CAPÍTULO
1.0

CONTENIDO

Contenido		1
Generalidades		2
1.1	Introducción	2
1.2	Estructuración del estudio	3
1.2.1	Definición del estudio	3
1.2.2	Organización del estudio	4
1.3	Marco de referencia	5
1.3.1	Localización y delimitación del área de estudio	5
1.3.2	Contexto específico: Urbanización Ciudadela Parque La Roca	6
1.3.3	Contexto general: Localidad 04 San Cristóbal	8
1.3.4	Marco conceptual	17
1.4	Bases metodológicas y procedimientos de trabajo	22
1.4.1	Procedimientos para la ejecución del estudio	22
1.4.2	Metodología de análisis geotécnicos	24
1.4.3	Metodología de evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo	24
1.5	Fuentes de consulta	37

CAPÍTULO

1.0

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La Urbanización Ciudadela Parque La Roca, construcción adelantada por Prourbanismo S. A., se localiza al oriente de la Capital de la República de Colombia. Ha sufrido con anterioridad algunos procesos de inestabilidad en la parte alta y actualmente presenta un deslizamiento en la zona de parqueaderos y salón comunal, siendo este sector objeto del presente estudio.

Regionalmente se encuentra enmarcada en el flanco occidental de los cerros orientales de Bogotá y se caracteriza por tener al noreste un relieve de pendiente alta conformado por cuestas estructurales cortas. Por otra parte se identifican rocas constituidas por una secuencia sedimentaria interestratificada de areniscas y arcillolitas y se aprecia una serie de depósitos cuaternarios que corresponden a coluviones, suelos residuales y rellenos antrópicos.

El sector en estudio es altamente consolidado y se caracteriza por la urbanización formal. Tiene un área aproximada de 1,1 hectáreas y está limitado en su parte norte con la calle 6 Sur, al oriente con la carrera 8 este, al sur con la calle 6C Sur y al occidente con la carrera 3 Este. En esta zona se encuentran las manzanas 15 y 16, el salón comunal y una de las zonas de parqueadero de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca, así como la zona de cesión tipo A, correspondiente al talud localizado hacia la parte sur de las manzanas antes mencionadas. El deslizamiento involucra actualmente el área de cesión tipo A y los parqueaderos.

El deslizamiento en estudio, según la información suministrada por el FOPAE, se activó cuando una firma constructora efectuó un corte en la parte inferior, para la construcción de la Urbanización Los Tukanos, que involucra rellenos antrópicos. Al considerar que a la fecha el movimiento se encuentra en estado de equilibrio límite, la amenaza geotécnica está representada por la retroactividad del mismo, que eventualmente podría afectar las viviendas y el salón comunal. De igual forma se afectarían redes de agua que, además del corte en el servicio, podrían incrementar la humedad del material agravando el problema, el cual ha sido tratado en varios documentos de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), tales como Diagnósticos Técnicos y Respuestas Oficiales.

Al considerar los antecedentes registrados con anterioridad a este estudio y por ende los procesos de inestabilidad en otras zonas de la urbanización, los habitantes han manifestado inconformidad mediante procesos judiciales contra el Distrito y el constructor de la Ciudadela.

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 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.", cuyos resultados se muestran en este Informe.

En este capítulo se indican los aspectos generales del estudio y el contexto del área en que se adelantan los trabajos, 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 cinco secciones, de las cuales la primera corresponde a la introducción, la segunda registra las características del estudio, en la tercera se presenta el marco general de referencia, en la cuarta se incluyen las bases metodológicas y procedimientos de trabajo, y en la quinta 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. 7302-50-2004, 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 estructura el estudio y los procedimientos para su ejecución se referencian a continuación.

✦ OBJETIVO

El objetivo del estudio es efectuar la evaluación de riesgo, 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., de acuerdo con los términos de referencia del FOPAE.

✦ 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.

✦ BASES METODOLÓGICAS

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 de la metodología de análisis probabilístico de falla, consignada como anexo de la Resolución 364 de 2000 de la DPAE (DPAE, 2000). Las investigaciones de campo siguen el modelo general del método científico.

✦ **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 de los barrios 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.

✦ **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. CONS-336 de 2004, suscrito por FOPAE y Geoingeniería Ltda.
- Propuesta del Consultor de fecha 27 de agosto 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: 1:250 con curvas de nivel cada 0,50 m.
- Nivel de resolución: Local, detallado.
- Tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar: Construcción de obras de mitigación para la reducción de riesgos.

1.2.2 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio está dividido en 10 capítulos, que se relacionan a continuación:

- Capítulo 1: Generalidades.
- Capítulo 2: Levantamiento topográfico.
- Capítulo 3: Estudio geológico.
- Capítulo 4: Estudio geotécnico.
- Capítulo 5: Evaluación de amenaza.
- Capítulo 6: Análisis de vulnerabilidad.
- Capítulo 7: Evaluación de riesgo.
- Capítulo 8: Análisis de alternativas de mitigación.
- Capítulo 9: Conclusiones.

- Capítulo 10: Recomendaciones.

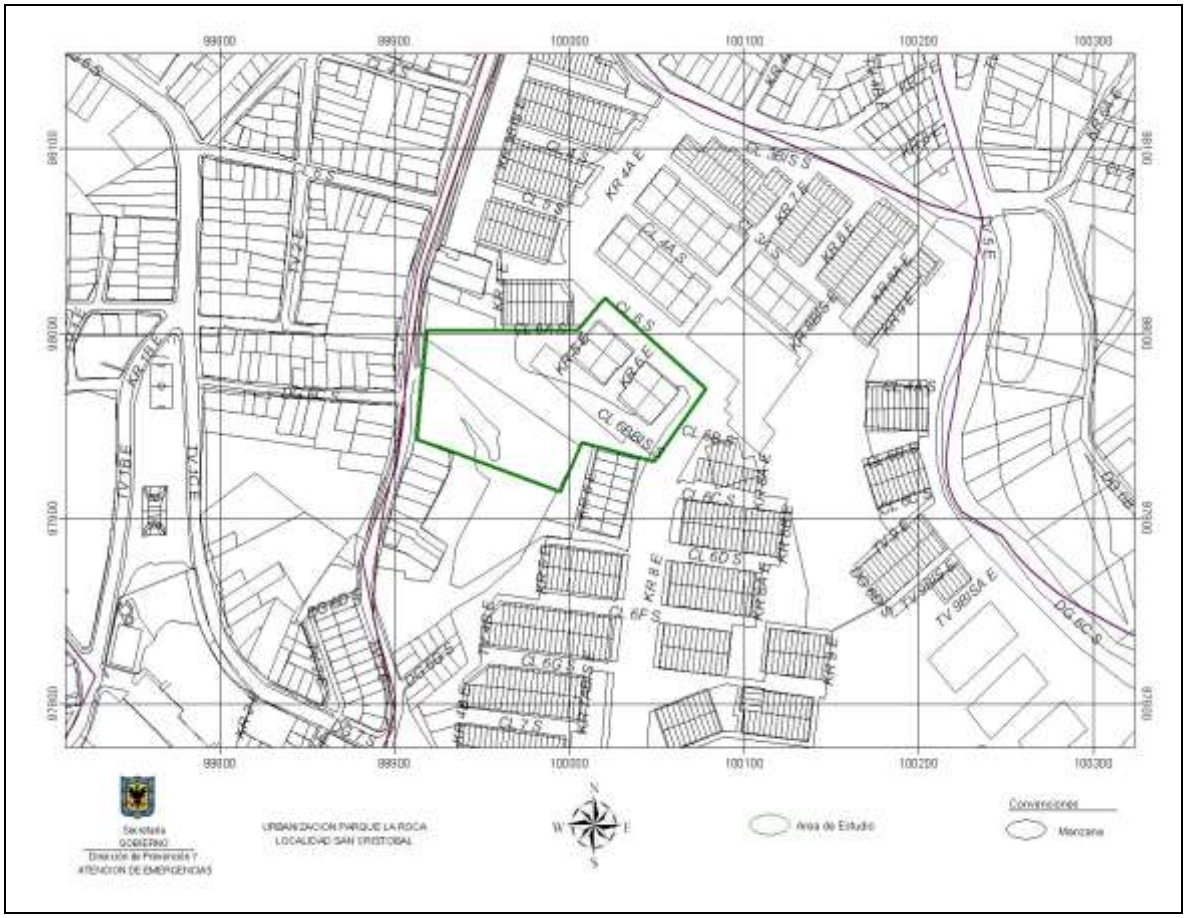
1.3 MARCO DE REFERENCIA

A continuación se registra el marco general de referencia, necesario para establecer las condiciones de contexto del problema estudiado y ubicar al lector en los aspectos generales de la zona de estudio.

1.3.1 LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Tiene un área aproximada de 1,1 hectáreas y está limitada en su parte norte con la calle 6 Sur, al oriente con la carrera 8 Este, al sur con la calle 6C Sur y al occidente con la carrera 3 Este. En este sector se encuentran las Manzanas 15 y 16, el salón comunal y una de las zonas de parqueadero de la Urbanización Ciudadela Parque la Roca, así como la Zona de Cesión Tipo A, correspondiente al talud localizado hacia la parte sur de las manzanas antes mencionadas, en donde hay un deslizamiento activo. En la **FIGURA 1.1** se presenta el esquema de localización aproximada del área de estudio que se ilustra en la **FOTOGRAFÍA 1.1** y se detalla en las **FOTOGRAFÍAS 1.2** y **1.3**. Además, en el **PLANO 2.1** del **CAPÍTULO 2.0** se presenta delimitada con mayor precisión el área de estudio.

FIGURA 1.1
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (TOMADA DE FOPAE, 2004)





FOTOGRAFÍA 1.1
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (EN ROJO)



FOTOGRAFÍA 1.2
PANORÁMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO, DONDE EN PRIMER PLANO SE OBSERVA EL DESLIZAMIENTO OCURRIDO Y AL FONDO LAS MANZANAS 16 (A LA IZQUIERDA) Y 15 (A LA DERECHA, VISTA PARCIAL).

1.3.2 CONTEXTO ESPECÍFICO: URBANIZACIÓN CIUDADELA PARQUE LA ROCA

La Urbanización Ciudadela Parque La Roca pertenece a la UPZ 32, San Blas, de la Localidad 4, San Cristóbal y corresponde a un proyecto de vivienda popular adelantado por Constructora Colmena S. A (hoy Prourbanismo S. A.), en el predio denominado Casapanda, localizado al sur-centro oriente de Bogotá, en cercanías a la planta de acueducto de Vitelma.



FOTOGRAFÍA 1.3
VISTA DE LA CORONA DEL DESLIZAMIENTO, AL FONDO EL SALÓN COMUNAL Y A LA DERECHA LA ZONA DE PARQUEADEROS.

El lote Casapanda, cuyo propietario anterior era Tubos Moore S. A., comprende un área total de 124.651,73 m^2 (12,5 hectáreas), de los cuales son urbanizables 115.463,93 m^2 (11,5 hectáreas) (después de restarle las afectaciones por el Par Vial Avenida Circunvalar, Avenida de la Hortúa, Par Vial Carrera 5 Este y ronda de quebrada) y destinados para vivienda 33.198,18 m^2 (3,3 hectáreas). Las zonas de cesión tipo A son de 36.078,70 m^2, el área de vías (vehiculares internas, peatonales y cesión Avenida Primera) es de 31.117,03 m^2 y cesiones adicionales por 15.070,02 m^2. El proyecto inicial contempló la construcción de 991 viviendas, en 32 manzanas, 336 parqueos para residentes y 66 para visitantes. (Willy Drews y Cía, 1997 a). (Ver **ANEXO 1.2**).

De acuerdo con la información recolectada, el diseño urbanístico estuvo a cargo de la firma Willy Drews y Cía., los estudios de suelos fueron adelantados por Geosuelos Ltda. (Preliminar) y Héctor Parra Ferro (Definitivo), y los estudios y cálculos estructurales por el Ingeniero Fernando Pachón. La construcción se inició en marzo de 1994, planeándose en tres etapas; se efectuó la entrega a propietarios de una primera etapa en enero de 1996; de la segunda etapa, forman parte las manzanas de la zona de estudio, y se establece el segundo semestre de 1997 como fecha aproximada de terminación de obras. (Varios).

En la actualidad, la Urbanización consta de 798 viviendas, distribuidas en 27 manzanas, ya que algunas de las manzanas planeadas inicialmente no se construyeron.

El proyecto contempló la construcción de tres tipos de viviendas, cuyas características se enuncian a continuación:

- Casas de desarrollo progresivo, denominadas “Unidades de vivienda básica”, que constan de área múltiple, baño, cocina, patio y una alcoba, todo en un solo nivel, para un área total construída de 30,46 m^2.

- Casas de dos pisos, de 56 m2 de construcción, en cuyo primer piso se ubica sala - comedor, cocina y patio, y en el segundo piso dos alcobas y un baño.

- Edificios de apartamentos trifamiliares: Cada uno de tres alcobas, sala comedor, cocina y un baño (patio para primeros y segundos pisos), con un área construida de 56 m^2.

(Constructora Colmena, 2004).

Las manzanas 15 y 16, objeto del presente estudio comprenden 48 unidades de vivienda, tipo apartamentos trifamiliares, que se construyeron en edificios de tres pisos, con estructura tipo mampostería reforzada, con entrepisos en losas prefabricadas de concreto; los patios están construidos en mampostería simple de bloque de arcilla hueco (Ver **FOTOGRAFÍA 1.2**). El salón comunal es una construcción de un piso, con estructura convencional de pórticos en concreto y cubierta en cerchas metálicas y tejas de asbesto cemento; los parqueaderos están terminados en recebo con sardineles y andenes en concreto (Ver **FOTOGRAFÍA 1.3**).

1.3.3 CONTEXTO GENERAL: LOCALIDAD 04 SAN CRISTÓBAL

✦ DESCRIPCIÓN GENERAL

La Localidad de San Cristóbal, identificada como la número cuatro 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 la localidad de Santafé.
Sur: Con la localidad de Usme
Oriente: Con los municipios de Choachí y Ubaque
Occidente: Con las Localidades de Rafael Uribe Uribe y Antonio Nariño.

Tiene una extensión total de 4.816,32 hectáreas (ha), de las cuales 1.629,19 se clasifican en suelo urbano, que a su vez comprende 204,47 hectáreas de áreas protegidas y 100,19 hectáreas de áreas por desarrollar, que son terrenos que no han sido urbanizados. El suelo urbanizado totaliza 1.529 hectáreas y 3.187,13 representan el suelo rural. Este último, en su totalidad, pertenece a la estructura ecológica principal de la ciudad, en razón a que hace parte de los Cerros Orientales de Bogotá.

(Univerciudad, 2004)

✦ REFERENTE HISTÓRICO DE LA LOCALIDAD

Entre los años 1890 y 1905 a las faldas de la majestuosa cordillera y en donde se desplegaban los terrenos de las grandes haciendas sabaneras de la época: La Milagrosa, Las Marías, La Fiscala y otras más, apareció el primer asentamiento suburbano llamado desde entonces San Cristóbal, en honor al Santo que en una piedra del lugar apareció por obra de un pintor anónimo.

San Cristóbal se consolidó entre 1915 y 1920, dando inicio al desarrollo de la ciudad hacia el suroriente. La aparición del barrio San Francisco Javier, hoy Villa Javier, se dió en 1915 y fue el primer barrio obrero de la ciudad, impulsado por los jesuitas.

En 1920 apareció el Veinte de Julio, asentamiento que se consolidó hacia 1930, generando desde allí nuevos núcleos urbanos que acogieron la población que la violencia desenfrenada de las zonas rurales del país arrojaba sobre la ciudad capital. Para ésta época, los sacerdotes salesianos instalaron un campo de deportes en la zona donde se organizaban campeonatos de fútbol y se celebraba misa, convirtiéndose en sitio de reunión del sector.

En 1930, los barrios que estructuraban el sur-oriente eran: San Cristóbal, Villa Javier, Vitelma, por el camino de San Cristóbal, 20 de Julio, Santa Ana, 1° de Mayo (hoy Velódromo), Santa Inés y Sudamérica.

En los años cincuenta la migración aumentó considerablemente, tenía como fuentes principales los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Tolima; como consecuencia del fenómeno migratorio

(desplazados) aparecieron barrios como Buenos Aires, El Sosiego, San Isidro, Bello Horizonte, Córdoba y Santa Ana, entre otros.

En las décadas posteriores, el suroriente tuvo un crecimiento muy acelerado de asentamientos espontáneos, dando lugar a una gran presión sobre el espacio urbano, debido a las diferentes transformaciones urbanas en la capital, sin dejar de lado el proceso migratorio hacia la misma. Esto dio origen a nuevos barrios como Los Alpes, Bellavista, San Martín de Loba, Altamira, Guacamayas, Juan Rey y Rama, entre otros.

Según el parecer de expertos en la problemática propia del desarrollo urbano, la localidad de San Cristóbal ha agotado la capacidad física de expansión para el asentamiento de nuevos grupos humanos. Actualmente, se han desarrollado mas de 1.500 hectáreas, utilizando zonas de alto y mediano riesgo, por encima de la cota de servicios, que no han debido ser pobladas.

Por su localización y extensión, la Localidad está integrada por comunas según división censal del DANE y por zonas suburbanas y rurales contempladas en el acuerdo 6 de 1990 y reglamentados en los decretos 318 y 320 de mayo de 1992.

(Secretaría de Salud, 1998, DAPD, 2001 y Univerciudad, 2004)

✦ CONTEXTO FÍSICO Y AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD

▪ SECTORIZACIÓN

La Localidad está conformada físicamente por tres sectores con diferencias muy marcadas entre ellos, así:

La parte baja, en la que se encuentran barrios con las mejores condiciones físicas y de acceso, que han permitido el desarrollo de un zona comercial y residencial activa, además de contar con una infraestructura de servicios adecuada. En esta zona se localizan barrios tradicionales como el Sosiego, 20 de Julio y Primero de Mayo.

La parte media, en la que se agrupa aproximadamente el 70% de barrios de la Localidad, se caracteriza por ser de uso comercial y residencial intensivo.

La parte alta, afectada por condiciones de acceso impuestas por el desarrollo no previsto a lo largo de los últimos años, en las que coexisten ladrilleras, zonas residenciales, bosques y barrios subnormales creados en la ronda de quebradas y ríos. Esta última situación está modificando en forma irreversible el entorno de la zona, creando entre otras, serias dificultades para la dotación de servicios públicos adecuados, ya que dichos asentamientos se encuentran localizados por encima de la cota 3.200 metros.

(Secretaría de Salud, 1998 y DAMA, 1994)

La Ciudadela Parque La Roca se localiza en la parte media – alta y presenta las características de la parte baja.

▪ CLIMA

La Localidad de San Cristóbal presenta una temperatura media anual de 12° C, aunque en las zonas altas dicho promedio baja a 10,5° C y en las zonas bajas es de 13,5° C. Según su humedad relativa se clasifica como una región semi – seca, con una precipitación de 800 a 1.000 mm anuales. Los períodos más lluviosos son los correspondientes a marzo a junio y septiembre a diciembre, mientras los más secos

son de julio a agosto y de enero a febrero. La Localidad se ubica aproximadamente entre los 2.600 y los 3.200 m. s. n. m.

(Univerciudad, 2004)

- **HIDROGRAFÍA**

El territorio de la Localidad Cuarta está irrigado por un gran número de quebradas que desembocan en los ríos San Cristóbal y Tunjuelito; también se encuentran allí obras de infraestructura como el canal del Fucha y los colectores de San Blas y Los Alpes.

(Secretaría de Salud, 1998 y DAMA, 1994)

- **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 1.2**).

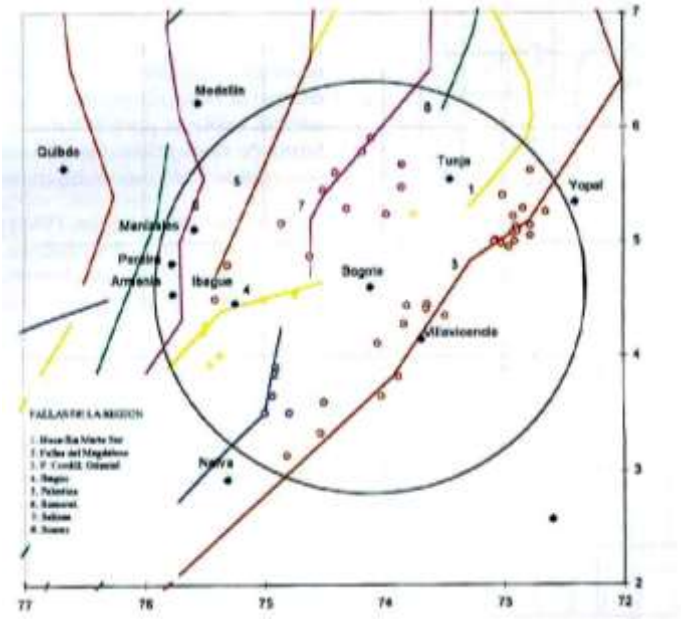
El Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Ingeominas y Uniandes, 1997) fija las siguientes zonas (**FIGURA 1.3**):

- 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.

FIGURA 1.2
SISMOS ASIGNADOS PARA BOGOTÁ, R=200 KM. (TOMADA DE INGEOMINAS Y UNIANDES, 1997)



- 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 San Cristóbal se encuentra en las zonas 1 y 5, pero dadas las características del área de estudio y para considerar potenciales amplificaciones por efecto del relieve local, ésta se ubicó en la Zona 2 “Piedemonte”. Por tanto se consideró para el presente trabajo el valor del parámetro Am que es de 0,30 g.

- **LLUVIA CRÍTICA**

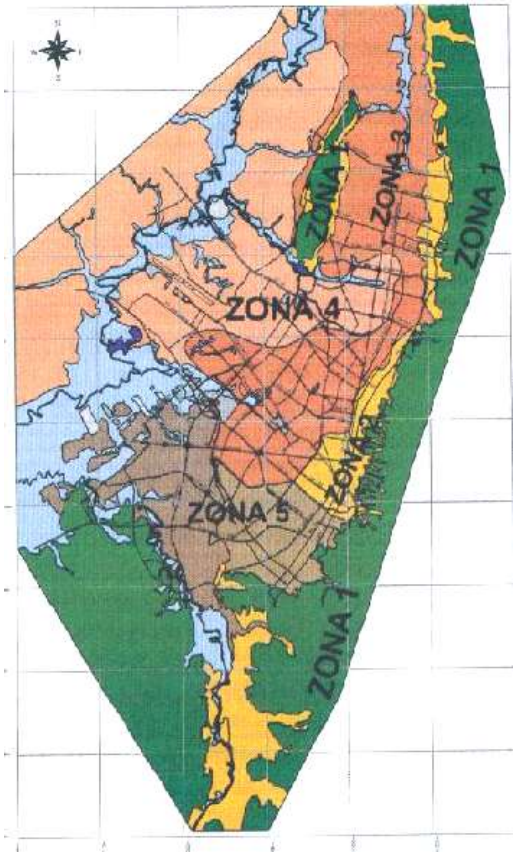
De acuerdo con los estudios adelantados por Castellanos (1996) y Castellanos y otros (1999) sobre la relación entre la precipitación crítica y los movimientos en masa en Bogotá, la Localidad de San Cristóbal, se ubica en la zona Cerros Orientales, en la que se presentan las siguientes correlaciones:

$$LLcrít = 12,6326 + 0,1814\ Llan$$

$$D = 0,04923\ LLcrít$$

Donde Llan es la lluvia anual en mm, LLcrít es la lluvia crítica en mm y D es la duración en días.

FIGURA 1.3
MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ. (TOMADA DE INGEOMINAS Y UNIANDES, 1997)



La estación más cercana a la zona de estudio es la de Vitelma, que registra una precipitación anual de 982 mm, una precipitación crítica de 191 mm, una duración de 9 días y un período de retorno de 30,5 años, dato éste que será empleado en los análisis de amenaza.

✦ CONTEXTO SOCIAL Y ECONÓMICO DE LA LOCALIDAD

▪ 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)

La distribución por estrato de la población, el número de viviendas, el número de hogares y el número de manzanas, proyectado a 2002, se muestra en la **TABLA 1.1**.

TABLA 1.1
DATOS DE POBLACIÓN PROYECTADA DE LA LOCALIDAD SAN CRISTÓBAL SEGÚN ESTRATO SOCIOECONÓMICO, AÑO 2002

ASPECTO	ESTRATO				TOTAL
	NO RESIDENCIAL	1	2	3	
Población	4.490	34.960	350.441	67.836	457.726
Viviendas	574	5.318	50.478	8.032	64.402
Hogares	1.064	7.307	74.248	16.057	98.675
Manzanas	326	321	1.897	299	2.843

Fuente: DAPD; Subdirección de Desarrollo Humano, Gerencia de Desarrollo Humano y Progreso Social, Bogotá, D. C., 2002

De acuerdo con lo anterior, el 77% de la población de San Cristóbal habita en viviendas estrato 2, el 15% en estrato 3 y el 8% restante se ubica en viviendas estrato 1. La Urbanización Ciudadela Parque La Roca se ubica en el estrato 3.

Según el DANE, los habitantes están ubicados en los estratos socioeconómicos 1 a 3, clasificando el área en las siguientes zonas:

- Zona de miseria: Parte del área de La Victoria, Altamira y Corinto.
- Zona normal: Área de Bello Horizonte, parte de Altamira y La Victoria.
- Zona de pobreza: Comprende gran parte de la las áreas de los cerros ubicados en la parte oriental.

Urbanísticamente, en la Localidad se identifican tres sectores:

- Zona consolidada: La parte plana, donde se concentran los barrios con mejores condiciones físicas, se localizan los equipamientos urbanos más importantes de la zona y se desarrolla la actividad comercial y de servicios con mayor dinámica.
- Zona relativamente consolidada: La parte alta, en la estribaciones montañosas, se ubican más de la mitad de los desarrollos de origen informal y en la cual predomina la actividad residencial con comercio, teniendo en cuenta esta última actividad un desarrollo más intenso sobre los ejes de transporte público.

- Zona no consolidada: La parte más alta de la localidad, caracterizada por tener las condiciones más críticas en cuanto a infraestructura de servicios, vías y equipamientos, y donde se ubican, en su mayoría, desarrollos de origen informal, la industria extractiva y ladrilleras artesanales.

(Secretaría de Salud, 1998, DAPD, 2001 y Univerciudad 2004)

- **DEMOGRAFÍA**

En el aspecto demográfico, cabe destacar los siguientes aspectos de la Localidad de San Cristóbal:

- Tamaño de la población: Como se mencionó anteriormente, la población estimada de la Localidad a 2002 es de 457.726 personas y representa aproximadamente el 8% dentro del total de habitantes que tiene el Distrito Capital, ocupando el cuarto puesto dentro de las 20 localidades (Ver **TABLA 1.2**).

TABLA 1.2
POBLACIÓN DE LA LOCALIDAD SAN CRISTÓBAL EN RELACIÓN CON LA CIUDAD

LOCALIDAD	POBLACIÓN AÑO 1993	POBLACIÓN ESTIMADA AÑO 2002
San Cristóbal	373.450	457.726
Total Bogotá	4´906.585	6´635.960

Fuente: DAPD; Subdirección de Desarrollo Humano, Gerencia de Desarrollo Humano y Progreso Social, Bogotá, D. C., 2002

- Población según edad y género: En la Localidad se observan dos características bien definidas: Primero, puede calificarse como joven, ya que el grupo de edad con mayor representatividad (64,4%) es el rango de edad menor a 30 años, sobresaliendo la población de 5 a 9 años con una participación aproximada del 12 % del total de la población local. (Ver **TABLA 1.3**). La segunda característica es la composición por sexo, según la cual las mujeres son el 51,6% de la población y los hombres el 48,4%, lo cual constituye una distribución 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 37,4%, frente a un promedio de 51% en Bogotá.

TABLA 1.3
DISTRIBUCIÓN POR EDAD Y GÉNERO, POBLACIÓN DE LA LOCALIDAD SAN CRISTÓBAL, 1997

EDAD	GÉNERO FEMENINO	GÉNERO MASCULINO	TOTAL
0 a 4 años	21.576	22.383	43.959
5 a 14 años	42.477	43.220	85.697
15 a 44 años	101.674	92.152	193.826
45 a 49 años	7.389	6.625	14.014
50 y más años	21.666	18.477	40.143
TOTAL	194.782	182.857	377.639
%	51,58	48,42	100,00

Fuente: Secretaría Distrital de Salud. Área de análisis y políticas de salud pública

(Fuentes: Secretaría de Gobierno, 2003, Secretaría de Salud, 1998 y Univerciudad, 2004)

- **USOS DEL SUELO**

Los usos urbanos del suelo en la Localidad son principalmente los siguientes:

- Residencial. Barrios como Corinto, Moralba, el Triángulo y las Malvinas, entre otros, presentan tipos característicos de urbanizaciones piratas e invasiones, características generales en la Localidad. Aquellas de carácter legal se encuentran hacia la parte centro-norte de la Localidad, y corresponden a un menor porcentaje del total de área desarrollada en la misma. La Ciudadela Parque La Roca es una urbanización formal.

- Uso institucional del Estado, conformado principalmente por la Escuela Logística de Ejército y predios de la EAAB (acueducto de Vitelma).

- Uso recreativo: Actualmente es un uso menor de la zona, pese a su amplia área para este fin; se identifican la parte alta de la cuenca del río San Cristóbal en el sur oriente, el parque de Moralba, el parque Villa de Los Alpes y en mínima proporción el parque Entrenubes, ubicado en los cerros de Juan Rey y Guacamayas como sector de reserva natural y de caminatas.

- Uso industrial: En la parte alta y central de la localidad se presenta industria extractiva, chircales en la zona comprendida entre los barrios El Triángulo y Los Alpes, canteras ubicadas en el sector de Juan Rey y el cerro del Zuque; y el uso industrial de transformación, la cual se conforma por cerca de noventa fábricas de extracción de arcillas.

(Secretaría de Gobierno, 2003 y Secretaría de Salud, 1998)

- **PROCESOS DE URBANIZACIÓN**

Los procesos de urbanización mayoritarios en la zona, son de tipo pirata e ilegal, al existir presión permanente de desarrollo debido a la demanda elevada de vivienda, principalmente ejercida por los estratos 1 y 2, que generan alta densidad de población en unos sectores.

(Secretaría de Gobierno, 2003 y Secretaría de Salud, 1998)

- **INFRAESTRUCTURA DE SALUD**

Los principales equipamientos urbanos en el sector salud son los hospitales La Samaritana, Materno Infantil, La Victoria, San Blas, San Rafael, el Instituto de Cancerología y el Instituto Nacional de Ciegos.

(DAPD, 2001)

- **INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA Y DE RECREACIÓN DEPORTIVA**

Los habitantes de esta Localidad cuentan con cuarenta parques que abarcan una superficie de 127.834 m2, es decir, 0,77% del área total de la Localidad, que equivale en promedio a 0,39 m2/habitante, entre los cuales se encuentran el Parque Distrital del Sur (San Cristóbal), Parque Gaitán Cortés y Parque Villa de los Alpes, entre otros.

(Secretaría de Salud, 1998)

- **INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA**

Según los datos recolectados en el censo nacional de población y vivienda realizado por el Dane en 1993, 6,5% de los habitantes de la localidad (26.943 personas) son analfabetas; este porcentaje es superior al del Distrito Capital, en el cual el analfabetismo es de 4,4% (201.722) y se distribuye así: el 4,2% (14.805) género femenino y 4,4% (12.138), similar al Distrito Capital en donde 4,3% (113.700) representa al género femenino y 4,6% (88.022) al masculino. El índice de escolaridad en primaria es de 29, en secundaria es de 34,4, y universidad de 2,9.

TABLA 1.4
COBERTURA DEL SERVICIO EDUCATIVO, 1996

NIVEL	ESTABLECIMIENTOS	JORNADAS	ALUMNOS	DOCENTES	CURSOS
Preescolar y básica primaria	68	122	38.107	1.314	1.107
Básica secundaria y media	25	42	20.461	1.042	498
TOTAL	93	164	58.568	2.356	1.605

Fuente: SED, Cadel de San Cristóbal. Cobertura del servicio educativo, 1996.

De los veinticinco establecimientos de educación básica secundaria y media se incluyen once colegios del sector privado que tienen convenio suscrito con la Secretaria de Educación Distrital, para atender población estudiantil de escasos recursos económicos.

La evaluación del estado de la infraestructura física de los establecimientos públicos de educación, adelantada por la Personería Local de San Cristóbal en 1996, estableció que de 45 planteles visitados, trece (28,9%) se encontraban en buen estado, veinte (44,4%) en regular, mientras que doce (26,6%) estaban en pésimo estado.

De 89.894 alumnos registrados, el sector oficial brinda educación formal a 65%, mientras el sector privado participa con 35%. En cuanto a cobertura por docente, de acuerdo con las cifras reportadas por la Secretaria de Educación Distrital, cada profesor del sector oficial atiende en promedio veinticuatro alumnos por curso, cifra que en principio es bastante adecuada si se tiene en cuenta que para atender la población estudiantil del Distrito (1'019.893), la Secretaría del Sector dispone de 25.786 docentes oficiales (cuarenta alumnos por docente). Del total del sector educativo oficial en el Distrito (25.786), en la localidad de San Cristóbal se agrupa 9,1%, correspondiente a 2.356 docentes.

Las mayores tasas de deserción escolar en el nivel de básica, tanto en el Distrito Capital, como en la localidad de San Cristóbal, se presentan en el ciclo de secundaria y media oficial en el grado sexto; en el sector no oficial, las tasas de deserción tienen un comportamiento similar entre los diferentes grados.

Comparativamente, el nivel de deserción escolar es mayor en el Distrito Capital que en la Localidad de San Cristóbal con tasas en preescolar de 6,2%, en básica primaria de 5,3% en básica secundaría de 7,6% y en media vocacional de 5,6%.

Los factores que determinan con mayor frecuencia el ausentismo escolar en la localidad de San Cristóbal son:

- Pandillas juveniles.
- Por enfermedad IRA, EDA y algunas eruptivas.
- Falta de cuidado por parte del adulto responsable.
- Ingreso a actividad laboral.

- Falta de pago en las pensiones.

San Cristóbal es una de las localidades que presenta los mayores volúmenes de matriculados, tanto en el sector oficial como en el privado.

(Secretaría de Salud, 1998)

1.3.4 MARCO CONCEPTUAL

A lo largo del estudio se utilizan términos que es necesario enmarcar dentro del referente conceptual que a continuación se registra.

✦ **CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RIESGOS Y DESASTRES**

▪ **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)

- **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)

- **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)

- **GESTIÓN DE RIESGOS**

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).

✦ 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 1.5.**

TABLA 1.5
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).

1.4 BASES METODOLÓGICAS Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

1.4.1 PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

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

- **RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

Comprendió la búsqueda de información disponible en cada uno de los 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 las entidades encargadas de cada tema, como el IGAC, FOPAE y DAPD, así como la firma constructora de la Urbanización (Prourbanismo S. A.) y búsqueda en Internet.

En la **TABLA 1.6** se presenta una relación de los documentos consultados para la ejecución del estudio (Ver **ANEXO 1.1**).

- **OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA**

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

  - **LEVANTAMIENTOS DE TOPOGRAFÍA**

Altimetría y planimetría del sector a escala 1:250, incluyendo la localización de viviendas, infraestructura de servicios públicos (agua, luz, gas, teléfonos, etc.), vías, corrientes de agua, accidentes topográficos y en general todo detalle de interés para el presente estudio. El trabajo topográfico se amarró a placas del IGAC, dejando referencias materializadas que permiten el replanteo posterior (3 mojones de referencia). El método 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. Más detalles y resultados de este trabajo se pueden consultar en el **CAPÍTULO 2**.

- **LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DETALLADO**

El levantamiento geológico se realizó a nivel de unidad roca (escala 1:250) 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. La geología local se encuentra enmarcada en una geología regional. Los resultados de este estudio se presentan en el **CAPÍTULO 3**.

- **LEVANTAMIENTO GEOMORFOLÓGICO DETALLADO**

Se efectuó una caracterización que permitió definir la geomorfología del área de estudio considerando la génesis de las diferentes unidades y su evolución dentro del área de interés. Se definieron las unidades que deben tenerse en cuenta en la evaluación de amenaza, describiendo cada unidad en función de sus características morfológicas, composición de los materiales y régimen de agua. Ver **CAPÍTULO 3**.

- **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. Ver **CAPÍTULO 3**.

- **EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO**

Diseño y ejecución del programa de exploración del subsuelo y ensayos con base en el modelo geológico. Ver **CAPÍTULO 4**.

- **LEVANTAMIENTOS GEOTÉCNICOS DETALLADOS**

Reconocimiento geotécnico detallado. Clasificación y caracterización del subsuelo, parámetros geotécnicos para análisis y modelamiento de los mecanismos de falla. Ver **CAPÍTULO 4**.

- **INVENTARIO DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

Se realizó un inventario y caracterización de las viviendas, infraestructura, mobiliario urbano y un censo de población en el área de estudio. Ver **CAPÍTULO 6** y **SECCIÓN 1.4.3**.

- **ENTREVISTAS CON LA COMUNIDAD**

Se realizaron varias entrevistas con dirigentes cívicos del barrio, quienes integran la Junta de Acción Comunal, con varios fines, como fueron la presentación del estudio, la coordinación del censo de población y el registro de sus testimonios sobre el evento presentado. También se entrevistaron funcionarios de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, DPAE, que conocen el problema de inestabilidad y a funcionarios de la firma Constructora Colmena S. A. (hoy Prourbanismo S. A.). No fue posible obtener los datos de contacto de la Urbanización Los Tukanos Ltda. Ver **CAPÍTULO 6**.

- **CONTROL TOPOGRÁFICO DE MOVIMIENTOS**

Aunque no estaba contemplado, debido a las evidencias físicas de movimiento observadas en las Manzanas 15 y 16, la firma Consultora optó por efectuar controles topográficos periódicos, cuyos resultados se registran en el **CAPÍTULO 4**.

- **ANÁLISIS**

Incluyó el procesamiento y análisis de información, análisis de estabilidad de taludes (Ver **CAPÍTULO 4**), evaluación de amenaza (**CAPÍTULO 5**), análisis de vulnerabilidad (**CAPÍTULO 6**), evaluación de riesgo (**CAPÍTULO 7**) y análisis de mitigabilidad (**CAPÍTULO 8**). Las bases metodológicas para los análisis se presentan más adelante.

- **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Esta etapa correspondió a una síntesis de los resultados obtenidos.

- **RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS**

En esta etapa se incluyó la identificación y planteamiento de medidas para la reducción de riesgo, con base en criterios de reducción de la amenaza y la vulnerabilidad y el mejoramiento integral de las condiciones físicas, ambientales y sociales de la comunidad. De estas medidas, las de naturaleza estructural seleccionadas (obras de ingeniería) se diseñaron en forma detallada, incluyendo los requerimientos necesarios para su construcción, como son los planos constructivos, estimación de cantidades de obra, presupuesto, cronograma y especificaciones técnicas de construcción.

1.4.2 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:

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

b) Retroanálisis basado en el análisis de estabilidad del deslizamiento ocurrido en el área, teniendo en cuenta la información secundaria y la información obtenida durante la investigación del subsuelo, con el fin de calibrar los parámetros de resistencia objeto del análisis de estabilidad propiamente dicho.

c) 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).

d) 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).

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

1.4.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

La evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo se fundamenta en el marco metodológico de Cantillo (1998) y la Resolución 364 de 2000 (DPAE, 2000) que consiste principalmente en los aspectos que se tratan a continuación.

✦ **ANÁLISIS DE CONTEXTO**

Entendiendo que la situación actual es el resultado de las características de los elementos que conforman los sistemas objeto de estudio, sus relaciones y antecedentes, para llegar a un diagnóstico acertado es imprescindible caracterizar detalladamente las diversas variables y reconstruir la historia. Por tal razón se inicia la evaluación haciendo un **Análisis de Contexto** del problema.

El análisis de contexto corresponde al estudio de los sistemas involucrados, sus elementos, interrelaciones y atributos. En esta etapa se establece el marco referencial del estudio, por lo que se utilizó a nivel general información de todos los campos (sociales, físicos, etc.), basada en las diversas fuentes de información y en las visitas de campo efectuadas a la zona de estudio.

✦ **EVALUACIÓN DE AMENAZA**

La amenaza requiere evaluarse en términos de tiempo (inminencia, recurrencia, duración o velocidad), espacio (distribución espacial y diferenciación por zonas), magnitud (energía) y probabilidad de ocurrencia (en relación con la excedencia de un umbral o valor predefinido). Así, para la segunda etapa, **Evaluación de Amenaza**, es necesario especificar la metodología de la siguiente manera:

- **VARIABLES RELACIONADAS CON EL TIEMPO**

Dado que el estudio se hizo en un período muy corto, las observaciones adelantadas no permiten establecer la dinámica temporal de los procesos potenciales o actuales de inestabilidad del terreno, lo cual se puede afinar con monitoreo e instrumentación en períodos de observación más prolongados. Sin embargo se registran las observaciones de campo que proporcionan un acercamiento a la caracterización de estos procesos.

En cuanto a la variable “Inminencia”, en general es muy difícil de establecer, y en el presente estudio se basará en las observaciones de campo. La variable de “Recurrencia” no aplica en el análisis, ya que es la primera vez que este deslizamiento se presenta. En lo relacionado con la variable “Velocidad”, se registrarán las observaciones relacionadas con los movimientos recientes y su evolución durante el período en el que se adelantó el estudio.

- **VARIABLES RELACIONADAS CON EL ESPACIO**

La distribución espacial y la diferenciación por zonas están determinadas por los mecanismos de falla identificados y la tendencia a la propagación. En este aspecto se identifican tres variables: Área inestable, diferenciación por zonas (zonificación) y tendencia a la propagación (Retrogresividad).

El área inestable actual se establece en el inventario de procesos del Capítulo 3.0. La diferenciación por zonas se determina a partir de los análisis de estabilidad y probabilidades de ocurrencia definidos por la DPAE, como se registra en la **TABLA 1.7**. La retrogresividad del fenómeno se basa en el modelo geotécnico adoptado.

TABLA 1.7
CRITERIO PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA

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

Fuente: DPAE, 2000

- **MAGNITUD**

La magnitud de los procesos de remoción en masa se establece como el volumen movilizado de material.

- **PROBABILIDAD DE OCURRENCIA**

Una vez realizada la identificación y caracterización geomecánica de los materiales térreos involucrados, se procede a la obtención o asignación de coeficientes de variación de los parámetros intrínsecos y del coeficiente de correlación, de acuerdo con la guía metodológica presentada como anexo de la Resolución 364 de 2000 de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá (DPAE, 2000) para la evaluación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, así:

$$CV_t = S_t / t'_{promedio} = 0{,}20$$

$$CV_c = S_c / c'_{promedio} = 0{,}40$$

$$\rho_{tc} = -0{,}50$$

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:

$$t+ = t_{promedio} + S_t$$
$$t- = t_{promedio} - S_t$$

$$c+ = c_{promedio} + S_c$$
$$c- = c_{promedio} - S_c$$

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:

$$\eta-- = \eta++ = (1+ \rho_{tc})/4$$
$$\eta -+ = \eta +- = (1- \rho_{tc})/4$$

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:

$$p(LL) = 1 - e^{-(TD/TRLL)}$$

$$p(SS) = 1 - e^{-(TD/TRSS)}$$

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.

$$\begin{aligned} Pf = {} & pf(\sim LL, \sim SS)[1-p\ (LL)][1-p\ (SS)] + \\ & pf(\sim LL, SS)[1-p\ (LL)][p\ (SS)] + \\ & pf(LL, \sim SS)[p\ (LL)][1-p\ (SS)] + \\ & pf(LL, SS)[p\ (LL)][p\ (SS)] \end{aligned}$$

Se calculó la probabilidad de falla total, según lo establecido en la metodología detallada en párrafos anteriores, pero considerando los mecanismos de falla estudiados se establecieron varios escenarios, y en algunos de ellos se adoptó un modelo de falla por bloques sucesivos. De esta manera se calcularon varias probabilidades de falla en cada perfil, retirando el bloque anterior y calculando los nuevos valores; sin embargo, dichos resultados arrojan la probabilidad de falla de cada bloque, en forma individual, por lo que se aplicó el teorema de Bayes, para considerar las probabilidades condicionales de cada bloque, en relación con la ocurrencia o no de la falla del bloque inmediatamente anterior y la falla general de todos los bloques en cada punto considerado.

✦ ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La tercera etapa, **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 en el **ANEXO 1.3**.

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.

- **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 1.8**.

TABLA 1.8
CRITERIOS DE VULNERABILIDAD POR RESISTENCIA

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

Fuente: Cantillo, 1998

- **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 1.9.**

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 1.9
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 1.10** a **1.37** se registra la forma de estimar cada uno de los indicadores de segundo orden.

TABLA 1.10
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 1.11
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 1.12
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 1.13
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 1.14
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.	0,8

La prevención de desastres no es una prioridad, pero alcanza a inquietar.	
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 1.15
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 1.16
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 1.17
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 1.18
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 1.19
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 1.20
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 1.21
ESTIMACIÓN DE ALTERNATIVAS DE EVACUACIÓN DE LA MANZANA

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

TABLA 1.22
ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE NÚMERO DE NIÑOS/FAMILIA

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

TABLA 1.23
ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE NÚMERO DE ANCIANOS/FAMILIA

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

TABLA 1.24
ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE NÚMERO DE DISCAPACITADOS/FAMILIA

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

TABLA 1.25
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 1.26
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 1.27

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 1.28

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 1.29

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 1.30

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 1.31

ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE SISTEMA DE SALUD FAMILIAR

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

TABLA 1.32

ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE SITUACIÓN LABORAL DE LA CABEZA DE FAMILIA

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

TABLA 1.33

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 1.34
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 1.35
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 1.36
ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE DENSIDAD POBLACIONAL (POR M^2 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 1.37
ESTIMACIÓN DEL INDICADOR DE EFECTIVIDAD (EFICACIA + EFICIENCIA) INSTITUCIONAL EN PROCESOS DE REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN

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

- **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 1.38.**

TABLA 1.38
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	REUNIONES CULTURALES Y SOCIALES
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
	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 1.39**.

TABLA 1.39
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

✦ **EVALUACIÓN DE RIESGO**

Para la cuarta etapa, de **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

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 comparará la reducción del riesgo con los costos de las medidas propuestas.

1.5 FUENTES DE CONSULTA

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

Constructora Colmena (2004). Proyectos de vivienda y construcción - Casas de interés social. Información de internet.

Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD (2001). Guía Urbanística de San Cristóbal. Bogotá, Colombia.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA (1994). Agendas Locales Ambientales Localidad 4 San Cristóbal. Bogotá, Colombia.

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

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, FOPAE (2004). Términos de Referencia Definitivos Invitación Pública para Contratación Directa FOPAE 7302 - 50 – 2004. 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 G., Alvaro J. (1990). Conceptos sobre la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos. VI Jornadas Geotécnicas. Sociedad Colombiana de Ingenieros. 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.

Secretaría de Salud (1998). Diagnóstico Local con Participación Social - Localidad San Cristóbal. Bogotá, Colombia.

Univerciudad (2004). Página internet. http://www.univerciudad.net.

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.

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.

Willy Drews y Cía. (1997 a). Proyecto Urbanístico Ciudadela Parque de La Roca, Plano U-01, Archivo DAPD CU4-794/4-02. Bogotá, Colombia.

Willy Drews y Cía. (1997 b). Proyecto Urbanístico Ciudadela Parque de La Roca, Plano U-02, Archivo DAPD CU4-794/4-03. Bogotá, Colombia.