UPZ se rige por el Tratamiento de Mejoramiento Integral, el cual constituye una categoría nueva a partir del POT que se aplica en los asentamientos de origen informal la cual presenta importantes deficiencias en la infraestructura o en el equipamiento urbano y que precisa una doble actuación: Definir un conjunto de acciones para mejorar las condiciones del espacio público y privado y definir las normas para las construcciones populares adecuadas a su realidad. Dicho tratamiento tiene dos modalidades de intervención: Reestructurante a escala urbana y zonal, para los sectores que requieren generar condiciones de accesibilidad, infraestructura y dotación de equipamientos y, Complementaria a escala zonal y vecinal, para los sectores que requieren consolidar los procesos de construcción y cualificación de espacio público, infraestructura y dotaciones locales.

El Decreto en cuestión registra que, adelantado el estudio técnico para la formulación de la estructura básica de ordenamiento y la reglamentación de la UPZ, se encontró lo siguiente: En términos del sistema de espacio público, la UPZ cuenta con 2,79 m2 de zona verde por habitante, sobre el promedio de la ciudad que corresponde a 4,7 m2 por habitante; en relación con el sistema de movilidad, se cuenta con 2,44% de malla vial arterial construida y el 2,47% de malla vial local construida, sobre el promedio de la ciudad que corresponde al 4,6% y al 20% respectivamente; en términos del sistema de equipamientos de educación y bienestar social se cuenta con 2 m2 por estudiante sobre el promedio óptimo de 7,75 m2 por estudiante.

El objetivo que se busca, en términos de espacio público, es llegar a 5 m2 de zona verde por habitante; en relación con el sistema de movilidad, en lo que se refiere a la Malla Vial Arterial, se propone construir un 40,42% de las 42,92 Has que hacen falta, y en cuanto a la malla vial local, Corredores de Movilidad Local - CML, se propone construir un 51,02% de las 4,97 has, que hacen falta; en relación con el sistema de equipamiento de educación y bienestar social se requiere llegar al promedio óptimo de 7,75 m2 por estudiante.

En cuanto a la parte resolutiva, se extractan algunos importantes aspectos de la norma:

- El objetivo general de ordenamiento urbano y de la reglamentación de la UPZ 57, es contribuir al mejoramiento de la calidad de vida acercando la toma de decisiones a la escala zonal y a los actores involucrados, mediante la orientación de acciones de ordenamiento, complementación o adecuación, consignadas en el presente decreto que serán operadas por el Subprograma de Mejoramiento Integral. Así mismo, esta reglamentación busca consolidar el carácter residencial de la zona y dinamizar económicamente la Unidad de Planeamiento.

- Las estrategias adoptadas en el Decreto orientan las dinámicas y las relaciones urbanas de la UPZ; así mismo, definen las acciones prioritarias que permitan corregirla, encauzarla o reordenarla. Por lo anterior, se adoptan unas estrategias afines con el Subprograma de Mejoramiento Integral correspondientes al planeamiento urbano y de vivienda, de orientación, operación y coordinación interinstitucional, de reglamentación, legalización e incorporación de las situaciones de hecho, de participación y concertación. De especial interés para el barrio Casaloma II Sector, son las estrategias relacionadas con: La recuperación ambiental del costado occidental del Parque Entrenubes; la consolidación de un área de transición entre el borde occidental del Parque Entrenubes y la UPZ; la recuperación geomorfológica de predios sujetos a desarrollar mediante acciones coordinadas interinstitucionales; el reasentamiento de población en zonas de riesgo; inversiones en proyectos de construcción de las Avenidas Caracas, Boyacá, Páramo y Autopista al Llano; generación de áreas estratégicas de integración zonal, para la localización de equipamientos y espacio público, de carácter urbano y zonal, teniendo en cuenta el déficit existente; completar

las redes necesarias de los sistemas generales de servicios públicos para alcanzar la cobertura total dentro del área de la UPZ; establecer los mecanismos, desarrollar las estrategias y estudiar las soluciones que logren el cumplimiento de las normas urbanísticas, de sismo resistencia y condiciones de habitabilidad de las viviendas objeto de Mejoramiento Integral, mediante acciones de reconocimiento de vivienda de estratos 1 y 2, legalización de títulos de propiedad, en coordinación con el Programa de Mejoramiento de Vivienda; y contribuir a la consolidación de los núcleos de participación ciudadana en la UPZ, como espacio de Interlocución y consulta entre entidades y actores sociales que permitan desarrollar mecanismos de articulación social a la gestión institucional sobre aspectos de ordenamiento y mejoramiento urbano a escala zonal que fomente el trabajo colectivo y el control social.

- En el Capítulo 2 del Decreto se tratan los temas de reglamentación, definiendo sectores normativos, fichas reglamentarias, estacionamientos, normas comunes de las UPZ, normas de tratamiento de mejoramiento integral y otras normas (Sismorresistencia, manejo del ruido, bienes de interés cultural).

- En el Capítulo 3 de la norma se describen las acciones de gestión del suelo, definiendo acciones prioritarias, entre las cuales se extractan las siguientes relacionadas directamente con el área de estudio: Construcción de redes de alcantarillado (aunque no se nombra a Casaloma II Sector), construcción de la Avenida Boyacá, construcción de salón comunitario en Casaloma (Aunque ya existe), consolidación del área de transición del Parque Entrenubes.

4.7 COMPONENTE SOCIAL

4.7.1 Fase de indagación social – Informe de trabajo de campo

Bajo la perspectiva de incluir el componente social en el marco del estudio de evaluación de riesgos sobre el sector ya descrito y ampliamente caracterizado, se realizó un proceso de consulta mediante tres estrategias metodológicas básicas: El taller interactivo, la observación directa y la entrevista personal.

En relación con el taller interactivo, el ejercicio de indagación tuvo lugar a su vez en dos instancias: Con la Junta de Acción Comunal y con una muestra focalizada, representativa de la comunidad que habita el sector.

A continuación se describen estos procesos de modo más detallado y se muestran los resultados obtenidos, los cuales pretender servir como referente comparativo, así sea reconociendo su grado de relatividad en términos de validez y confiabilidad, ya que provienen de las apreciaciones un tanto subjetivas que hacen las personas, pero que en todo caso, son quienes sufren los rigores de la problemática en todas las dimensiones y complejidades.

4.7.1.1 Taller interactivo

El sentido del término "interactivo", sugiere la intención esencialmente participante. Se trata de escuchar a las personas e incluso de inducir y motivar sus intervenciones en un espacio de reunión creado con este único fin, y al ritmo de una guía de preguntas abiertas a respuestas espontáneas, a través de cualquier estilo y lenguaje que le sean posibles y de completo agrado a la persona que desea intervenir.

- **Taller con la Junta de Acción Comunal**

- **Objetivo de la actividad**

Contextualizar a los integrantes de la Junta de Acción Comunal en el propósito del estudio y en los beneficios que éste representa para la comunidad que habita el barrio Casaloma y, de modo especial, el segundo sector.

- **Lugar y fecha de la actividad**

La reunión tuvo lugar en la casa de la señora Luz Dary García, por espacio de tres (3) horas, el día sábado 5 del mes de febrero del año 2005, de las 9:00 a.m. a las 12:00 horas.

- **Participantes**

- Por parte del Consultor: Ingeniero Carlos Héctor Cantillo Rueda, Director del proyecto, y el Especialista Rafael Suárez Rondón, Asesor de investigación social.

- Por parte de la Junta de Acción Comunal: Señor Luis Enrique Cuellar, Presidente; Señora Luz Dary García, Secretaria; y Señor Hermes Pérez, Tesorero.

- **Temas tratados**

- Información general del sector.

- Caracterización de la población.

- Expectativas sociales de la comunidad.

- Posibilidades (viabilidad) de un trabajo con la comunidad (actitud de compromiso), posibles dificultades.

- **Consigna de trabajo**

- El Presidente y la Secretaria de la Junta de Acción Comunal se comprometen a cooperar decididamente con todo el proceso de estudio y con los requerimientos que surjan en el mismo tiempo.

- Igualmente los miembros de la Junta de Acción Comunal se comprometen a realizar una convocatoria de un grupo de personas representantes de la comunidad, con quienes se llevará a cabo el taller interactivo del día sábado siguiente en la sede social del barrio.

- **Taller con la muestra focalizada**

- **Objetivos del taller**

- Sensibilizar a la comunidad del sector acerca de la naturaleza del estudio y de los beneficios que representa en su perspectiva social.

- Escuchar y registrar las inquietudes de los participantes en relación con la problemática del sector en lo que al análisis de riesgos se refiere.

- Despertar motivaciones en el ámbito comunitario, referidas a la importancia de asumir un compromiso de solidaridad y cooperación frente a los posibles proyectos y obras que surjan como producto del estudio, para bienestar de la comunidad.

- **Lugar y fecha del taller**

El taller tuvo lugar en la sede social del barrio Casaloma, por espacio de dos y media horas (2 ½), el día sábado 12 del mes de febrero del año 2005, de las 09:30 a las 12:00 horas.

- **Conformación de la muestra**

Por tratarse de una muestra focalizada, según la metodología de la Investigación Acción Participativa, es decir, aquella que se considera “portadora” del pensamiento comunitario, por cuanto conoce el sentir de la mayoría, a la que escucha, permanentemente y a la que está en capacidad de representar en eventos de interés general, se eligió el grupo más representativo de la comunidad y con mayor relevancia de liderazgo comunitario, conformado por quince (15) personas, incluidos los miembros de la Junta de Acción Comunal. Participaron cinco (5) hombres y diez (10) mujeres.

- **Caracterización de la muestra**

Los integrantes de la muestra registran edades desde los 29 hasta los 74 años, siendo el promedio 43 años. Sus números de cedula quedan consignados en las

memorias del taller. La antigüedad de los integrantes, como habitantes del sector, oscila entre los 6 y los 15 años, registrándose un promedio de 12 años. El nivel académico predominante (80%) es la educación primaria.

- **Temática tratada**

- Percepción de la comunidad sobre la problemática general del sector.

Este aspecto de la consulta a la comunidad aborda la problemática del sector de modo indiscriminado y aún sin un ordenamiento prioritario. En las intervenciones de los participantes se percibe predominio de interés en aspectos de orden social, aunque a través de un análisis causal, puede verse comprometido el punto de vista ingenieril.

Al respecto de esta problemática general los participantes manifiestan:

- Carencia total del servicio de alcantarillado por la falta de legalización del sector.

- Obstáculos en el proceso (trámites) de legalización.

- Problemas relacionados con el aspecto higiénico: Corrientes externas de aguas negras - Epidemias, especialmente en la población infantil (la cual es numerosa) y problemas pulmonares – Malos olores – Proliferación de roedores y mosquitos.

- En todo sector Bolonia (Conformado por 16 barrios, incluído Casaloma) la población infantil se encuentra seriamente afectada por el contacto permanente con la población canina callejera.

- Vías deterioradas, dificultades de acceso a las viviendas.

- Inseguridad pública, vagancia y drogadicción.

- Semovientes sueltos que afectan la tranquilidad del sector.

- Dificultades de acceso a la educación para niños y adultos.

- Carencia de zonas recreativas.

- Postes de alumbrado público en peligro de caerse.

- Percepción de la comunidad sobre la problemática específica del sector.

Se abordó este aspecto con el propósito de direccionar la participación hacia tópicos más propios del segundo sector de Casaloma, tomados en la perspectiva de: Terreno del barrio, problemas internos de las viviendas, emergencias vividas y

principales amenazas, siempre bajo la óptica espontánea y por supuesto, no técnica, de los miembros de la comunidad. Aquí las respuestas:

- Problemática específica relacionada con el terreno del barrio: Deficiente compactación del terreno cuando la EAAB instaló las redes de acueducto, lo cual contribuyó también al deterioro de las vías que existían en el sector - Taponamiento de colector, rebosamiento de aguas lluvias y deterioro de vías (total ausencia de atención al problema) - Falta de arborización del parque Entrenubes - Existencia de rellenos en los cuales hay filtración de humedad.

- Problemática interna de las viviendas: Deficiencias técnicas de las construcciones, ya que por economizar no se construye adecuadamente; se trata de fallas más humanas que del terreno, puesto que se improvisa y se utilizan materiales inapropiados - Se cobra servicio de alcantarillado, el cual no existe en el sector - Igualmente ocurre con el servicio de recolección de basuras que ocasiona altas tarifas.

- Emergencias vividas: Emergencia por un desbordamiento de la quebrada Yomasa hace varios años - Derrumbe por rotura de tubo, que afectó una vivienda en el año 2002 - Situaciones criticas por falta de comida (son frecuentes en el sector) - Emergencia frente a situaciones de duelo familiar.

- Principales amenazas. Efectos sociales de la falta de alcantarillado y el deterioro de las vías - Repercusiones que tiene en la vida comunitaria la falta de acceso a la educación - Situación de inseguridad del sector, agravada por la proliferación de expendios de droga, la vagancia y la mendicidad - Amenaza sobre la salud de la población - Efectos sociales del desempleo que se siente con mayor rigor en este tipo de sectores.

- Acerca de la ayuda recibida

La comunidad se ha beneficiado con la esmerada asistencia social de entidades como la GTZ (Agencia de Cooperación Alemana) y la comunidad de los Hermanos Maristas, mediante un programa de capacitación a las madres, recreación a la niñez, alfabetización y preparación religiosa. Igualmente la organización de Asambleas de Dios ha contribuido con apoyos representados en ropa y otros elementos de consumo. A la causa educativa se ha unido el Colegio Siglo XXI, a través de su programa integral que comprende educación preescolar y primaria, educación para los jóvenes y alfabetización de adultos.

- Consideraciones finales

El taller con la muestra focalizada finalizó con algunas reflexiones acerca de los siguientes aspectos:

- Comportamiento solidario de los habitantes del sector.

- Espíritu de colaboración para beneficio comunitario.
- Cuidado y preservación de los bienes públicos.
- Responsabilidad y compromiso frente al bienestar comunitario.
- Esfuerzos que se hacen para mitigar los riesgos.
- Integración de la comunidad.

4.7.1.2 Proceso de observación directa

Es claro que un estudio de evaluación de riesgos en el que concurren diversos especialistas en una acción dinámica interdisciplinaria, no es posible sin el recurso primario de la observación directa. Sin embargo, al margen de los procedimientos técnicos y como estrategia para complementar la recolección y análisis de la información, tuvieron lugar algunas visitas al sector para mirar de manera un tanto informal aspectos tales como:

- Comportamiento social de los habitantes, especialmente en lo referente a los hábitos de vida comunitaria.
- Espacio geográfico de movilidad social, observando particularmente la funcionalidad y adecuación de las zonas comunes.
- Estado general de las vías de acceso.
- Condiciones ambientales del entorno residencial.
- Y, finalmente, condiciones aparentes de las viviendas, aprovechando la oportunidad que se dio durante el proceso de diligenciamiento de la encuesta aplicada desde el principio del estudio para levantar el censo de población.

4.7.1.3 La entrevista personal

La estrategia metodológica para la entrevista personal se adoptó con fundamento en tres criterios básicos:

- Aplicación de un procedimiento informal, esto es, sin contar con un cuestionario estructurado ni una conducción dirigida.
- Utilización del espacio y oportunidad que ofreció el mismo proceso de aplicación de la encuesta “puerta a puerta” para levantamiento del censo de población.
- Contacto informal con la comunidad transeúnte del sector

En relación con los resultados obtenidos del proceso de entrevistas, no se halla justificación en presentarlos de modo particular en esta parte del informe, toda vez que son, en toda su extensión, coincidentes con los del taller con la muestra focalizada. La única diferencia que podría registrarse, sería la referente al énfasis que hace la comunidad en torno al interés por conocer con la mayor prontitud posible, los resultados del estudio en su conjunto.

4.7.2 Perspectivas de un compromiso comunitario

A manera de una consideración conclusiva de este ejercicio de indagación social, es importante destacar la actitud positiva y optimista de la comunidad frente a un eventual proyecto de desarrollo y mejoramiento de las condiciones sociales del sector.

De esta manera, el estudio en sus efectos prácticos vislumbra interesantes perspectivas de cooperación, que bien pueden fortalecerse con el decidido concurso de los sectores público y privado; pero, ante todo, con la participación siempre dispuesta del frente ciudadano.

La realización de una asamblea general, entendida como reunión representativa de toda la comunidad del sector, se constituye en la estrategia final, recomendable para socializar los resultados del estudio, compartir inquietudes y sugerencias y aprovechar la situación coyuntural para comprometer a todos los frentes comunitarios en las exigencias de solidaridad y cooperación que surjan como consecuencia de las acciones recomendadas por los gestores del estudio.

4.7.3 Consideraciones finales

A modo de comentario final sobre el ejercicio de indagación social, se considera procedente hacer las siguientes consideraciones:

- La participación de la comunidad en el marco del estudio realizado, no sólo aporta elementos críticos e inquietudes importantes sino que se constituye en la respuesta fundamental al imperativo de consultar al destinatario, o “cliente directo” del servicio social al que finalmente se orienta un proyecto de esta naturaleza.

- De cara a las manifestaciones y diversas expresiones de denuncia que hace la comunidad en su propio lenguaje, es fácil evidenciar claras coincidencias con los hallazgos que en el contexto técnico - ingenieril ofrece el estudio realizado. Es obvio que en esta relación comparativa no tienen lugar parámetros concretos de confrontación y medida, toda vez que se trata de valorar apreciaciones subjetivas de la comunidad frente a elaboraciones objetivas de un estudio técnico y científico.

- El proceso de indagación social surte un efecto sensibilizador en la conciencia colectiva de la comunidad que habita el sector; y, en gran medida, la prepara y predispone positivamente para esperar resultados en términos de posibles soluciones frente a las cuales todas las personas

deben asumir el compromiso de solidaridad y cooperación, en función del bienestar común.

- El comportamiento logrado en el ámbito comunitario se constituye en la mayor fortaleza para asegurar el éxito y efectos esperados del estudio, ya que la continuidad de las acciones recomendadas y una motivación comunitaria sostenida son los factores fundamentales en los que se justifican los criterios de inversión en obras y proyecto de desarrollo, orientados al mejoramiento del sector en todos sus frentes.

- El estudio de evaluación de riesgos, incluido el análisis de alternativas para mitigarlos, ha sido en este caso concebido con énfasis en el componente social; esta característica imprime al mismo una doble connotación: De una parte, la importancia de efectuar un atento seguimiento en los procesos del sector estudiado; y de otra, la conveniencia de considerar esta experiencia "piloto", susceptible de replicar en otros sectores críticos de la ciudad.

4.8 ESTUDIO DE VULNERABILIDAD

Al contar con los diversos insumos de información y de procedimiento se procede a continuación a presentar los resultados del estudio de vulnerabilidad, discutiendo, en primer término, la aplicación del término de vulnerabilidad global (Wilches – Chaux, 1993) en la zona de estudio y, en segundo lugar, los resultados del análisis de vulnerabilidad.

4.8.1 La vulnerabilidad de la comunidad desde sus diversos ángulos

Como se mencionó en el **Capítulo 2**, el concepto de vulnerabilidad puede tratarse desde diversos ángulos, que en conjunto se puede denominar "Vulnerabilidad Global".

Para iniciar, debe enunciarse que en la comunidad del barrio Casaloma II Sector salta a la vista la relación estrecha entre pobreza y vulnerabilidad, o vulnerabilidad económica. Este es un sector económicamente deprimido, con ingresos mensuales familiares por debajo de la línea de pobreza en el 98% de los casos, lo que impide a la comunidad contar con niveles de resiliencia mínimos para enfrentar eventos de gran impacto.

La vulnerabilidad física está representada por la ubicación del barrio en una zona susceptible a los deslizamientos, la carencia de servicios básicos como el alcantarillado y la condición estructural de las viviendas. Este último factor también está ligado a la vulnerabilidad tecnológica, ya que la comunidad no tiene acceso a adecuadas técnicas y materiales de construcción.

Una de las vulnerabilidades más evidentes es la denominada ecológica, siguiendo el concepto de Wilches – Chaux, que refleja la forma de desarrollo del barrio que no ha permitido una amable interacción con los demás elementos ambientales, sino que

se ha generado una degradación de los mismos. Esto, sin desconocer los esfuerzos actuales de la comunidad por proteger el Parque Entrenubes.

Finalmente, existe una vulnerabilidad política, puesto que la comunidad no es autónoma en la toma de las decisiones que le competen, sino que depende de actores externos, y en varias ocasiones se ha sentido engañada por los mismos.

4.8.2 Análisis y zonificación de vulnerabilidad

Siguiendo la metodología y procedimientos establecidos en el **Capítulo 1** del presente trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados.

4.8.2.1 Vulnerabilidad de los elementos físicos

En la **Tabla 4.23** se registran los valores de la vulnerabilidad de todos los elementos considerados en la zona de estudio, resultados que se plasman en el **Plano 4.2** del **Apéndice 4.7.**

Tabla 4.23. Vulnerabilidad de los elementos físicos

No.	ELEMENTO	Ve	Vr	Vf	VULNERABILIDAD
1	CLII_02_05	0,2	1,0	0,20	BAJA
2	CLII_02_07	0,2	1,0	0,20	BAJA
3	CLII_02_06	0,2	0,3	0,06	BAJA
4	CLII_03_02	1,0	1,0	1,00	ALTA
5	CLII_01_07	0,2	0,3	0,06	BAJA
6	CLII_01_06	0,2	0,3	0,06	BAJA
7	CLII_01_04	0,2	1,0	0,20	BAJA
8	CLII_01_05	0,2	1,0	0,20	BAJA
9	CLII_01_03	0,2	0,3	0,06	BAJA
10	CLII_02_04	0,2	1,0	0,20	BAJA
11	CLII_02_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
12	CLII_04_09	1,0	1,0	1,00	ALTA
13	CLII_04_10	1,0	0,3	0,30	MEDIA
14	CLII_01_01	0,2	1,0	0,20	BAJA
15	CLII_02_03	0,2	1,0	0,20	BAJA
16	CLII_04_08	0,2	1,0	0,20	BAJA
17	CLII_04_07	0,2	0,3	0,06	BAJA
18	CLII_05_01	0,2	0,3	0,06	BAJA
19	CLII_05_02	0,2	1,0	0,20	BAJA
20	CLII_04_01	0,2	1,0	0,20	BAJA
21	CLII_04_04	0,2	0,3	0,06	BAJA
22	CLII_04_03	0,2	1,0	0,20	BAJA
23	CLII_06_02	0,6	1,0	0,60	MEDIA
24	CLII_16_04	0,6	0,3	0,18	BAJA
25	CLII_10_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
26	CLII_16_03	0,6	1,0	0,60	MEDIA
27	CLII_16_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
28	CLII_15_01	0,6	1,0	0,60	MEDIA
29	CLII_06_03	0,6	0,9	0,54	MEDIA
30	CLII_06_01	0,6	1,0	0,60	MEDIA

31	CLII_16_02	1,0	1,0	1,00	ALTA
32	CLII_09_03	0,6	1,0	0,60	MEDIA
33	CLII_07_03	1,0	1,0	1,00	ALTA
34	CLII_08_01	0,6	1,0	0,60	MEDIA
35	CLII_09_02	1,0	0,3	0,30	MEDIA
36	CLII_09_01	1,0	0,3	0,30	MEDIA
37	CLII_08_02	0,6	1,0	0,60	MEDIA
38	CLII_07_01	1,0	0,3	0,30	MEDIA
39	CLII_07_02	1,0	1,0	1,00	ALTA
40	CLII_01_02	0,6	0,3	0,18	BAJA
41	CLII_11_02	1,0	1,0	1,00	ALTA
42	CLII_11_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
43	CLII_13_04	1,0	1,0	1,00	ALTA
44	CLII_13_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
45	CLII_17_02	0,6	1,0	0,60	MEDIA
46	CLII_17_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
47	CLII_18_01	1,0	0,3	0,30	MEDIA
48	CLII_13_03	1,0	1,0	1,00	ALTA
49	CLII_14_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
50	CLII_17_03	0,6	0,3	0,18	BAJA
51	CLII_03_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
52	CLII_04_06	0,2	0,9	0,18	BAJA
53	CLII_04_02	0,2	0,3	0,06	BAJA
54	CLII_09_04	0,6	1,0	0,60	MEDIA
55	CLII_12_01	1,0	1,0	1,00	ALTA
56	CLII_13_02	1,0	1,0	1,00	ALTA
57	CLII_19_01	1,0	0,4	0,40	MEDIA
58	Vía Carrera 8 F Este	1,0	1,0	1,00	ALTA
59	Vía peatonal Calle 84 A Sur	0,6	1,0	0,60	MEDIA
60	Vía peatonal Calle 84 B Sur	0,2	1,0	0,20	BAJA
61	Vía peatonal Calle 84 C Sur	0,2	1,0	0,20	BAJA
62	Vía peatonal Diagonal 85 Sur	1,0	1,0	1,00	ALTA
63	Vía peatonal Calle 85 Sur	1,0	1,0	1,00	ALTA
64	Vía peatonal Carrera 10 Bis Este	1,0	1,0	1,00	ALTA
65	Vía peatonal Carrera 10 Este	1,0	1,0	1,00	ALTA
66	Vía peatonal Carrera 9 Este	1,0	1,0	1,00	ALTA
67	Sistema de acueducto	1,0	0,5	0,50	MEDIA
68	Sistema gas natural	1,0	0,5	0,50	MEDIA
69	Sistema de teléfonos	1,0	0,5	0,50	MEDIA
70	Sistema de energía eléctrica	1,0	0,5	0,50	MEDIA

4.8.2.2 Vulnerabilidad de la población

En la **Tabla 4.24** del **Apéndice 4.8** se presenta la evaluación del factor FR (Falta de Resiliencia) y en la **Tabla 4.25** los resultados de evaluación de vulnerabilidad de la población.

Tabla 4.25. Vulnerabilidad de la población

No.	ELEMENTO	Vf	FR	Vp
1	CLII_02_05	0,20	0,65	0,13
2	CLII_02_07	0,20	0,63	0,13
3	CLII_02_06	0,06	0,59	0,04
4	CLII_03_02	1,00	0,67	0,67
5	CLII_01_07	0,06	0,62	0,04
6	CLII_01_06	0,06	0,65	0,04
7	CLII_01_04	0,20	0,64	0,13
8	CLII_01_05	0,20	0,62	0,12
9	CLII_01_03	0,06	0,62	0,04
10	CLII_02_04	0,20	0,59	0,12
11	CLII_02_01	1,00	0,59	0,59
12	CLII_04_09	1,00	0,60	0,60
13	CLII_04_10	0,30	0,63	0,19
14	CLII_01_01	0,20	0,56	0,11
15	CLII_02_03	0,20	0,58	0,12
16	CLII_04_08	0,20	0,61	0,12
17	CLII_04_07	0,06	0,56	0,03
18	CLII_05_01	0,06	0,59	0,04
19	CLII_05_02	0,20	0,64	0,13
20	CLII_04_01	0,20	0,65	0,13
21	CLII_04_04	0,06	0,57	0,03
22	CLII_04_03	0,20	0,65	0,13
23	CLII_06_02	0,60	0,62	0,37
24	CLII_16_04	0,18	0,66	0,12
25	CLII_10_01	1,00	0,68	0,68
26	CLII_16_03	0,60	0,67	0,40
27	CLII_16_01	1,00	0,61	0,61
28	CLII_15_01	0,60	0,61	0,37
29	CLII_06_03	0,54	0,59	0,32
30	CLII_06_01	0,60	0,65	0,39
31	CLII_16_02	1,00	0,63	0,63
32	CLII_09_03	0,60	0,60	0,36
33	CLII_07_03	1,00	0,61	0,61
34	CLII_08_01	0,60	0,63	0,38
35	CLII_09_02	0,30	0,66	0,20
36	CLII_09_01	0,30	0,64	0,19
37	CLII_08_02	0,60	0,59	0,35
38	CLII_07_01	0,30	0,59	0,18
39	CLII_07_02	1,00	0,65	0,65

40	CLII_01_02	0,18	0,60	0,11
41	CLII_11_02	1,00	0,69	0,69
42	CLII_11_01	1,00	0,63	0,63
43	CLII_13_04	1,00	0,59	0,59
44	CLII_13_01	1,00	0,63	0,63
45	CLII_17_02	0,60	0,59	0,35
46	CLII_17_01	1,00	0,66	0,66
47	CLII_18_01	0,30	0,64	0,19
48	CLII_13_03	1,00	0,61	0,61
49	CLII_14_01	1,00	0,63	0,63
50	CLII_17_03	0,18	0,61	0,11
51	CLII_03_01	1,00	0,53	0,53
52	CLII_04_06	0,18	0,59	0,11
53	CLII_04_02	0,06	0,51	0,03
54	CLII_09_04	0,60	0,52	0,31
55	CLII_12_01	1,00	0,61	0,61
56	CLII_13_02	1,00	0,53	0,53
57	CLII_19_01	0,40	0,53	0,21

4.8.2.3 Vulnerabilidad de relaciones y funciones sociales

En la **Tabla 4.26** se registran los valores de la vulnerabilidad de las principales relaciones sociales consideradas en la zona de estudio.

Tabla 4.26. Vulnerabilidad de relaciones y funciones sociales

ELEMENTOS FÍSICOS	RELACIONES Y FUNCIONES SOCIALES			
	HABITACIÓN	MOVILIDAD	RECREACIÓN	REUNIONES CULTURALES Y SOCIALES
Viviendas	0,45	0,00	0,22	0,22
Vías	0,00	0,87	0,17	0,52
Sistema de acueducto	0,30	0,00	0,00	0,00
Sistema gas natural	0,30	0,00	0,00	0,00
Sistema de teléfonos	0,10	0,00	0,00	0,10
Sistema de energía eléctrica	0,30	0,00	0,00	0,25
Total	0,48	0,87	0,57	0,61

Al respecto hay que aclarar que la prestación o realización de otras actividades como las de salud, educación, comercio, producción de bienes, trabajo y seguridad y orden público no se encuentran en la lista porque éstas no se llevan a cabo en elementos físicos presentes en el área de estudio, sino fuera de ella.

4.9 ESTUDIO DE RIESGO

A continuación se presentan los resultados del estudio de riesgo, que comprende una breve discusión acerca de la contribución de los aspectos ambientales, sociales y urbanísticos en la generación de riesgo y los resultados de la evaluación, siguiendo la metodología incluida en el **Capítulo 1**.

4.9.1 Discusión acerca de la contribución de los aspectos ambientales, sociales y urbanísticos en la generación de riesgo

Ya que, en principio, un lector desprevenido pudiera interpretar las presentes líneas como una desviación del objeto del estudio, es conveniente enfatizar en la estrecha relación entre la vulnerabilidad de una comunidad (y en consecuencia sus riesgos), el deterioro ambiental y los procesos de desarrollo de esa comunidad.

La vulnerabilidad de los asentamientos humanos está íntimamente ligada a los procesos sociales que allí se desarrollan y está relacionada con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de los elementos expuestos ante amenazas de diferente índole. Por otra parte, la vulnerabilidad está íntimamente ligada a la degradación ambiental, no sólo urbana, sino en general del entorno natural intervenido o en proceso de transformación. (Cardona, 2001).

Uno de los procesos sociales más relevantes en la zona de estudio ha sido el de la urbanización. Tal proceso se ha caracterizado por la informalidad, en todas sus etapas. Así, la apropiación de la tierra se realizó por medios irregulares, como la venta de lotes, sin el debido proceso de legalización previo; la construcción de las viviendas se ejecutó mediante técnicas inapropiadas; los métodos constructivos empleados han conllevado la destrucción, alteración o modificación perjudicial de los componentes ambientales, como se ha descrito en párrafos anteriores.

Se pueden citar otras características del desarrollo en el sector, en las que prevalece la informalidad, pero lo importante es establecer que el desarrollo del barrio Casaloma II Sector ha respondido a un modelo carente de planificación, técnica, control y sostenibilidad.

Este modelo se caracteriza, en lo relacionado con los procesos de inestabilidad del terreno, por la intervención de los drenajes, la degradación del suelo, la ejecución de cortes y rellenos no tecnificados, vertimientos de aguas residuales y otros factores registrados en este trabajo, que elevan los niveles de amenaza[3]. Así mismo la comunidad se encuentra expuesta, con bajos niveles de resistencia y resiliencia, a dichos procesos, lo que constituye altas condiciones de vulnerabilidad y, por ende, de riesgo

Si en vez de aplicar este modelo se hubiese urbanizado en forma planificada y en armonía con las condiciones ambientales, puede afirmarse que, en el mismo

[3] Tradicionalmente, en ciertos sectores del medio académico geotécnico en Colombia, se considera la intervención antrópica únicamente como un factor detonante. En este estudio se ha comprobado que tal intervención también es un factor contribuyente, e incluso es mayor su influencia bajo este enfoque.

ambiente geológico, geomorfológico y geotécnico, los resultados de riesgo para la comunidad serían radicalmente distintos.

La comunidad se instaló en ese lugar porque, posiblemente, no encontró alternativas para satisfacer su necesidad de vivienda. Esto conduce a tocar brevemente otro proceso social importante en la configuración del riesgo en la zona, relacionado con la percepción del riesgo.

Se pudo establecer que dentro de las prioridades de la comunidad, la preocupación por el riesgo geotécnico en la zona no está dentro de las principales. Es urgente para cada uno de los habitantes resolver primero la supervivencia cotidiana, en lo relacionado con su seguridad alimentaria, su seguridad física frente a delincuentes y las posibilidades de tener algunos ingresos económicos. Después de ello siguen otras prioridades domésticas individuales. Dentro de ellas se encuentra la necesidad de contar con sistema de alcantarillado, lo que motivó a sus habitantes a gestionar la legalización del barrio. La amenaza por remoción en masa es algo que perciben de forma muy lejana y poco posible.

La baja percepción del riesgo implica una baja conciencia ambiental preventiva. Por ejemplo, los pobladores consideran algo natural efectuar cortes para la construcción de las viviendas; de hecho, el valor comercial es mayor para un lote con el corte ya realizado, que uno sin él. También es considerado normal, con excepción de los malos olores y la potencialidad de epidemias, el vertimiento de las aguas residuales al terreno.

Otros elementos que contribuyen a que las condiciones de riesgo sean preocupantes son los siguientes:

- Inexistencia de infraestructura y equipamiento de seguridad, salud y atención de emergencias, en cercanías de la zona.

- Exposición a otros tipos de amenazas, como terremotos e incendios.

Todo esto conduce a que las propuestas de solución involucren necesariamente la planeación del desarrollo futuro del barrio y la intervención inmediata con el fin de corregir las deficiencias del modelo aplicado.

Comentario aparte merece la fragilidad social de la comunidad puesta en evidencia en desarrollo de la indagación social y el censo de población, que genera bajísima capacidad de respuesta o recuperación por parte de los habitantes del sector, lo que eleva necesariamente los niveles de riesgo e implica una urgente intervención de terceros, bien entidades gubernamentales o no, incluyendo el sector privado.

4.9.2 Resultados de la evaluación de riesgo

Siguiendo la metodología y procedimientos establecidos en el **Capítulo 1** del presente trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados.

4.9.2.1 Pérdidas económicas

Para el cálculo de las pérdidas asociadas con los eventos estudiados se definió un costo promedio por m^2 de construcción de edificaciones, C, que se hizo de la siguiente manera:

$$C = CC + CL + CM + CU$$

Donde,

CC es el costo de construcción, dado por la suma de costos directos (CCD) e indirectos (CCI).
CL es el costo del lote.
CM es el costo de los muebles y equipos de la edificación.
CU es el costo de las obras de urbanismo (infraestructura) requeridas para la edificación.

De acuerdo con diversos ejercicios de presupuestos de construcción de viviendas similares a las edificaciones de la zona de estudio, pueden establecerse las siguientes relaciones:

- CCI es equivalente al 25% del costo directo
- CL es equivalente al 15% de CC
- CM es equivalente al 25% de CC
- CU es equivalente al 40% de CC

En la **Tabla 4.27** se registran los valores obtenidos para los distintos elementos considerados en el sistema de estudio.

Tabla 4.27. Estimación de costos de elementos físicos

DESCRIPCIÓN	VIVIENDA "FORMAL" - UN PISO	VIVIENDA "FORMAL" - DOS PISOS	VIVIENDA "FORMAL" - TRES PISOS	VIVIENDA INFORMAL	VÍA VEHICULAR	VÍAS PEATONALES
Costo directo de construcción, CCD	200.000,00	200.000,00	200.000,00	100.000,00	80.000,00	40.000,00
Costo indirecto de construcción, CCI	50.000,00	50.000,00	50.000,00	25.000,00	9.600,00	4.800,00
TOTAL COSTOS DE CONSTRUCCIÓN, CC	250.000,00	250.000,00	250.000,00	125.000,00	89.600,00	44.800,00
Costo de lote, CL	37.500,00	18.750,00	12.500,00	37.500,00	0,00	0,00
Costo de muebles y equipos, CM	62.500,00	62.500,00	62.500,00	62.500,00	0,00	0,00
Costo de urbanismo, CU	100.000,00	50.000,00	33.333,33	100.000,00	0,00	0,00
COSTO TOTAL C ($)	450.000,00	381.250,00	358.333,33	325.000,00	89.600,00	44.800,00
COSTO TOTAL C (US$)	192,8	163,4	153,5	139,3	38,4	19,2
COSTO TOTAL APROXIMADO C (US$)	**190**	**165**	**155**	**140**	**40**	**20**

Es importante aclarar que los resultados corresponden a estimaciones y no a avalúos de las viviendas. Las pérdidas económicas se expresan en dólares (US$) a la tasa representativa del mercado (a 04 de marzo de 2004) para que sean comparables con otras zonas o casos y en diversas épocas.

Las pérdidas originadas por el daño de elementos físicos (PEF) se calcularon según lo establecido anteriormente y los resultados se muestran en la **Tabla 4.28**.

Tabla 4.28. Potenciales pérdidas económicas por daño en elementos físicos

#	ELEMENTO	Vf	Área	Costo por m2 (US$)	Costo total (US$)	PEF (US$)
1	CLII_02_05	0,20	34,5	140	4.830,00	966,00
2	CLII_02_07	0,20	36,0	190	6.840,00	1.368,00
3	CLII_02_06	0,06	66,0	190	12.540,00	752,40
4	CLII_03_02	1,00	49,5	140	6.930,00	6.930,00
5	CLII_01_07	0,06	216,0	155	33.480,00	2.008,80
6	CLII_01_06	0,06	156,0	165	25.740,00	1.544,40
7	CLII_01_04	0,20	36,0	140	5.040,00	1.008,00
8	CLII_01_05	0,20	36,0	140	5.040,00	1.008,00
9	CLII_01_03	0,06	216,0	155	33.480,00	2.008,80
10	CLII_02_04	0,20	78,0	140	10.920,00	2.184,00
11	CLII_02_01	1,00	58,5	140	8.190,00	8.190,00
12	CLII_04_09	1,00	81,0	190	15.390,00	15.390,00
13	CLII_04_10	0,30	72,0	190	13.680,00	4.104,00
14	CLII_01_01	0,20	72,0	140	10.080,00	2.016,00
15	CLII_02_03	0,20	85,8	140	12.005,00	2.401,00
16	CLII_04_08	0,20	72,0	140	10.080,00	2.016,00
17	CLII_04_07	0,06	71,3	190	13.537,50	812,25
18	CLII_05_01	0,06	60,8	190	11.542,50	692,55
19	CLII_05_02	0,20	48,0	140	6.720,00	1.344,00
20	CLII_04_01	0,20	34,1	140	4.777,50	955,50
21	CLII_04_04	0,06	132,0	165	21.780,00	1.306,80
22	CLII_04_03	0,20	69,0	140	9.660,00	1.932,00
23	CLII_06_02	0,60	46,8	140	6.545,00	3.927,00
24	CLII_16_04	0,18	66,0	190	12.540,00	2.257,20
25	CLII_10_01	1,00	24,8	140	3.465,00	3.465,00
26	CLII_16_03	0,60	27,5	140	3.850,00	2.310,00
27	CLII_16_01	1,00	69,0	140	9.660,00	9.660,00
28	CLII_15_01	0,60	72,0	140	10.080,00	6.048,00
29	CLII_06_03	0,54	30,0	190	5.700,00	3.078,00
30	CLII_06_01	0,60	36,0	140	5.040,00	3.024,00
31	CLII_16_02	1,00	28,9	140	4.042,50	4.042,50
32	CLII_09_03	0,60	69,0	140	9.660,00	5.796,00
33	CLII_07_03	1,00	72,8	190	13.822,50	13.822,50
34	CLII_08_01	0,60	73,5	140	10.290,00	6.174,00
35	CLII_09_02	0,30	72,0	190	13.680,00	4.104,00
36	CLII_09_01	0,30	72,0	190	13.680,00	4.104,00
37	CLII_08_02	0,60	76,5	190	14.535,00	8.721,00
38	CLII_07_01	0,30	216,0	155	33.480,00	10.044,00

39	CLII_07_02	1,00	56,9	140	7.962,50	7.962,50
40	CLII_01_02	0,18	207,0	155	32.085,00	5.775,30
41	CLII_11_02	1,00	41,3	190	7.837,50	7.837,50
42	CLII_11_01	1,00	48,8	190	9.262,50	9.262,50
43	CLII_13_04	1,00	78,0	190	14.820,00	14.820,00
44	CLII_13_01	1,00	65,0	140	9.100,00	9.100,00
45	CLII_17_02	0,60	75,0	190	14.250,00	8.550,00
46	CLII_17_01	1,00	72,0	190	13.680,00	13.680,00
47	CLII_18_01	0,30	73,5	190	13.965,00	4.189,50
48	CLII_13_03	1,00	72,0	190	13.680,00	13.680,00
49	CLII_14_01	1,00	175,5	155	27.202,50	27.202,50
50	CLII_17_03	0,18	34,5	190	6.555,00	1.179,90
51	CLII_03_01	1,00	49,5	140	6.930,00	6.930,00
52	CLII_04_06	0,18	72,0	190	13.680,00	2.462,40
53	CLII_04_02	0,06	69,8	190	13.252,50	795,15
54	CLII_09_04	0,60	72,0	190	13.680,00	8.208,00
55	CLII_12_01	1,00	73,5	190	13.965,00	13.965,00
56	CLII_13_02	1,00	37,5	140	5.250,00	5.250,00
57	CLII_19_01	0,40	174,0	165	28.710,00	11.484,00
58	Vía Carrera 8 F Este	1,00	640,0	40	25.600,00	25.600,00
59	Vía peatonal Calle 84 A Sur	0,60	325,0	20	6.500,00	3.900,00
60	Vía peatonal Calle 84 B Sur	0,20	200,0	20	4.000,00	800,00
61	Vía peatonal Calle 84 C Sur	0,20	150,0	20	3.000,00	600,00
62	Vía peatonal Diagonal 85 Sur	1,00	1.000,0	20	20.000,00	20.000,00
63	Vía peatonal Calle 85 Sur	1,00	425,0	20	8.500,00	8.500,00
64	Vía peatonal Carrera 10 Bis Este	1,00	150,0	20	3.000,00	3.000,00
65	Vía peatonal Carrera 10 Este	1,00	150,0	20	3.000,00	3.000,00
66	Vía peatonal Carrera 9 Este	1,00	100,0	20	2.000,00	2.000,00
67	Sistema de acueducto	0,50	314,0	-	-	-
68	Sistema gas natural	0,50	314,0	-	-	.
69	Sistema de teléfonos	0,50	314,0	-	-	-
70	Sistema de energía eléctrica	0,50	314,0	-	-	-
	TOTAL					391.249,95

Lo anterior significa que la materialización de la amenaza, bajo las condiciones de vulnerabilidad establecidas, implica unas pérdidas económicas directas por afectación de elementos físicos del orden entre los US$ 350.000,00 y los $440.000,00. Debe aclararse que **estos datos no constituyen una predicción de las pérdidas, ni un cálculo de las pérdidas de cada predio o zona, sino una estimación aproximada de las potenciales pérdidas que se pueden presentar con el fin de tomar las decisiones de gestión de riesgos más apropiadas**.

La magnitud de las pérdidas PEF por zona se agruparon según las categorías mostradas en la **Tabla 4.29**, cuyos resultados se registran en la **Tabla 4.30**. Estos criterios se establecieron con base en la capacidad de respuesta que pueda tener la comunidad (hasta US$ 5.000,00, riesgo bajo) y la Localidad (hasta US$20.000,00,

riesgo medio); para valores mayores a US$20.000,00 se requiere la intervención del nivel distrital y/o nacional. Ajustando estos datos y con la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad se efectuó la zonificación de riesgos registrada en el **Plano 4.3**, del **Apéndice 4.9**.

Tabla 4.29. Criterios de zonificación de riesgo según pérdidas económicas físicas

PEF	CATEGORÍA DE RIESGO
PEF<US $5.000	BAJO
US$5.000<=PEF<US$20.000	MEDIO
PEF>=US$20.000	ALTO

Tabla 4.30. Zonificación de riesgo según pérdidas económicas

MANZANA	PEF (US$) / ZONA	RIESGO POR PEF
1	21.202,63	ALTO
2	17.428,07	MEDIO
3	15.160,00	MEDIO
4	34.607,43	ALTO
5	6.603,22	MEDIO
6	14.295,67	MEDIO
7	38.595,67	ALTO
8	17.395,00	MEDIO
9	24.712,00	ALTO
10	5.965,00	MEDIO
11	23.866,67	ALTO
12	15.381,67	MEDIO
13	45.266,67	ALTO
14	31.119,17	ALTO
15	11.464,67	MEDIO
16	22.686,37	ALTO
17	25.826,57	ALTO
18	5.689,50	MEDIO
19	13.984,00	MEDIO

4.9.2.2 Población potencialmente afectada

Al establecer la estimación de la población proyectada total, en el escenario en que todos los habitantes se encuentran en su hogar, y la vulnerabilidad de la población se pudo determinar la población potencialmente afectada por los eventos estudiados. Según este ejercicio se establece que pueden resultar afectadas del orden de 79 personas, equivalentes al 30% de la población.

4.9.2.3 Perturbación de actividades sociales y culturales

Como se desprende de la **Tabla 4.26**, cada zona tiene sus particularidades y presenta diversos niveles de afectación sobre tales actividades; como ya se dijo, lo

ideal sería contar con información suficiente sobre las pérdidas por lucro cesante, pero con el alcance actual del trabajo resulta complejo establecerlas.

4.10 FUENTES DE CONSULTA

Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2004). Decreto 411 de 2004. Bogotá, Colombia

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. - Departamento Administrativo de Planeación Distrital (2001). Guía Urbanística de Usme. Bogotá, Colombia

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR98. Bogotá, Colombia.

Caballero, Carlos y otros (1991). El Modelo de Desarrollo y Crecimiento Económico hasta Finales de Siglo. En: Apertura y Crecimiento. El Reto de los Noventa. Tercer Mundo Editores - Fedesarrollo. Bogotá. Colombia.

Cantillo R., Carlos para ASMUN Consultoría (2004). Guía Metodológica para la Incorporación de la Gestión de Riesgos en la Planificación. Proyecto Reducción de la Vulnerabilidad del Estado ante Desastres Naturales, Estudio 9, Banco Mundial. Bogotá, Colombia.

Cantillo, C.; Patiño, I.; Castellanos, R. y Ramírez, O. (2002). Problemática del Río Tunjuelito desde la Perspectiva de la Geotecnia Ambiental. IX Congreso Colombiano de Geotecnia, Sociedad Colombiana de Geotecnia. Medellín, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1999). Fundamentos Conceptuales sobre Riesgos y Desastres. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cárdenas G., Camilo (1999). Análisis Enfocado hacia la Vulnerabilidad Funcional Urbana frente a Riesgos Sociales de Origen Natural y Antrópico. Propuesta de Plan de Ordenamiento Territorial para Santafé de Bogotá - Aproximación al Tema. Cámara de Comercio de Bogotá. Bogotá, Colombia.

Cardona A., Omar D. (2003). Memorias Curso Virtual de Gestión de Riesgos. Structuralia y Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Cardona A., Omar D. (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Cardona A., Omar D. (1997). Los Desastres: Eventos Ambientales. Artículo Técnico. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Castellanos, R., González, A. y Zamudio, E. (1999). Relaciones de Precipitación Crítica - Duración de Lluvias que Disparan Movimientos de Masa en Santafé de Bogotá, Colombia. Bogotá, Colombia.

Castellanos J., Ramiro N. (1996). Lluvias Críticas en la Evaluación de Amenaza de Eventos de Remoción en Masa. Tesis de Postgrado, Magister en Geotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

C.I.C. Consultores de Ingeniería y Cimentaciones Ltda (2002) para FOPAE. Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar el Antiguo Escarpe de Explotación Frente al Barrio El Portal, Localidad Rafael Uribe Uribe. Bogotá, Colombia.

Contraloría de Bogotá, (2002). Habitabilidad y sostenibilidad de Bogotá D.C.: "Informe Anual sobre el estado de los Recursos Naturales y Medio Ambiente en Bogotá D.C. 2002". Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD). Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 619 de 2000. Documento Técnico de Soporte. Bogotá, Colombia.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (Varios años). Centro de Documentación e Información - Conceptos y diagnósticos técnicos. Bogotá, Colombia.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (2000). Resolución 364 de 2000. Bogotá, Colombia.

Geoingeniería (2004) para FOPAE. Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras de Estabilización, Protección y/o Control Recomendadas para el Sector Occidental de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca y la zona de Cesión Tipo A, de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D. C. Bogotá, Colombia.

Geoingeniería Ltda. (2002) para FOPAE. Evaluación de Riesgos para los Barrios México y Villa Jacqui por Inestabilidad en los Taludes Aledaños a las Gravilleras e Inundación para los Barrios Tunjuelito y Meissen por Desbordamiento del río Tunjuelito debido al Embalsamiento actual de las aguas dentro de las Gravilleras. Bogotá, Colombia.

González, Lina (2002). Aspectos urbanísticos de los barrios San Ignacio y San Martín, de la localidad de Usme. Bogotá, Colombia.

Hernández, Yolanda (1996). El Conocimiento Local y la Prevención y Atención de Emergencias. Tesis de grado, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Ingeominas y Universidad de los Andes (1997). Estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia.

Investigaciones Geotécnicas Ltda., IGL (1998) para FOPAE. Zonificación de Riesgo por Movimientos de Remoción en Masa en 101 Barrios de la Localidad de Usme. Bogotá, Colombia.

Investigaciones Geotécnicas Ltda., IGL (1998) para FOPAE. Zonificación de Riesgo por Fenómenos de Inestabilidad del Terreno en 27 Barrios de la Localidad de Usme. Bogotá, Colombia.

Max-Neef, Manfred, Elizalde, Antonio y Hopenhayn, Martin (1986). Desarrollo a Escala Humana, Una Opción para el Futuro. CEPAUR - Fundación Dag Hammarskjöld. Medellín, Colombia.

Ramírez, Fernando (1997). Elementos Conceptuales para el Estudio Social de los Desastres. Bogotá, Colombia.

Rodríguez C. E. (2001*). Hazard Assessment of Earthquakes induce Landslides on Natural Slopes*. *Ph. D. Tesis, Imperial College. London, U. K.*

Sachs, Wolfang (1998). La Anatomía Política del Desarrollo Sostenible. Compilación de artículos "La Gallina de los Huevos de Oro" , Ecofondo. Bogotá, Colombia.

SAF, (2000). Informe final del Programa de Educación Ambiental del Parque Entrenubes para el DAMA, 2002. Bogotá, Colombia.

Sarria E., Orlando (2000). Plano Desarrollo Casaloma II Sector. Bogotá, Colombia.

Secretaría Distrital de Salud (1998). Diagnósticos Locales con Participación Social - Metodología: Usme. Bogotá, Colombia.

Suárez R., Rafael (2000) para DPAE. Memorias de la Conferencia Preparativos para Emergencias. Bogotá, Colombia.

Unión Temporal Consultores en Riesgos (2002) (Omar Darío Cardona, C. Cantillo & Consulcons Ltda.) para FOPAE. Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en los barrios San Ignacio y San Martín en la Localidad de Usme de la ciudad de Bogotá, D. C. Bogotá, Colombia.

Universidad de los Andes (1999). Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Desastroso en Santa Fe de Bogotá. Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. Bogotá, Colombia.

Velásquez, Elkin y Asté, Jean Pierre (1994). Algunas Bases para la Concepción de Escenarios de Riesgo Asociados a Fenómenos de Inestabilidad. Taller Internacional sobre Manejo de Riesgos Naturales en Zona Urbanas. Manizales, Colombia.

Wilches Ch., Gustavo (1993). La Vulnerabilidad Global, incluído en “Los Desastres no son Naturales”, compilación de Andrew Maskrey, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Bogotá, Colombia.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 489 DE 2004

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 5.0

PROPUESTA INTEGRAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se formulan las recomendaciones encaminadas a reducir el riesgo en la zona de estudio. Se presentan las medidas sugeridas en términos generales, estructuradas en una propuesta integral de gestión de riesgos. En consecuencia, el capítulo se ha dividido en tres secciones; la primera de ellas corresponde a la introducción y presentación general del capítulo, la segunda trata sobre la propuesta general de intervención y la tercera compila algunas sugerencias sobre estrategias para la financiación del esquema de gestión de riesgos.

5.2 PROPUESTA INTEGRAL DE GESTIÓN DE RIESGOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con el enfoque moderno de la gestión de riesgos, se identifican cuatro políticas públicas distintas para la reducción de riesgos, dentro de las cuales se han enmarcado las acciones recomendadas específicamente para la zona de estudio según se muestra en la **Tabla 5.1**; se aclara que la ejecución de las diversas medidas tendría distintos ámbitos (Distrital, local, comunitario, propietarios individuales) de acuerdo con la competencia y capacidad de los diversos actores involucrados y la naturaleza de las intervenciones recomendadas.

Tabla 5.1. Propuesta integral de gestión de riesgos en el área de estudio

POLÍTICA	ACCIÓN		INSTRUMENTOS
	TIPO	DETALLE	
IDENTIFICACIÓN Y CONOCIMIENTO DEL RIESGO	Ejecución de estudios técnicos	Realización de estudio de riesgos por remoción en masa Realización de estudio complementario de riesgos, contemplando las avenidas torrenciales	- Legales: Marco legal de contratación pública - De gestión: Procedimientos de contratación de las entidades del Estado - Técnicos: Capacidad técnica de Consultores
MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO (PREVENCIÓN – MITIGACIÓN)	Reordenamiento urbanístico	Definición de manejo de sistemas estructurantes Organización funcional del barrio Establecimiento de limitaciones al patrón de crecimiento Replanteamiento de esquema urbanístico Reubicación y/o demolición de viviendas	- Legales: Decreto 411 de 2004, Decreto 619 de 2000 (POT) y normas sobre ordenamiento y desarrollo territorial. - De gestión: Coordinación interinstitucional y compromisos comunitarios - Técnicos: Tratamiento de Mejoramiento Integral
	Obras de ingeniería	Obras de estabilización y control de deslizamientos y flujos (Ver **Capítulo 6**) Obras de control de drenaje (Ver **Capítulo 6**) Obras de control de erosión (Ver **Capítulo 6**) Tratamiento de taludes locales de las viviendas (Ver **Capítulo 6**)	- Legales: Marco legal de contratación pública - De gestión: Procedimientos de contratación de las entidades del Estado - Técnicos: Diseños del presente estudio
	Asesoría técnica a la comunidad	Acompañamiento a la comunidad en el proceso de legalización Asesoría técnica a la comunidad para reforzamiento y actualización de viviendas a NSR98. Asesoría técnica a la comunidad para la construcción de vivienda nueva.	- Legales: Normas para la legalización de asentamientos, normas NSR98, Decreto 411 de 2004 - De gestión: Programa de Mejoramiento de Vivienda - Técnicos: Normas técnicas y resultados de este estudio
	Sensibilización social del riesgo y compromiso comunitario	Comunicación e información pública de los resultados del estudio Definición de compromisos comunitarios relacionados con la presente propuesta	De gestión: Reuniones con la comunidad

	Gestión comunitaria	Mantenimiento comunitario de las obras de mitigación	De gestión: Compromisos de la comunidad
		Vigilancia del borde del Parque Entrenubes	
		Control del cumplimiento de proceso de urbanización por parte de la comunidad	
		Gestión comunitaria para el proceso de legalización del barrio	
	Mejoramiento de condiciones sociales	Incorporación de la comunidad al Programa Bogotá sin Hambre	POT, Plan de Desarrollo Bogotá sin Indiferencia, plan distrital de inversiones, plan local de inversiones, Decreto 411 de 2004
		Afiliación al sistema de salud de las 3 familias que actualmente no tienen cobertura	
		Promoción de empresas comunitarias	
		Programas locales de capacitación para aumentar nivel de ingresos de la población.	
		Construcción de equipamientos en bienestar social y educación en cercanías de la zona	
		Incremento del pie de fuerza de la policía para reducir inseguridad pública	
		Construcción de vías vehiculares y peatonales del barrio	
	Ejecución de medidas de gestión ambiental y saneamiento básico	Reforestación Parque Entrenubes.	POT, Plan de Desarrollo Bogotá sin Indiferencia, plan distrital de inversiones, plan local de inversiones, Decreto 411 de 2004
		Medidas de prevención y control de erosión y deslizamientos parte alta.	
		Manejo sanitario de vectores, semovientes y mascotas	
		Ejecución de un programa de gestión integral de residuos sólidos	
		Construcción del sistema de alcantarillado (Inclusión al proyecto del D. 411)	

	Legalización y regularización del barrio	Legalización del barrio una vez se cumplan los requisitos	Decreto 411 de 2004 y normas afines
		Estudio y regularización de la titularidad de predios	
	Mejoramiento de preparativos para emergencias a nivel de Localidad	Mejoramiento de capacidad local de respuesta, aumentando personal de rescate.	POT, Plan de Desarrollo Bogotá sin Indiferencia, plan distrital de inversiones, plan local de inversiones, Plan Local de Gestión de Riesgos
		Mejoramiento de la capacidad de atención de urgencias en los hospitales de la Localidad.	
	Incorporación de resultados a planes locales.	Incorporación de resultados del estudio al Plan Local de Gestión de Riesgos.	Plan local de inversiones, Plan Local de Gestión de Riesgos
		Incorporación de resultados del estudio al Plan Local de Inversiones.	
	Mejoramiento de preparativos comunitarios para emergencias.	Elaboración de planes comunitarios de emergencia y contingencias.	Plan local de inversiones, Plan Local de Gestión de Riesgos
		Establecimiento de un sistema de alarma.	
		Señalización de rutas de evacuación.	
		Realización de simulacros.	
		Establecimiento de áreas para albergues temporales	
TRANSFERENCIA DE RIESGOS	No aplica	No aplica	No aplica
MANEJO DE DESASTRES (RESPUESTA - REHABILITACIÓN - RECONSTRUCCIÓN)	Obras de rehabilitación y reconstrucción	Recompactación rellenos acueducto	Programa de mantenimiento de redes de EAAB
	Recuperación de la cobertura vegetal	Empradización	- Legales: Marco legal de contratación pública - De gestión: Procedimientos de contratación de las entidades del Estado - Técnicos: Diseños del presente estudio
		Arborización	

A continuación se describen con mayor detalle estas medidas.

5.2.1 Ejecución de estudios técnicos

El objetivo de los estudios es proveer una base de información válida y confiable acerca de las condiciones de riesgo del sector, considerando dos tipos de estudios. El primero de ellos corresponde al presente trabajo, contratado por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito (FOPAE). El segundo es un complemento que se propone a este trabajo con el fin de considerar la variable de riesgo por avenidas torrenciales, empleando como base la información del estudio existente.

5.2.2 Reordenamiento urbanístico

Por medio del reordenamiento urbanístico se busca, por un lado, suplir las deficiencias que el modelo de urbanización aplicado ha puesto en evidencia y, por otro, incorporar las restricciones y condiciones que el estudio de riesgo impone a la planificación del barrio. Está integrado por las siguientes medidas:

- Definición de manejo de sistemas estructurantes, en este caso el barrio debe sustentarse en el sistema ecológico (Parque Entrenubes) y el sistema vial (Avenida Boyacá).

- Organización funcional del barrio, en relación con el área circundante. Esta organización funcional debe estar soportada por los sistemas de equipamientos en salud, educación, etc., y también en cuanto a la localización de los servicios e instalaciones para la atención de emergencias.

- Establecimiento de limitaciones al patrón de crecimiento: En este aspecto las variables de riesgo establecen limitaciones por restricción, ya que hay zonas no aptas para la urbanización, principalmente en el corredor de amenaza por avenidas torrenciales y la zona de flujos de tierra activos. El estudio impone también limitaciones condicionantes para la zona III, donde se vislumba puede generarse el desarrollo futuro del barrio; en este caso el desarrolo es viable, siempre y cuando se cumplan los requisitos especificados en el **Capítulo 6**, en la sección correspondiente al tratamiento de taludes locales de las viviendas.

- Replanteamiento de esquema urbanístico: Se requiere un replanteamiento urbanístico del barrio que tenga en cuenta los anteriores criterios; a manera de guía se presenta en la **Figura 5.1** del **Apéndice 5.1** un replanteamiento aproximado, que sirva de base al definitivo; dicho esquema definitivo deberá realizar el respectivo estudio de áreas, el traslado de lotes de las zonas restringidas a las aptas y cumplir con las disposiciones de las fichas urbanísticas, como los índices de edificabilidad, de construcción y los porcentajes de áreas de cesión, por citar algunas.

- Reubicación y demolición de viviendas: De acuerdo con el ejercicio efectuado, algunas viviendas existentes deben reubicarse, que bien

puede ser dentro del mismo barrio, por cuanto se encuentran localizadas en zonas restringidas por el trazado de la Avenida Boyacá o el Parque Entrenubes. Así mismo hy una vivienda, que actualemnet se encuentra desmantelada y amenaza ruina, que debe ser demolida, por cuanto constituye un riesgo para la comunidad. En la **Tabla 5.2** se relacionan las viviendas que deben ser reubicadas y/o demolidas[1].

Tabla 5.2. Viviendas a reubicar

Código	Dirección	Observaciones
CLII_10_01	Carrera 10 Este No. 84 – 34 Sur	Vivienda a demoler
CLII_18_01	Carrera 10 Bis Este No. 85 A – 03 Sur	Para reubicar por invadir Avenida Boyacá
CLII_19_01	Sin dirección	Para reubicar por invadir Avenida Boyacá. Se encuentra desocupada.

5.2.3 Obras de ingeniería

Las obras de ingeniería constituyen medidas de prevención y/o mitigación de carácter estructural, que buscan eliminar y/o reducir el impacto de posibles eventos generados. De acuerdo con los resultados del estudio se considera que se deben diseñar y construir los siguientes tipos de obras:

- Obras de estabilización y control de deslizamientos y flujos
- Obras de control de drenaje
- Obras de control de erosión
- Tratamiento de taludes locales de las viviendas

Los análisis de alternativas y los diseños detallados de la alternativa escogida se incluyen en el **Capítulo 6** de este informe.

5.2.4 Asesoría técnica a la comunidad

Teniendo en cuenta que los resultados del trabajo muestran que uno de los aspectos más relevantes en la generación de riesgo actual es el de la vulnerabilidad técnica o tecnológica, se propone una asesoría a la comunidad en diversos aspectos, de manera que se pueda garantizar, por un lado, que el proceso de legalización pueda ser gestionado en forma exitosa por la comunidad, y por otro que las viviendas actuales y futuras cuenten con las especificaciones de seguridad definidas en las normas de sismorresistencia; en el mismo sentido se plantea la asesoría para que los cortes y rellenos que se deban realizar para la construcción de nuevas viviendas no genere procesos de inestailidad del terreno en la zona. En

[1] Adicionalmente, y aunque se encuentra fuera del área de estudio se identificó una vivienda invadiendo la ronda de una quebrada en el sector sur del costado oriental de la zona de estudio, que requiere reubicación.

consecuencia se han considerado las siguientes acciones de asesoría a la comunidad, que se consideran de vital importancia:

- Acompañamiento a la comunidad en el proceso de legalización

- Asesoría técnica a la comunidad para reforzamiento y actualización de viviendas a NSR98.

- Asesoría técnica a la comunidad para la construcción de vivienda nueva.

5.2.5 Sensibilización social del riesgo y compromiso comunitario

Uno de los aspectos críticos, comentados en el **Capítulo 4**, constituye la baja percepción del riesgo en la comunidad. Para ello se plantean estrategias de comunicación e información pública, que inicialmente se han planteado en términos de divulgar los resultados del estudio, con el fin de sensibilizar a la comunidad en el tema, lo cual no impide que se realicen otras campañas, por ejemplo, en relación con las medidas de reducción de riesgos por sismos e incendios.

Es beneficioso poner en marcha estrategias efectivas de comunicación e información a la población con el objeto de desmentir rumores y lograr el entendimiento completo de la problemática por parte de la comunidad. De esta forma se lograría una mayor participación de los habitantes de la zona en las alternativas de solución, el cuidado y mantenimiento de las obras de protección y vigilancia permanente para detectar cambios en las condiciones de la zona. Es importante que la comunidad tome conciencia de su co-responsabilidad en la generación del riesgo y que actúe proactivamente y no sólo esperando la acción gubernamental.

Sin embargo, la sola divulgación de información no constituye *per se* una estrategia que logre resultados efectivos en materia de prevención, sino que debe estar acompañada necesariamente por la adquisición de compromisos por parte de la comunidad. Dichos compromisos deben estar encauzados bajo la perspectiva del mejoramiento de la calidad de vida de la población en diversos aspectos, en todos los cuales siempre está subyaciente el de la reducción del riesgo. Dentro de los compromisos posibles se encuentran, por ejemplo, el de eliminar la práctica de efectuar cortes indiscriminados para la construcción de viviendas; ejemplos de compromisos similares se tratan en párrafos posteriores.

5.2.6 Gestión comunitaria

Un trabajo muy importante, íntimamente relacionado con el punto anterior, es el de gestión comunitaria, que debe estar en cabeza de los líderes de la comunidad, y al que pueden prestar apoyo otros actores ciudadanos y gubernamentales. Se ha identificado que tal gestión puede llevarse a cabo por lo menos en los siguientes aspectos:

- Mantenimiento comunitario de las obras de mitigación.

- Vigilancia del borde del Parque Entrenubes

- Control del cumplimiento de proceso de urbanización por parte de la comunidad

- Gestión comunitaria para el proceso de legalización del barrio

5.2.7 Mejoramiento de condiciones sociales

La vulnerabilidad social es un factor altamente determinante en las condiciones particulares de riesgos de la zona, por lo que se plantea su reducción en diversos frentes, mediante acciones como las siguientes:

- Incorporación de la comunidad al Programa Bogotá sin Hambre, con el objeto de proveer seguridad alimentaria a la población.

- Afiliación al sistema de salud de las 3 familias que actualmente no tienen cobertura.

- Promoción de empresas comunitarias, con el fin de reducir el desempleo y mejorar el nivel familiar de ingresos

- Programas locales de capacitación en diversos oficios para aumentar nivel de ingresos de la población.

- Construcción de equipamientos en bienestar social y educación en cercanías de la zona, tal como lo establece el Decreto 411 de 2004.

- Incremento del pie de fuerza de la policía para reducir inseguridad pública, lo que puede acompañarse de brigadas cívicas.

- Construcción de vías vehiculares y peatonales del barrio, no sólo para mejorar la movilidad y facilitar el acceso, sino para reducir las áreas descubiertas por donde se infiltran aguas al terreno.

5.2.8 Ejecución de medidas de gestión ambiental y saneamiento básico

Sobre la base del diagnóstico presentado en el **Capítulo 4**, surge el requerimiento de realizar medidas de gestión ambiental y saneamiento, que buscan mejorar la calidad de vida, garantizar un ambiente sano, prevenir la ocurrencia de eventos de remoción en masa en las partes altas, cuyos efectos se sentirían en el barrio Casaloma II Sector y mejorar las condiciones de seguridad de los taludes ubicados dentro de la zona de estudio, entre las que cabe mencionar las siguientes:

- Reforestación del Parque Entrenubes.

- Medidas de prevención y control de erosión y deslizamientos parte alta.

- Manejo sanitario de vectores, semovientes y mascotas.

- Ejecución de un programa de gestión integral de residuos sólidos.

- Construcción del sistema de alcantarillado, para el cual se requiere la inclusión de este asentamiento al listado de barrios que cubre el proyecto del Decreto 411 de 2004.

5.2.9 Legalización y regularización del barrio

Una de las necesidades más sentidas del barrio es la de su legalización, la cual podría darse una vez se cumplan los requisitos establecidos para tal fin.

Otro aspecto importante y relacionado con el anterior corresponde al estudio y regularización de la titularidad de predios, con el fin de legalizar la tenencia de la tierra.

5.2.10 Mejoramiento de preparativos para emergencias a nivel de la Localidad

En el análisis de vulnerabilidad se detectó que hay debilidad en la Localidad en relación con los siguientes aspectos que se sugiere sean mejorados:

- Mejoramiento de capacidad local de respuesta, aumentando personal de rescate. De acuerdo con el Estudio de Vulnerabilidad Funcional Urbana de Bogotá (Universidad de los Andes, 1999), la Localidad cuenta con un total de personal de rescate de 138, siendo muy baja la relación para atender la población local (1 por cada 1.450 habitantes). Se sugiere por tanto llevarlo a 1 por cada 1.000 habitantes o menos.

- Mejoramiento de la capacidad de atención de urgencias en los hospitales de la Localidad (No. de camas). De acuerdo con el mismo estudio (Universidad de los Andes, 1999), hay 12 camas disponibles en los servicios de urgencias en los hospitales de la Localidad, equivalentes a 6 camas por cada 100.000 habitantes. Se requiere mejorar este aspecto a por lo menos 40 camas por cada 100.000 habitantes.

5.2.11 Incorporación de resultados a planes locales

Esta medida está encaminada a que la Localidad de Usme disponga de información para la actualización de su Plan Local de Gestión de Riesgos en lo que compete a la zona de estudio. Así mismo, a través de una adecuada gestión es factible y conveniente que algunas de las acciones relacionadas en el estudio se conviertan en proyectos dentro del plan anual de inversiones de la Localidad.

5.2.12 Mejoramiento de preparativos comunitarios para emergencias

En desarrollo del análisis de vulnerabilidad se detectaron deficiencias en el tema de preparativos para emergencias, por lo que se sugiere adelantar las sigiguientes acciones:

- Elaboración de planes comunitarios de emergencia y contingencias. Conocidos los niveles de riesgo, y aún a pesar de las obras, ya que el riesgo se reduce pero no se anula, es conveniente que se elabore un plan de emergencias y un plan de contingencias frente a eventos de remoción en masa, debidamente sustentado y participativo.

- Establecimiento de un sistema de alarma. Se requiere un sistema de alarma efectivo para casos de emergencia, que la población lo identifique claramente y conozca de antemano las acciones a seguir, las cuales deben quedar preestablecidas en el plan de contingencia.

- Señalización de rutas de evacuación. Al igual que en el caso anterior, el plan de contingencia deberá contener las rutas de evacuación, las cuales se deben señalizar claramente.

- Realización de simulacros. Las diversas acciones que se han incorporado en el plan de contingencia deben complementarse con la realización de simulacros periódicos.

- Establecimiento de áreas para albergues temporales. Es conveniente identificar las áreas útiles que pueden destinarse a albergues temporales en caso de emergencia, lo cual debe quedar establecido en el plan de contingencia.

5.2.13 Obras de rehabilitación y reconstrucción

La comunidad, en la fase de indagación social, denunció que en desarrollo de las obras de construcción del sistema de acueducto, los rellenos fueron deficientemente compactados, por lo que se incorpora en esta propuesta su recompactación como medida para subsanar tal defecto.

5.2.14 Recuperación de la cobertura vegetal

Esta actividad cubre las áreas verdes y de protección ambiental de la zona de estudio y comprende la empradización y arborización, como se indica en el **Capítulo 6**.

5.3 SUGERENCIAS PARA LA FINANCIACIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación se presentan algunas estrategias sugeridas que permitirían una mayor viabilidad financiera para la completa ejecución de la propuesta integral para la reducción de riesgos del sector.

5.3.1 Inversión de recursos propios de los actores involucrados

En forma proporcional a su capacidad, que se ve reflejada en la distribución de pérdidas, los diversos actores, por iniciativa propia pueden invertir recursos, que redundan en beneficios en seguridad física y económica para todos.

5.3.2 Participación en plusvalía

La figura de la pluvalía, contenida en la Ley 388 de 1997, podría aplicarse a este caso. Específicamente el artículo 36 reza en uno de sus apartes: "Cuando por efectos de la regulación de las diferentes actuaciones urbanísticas los municipios, distritos y las Áreas Metropolitanas deban realizar acciones urbanísticas que generen mayor valor para los inmuebles, quedan autorizados a establecer la participación en plusvalía en los términos que se establecen en la presente Ley". Por su parte, el artículo 8 define como acciones urbanísticas, entre otras, determinar las zonas no urbanizables que presenten riesgos para la localización de asentamientos humanos por amenazas naturales, y localizar las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres. Buena parte de los predios por desarrollar, en la actualidad, presentan condiciones de amenaza alta por remoción en masa, por lo cual no sería viable su desarrollo y están localizados, por tanto en una zona no urbanizable por riesgo; cuando se ejecuten las medidas de gestión de riesgos, el sector cambia de categoría (amenaza baja) por lo cual adquiere un mayor valor, cuyo aprovechamiento, por ley, debe participarse al Distrito a través de esta figura.

5.3.3 Sanciones urbanísticas

Previos estudios legales y jurídicos, podrían imponerse sanciones urbanísticas a los urbanizadores, al tenor de lo dispuesto en el Artículo 104 de la Ley 388 de 1997, que permite multas para quienes parcelen, urbanicen o construyan en terrenos no urbanizables, que se pueden incrementar en el caso de que la urbanización, construcción o parcelación “se desarrolle en terrenos localizados en zonas calificadas como de riesgo, tales como humedales, rondas de cuerpos de agua o de riesgo geológico”.

5.4 FUENTES DE CONSULTA

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (2000). Resolución 364 de 2000. Bogotá, Colombia.

Universidad de los Andes (1999). Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Desastroso en Santa Fe de Bogotá. Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. Bogotá, Colombia.

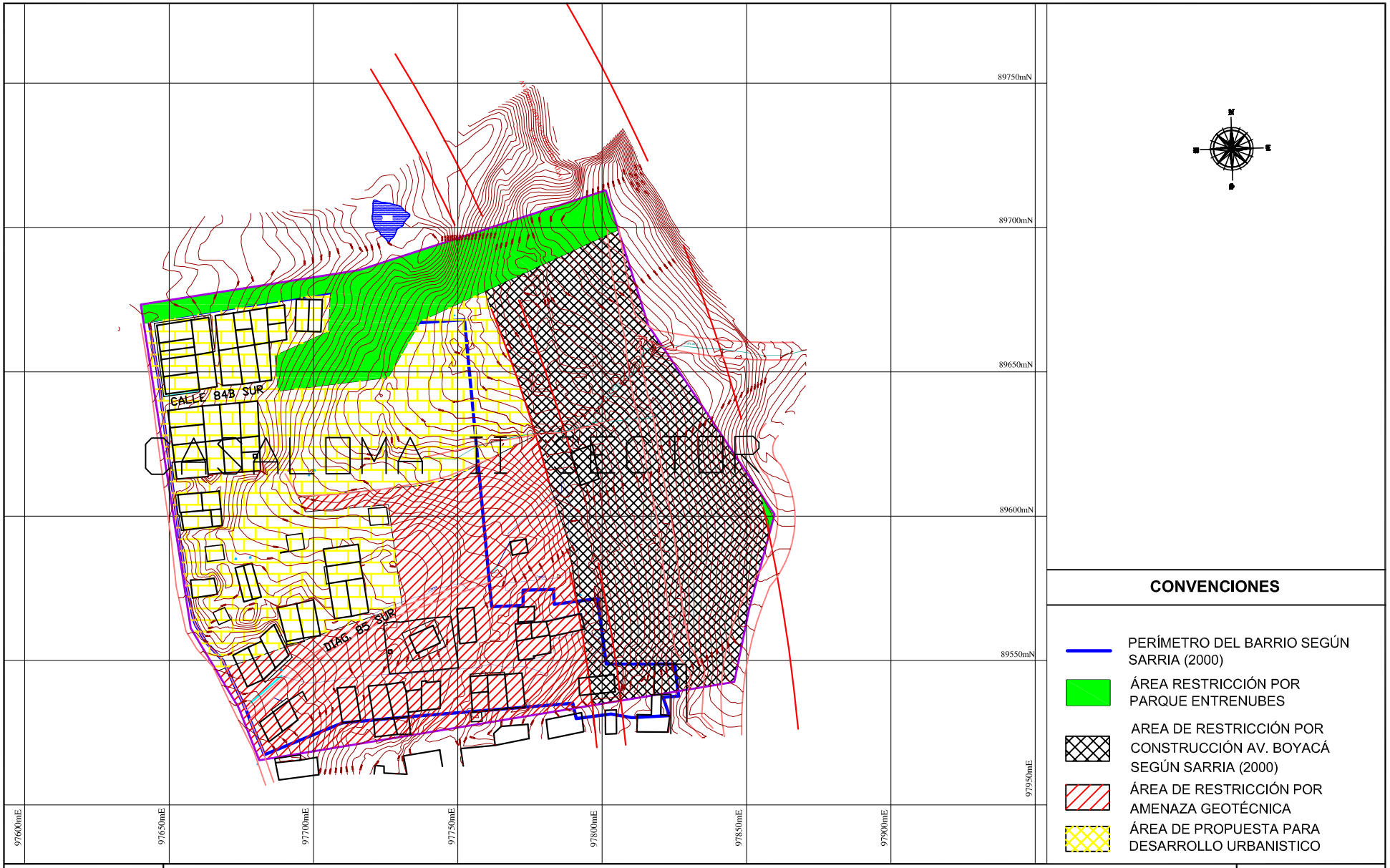


FIGURA No. 5.1
ESQUEMA PRELIMINAR DE REPLANTEAMIENTO URBANISTICO
BARRIO CASALOMA II SECTOR

"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D.C."
CONTRATO No. 489 DE 2004

CONSORCIO INGENIERIA EN OBRAS

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 489 DE 2004

ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTÁ D. C.

CAPÍTULO 6.0

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE OBRAS

6.1 INTRODUCCIÓN

Como complemento al **Capítulo 5**, el presente capítulo se ocupa del análisis de las posibles alternativas de mitigación de riesgos, que corresponden a las obras de ingeniería enunciadas y el diseño detallado de la alternativa seleccionada, ejercicios que se sustentan en la información precedente incluida en este trabajo. Está organizado en cuatro secciones, la primera de las cuales constituye la introducción, la segunda el análisis de alternativas, la tercera el diseño de las obras y la cuarta reseña las fuentes de información consultadas.

6.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

Esta sección contiene el procedimiento y análisis para la selección de las obras de ingeniería para la mitigación del riesgo en la zona de estudio.

6.2.1 Planteamiento de alternativas

Las alternativas propuestas están relacionadas con las obras físicas que permiten la estabilización y control de procesos activos de remoción en masa y la reducción de la probabilidad de ocurrencia de los procesos potenciales en el barrio Casaloma II Sector, las cuales hacen parte de la propuesta integral para reducción del riesgo en la zona de estudio presentada en el **Capítulo 5**.

A partir de la información técnica, se determinaron varias alternativas preliminares como se detalla en la **Tabla 6.1**.

Tabla 6.1. Alternativas de obras de mitigación

ALTERNATIVA	MANEJO DE CÁRCAVAS	ESTABILIZACIÓN Y CONTROL DE FLUJOS Y DESLIZAMIENTOS	DRENAJE SUPERFICIAL (REDUCCIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA Y AVENIDAS TORRENCIALES)
	1	2	3
A	No intervención mediante obras – Reubicación de viviendas en amenaza alta. Requiere adecuación de predios		
B	Relleno de cárcavas	Perfilaje y terraceo	Canal central con sistema de canales en espina de pescado
C	Terraceos	Obras de contención – Muros	Desvío aguas hacia cañada del costado norte
D	Combinación terraceos y rellenos	Obras de contención - Pantallas ancladas	Canales a través de las calles

6.2.2 Análisis y selección de alternativa de diseño

A continuación se presentan los criterios considerados para la escogencia de la alternativa de diseño.

6.2.2.1 Aspectos técnicos

Se hizo una comparación técnica de las alternativas, identificando sus ventajas y desventajas (entendidas como fortalezas y debilidades), como se indica en la **Tabla 6.2**.

Es importante registrar que la información disponible y los análisis realizados muestran que una de las prioridades en la zona es el adecuado manejo de las aguas de escorrentía, evitando la saturación de los estratos de suelos blandos (Suelos negros, depósitos de flujos de tierras y rellenos antrópicos) y, de paso, reduciendo la posibilidad de que un evento de tipo torrencial pueda llegar a afectar el sector habitado del barrio.

Dicho de otra forma, si se manejan adecuadamente los drenajes, se reduce la amenaza en toda el área, independientemente de la alternativa escogida para la estabilización de deslizamientos y flujos y control de erosión.

Por lo anterior, aunque se hace el análisis para todos los casos, las obras más importantes son las relacionadas con el drenaje, y en este caso particular, los principales criterios para la selección son la eficiencia de las obras en el manejo del drenaje y sus facilidades de mantenimiento.

Tabla 6.2. Comparación técnica de alternativas de mitigación

ALTERNATIVA		DEBILIDADES	FORTALEZAS
A		- La amenaza persiste. - Varios de los problemas identificados se trasladan al barrio Casaloma I Sector.	- Se reduce el riesgo al anularse la exposición.
1	B	- Los rellenos requieren estricto control y seguimiento. - Pueden reactivarse las cárcavas al quedar expuestas a factores meteóricos.	- Permite la recuperación del área.
	C	- Pueden reactivarse las cárcavas al quedar expuestas a factores meteóricos.	- Permite la recuperación del área.
	D	- Pueden reactivarse las cárcavas al quedar expuestas a factores meteóricos.	- Permite la recuperación del área.
2	B	- Algunas zonas quedarían con pendientes altas. - Requiere grandes movimientos de tierra y estricto control. - Inhabilita áreas, porque requiere mucho espacio	- Permite estabilizar las zonas con deslizamientos y flujos. Los factores de seguridad aumentan y la amenaza se reduce ostensiblemente.
	C	- La amenaza se reduce, pero no se elimina	- Permite estabilizar las zonas con deslizamientos y flujos. - Requiere poco espacio
	D	- Solicita la construcción de anclajes de alta resistencia, debido a las incertidumbres inherentes al estado del macizo rocoso en profundidad, es posible que tales tensiones se desarrollen con dificultad, por lo que se requieren pruebas previas; no obstante, las longitudes de anclaje pueden ser replanteadas durante construcción.	- Permite estabilizar las zonas con deslizamientos y flujos. - Requiere poco espacio
3	B	- La eficiencia de la obra depende de pocos elementos. No hay alternativas en caso de falla (No existe la mal llamada redundancia).	- Se facilitan las labores de mantenimiento. - Se concentra y maneja el flujo, por lo que hay control sobre el mismo.
	C	- La eficiencia de la obra depende de pocos elementos. No hay alternativas en caso de falla (No existe la mal llamada	- Se facilitan las labores de mantenimiento. - Se concentra y maneja el flujo, por lo que hay control

		redundancia). - Se trasladan los problemas de flujos a la zona norte. - No se garantiza una adecuada entrega, puesto que la cañada se encuentra fuertemente intervenida y desaparece en la parte baja	sobre el mismo.
	D	- Hay muchos elementos, por lo que se reduce el control sobre el flujo - El mantenimiento es muy complicado	- Existen múltiples alternativas de flujo.

6.2.2.2 Análisis de costos de alternativas

Se tuvieron en cuenta los costos aproximados de cada una de las alternativas planteadas. Los resultados se muestran en la **Tabla 6.3**.

Tabla 6.3. Costos aproximados de alternativas (En millones de pesos)

ALTERNATIVA		COSTO APROXIMADO ($ MILLONES)
A		949,7
1	B	18,0
	C	19,0
	D	18,0
2	B	367,5
	C	182,3
	D	215,0
3	B	264,0
	C	264,0
	D	349,1

6.2.2.3 Consideración de aspectos sociales y ambientales

Debido al comportamiento no determinístico ni lineal de las variables sociales y ambientales se optó por emplear un análisis que permita establecer intervalos de variación que pueden tomar dichos aspectos.

En la década de 1970 se desarrolló un método de planeación denominado "Planificación Estratégica Situacional" (Matus, 1992), que en el campo de la gestión de riesgos, y específicamente en la evaluación de riesgos, se ha empezado a utilizar en forma reciente. De allí se extractan algunos fundamentos aplicables a la consideración de los aspectos sociales y ambientales en la evaluación de alternativas para la mitigación de riesgos, como los referidos a que estas variables no se pueden predecir, ni se comportan siguiendo una ley, bajo una relación única

causa – efecto; por tanto no siguen patrones preestablecidos porque son sistemas complejos y dinámicos. Lo que se puede hacer en estos casos es efectuar una visualización por escenarios hipotéticos, que cubren intervalos dentro de los cuales se puede estimar que la realidad que se quiere representar va a situarse en el futuro.

En consecuencia, para la consideración de los aspectos sociales y ambientales se efectuó un análisis tipo situacional, teniendo en cuenta tres escenarios probables (Piso o pesimista, techo u optimista e intermedio), estableciendo las implicaciones que tendrían las alternativas en cada uno de ellos, cuyos resultados se muestran en las **Tablas 6.4** a **6.11**.

Tabla 6.4. Análisis situacional de la Alternativa A

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	Ocurre una **ó** varias de estas situaciones: - Los habitantes de las viviendas en zona de amenaza alta se niegan a su reubicación. - El lote vuelve a ser ocupado después de la reubicación.	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo, en algunos casos con otros actores, por lo que potencialmente se producirían afectaciones sobre las personas y la infraestructura. - La inversión de la reubicación se puede perder. - No hay recuperación ambiental de la zona. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	El proceso de reubicación, aunque con inconvenientes, se lleva a cabo, así como la adecuación del predio.	- Los procesos de reubicación de familias, en general, son de alto impacto social, especialmente porque se rompe el tejido social creado, cambios en los patrones cotidianos y potencial desarraigo. - El riesgo en el área de estudio se reduce, pero aumenta el de Casaloma I. - No hay recuperación ambiental de la zona.
TECHO (OPTIMISTA)	El proceso de reubicación se lleva a cabo exitosamente y los lotes no se vuelven a ocupar.	- Los procesos de reubicación de familias, en general, son de alto impacto social, especialmente porque se rompe el tejido social creado, cambios en los patrones cotidianos y potencial desarraigo. - El riesgo en el área de estudio se reduce, pero aumenta el de Casaloma I. - No hay recuperación ambiental de la zona.

Tabla 6.5. Análisis situacional de las Alternativa 1 – B y 1 - D

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	Ocurre una **ó** varias de estas situaciones: - La obra falla (Los rellenos se deforman o se reactivan las cárcavas). - No se pueden efectuar las obras con las especificaciones mínimas.	- La inversión se puede perder. - En caso de desarrollo de este sector, se construirían viviendas sobre estos rellenos, lo que ocasionaría posibles daños en las mismas. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	La obra no falla, pero no se ejecuta con los requerimientos técnicos mínimos	- La inversión se puede perder. - En caso de desarrollo de este sector, se construirían viviendas sobre estos rellenos, lo que ocasionaría posibles daños en las mismas. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
TECHO (OPTIMISTA)	La obra se realiza cumpliendo con las especificaciones y, además, no falla.	- Se recupera esta zona para el desarrollo - requeriría que el desarrollo de estas zonas fuera controlado. No se elimina la posibilidad de deformaciones en las viviendas construidas sobre estos rellenos.

Tabla 6.6. Análisis situacional de la Alternativa 1 - C

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	La obra falla (Se reactivan las cárcavas).	- La inversión se puede perder. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	Algunas cárcavas se reactivan	- La inversión se puede perder. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
TECHO (OPTIMISTA)	La obra no falla.	- Se recupera esta zona para el desarrollo

Tabla 6.7. Análisis situacional de la Alternativa 2 - B

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	Se reactivan los procesos de inestabilidad.	- La inversión se puede perder. - Se requiere control estricto para que no generen nuevos cambios en la geomorfología

		- Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	Hay evidencias de reactivación de procesos de inestabilidad.	- La inversión se puede perder. - Se requiere control estricto para que no generen nuevos cambios en la geomorfología - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
TECHO (OPTIMISTA)	No hay reactivación de procesos	- Se requiere control estricto para que no generen nuevos cambios en la geomorfología.

Tabla 6.8. Análisis situacional de las Alternativas 2 – C y 2 - D

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	La obra falla.	- La inversión se puede perder. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	La obra no falla pero hay evidencias de reactivación de procesos de inestabilidad.	- La inversión se puede perder. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
TECHO (OPTIMISTA)	La obra no falla ni hay reactivación de procesos	- Se controlan adecuadamente los procesos de inestabilidad

Tabla 6.9. Análisis situacional de la Alternativa 3 - B

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	Ocurre una **ó** varias de estas situaciones: - La obra falla. - Por déficit de mantenimiento, la obra es insuficiente.	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo, - La inversión se puede perder. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	La obra no falla, pero funciona inadecuadamente por falta de mantenimiento.	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo,
TECHO (OPTIMISTA)	La obra funciona adecuadamente	- El riesgo en el área de estudio se reduce,

Tabla 6.10. Análisis situacional de la Alternativa 3 - C

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	Ocurre una **ó** varias de estas situaciones: - La obra falla. - Por déficit de mantenimiento, la obra es insuficiente. - Se genera obstrucción en la quebrada norte (entrega)	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo, - La inversión se puede perder. - Se generan nuevas amenazas (Inundación) - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	La obra no falla, pero funciona inadecuadamente por falta de mantenimiento. Se genera obstrucción en la quebrada norte	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo, - Se generan nuevas amenazas (Inundación)
TECHO (OPTIMISTA)	La obra funciona adecuadamente, pero se mantiene la posibilidad de obstrucción en la entrega	- El riesgo en el área de estudio se reduce, pero se generan nuevas amenazas,

Tabla 6.11. Análisis situacional de la Alternativa 3 - D

ESCENARIO HIPOTÉTICO	DESCRIPCIÓN	IMPLICACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES
PISO (PESIMISTA)	Ocurre una **ó** varias de estas situaciones: - La obra falla. - Por déficit de mantenimiento, la obra es insuficiente.	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo, - La inversión se puede perder. - Se deteriora la imagen institucional del Distrito ya que la acción estatal se percibe como nula e inefectiva.
MODERADO	La obra no falla, pero funciona inadecuadamente por falta de mantenimiento.	- Se mantienen o aumentan las condiciones de riesgo,
TECHO (OPTIMISTA)	La obra funciona adecuadamente	- El riesgo en el área de estudio se reduce.

6.2.2.4 Selección de alternativa de diseño

Finalmente, al considerar los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, se ha optado por la selección de las siguientes alternativas para realizar el diseño detallado: 1 – D, 2 – C y 3 - B.

La efectiva ejecución de esta alternativa depende de otros factores que están fuera del alcance de este trabajo, pero se recomienda, antes de la decisión considerar los diversos puntos mencionados en los párrafos anteriores.

6.2.3 Comportamiento de las variables de amenaza en escenario con obras

Empleando los mismos factores y parámetros registrados en el Capítulo 4 para la evaluación de amenaza, se efectuaron los respectivos análisis en los sectores donde se obtuvieron niveles de amenaza medios y altos, con las respectivas ubicaciones críticas de las superficies de falla, considerando un adecuado manejo de drenaje, de manera tal que los niveles freáticos se abatan hasta profundidades coincidentes con las interfaces del estrato inmediatamente anterior. Los resultados se clasificaron según los intervalos establecidos por la Resolución 364 / 2000 (DPAE, 2000) para período de observación de 10 años y se muestran en la **Tabla 6.12**.

Tabla 6.12. Amenaza en los sectores críticos, considerando obras de drenaje

PERFIL	SUPERFICIE DE FALLA	M. Estocástico p %
IA	Relleno	7,07
IA	Suelo negro	9,52
IIA	Relleno	11,87
IIA	Suelo negro	11,70
IVA	Depósito de flujo de tierra	99,99
IVA	Suelo negro	52,25
IVB	Relleno	11,99
IVB	Suelo negro	27,23
IVC	Relleno	27,55
IVD	Suelo negro	2,96

Como puede observarse, estos resultados muestran la bondad de las obras de drenaje reduciendo los niveles de amenaza de alta y media a baja en casi toda el área.

Con las obras adicionales propuestas, los niveles de amenaza en las subzonas IVA, IVB y IVC llegan a valores similares a los del suelo residual, es decir con probabilidades entre 2% y 4%, las cuales se consideran bajas.

En relación con la amenaza por erosión, se considera que con las intervenciones propuestas en el **Capítulo 5**, particularmente los condicionamientos de uso, la revegetalización y las obras de control de erosión, se obtienen valores razonablemente bajos.

En cuanto a la amenaza por avenidas torrenciales, puede considerarse que con las medidas del **Capítulo 5** y la construcción del canal central, la amenaza llega a un nivel tolerable, aunque debido a las incertidumbres, se optó por dejar un valor de amenaza medio.

Estos resultados se plasman en la **Figura 6.1** del **Apéndice 6.1**, donde se registra la zonificación de amenaza considerando las obras de mitigación.

6.3 DISEÑOS DETALLADOS DE OBRAS

En la presente sección se incluye la información relacionada con el diseño detallado de la alternativa escogida.

6.3.1 Descripción general de las obras

A continuación se describen las obras recomendadas de mitigación:

6.3.1.1 Obras de estabilización y control de deslizamientos y flujos

Se establecieron tres muros tipo para la estabilización y control de deslizamientos y flujos:

- Muro en gaviones tipo 1:

Deberán ser construidos para protección de los costados surorientales de las manzanas 7 y 8, teniendo tres niveles de altura en forma escalonada, con canastas de 2 m de largo, 1m de ancho y 1 m de alto.

- Muro en gaviones tipo 2:

Muros construidos para protección en la zona de la Carrera 10 Bis Este, teniendo dos niveles de altura en forma escalonada, con canastas de 2 m de largo, 1m de ancho y 1 m de alto. Estos muros son temporales debido a la construcción de la Avenida Boyacá.

- Muro en gaviones tipo 3:

Estarán ubicados en los costados sur y este de las manzanas 13 y 17, con una altura aproximada de 3 metros.

6.3.1.2 Obras de control de drenaje

Están constituidas por un canal central en concreto reforzado, con rápidas escalonadas para la disipación de energía, con una sección trapezoidal típica de 0,30 m de base inferior, 1,30 m de base superior y 0,50 m de altura. Inicialmente se había diseñado en una sección rectangular de 0,50 m de altura por 0,90 m de ancho, pero por razones de seguridad y facilidad de mantenimiento se modificó a sección trapezoidal. La pendiente del canal varía entre 5% y 20%, iniciando, según ubicación en los planos, en la cota 2.849 y recorriendo el barrio Casaloma II longitudinalmente, con entrega en la Quebrada Yomasa. Este canal se ve alimentado por un sistema de cunetas de recolección en forma de espina de pescado.

Además del canal y las cunetas se tiene prevista la construcción de dos clases de filtros; el filtro tipo 1 se ubicará bajo el canal central en toda su longitud a una profundidad variable y tendrá dimensiones de 0,40 m de ancho y 0,40 m de alto. El

filtro tipo 2 se ubicará en algunas áreas que requieren el manejo de aguas subsuperficiales; estos filtros llevarán sus aguas hasta el canal central. Sus dimensiones típicas serán de 0,20 m de alto y 0,40 metros de ancho y su longitud varía según su ubicación en los planos de obras.

Deberá construirse además un conjunto de cámaras colectoras y cajas de inspección según se muestra en los planos.

Para poder dirigir las aguas recolectadas por este sistema a la Quebrada Yomasa será necesario construir dos *box coulvert* para los cruces en las carreras 8 F este y la transversal 8 Este, que tendrá dimensiones de 1,55 m de alto por 1,5 m de ancho. En la zona de entrega del canal a la quebrada Yomasa se construirá un enrocado de protección para así controlar la erosión en la ribera de la quebrada.

6.3.1.3 Obras de control de erosión

Se tiene previsto realizar las siguientes acciones en la zona de estudio:

- Terraceo y relleno de cárcavas: Comprende la nivelación a una cota 0,40 m por encima del fondo de cada cárcava, como se muestra en los detalles. Esta actividad le corresponde al urbanizador.

- Revegetalización: Comprende las actividades de empradización y arborización con especies nativas, en las áreas mostradas en los planos.

6.3.1.4 Tratamiento de taludes locales de las viviendas a cargo de los propietarios

El tratamiento de los taludes de corte adyacentes a las viviendas será el siguiente:

- Viviendas nuevas: Para estas viviendas, antes de efectuar los cortes se deberán consultar las “Cartas de Estabilidad” (**Apéndice 4.1**) y verificar que el corte proyectado tenga un factor de seguridad superior a 1,5. Si es así se puede hacer el corte, protegiendo la superficie final con prado. Si las condiciones de espacio disponible o el tipo de corte, requieren quedar en la zona de factor de seguridad menor a 1,5, se debe construir un muro en gaviones tipo 1, en toda la longitud del talud, perfilando el talud resultante entre el terreno natural y el corte, y su respectiva protección con empradización.

- Viviendas existentes: Se deben consultar las “Cartas de Estabilidad” (**Apéndice 4.1**) y verificar si el corte ejecutado tiene un factor de seguridad superior a 1,5. Si es así se debe proteger la superficie expuesta con empradización. Si el factor de seguridad es menor a 1,5, se debe construir un muro en gaviones tipo 1, en toda la longitud del talud, perfilando el talud resultante entre el terreno natural y el corte, y su respectiva protección con empradización.

6.3.2 Cálculos

A continuación se presentan los detalles de cálculo de las obras diseñadas.

6.3.2.1 Análisis y cálculo de las obras hidráulicas

- **Criterios de diseño**

Para el diseño de las obras hidráulicas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Para el cálculo de las dimensiones y características de las estructuras hidráulicas se utilizó como caudal de diseño el correspondiente a la creciente de 100 años de retorno según el análisis hidrológico presentado en el **Capítulo 3**.

- El análisis hidráulico se basa en la aplicación de principios básicos de hidráulica y sus ecuaciones fundamentales de continuidad, energía y cantidad de movimiento. La capacidad dimensional de la obra se efectúa con base en el caudal máximo de diseño, el tipo de material, la longitud del conducto, la pendiente establecida y la velocidad máxima.

- Para la selección del tipo de canal a utilizar, se tuvieron en cuenta las propiedades hidráulicas y las distintas limitaciones que existen, como la pendiente, altura permisible del agua y el tiempo de construcción. En la elección del material se tomó en cuenta la durabilidad, resistencia, rugosidad y se asumieron escasas condiciones de mantenimiento. Es necesario asegurar que sin importar la forma o el tipo de material, las obras no sufran agrietamientos debido a deformaciones excesivas.

- **Parámetros de diseño**

Para el cálculo y diseño se utiliza la teoría del número de caída expresado según la siguiente ecuación:

$$D = q^2 / g\, h^3$$

Donde:
D = Número de caída
q = Caudal por unidad de ancho
g = Aceleración de la gravedad
h= Altura de la caída

Las características adicionales de los escalones se definen así:

$$L_d = 4.30\, h^{D0.27}$$

$$d_p = h\, D^{0.22}$$

$$d1 = 0.54\ h\ D^{0.425}$$

$$d2 = 1.66\ h\ D^{0.27}$$

En la **Tabla 6.13**, se muestran los parámetros anteriormente descritos y los resultados de los cálculos de las rápidas para un período de retorno de 100 años.

$$B = 0{,}90\ m$$

$$q = 1{,}31\ m^3/s/m$$

$$d_c = (q2/g)^{(1/3)} = 0{,}56\ m$$

$$d_b = 0.715 * d_c = 0{,}40\ m$$

$$A_b = B * d_b = 0{,}36\ m^2$$

Tabla 6.13. Parámetros de diseño canal

h (m)	Ld (m)	d1 (m)	d2 (m)	dp (m)	L (m)	Pendiente Escalón (m/m)	Número de Froude F1	Lr/d2 Fig 15-4 Ven Te Chow	Longitud Resalto Lr (m)
0,10	1,73	0,48	0,67	0,31	1,93	0,05	1,24	3,50	2,34
0,15	1,87	0,43	0,72	0,36	2,07	0,07	1,47	4,10	2,96
0,20	1,98	0,40	0,76	0,39	2,18	0,09	1,65	4,20	3,20
0,25	2,06	0,38	0,80	0,42	2,26	0,11	1,81	4,40	3,50
0,30	2,13	0,36	0,82	0,45	2,33	0,13	1,95	4,42	3,64
0,40	2,25	0,33	0,87	0,50	2,45	0,16	2,20	4,50	3,92
0,50	2,35	0,31	0,91	0,54	2,55	0,20	2,41	4,52	4,10
0,60	2,43	0,30	0,94	0,57	2,63	0,23	2,60	4,70	4,42
0,80	2,57	0,27	0,99	0,63	2,77	0,29	2,92	4,72	4,69
0,95	2,66	0,26	1,03	0,67	2,86	0,33	3,14	4,85	4,97
1,20	2,78	0,24	1,07	0,72	2,98	0,40	3,45	5,00	5,36
1,40	2,86	0,23	1,10	0,76	3,06	0,46	3,68	5,05	5,58
2,60	3,22	0,20	1,24	0,94	3,42	0,76	4,75	5,12	6,36

- **Diseño**

En la **Tabla 6.14** se presentan las dimensiones de la rápida diseñada, estas dimensiones deberán ajustarse a las condiciones reales encontradas en el terreno, el escalonamiento de la rápida podrá variarse según las combinaciones de la **Tabla 6.13**, para el ancho establecido y diversos valores de altura (h) y Longitud (L). Ver planos. Para la determinación de la altura de las paredes se consideró el valor de "d_b" más el 20%.

Tabla 6.14. Dimensiones recomendadas canal

ABSCISA	COTA	PENDIENTE	ESCALON RECOMENDADO			PAREDES LATERALES* h1
			ANCHO b	ALTURA h	LONGITUD L (m)	
	(msnm)	(m/m)	(m)	(m)		(m)
0,00	2.849,90	Fondo caja colectora # 1			2,00	
2,00	2.850,60	0,14	0,90		3,50	0,50
5,50	2.850,10	0,07	0,90	0,40	3,00	0,50
8,50	2.849,50	0,08	0,90	0,40	2,50	0,50
11,00	2.848,90	0,07	0,90	0,80	3,00	0,50
14,00	2.847,90	0,08	0,90	0,40	2,50	0,50
16,50	2.847,30	0,06	0,90	0,50	3,50	0,50
20,00	2.846,60	0,06	0,90	0,60	7,00	0,50
27,00	2.845,60	0,10	0,90	0,60	3,00	0,50
30,00	2.844,70	0,06	0,90	1,00	8,00	0,50
38,00	2.843,20	0,07	0,90	0,60	3,00	0,50
41,00	2.842,40	0,07	0,90	1,00	3,00	0,50
44,00	2.841,20	0,12	0,90	0,40	2,50	0,50
46,50	2.840,50	0,08	0,90	0,40	2,50	0,50
49,00	2.839,90	0,08	0,90	0,40	3,00	0,50
52,00	2.839,25	0,07	0,90	0,50	14,00	0,50
66,00	2.837,80	0,08	0,90	0,50	2,50	0,50
68,50	2.837,10	0,16	0,90	0,50	2,50	0,50
71,00	2.836,20	0,16	0,90	0,50	2,50	0,50
73,50	2.835,30	0,12	0,90	0,50	2,50	0,50
76,00	2.834,50	0,10	0,90	0,50	2,50	0,50
78,50	2.833,75	0,09	0,90	0,50	2,70	0,50
81,20	2.833,00	0,06	0,90	0,50	2,70	0,50
83,90	2.832,35	0,06	0,90	0,50	2,60	0,50
86,50	2.831,70	0,06	0,90	0,40	3,50	0,50
90,00	2.831,10	0,07	0,90	0,40	4,30	0,50
94,30	2.830,40	0,06	0,90	0,40	4,70	0,50
99,00	2.829,70	0,06	0,90	0,40	4,00	0,50
103,00	2.829,05	0,08	0,90	0,40	6,00	0,50
109,00	2.828,20	0,08	0,90	0,40	8,40	0,50
117,40	2.827,10	0,06	0,90	0,40	3,40	0,50
120,80	2.826,50	0,07	0,90	0,40	3,00	0,50
123,80	2.825,90	0,06	0,90	0,40	3,60	0,50
127,40	2.825,30	0,06	0,90	0,50	4,10	0,50
131,50	2.824,55	0,06	0,90	0,50	4,20	0,50
135,70	2.823,80	0,06	0,90	0,50	4,10	0,50
139,80	2.823,05	0,06	0,90	0,50	4,10	0,50
143,90	2.822,30	0,07	0,90	0,50	4,60	0,50
148,50	2.821,50	0,07	0,90	0,40	4,50	0,50
153,00	2.820,80	0,05	0,90	0,50	4,60	0,50

157,60	2.820,05	0,07	0,90	0,40	3,60	0,50
161,20	2.819,40	0,06	0,90	0,50	4,00	0,50
165,20	2.818,65	0,06	0,90	0,50	4,00	0,50
169,20	2.817,90	0,07	0,90	0,50	3,80	0,50
173,00	2.817,15	0,07	0,90	0,50	3,50	0,50
176,50	2.816,40	0,07	0,90	0,50	3,40	0,50
179,90	2.815,65	0,07	0,90	0,50	3,40	0,50
183,30	2.814,90	0,07	0,90	0,50	3,60	0,50
186,90	2.814,16	0,07	0,90	0,50	3,70	0,50
190,60	2.813,40	0,07	0,90	0,50	3,80	0,50
194,40	2.812,65	0,12	0,90	0,50	3,60	0,50
198,00	2.811,73		0,90			0,50
198-200	2.810,00	CAMARA # 2			2,00	
200,00	2.810,45	0,08	CAJA DE 1m *1m		20,00	
220,00	2.808,79					
220,00	2.808,79	0,07			18,00	0,50
238,00	2.807,50	0,07	0,90	0,5	10,00	0,50
248,00	2.806,34	0,12	0,90	0,5	14,00	0,50
262,00	2.804,12	0,09	0,90	0,5	6,00	0,50
268,00	2.803,07	0,09	0,90	0,5	8,00	0,50
276,00	2.801,89	0,16	0,90	0,5	12,00	0,50
288,00	2.799,50		0,90			0,50
288-290	2.798,00	CAMARA # 3			2,00	
290,00	2.798,30	0,09	CAJA DE 1 m * 1 m		10,00	
300,00	2.797,38					
300,00	2.797,38	0,07	0,90		22,00	0,50
322,00	2.795,82	0,07	0,90	0,5	14,00	0,50
336,00	2.794,33	0,07	0,90	0,5	10,00	0,50
346,00	2.793,12	0,07	0,90	0,5	12,00	0,50
358,00	2.791,78	0,07	0,90	0,5	8,00	0,50
366,00	2.790,71	0,07	0,90	0,5	13,60	0,50
379,60	2.789,20		0,90			0,50

6.3.2.2 Diseños de muros

En el **Apéndice 6.2** se presenta la memoria de cálculo de los muros diseñados.

6.3.3 Planos

En los **Planos 6.1** y **6.2** del **Apéndice 6.3** se presentan los planos de localización de las obras de mitigación y sus respectivos detalles.

6.3.4 Especificaciones técnicas

En el **Apéndice 6.4** se presentan las especificaciones técnicas de construcción de las obras diseñadas.

6.3.5 Plan de ejecución de obras y cronograma

En el **Apéndice 6.5** se presenta el plan de ejecución de obras y el cronograma respectivo de ejecución.

6.3.6 Cantidades de obra, presupuestos y análisis de precios unitarios

En el **Apéndice 6.6** se registran las cantidades de obra aproximadas, el presupuesto de obra y los análisis de precios unitarios de las obras a ejecutar.

6.4 FUENTES DE CONSULTA

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Chow, Ven Te. Hidrología Aplicada.

Cardona A., Omar D. (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (2000). Resolución 364 de 2000. Bogotá, Colombia.

Matus, Carlos (1992). Guía de Análisis Teórico, Curso de Gobierno y Planificación, versión 05-92. Fundación Altadir. Caracas, Venezuela.

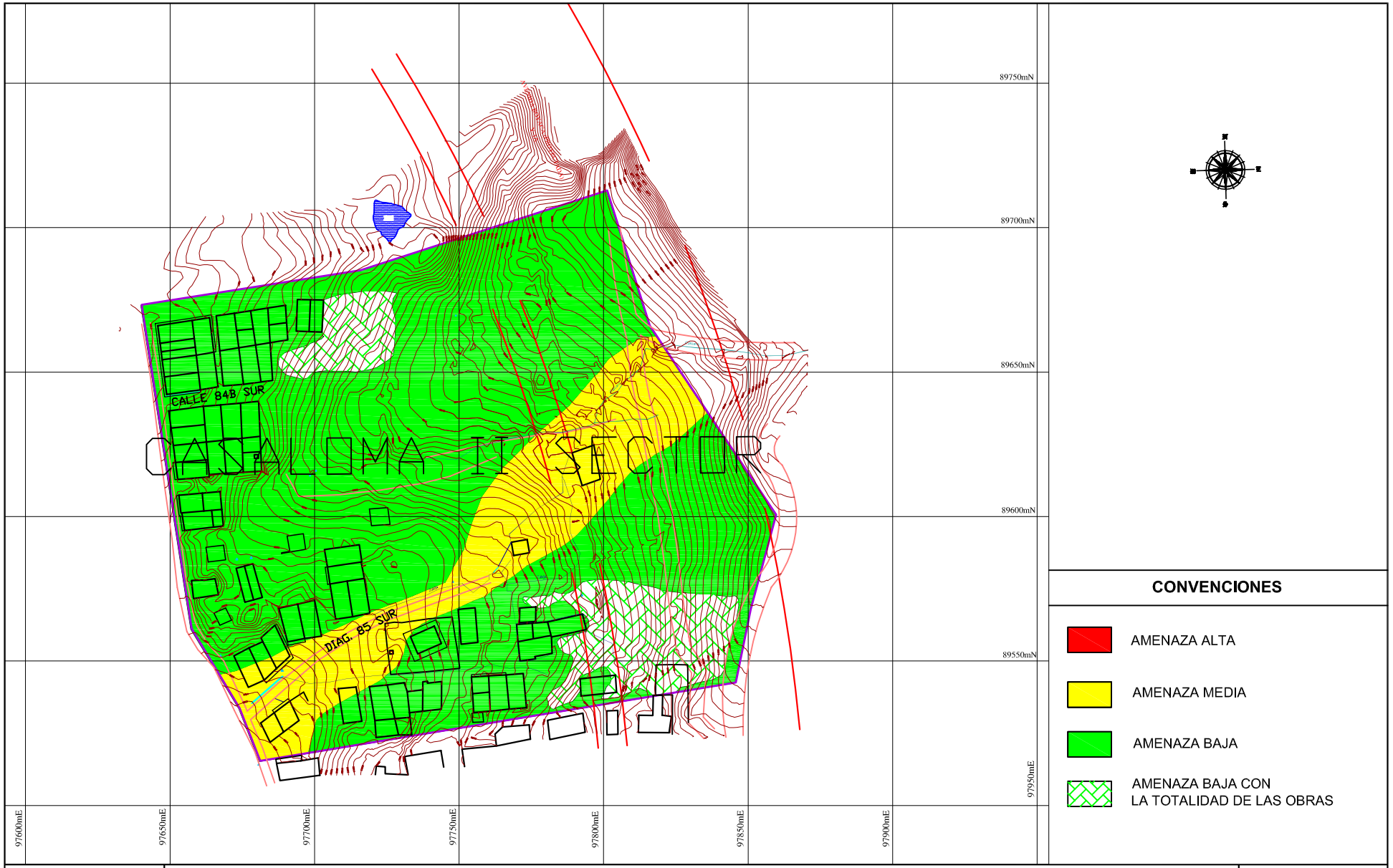


FIGURA No. 6.1
ZONIFICACION DE AMENAZA CON OBRAS
"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA EL BARRIO CASALOMA II SECTOR, DE LA LOCALIDAD DE USME BOGOTA D.C."

CONSORCIO
INGENIERÍA
EN OBRAS