CAPÍTULO

5.0

CONTENIDO

Contenido		1
Evaluación de amenaza		2
5.1	Introducción	2
5.2	Antecedentes de inestabilidad	2
5.2.1	Antecedentes en la Localidad de San Cristóbal	2
5.2.2	Antecedentes en la Urbanización Ciudadela Parque La Roca	2
5.2.3	Antecedentes en la zona de estudio	4
5.3	Inspección de daños	5
5.4	Evaluación y zonificación de amenaza	6
5.4.1	Evaluación de amenaza	6
5.4.2	Zonificación de amenaza	10
5.5	Fuentes de consulta	10

CAPÍTULO

5.0

EVALUACIÓN DE AMENAZA

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de evaluación de amenaza por remoción en masa en el área de estudio. El capítulo incluye cinco secciones, de las cuales la primera corresponde a la introducción, la segunda registra los principales antecedentes de inestabilidad del terreno, la tercera recopila las inspecciones de daños efectuadas durante la ejecución del presente estudio, en la cuarta se presentan los resultados de evaluación de amenaza y en la quinta se incluyen las fuentes de información consultadas.

5.2 ANTECEDENTES DE INESTABILIDAD

5.2.1 ANTECEDENTES EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

La Localidad de San Cristóbal, de acuerdo con los registros históricos, ocupa el tercer lugar entre las localidades del Distrito Capital que se han visto afectadas por este tipo de eventos, con un 18% del total, después de las Localidades de Usaquén (24%) y Santafé (22%). A San Cristóbal le siguen Ciudad Bolívar (13%), Rafael Uribe Uribe (12%), Usme (5%), Chapinero (4%) y Suba (2%). (Alfonso y Millán, 1999).

Según el inventario de procesos de 1999, efectuado por la DPAE, en la Localidad de San Cristóbal se contabilizaban 91 procesos de inestabilidad, de un total en la ciudad de 446, de los cuales 41 correspondían a caídas de roca, un deslizamiento compuesto, 48 deslizamientos rotacionales y un flujo. (Alfonso y Millán, ref. cit.).

5.2.2 ANTECEDENTES EN LA URBANIZACIÓN CIUDADELA PARQUE LA ROCA

En esta Urbanización se han presentado algunos procesos, reseñados tanto en los estudios que reposan en los archivos de la firma constructora, como en el Centro de Documentación e Información (CDI) de la DPAE, así como los artículos de prensa (diario El Tiempo) y los testimonios de la comunidad del barrio en cuestión.

✦ **REGISTROS EN EL ESTUDIO DE LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS Y CÍA. (2002)**

En este estudio, que reposa en los archivos de Prourbanismo (antes Constructora Colmena), cuya consulta sólo se permitió en oficina, se registra una recopilación de antecedentes, que comprende los siguientes hechos:

- Antes de la construcción: El Ing. Orozco menciona que “este terreno sufrió varias intervenciones antrópicas antes de de iniciarse los trabajos de terraceo y construcción adelantados por Constructora Colmena. Las intervenciones más importantes de este tipo reciente son por una parte el hecho de que en algunas zonas aledañas al lote se efectuaron excavaciones para la explotación de arcillas (arcillolitas) para una fábrica de teja y tubos de gres. Adicionalmente

cuando se construyó la vía que conducía a Vitelma y que originalmente bordeaba el predio por el costado oriental se efectuaron cortes y se arrojaron materiales de relleno en las laderas del terreno en su parte más alta. Igualmente fue intervenido a lo largo del costado norte por la presencia de materiales arrojados y porque aguas usadas de las urbanizaciones a lo largo de este costado se descargaban allí de manera indiscriminada".

- Se menciona que en el estudio de suelos efectuado por el Ingeniero Héctor Parra Ferro, de agosto de 1993, se hizo una zonificación en la cual aparecen las áreas con algunos problemas de estabilidad. (No se tuvo acceso al plano de zonificación del estudio mencionado).

- En 1994, cuando se inician los trabajos, según el estudio, aparecen recomendaciones en el Libro de Obra por parte de los Ingenieros Héctor Parra y Fernando Pachón, geotecnista y calculista del proyecto respectivamente, referentes a la primera etapa de los trabajos, correspondiente al movimiento de tierra y terraceo de las manzanas 1 a 7.

- De acuerdo con el estudio, a lo largo de 1995 se presenta un gran número de recomendaciones de Bateman Ingeniería (asesor geotécnico del constructor desde marzo de 1995), enfatizando sobre las instrucciones para la construcción de obras de contención, drenaje y estabilización de taludes que han presentado problemas por erosión y por haber quedado expuestos luego de los movimientos de tierra a los cambios ambientales.

- Hacia agosto y septiembre de 1995, dice el estudio, se presentan problemas de inestabilidad hacia el costado oriental de la vía oriental, es decir en las cercanías a la parte baja de las manzanas 30 a 32.

- En marzo y abril de 1996 se presentan algunos problemas en el talud de la parte baja de la manzana 8, así como desplazamientos horizontales en el terraceo de la manzana 24.

- A fines de 1996 se identifican algunos problemas por la existencia de rellenos y materiales más sueltos en la zona de construcción de las manzanas 29 y 30.

- Hacia agosto de 1997 se presentan algunos problemas de inestabilidad en las terrazas de las manzanas 32 y 33 y en zonas intermedias.

- Durante los primeros meses de 1998 se presentan movimientos adicionales en la parte baja de las manzanas 32 y 33 y en las cercanías a la manzana 33A.

- Se determina, según informe de septiembre de 1998 de Bateman Ingeniería, que hay un eje en el cual se han detectado problemas de inestabilidad que está localizado entre las manzanas 32 y 33 al oriente y continúa en dirección suroccidente hasta la manzana 8 aproximadamente.

- A principios de 1999 se observan fallas en la parte alta de la manzana 30.

- A mediados de julio se inicia el monitoreo efectuado en algunas zonas de la Urbanización.

✦ REGISTROS EN EL CDI DE DPAE

De acuerdo con el Diagnóstico No. 484 de septiembre de 1998, se observaron en el sector suroccidental cicatrices de movimientos de remoción en masa antiguos, evidencias de un flujo de tierras o escurrimiento del suelo residual superficial y deslizamientos retrogresivos en ambas márgenes del drenaje que corre por el sector. A nivel específico se menciona un proceso de reptación en la parte alta hacia el occidente en las manzanas 32 y 33, así como hundimientos del terreno.

✦ **REGISTROS DE PRENSA**

Se registran tres artículos, en diciembre de 2003, enero de 2004 y julio de 2004 que se presentan en el **ANEXO 5.1**.

5.2.3 ANTECEDENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Como principales fuentes de información relacionadas con los problemas de inestabilidad presentados en la zona de estudio se registran las siguientes:

✦ **ESTUDIO DE SUELOS DE HÉCTOR PARRA FERRO, 1993 (INCLUIDO EN EL ESTUDIO DE OROZCO, 2002)**

El estudio de suelos incluyó una zonificación del lote, en donde, aunque no se pudo consultar la información del plano de zonificación, se hace clara referencia a que en la denominada Zona 4 se encuentra el área de estudio del presente trabajo.

Al respecto registra el Ingeniero Parra, refiriéndose a la Zona 4 como "Zona Fallada":

"Contra la explotación de arcillas de la ladrillera vecina por la carrera 1a. Este, se observó una zona de falla, originada en esa misma explotación de las arcillas. En esta zona se requiere restablecer el equilibrio."

"El mecanismo de falla en esta zona de derrumbe se basa en deslizamientos superficiales de las arcillas habanas y suelos de cobertura sobre la dura superficie de las arcillas moradas y grises."

"El origen de la falla es la explotación de las arcillas en la pata del talud por parte de la ladrillera vecina, que ha creado un escarpe de falla quitándole pata a los suelos superficiales de la zona 4, y generando las fallas regresivas que se han observado en esta zona."

"La estabilidad de esta zona se puede restituir con la sola remoción y limpieza de los suelos superficiales fallados sumada a la construcción de una estructura de control de contención en la pata del talud resultante. De acuerdo con los sondeos estos suelos de cobertura blandos tienen un espesor entre 1,5 y 3,5 m."

"Esta solución arquitectónicamente no es muy deseable porque acentúa las pendientes de por sí pronunciadas de esta parte del lote, y sería preferible realizar una recuperación del terreno explotado por la fábrica de tubos vecino con el objeto de recuperar el área invadida y materializar una pata para el mejoramiento de los suelos de la parte superior, tal como se muestra en el esquema adjunto."

"Como alternativa está la de construir un muro de contención en el escarpe actual, combinado con una limpieza superficial de los suelos fallados de la parte superior."

"Este detalle depende de la configuración real del terreno en esta zona, de tal manera que se requiere una materialización del lindero real del lote de Casapanda, y la suspensión de los trabajos de movimiento de tierra que mantiene la fábrica de tubos vecina en esta franja del terreno en la actualidad, ya que como se vió en la visita del 16 de septiembre la topografía de esta zona la están cambiando a diario."

"Una vez se tengan estas dos situaciones clarificadas, proceder a hacer un levantamiento topográfico del área invadida, y en ese momento se podrá dimensionar y comparar alternativas para recuperar esta área."

De acuerdo con las observaciones efectuadas no se pudo corroborar que las medidas recomendadas por el Ing. Parra hubieran sido adelantadas en alguna época reciente.

✦ **REGISTROS EN EL CDI DE DPAE**

"

- En el oficio RO-8712 se menciona la condición de irregularidad de la superficie del terreno como evidencia de un antiguo deslizamiento, asociado a la sobrecarga por la disposición de rellenos heterogéneos (basuras y escombros).

- En el Diagnóstico Técnico No. DI-1723, se registran la intervención que se adelantaba en el sector adyacente a la Zona de Cesión Tipo A de la Urbanización Ciudadela Parque de La Roca, para la construcción de la futura Urbanización Los Tukanos. También se advirtió en su momento que dicha actividad podía afectar el talud en caso de no tenerse en cuenta las condiciones geotécnicas e hidrogeológicas particulares del sector.

- En el oficio RO-9720, como conclusión de las visitas de seguimiento realizadas entre los meses de Abril de 2001 a Junio de 2003; se llamó la atención sobre la reactivación del antiguo deslizamiento a la Subsecretaría de Control de Vivienda y a la Alcaldía Local de Santa Fe (antigua jurisdicción).

- Igualmente se reportó la aparición de grietas de tracción en el sector sur de la Urbanización Ciudadela Parque de La Roca (Zona de Cesión Tipo A), debido a las excavaciones realizadas para la construcción de la futura Urbanización Los Tukanos.

- En el Diagnóstico de Emergencia No. DI-1868 se describe el avance del deslizamiento, con la generación de un escarpe de 35,0 m de longitud y una altura de 1,5 m a causa de la reducción del confinamiento lateral por excavaciones realizadas en la base del talud. El movimiento tiene un carácter retrogresivo, caracterizado por grietas de tracción que constituyeron un nuevo deslizamiento rotacional complejo.

- El Diagnóstico de Emergencia No. DI-1931 hace referencia a la evolución del deslizamiento, evidenciado en el incremento de altura en el escarpe que alcanzó los 2,5 m y el escalonamiento de las grietas de tracción. Se advierte que el deslizamiento compromete la seguridad de la zona de parqueadero y el salón comunal, mientras que la masa deslizada se acumula en el predio de la futura Urbanización Los Tukanos. En el corto plazo se comprometerían las Manzanas 15 y 16 (47 y 46 según DAPD) debido al avance del deslizamiento y en caso de no implementar las medidas correctivas."

(Fuente: FOPAE, 2004)

5.3 INSPECCIÓN DE DAÑOS

Se realizó una inspección de daños en las viviendas de las manzanas 15 y 16 y del salón comunal, cuyos registros se presentan en la **TABLA 5.1**.

También se efectuaron observaciones en las áreas públicas en este sector, que se resumen a continuación: Se presentan separaciones en la mayoría de las juntas entre los andenes perimetrales y las edificaciones de las manzanas 15 y 16. Se evidencia en la Manzana 15 esquina sur oriental, una grieta en la viga de cimentación, al igual que en las escaleras de esta misma manzana sobre la carrera 6 este. El muro en piedra en la parte baja de las manzanas sobre la vía en la zona de parqueaderos presenta una grieta vertical.

A raíz del período invernal actual se pudieron observar evidencias de movimientos en las zonas comunes de las dos manzanas, por lo que se procedió a efectuar controles topográficos de movimientos en forma periódica, cuyos resultados se presentan en el **ANEXO 5.3**.

TABLA 5.1
INSPECCIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES

Dirección	Descripción daños Encuestador
Calle 6 sur # 5-21 este Apto 201	Alcoba 2 Fisura muro ventana. Baño fisura incipiente más o menos horizontal en el muro de la ventana. Fisura antepecho alcoba 2, de vertical a diagonal. Fisura diagonal mocheta patio, dilatación en muro separador escalera.
Calle 6 sur # 5-21 este Apto 301	Grietas en alcoba 2 y se direcciona hacia el baño. Fisura horizontal (aparece en marzo de 2004). Humedad en el techo de la alcoba 3.
Carrera 5 este # 6-20 sur Apto 202	Fisuras leves.
Carrera 6 este # 6-21 sur Apto 102	Grietas en los patios, grieta en muro alcoba principal.
Carrera 6 este # 6-21 sur Apto 201	Grietas en patios; allí mismo se observa filtración de aguas negras del patio posterior vecino; grieta transversal sala-comedor. Se observa ausencia de material de pega en el muro de la cocina ubicado bajo la ventana (ducto abierto para conexión de lavadora).
Carrera 6 este # 6-21 sur Apto 202	Filtración de agua en el patio proveniente del patio vecino. Grietas en muros del patio.
Carrera 6 este # 6-21 sur Apto 301	Fisura pared sala, costado occidental. Gotera en la cocina.
Carrera 6 este # 6-21 sur Apto 302	Gotera entrada alcoba 2.
Calle 6 sur # 6-21 este Apto 202	Enchape piso sala, alcoba principal y baño soplado. Grieta en techo alcoba 2. Fisuras en el punto fijo y escaleras.
Calle 6 b Bis sur # 5-29 este	Piso levantado en el salón principal, humedades en los baños, fisuras en los cuartos auxiliares, separación en la junta de las tejas.

5.4 EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

5.4.1 EVALUACIÓN DE AMENAZA

✦ CÁLCULO DE VARIACIÓN DE PARÁMETROS

La variación de los valores de c´ (ton/m2) y φ´ (Grados) se obtuvo a partir del coeficiente de variación establecido en la Resolución 364 (DPAE, 2000), llegando a los valores mostrados en la **TABLA 5.2**

✦ FACTORES DE PONDERACIÓN

Adoptando un coeficiente de correlación de -0,50, se obtuvieron los siguientes factores de ponderación:

$$\eta\text{--} = \eta\text{++} = (1+ \rho_{tc})/4 = 0{,}125$$
$$\eta\text{ -+} = \eta\text{ +-} = (1- \rho_{tc})/4 = 0{,}375$$

TABLA 5.2
PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA

Tipo de suelo	Parámetros promedio		Parámetros máximos		Parámetros mínimos	
	c	φ	c +	φ +	c -	φ -
Rellenos inestables	0,00	24	0,00	28	0,00	20
Rellenos terraceados	1,00	26	1,40	30	0,60	21
Residual inestable	1,00	20	1,40	24	0,60	16
Residual potencialmente inestable	2,00	26	2,80	30	1,20	21
Saprolito	3,00	28	4,20	33	1,80	23
Roca	4,00	30	5,60	35	2,40	25

✦ **PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE FACTORES DETONANTES**

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:

$$p\,(LL) = 0{,}2795425$$

$$p\,(SS) = 0{,}02083257$$

✦ **ESCENARIOS CONSIDERADOS**

Para las secciones principales se estudiaron los siguientes escenarios:

- Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque.

- Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque.

- Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque.

- Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque.

- Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija

- Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija.

- Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija.

- Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija.

✦ **RESULTADOS**

En la **TABLA 5.3** se presentan los resultados de cálculo de probabilidades de falla para los diferentes sectores en los distintos escenarios considerados, en la cual se denominó bloque "a" al que corresponde a la zona del talud, el "b" la zona de parqueaderos y el "c" el sector de las manzanas 15 y 16.

TABLA 5.3
RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE PROBABILIDADES DE FALLA

Escenario	Sección	Descripción	p(a)	p(b)	p(c)
1-A	A	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	1,00	0,37
2-A	A	Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,39	0,46
3-A	A	Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	1,00	0,92
4-A	A	Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,39	0,64
5-A	A	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,56	0,28
6-A	A	Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,31	0,35
7-A	A	Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	1,00	0,40
8-A	A	Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,31	0,36

1-B	B	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,97	0,41
2-B	B	Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,39	0,24
3-B	B	Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	1,00	0,61
4-B	B	Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,39	0,38
5-B	B	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,35	0,15
6-B	B	Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,17	0,19
7-B	B	Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	1,00	0,14
8-B	B	Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,17	0,18
1-C	C	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,94	0,30
2-C	C	Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,35	0,33
3-C	C	Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	1,00	0,39

4-C	C	Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	1,00	0,35	0,35
5-C	C	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,17	0,05
6-C	C	Deslizamiento total de la masa deslizada, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,23	0,06
7-C	C	Deslizamiento total de la masa deslizada y parqueaderos, sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	1,00	0,05
8-C	C	Falla con probabilidad condicionada, ocurriendo falla de bloque por bloque, con superficie de falla fija	1,00	0,23	0,06
1-D	D	Condición actual sin que ocurra falla de bloque por bloque, con superficie de falla aleatoria limitada por los extremos del bloque	0,43	0,33 - 0,23	-

El escenario que mejor representa las condiciones de la zona y la situación de amenaza es el número 5, es decir, fijando la superficie de falla en los extremos de los bloques, bajo la condición actual sin retrogresividad.

5.4.2 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

A partir de los datos de probabilidades de falla y con base en las observaciones de campo, la presencia de procesos morfodinámicos actuales y potenciales, el avance potencial (frontal y retrogresivo) de los procesos identificados y los criterios de distribución espacial ya registrados, se efectuó la zonificación de amenaza que se muestra en los planos del **ANEXO 5.2**.

5.5 FUENTES DE CONSULTA

Alfonso, N. y Millán, J. para DPAE (1999). Zonas Inestables en los Cerros de Santa Fe de Bogotá. 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.

Luis Fernando Orozco Rojas y Cía. (2002). Informe del Análisis de Estabilidad Actual de la Urbanización Ciudadela Parque La Roca. Bogotá, Colombia.