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

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 526 DE 2005

CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

UNIÓN TEMPORAL CRC

CONCEPTO TÉCNICO No. 4350

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	D.A.P.D.
LOCALIDAD:	SAN CRISTÓBAL
BARRIO:	**RAMAJAL VÍA ORIENTE**
UPZ:	32 – San Blas
ÁREA (Ha):	1,90 Ha
FECHA DE EMISIÓN:	16 de enero de 2006
TIPO DE RIESGO:	Por remoción en masa.
VIGENCIA:	Temporal, mientras no se modifiquen significativamente las condiciones físicas del sector o se realicen obras de mitigación.

El presente concepto está dirigido al Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD) para el Programa de Legalización de Barrios, como un instrumento para la reglamentación del mismo y como tal busca establecer restricciones y/o condicionamientos para la ocupación del suelo y recomendaciones para el uso de las zonas de alta amenaza. Corresponde a una herramienta para la planificación del territorio y toma de decisiones sobre el uso del suelo.

El informe contiene el concepto técnico de riesgo por movimientos en masa del barrio Ramajal Vía Oriente, de conformidad con los términos del contrato suscrito por FOPAE y la Unión Temporal CRC para tal fin, y consta de siete secciones, de las cuales las dos primeras tratan sobre las generalidades, la tercera registra los resultados obtenidos a nivel de información básica, la cuarta cubre los aspectos relacionados con la evaluación de riesgo, la quinta sintetiza los resultados obtenidos, la sexta cubre las recomendaciones pertinentes y al final del informe, en la séptima sección, se reseñan las fuentes de información consultadas.

2 GENERALIDADES

A continuación se presentan las generalidades del trabajo, que sirven de referencia para las demás secciones del Informe.

2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO RAMAJAL VÍA ORIENTE.

El desarrollo denominado Ramajal Vía Oriente, se encuentra localizado en la zona suroriental de la capital de la República de Colombia, en la localidad No. 4, San Cristóbal, y en la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 32 – San Blas, entre las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá:

Norte: 95.850 a 96.100
Este: 99.690 a 99.800

En la **Figura 1** se muestra la localización general del barrio, el cual ocupa un área aproximada de 1,90 Ha.



Figura 1. Localización general del barrio (Fuente: Cartografía DAPD suministrada por FOPAE)

2.2 ESTRUCTURACIÓN DEL INFORME

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. 7302-64-2005, adelantada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE).

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

2.2.1 Definición del concepto

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

2.2.1.1 Objetivo

El objetivo del trabajo es emitir el concepto técnico de riesgo por movimientos en masa para el desarrollo Ramajal Vía Oriente de la Localidad de San Cristóbal, en Bogotá D. C., de acuerdo con los términos de referencia del FOPAE.

2.2.1.2 Alcance

El trabajo incluye la recopilación de información secundaria, obtención de información primaria, análisis de información, análisis geotécnicos, evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, análisis de información y formulación de recomendaciones.

2.2.1.3 Destinatarios

Los destinatarios del concepto son las entidades de planificación a quienes se les suministran las herramientas para toma de decisiones en lo que corresponde al problema estudiado.

2.2.1.4 Documentos básicos y especificaciones de trabajo

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

- Términos de referencia para la elaboración del trabajo elaborados por FOPAE.
- Contrato No. 526 de 2005, suscrito por FOPAE y la Unión Temporal CRC.
- Propuesta del Consultor de fecha 03 de octubre de 2005.

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

- Escala: 1:1000
- Nivel de resolución: Local, detallado, 1:1000
- Tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar: Emisión de concepto de amenaza y riesgo del barrio.

2.2.2 Personal participante y datos del Consultor

La firma consultora encargada del trabajo es la UNIÓN TEMPORAL CRC, conformada por los Ingenieros Héctor Vicente Rodríguez Romero y Carlos Héctor

Cantillo Rueda y la firma Consulcons Ltda. El domicilio de la Unión Temporal CRC es la Calle 64 No. 10 – 45 oficina 413 de la ciudad de Bogotá, teléfonos 2557487 y 3478260, correo electrónico ccantillo@fastmail.fm.

El grupo de trabajo que participó en la consultoría está conformado por los siguientes profesionales, indicando sus respectivas actividades:

- Ingeniero Civil Jorge Alberto Rodríguez: Encargado de la dirección del proyecto.

- Ingeniero Civil Carlos Héctor Cantillo Rueda: Encargado de la coordinación del proyecto, la redacción, edición y producción del informe final, y, la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Igualmente desempeñó el cargo de Gerente y Representante Legal de la firma consultora.

- Ingenieros Civiles Carlos Eduardo Rodríguez Pineda, Nubia Rocío Barragán y Erika Velandia: Participaron como expertos en geotecnia en la evaluación de amenaza.

- Ingeniero Geólogo Gilmar Iván Patiño Barrera y Geólogo Mauricio Alfonso Rubio: Elaboraron los estudios geológicos.

- Ing. Catastral Willian León Quevedo: Encargado del Sistema de Información Geográfica (SIG) y del dibujo en AutoCAD.

- Ing. Ambiental y Sanitaria Nicole Botero Martínez: Participó como experta en el tema ambiental.

- Dr. Rafael Suárez Rondón y Estudiante de Sociología Sonia Cristina Cantillo: Encargados de la investigación social y participación comunitaria, así como en la búsqueda de información secundaria.

- Geóloga Carolina López: Auxiliar de geología.

- Estudiante de Ingeniería Civil Sergio David Garzón: Auxiliar de Ingeniería encargado del inventario de predios.

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

2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS BASES METODOLÓGICAS Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

2.3.1 Bases metodológicas generales

La evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo se basa en la "Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Movimientos en Masa a Escala Local", de Cantillo (1998), ajustada a las condiciones específicas del trabajo, como

marco general. Tal propuesta involucra la ejecución de diversas etapas como se menciona a continuación:

- Definición del estudio: Corresponde a la planeación de los trabajos.
- Análisis de contexto: Comprende los análisis de las condiciones físicas, ambientales y sociales de la zona y la comunidad que la ocupa, que involucra el análisis de referentes físicos (Geología regional, geomorfología regional, clima, hidrología, hidrografía, hidrogeología, sismología), históricos (p. e. los antecedentes de inestabilidad, la historia del poblamiento de la zona, etc.), ambientales (p. e. cobertura vegetal, drenajes naturales y artificiales, etc.) y sociales (p. e. uso del suelo) y su relación con los problemas de inestabilidad en la zona.
- Evaluación de amenaza: Con base en la información de contexto y las metodologías propuestas se definen las áreas con diverso nivel de amenaza.
- Identificación y caracterización de elementos expuestos: Como condición necesaria para los análisis de vulnerabilidad, se efectúa un inventario y caracterización de los elementos físicos que integran el sistema, como las viviendas, infraestructura y mobiliario urbano; de manera indirecta, a través de la investigación social, se conocen las características sociales y demográficas de la zona y la identificación de las principales actividades y relaciones y funciones sociales y económicas que se desarrollan en el sector.
- Análisis de vulnerabilidad: De acuerdo con el objetivo de los conceptos a emitir se consideran solamente los factores relacionados con la exposición y resistencia de los elementos físicos susceptibles de ser afectados por la materialización de la amenaza.
- Evaluación de riesgos: Corresponde al diagnóstico de riesgos por movimientos en masa, con base en la evaluación de amenaza y análisis de vulnerabilidad, y explicado a partir de la integración de conceptos de corte técnico (geotécnico), social, ambiental y de planificación urbanística.
- Formulación de medidas para la reducción integral del riesgo: Corresponde a las recomendaciones tendientes a la reducción del riesgo desde diversas perspectivas (Técnicas, sociales, ambientales y urbanísticas).

2.3.2 Metodología de evaluación de amenaza

Se aplicó la metodología denominada "Sistema Semicuantitativo de Estabilidad", SES Modificado, de Ramírez (1989), incluida en los términos de referencia de FOPAE (2005). Los resultados obtenidos se ajustaron de conformidad con los siguientes criterios, proceso que, al final, arrojó la zonificación de amenaza definitiva: Consideración de la presencia de procesos morfodinámicos activos o

potenciales, evaluación de antecedentes, testimonios de la comunidad y reconocimientos geotécnicos en el sector.

2.4 INFORMACIÓN SECUNDARIA CONSULTADA

Como se mencionó con anterioridad, se adelantó una recopilación de información secundaria en diversas fuentes, principalmente en el Centro de Documentación e Información (CDI) de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá (SIRE), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y consultas en internet, además de la información suministrada por el Contratante.

En el caso particular del presente concepto, se consultaron las referencias registradas en la última parte del informe, y principalmente las que se enuncian a continuación.

2.4.1 Estudios antecedentes

Se utilizó información de los estudios registrados en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Relación de estudios antecedentes

TÍTULO	AUTOR	FECHA
Evaluación Preliminar de Susceptibilidad y Amenaza en las Localidades de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, Usme y San Cristóbal de Santa Fe de Bogotá, D. C., Fase I	Ingeominas para DAPD	Octubre de 1995
Zonificación por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá D. C.	Ingeocim Ltda. para FOPAE	Octubre de 1998

2.4.2 Informes DPAE antecedentes

De manera ídem se adelantó consulta de informes emitidos por la DPAE relacionados con el barrio estudiado y que se enumeran a continuación: Respuestas oficiales 16831, 16784, 16767, 16546, 16202, 15867, 15785, 15510, 15191, 15046, 15027, 14748, 14432, 14410, 14788, 17033, 13971, 13229, 13185, 13269, 12309, 12087, 11953, 11856, 11852, 11782, 10972, 10971, 10703, 10633, 10575, 10446, 10432, 10264, 10107, 10099, 10018, 10015, 9815, 9803, 9571, 9439, 9384, 9252, 8984, 8834, 8788, 8734, 8727, 8704, 8360, 8283, 8076, 8122, 8008, 7723, 7538, 7444, 7241, 7240, 7003, 6933, 6523, 6348, 6347, 6076, 14188; conceptos técnicos 3763 y diagnósticos 2581, 2575, 2571, 2551, 1566, 1003.

2.5 MARCO GENERAL DE REFERENCIA

2.5.1 Referente conceptual

En el **Anexo 1** se presenta un marco conceptual general, en el cual se definen términos como amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastres, gestión de riesgos y procesos de remoción en masa.

2.5.2 Aspectos sísmicos

De acuerdo con el mapa de microzonificación sísmica de la ciudad (Ingeominas y Uniandes, 1997), la Localidad de San Cristóbal se encuentra en las zonas 1 y 2. Particularmente el área de estudio se ubica en la Zona 1 "Cerros", a la que le corresponde el valor del parámetro Am de 0,24 g, siendo g el valor de aceleración de la gravedad.

3 RESULTADOS OBTENIDOS A NIVEL DE INFORMACIÓN BÁSICA

A continuación se presentan los resultados obtenidos a nivel de información básica que sirven de base para la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo del barrio estudiado.

3.1 ESTUDIO GEOLÓGICO

El componente geológico es de capital importancia para la emisión del concepto técnico de riesgo por remoción en masa. A continuación se presentan los resultados del trabajo de investigación adelantado y que sirve de base para la definición del nivel de amenaza en el barrio objeto de evaluación.

3.1.1 Geología regional

La litología y estructuras geológicas del área en la cual se enmarca la zona de estudio son las siguientes:

3.1.1.1 Estratigrafía

Desde el punto de vista geológico el barrio Ramajal Vía Oriente se encuentra localizado sobre la formación Bogotá definida por Hubach (1931), constituida por una sucesión arcillosa de gran espesor (hasta de 300 metros). Este autor describe la formación Bogotá como "una secuencia monótona de arcillas abigarradas (grises, moradas, violáceas y rojas), sin fósiles, que forman horizontes más o menos gruesos y que van separados por bancos de arenisca arcillosa blanda, la cual le da a la topografía un aspecto sinteado"; igualmente afirma que existen arcillas rojas con concreciones de cal.

Teniendo en cuenta la información secundaria consultada, ésta formación se encuentra cubierta por depósitos de pendiente de tipo coluvial y sobre éstos yacen rellenos antrópicos. Los coluviones fueron descritos por Ingeominas en 1988 como depósitos de ladera resultantes del fracturamiento y el arrastre que han sufrido los materiales de las unidades litológicas que constituyen los cerros y que generalmente se han generado en zonas de fallas en terrenos de alta pendiente, que facilitan su movimiento por gravedad. Estos depósitos son provenientes de unidades arcillosas y donde existe alternancia de arcillolitas y areniscas.

3.1.1.2 Geología estructural

Las principales estructuras geológicas que afectan el sector son el Sinclinal de Usme –Tunjuelito, Anticlinal de Bogotá, Falla de San Cristóbal y Falla de Bogotá.

- **Sinclinal de Usme – Tunjuelito**

El sinclinal de Usme – Tunjuelito presenta un eje de plegamiento con dirección aproximada N-S y se extiende hacia el sur por más de 20 kilómetros. La estructura se inclina de sur a norte y su flanco occidental se encuentra en posición normal con buzamientos hasta de 45º, mientras que el flanco oriental se encuentra invertido en algunos tramos. De otra parte, el sinclinal se encuentra afectado por fallas perpendiculares y oblicuas a su dirección general y por pliegues menores que se presentan especialmente en áreas donde afloran formaciones rocosas de características blandas como la Formación Bogotá.

Ingeominas (1997) cartografía la Falla de Tunjuelito que tiene rumbo NNE-SSW al sur, pasa a rumbo N-S al centro y cambia a rumbo NNW-SSE al norte. Según ellos se trata de una falla inversa que delimita por el occidente al Sinclinal de Usme – Tunjuelito.

- **Anticlinal de Bogotá**

El Anticlinal de Bogotá se desarrolla principalmente en rocas del Grupo Guadalupe y en menor proporción en rocas Terciarias. El Anticlinal de Bogotá forma el borde oriental de la Sabana de Bogotá. La estructura está acompañada por fallas paralelas y está cortada por fallas transversales que subdividen las estructuras paralelas en varios bloques. De acuerdo con Ujueta (1998), entre el Cerro Monserrate y el Cerro Guadalupe se interpone una falla de rumbo con dirección NE-SW, al norte de la cual el flanco occidental del Anticlinal de Bogotá está invertido y al sur de la misma falla el flanco occidental del anticlinal es normal, el límite sur de este bloque es la Falla El Zuque, a partir de esta y en dirección hacia el sur, de nuevo el flanco occidental del anticlinal está invertido.

- **Falla de Bogotá**

La Falla de Bogotá fue reconocida inicialmente por Clements (1926) y luego por Ujueta (1961) con el nombre de Falla de Monserrate. Esta Falla se extiende desde el límite sur de la ciudad hasta aproximadamente Santa Ana Oriental (Usaquén). Se trata de una falla inversa con buzamiento hacia el Este. Pone en contacto en la mayor parte de su recorrido, rocas de la Formación Arenisca de Labor con rocas del conjunto superior de la Formación Guaduas, como ocurre en la parte alta de la Localidad de San Cristóbal. La inversión del flanco occidental del Anticlinal de Bogotá pareciera estar relacionada con la Falla de Bogotá, pero si así fuera, al desaparecer las inversiones debiese también desaparecer la falla. Sin embargo, la falla está presente aún en los tramos normales del flanco occidental del Anticlinal de Bogotá (Cerro El Zuque - Cerro Guadalupe). Se aclara que tanto la falla como el anticlinal trascurren por la parte alta de la ladera donde se localiza el barrio Ramajal Vía Oriente.

- **Falla de San Cristóbal**

Es una falla de rumbo de desplazamiento lateral izquierdo que desplaza el eje del Anticlinal de Bogotá y la Falla de Bogotá; controla el alineamiento del Río San Cristóbal en buena parte de su curso y se proyecta hacia el noroccidente dentro de la Sabana de Bogotá. Las fallas de San Cristóbal y de Bogotá, son las principales

responsables del alto grado de fracturamiento de los macizos rocosos en inmediaciones del área de estudio.

3.1.2 Geología local

Se realizó con base en el reconocimiento detallado de campo y en el levantamiento topográfico suministrado por el Contratante. Los resultados se registran en el **Plano 1** del **Apéndice 1** y se describen a continuación:

3.1.2.1 Formación Bogotá

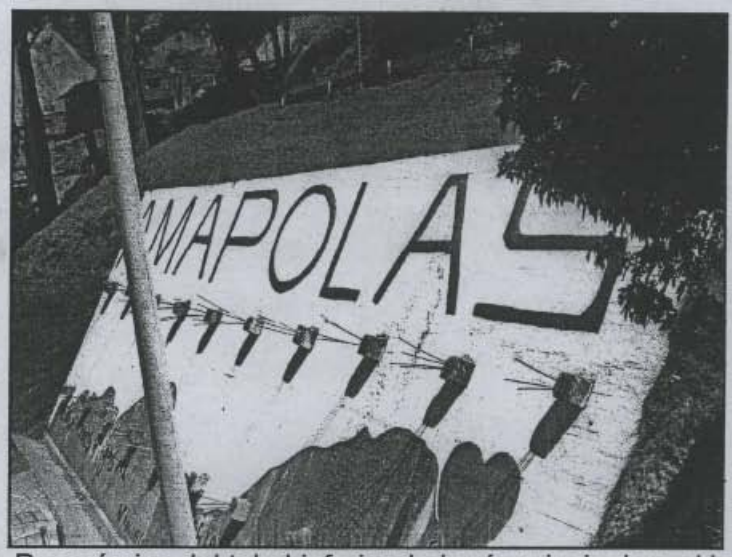
Las rocas de la formación Bogotá consisten en intercalaciones de arcillolitas abigarradas y areniscas de grano grueso a conglomerático, algo deleznables. Las arcillolitas son duras y fisuradas, razón por la cual son altamente susceptibles de inestabilidad, debido a la gran capacidad de almacenamiento de agua en sus intersticios (Ver **Plano 1**). En inmediaciones del barrio Ramajal Vía Oriente, la dirección predominante de los estratos y diaclasas es la siguiente:

Rumbo regional de los estratos	N240E
Buzamiento regional de los estratos	260 NW
Diaclasas	N850E/ 700NW
	N650E/VERTICAL
	N100E/750E

Se aclara que en el área para la cual se realiza el presente concepto técnico no afloran las rocas de la formación; estas se encuentran alteradas a suelos residuales o cubiertas por depósitos coluviales y rellenos antrópicos.

3.1.2.2 Suelos residuales (Qsr)

Los suelos residuales son producto de la meteorización y alteración del material parental, en éste caso de la formación Bogotá; básicamente son materiales fino granulares predominantemente arcillosos. Esta unidad presenta poca extensión en el barrio, se observa hacia el costado norte del área, donde han ocurrido problemas de inestabilidad por el desconfinamiento lateral producto de taludes de corte a media ladera para la construcción de viviendas **(Fotografía 1).**



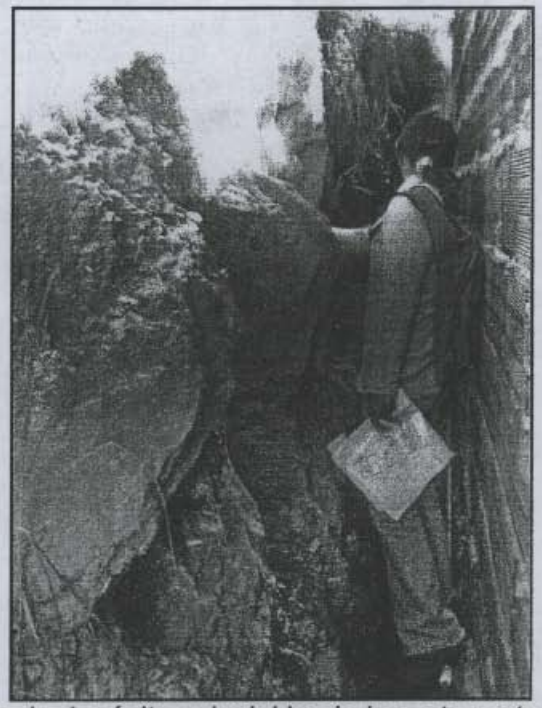
Fotografía 1. Panorámica del talud inferior de la vía principal en el barrio Ramajal Vía Oriente, donde se construyó un pantalla de concreto anclada para mejorar las condiciones de estabilidad del terreno constituido por suelos residuales arcillosos de poca consistencia.

3.1.2.3 Depósito Coluvial (Qcl)

En el barrio Ramajal Vía Oriente estos depósitos se encuentran constituidos por guijos y bloques de arenisca, embebidos en una matriz areno arcillosa, de color amarillo, son materiales poco compactos y de alta permeabilidad, Los clastos varían de subangulares a subredondeados y son de color amarillo. En el sector, el depósito alcanza espesores hasta de 8m **(Fotografía 2)**. Los depósitos coluviales por lo general son altamente susceptibles a problemas de inestabilidad; no obstante, en la condición de topografía relativamente moderada sobre la cual se localiza el barrio Ramajal Vía Oriente, el potencial de inestabilidad es moderado.

3.1.2.4 Rellenos antrópicos (Qra)

Consisten en depósitos de materiales provenientes de excavaciones para la construcción de la vía; de la explotación del material para la ladrillera y eventualmente de basuras, las cuales se dispusieron de manera no técnica **(Fotografía 3).** Los rellenos antrópicos pueden superar en algunos puntos los 15m de espesor y la inclinación de los taludes obedecen al ángulo de reposo del material. Estos rellenos constituyen un alto potencial de inestabilidad debido a que encuentran localizados en la parte de mayor pendiente del barrio, además de encuentran relativamente sueltos. El agua subsuperficial puede percolar a través de los materiales y generar presiones de poros y conllevar a la falla de los rellenos y del terreno en general. Teniendo en cuenta los registros de las perforaciones realizadas especialmente para el desarrollo del presente concepto, el espesor medio de los rellenos es de 6m mientras que el espesor de los materiales más susceptible de instabilidad está entre 2m y 4m a partir de la superficie del terreno.



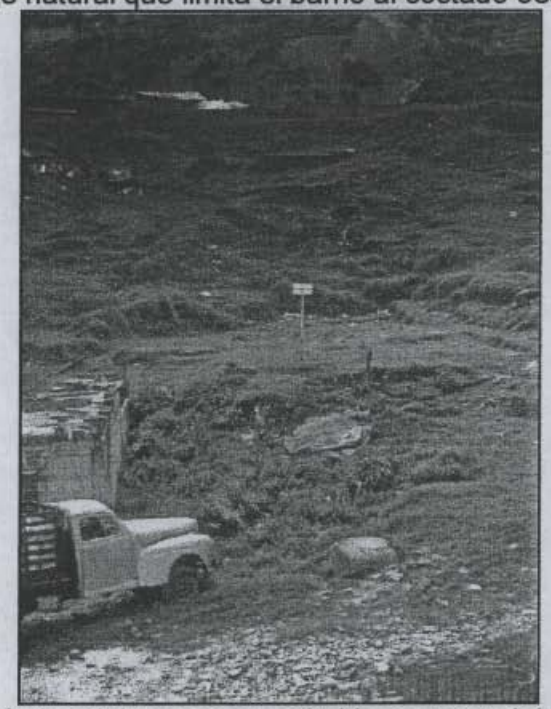
Fotografía 2. Detalle de depósito coluvial hacia la parte norte del área de estudio.



Fotografía 3. Detalle del los rellenos antrópicos en la parte sur del barrio Ramajal Vía Oriente.

3.1.2.5 Material deslizado (Qmd)

Con este término se identifican los materiales expuestos sobre la superficie de la ladera y que provienen de flujos de tierra y deslizamientos activos, como consecuencia de la baja consistencia de los suelos y el aporte de aguas lluvias. Los materiales, se desprendieron y se depositaron en la parte más suave de la ladera hasta llegar al drenaje natural que limita el barrio al costado oeste **(Fotografía 4).**



Fotografía 4. Panorámica del terreno constituido por material deslizado en la parte central del barrio Ramajal Vía Oriente.

Hacia la banca de la vía se observa que el muro de la vía de Oriente se encuentra fracturado **(Fotografía 5)**, lo que indica que el terreno es altamente susceptible a la inestabilidad y que los procesos de remoción en masa son activos.



Fotografía 5. Detalle de una grieta de 10cm de apertura, en el muro de la vía de Oriente al sureste del barrio Ramajal Vía Oriente.

3.1.3 Aspectos hidrogeológicos

Las características geológicas del área en general y los rasgos topográficos en cuanto a cambios de pendiente en las laderas, generan condiciones hidrogeológicas desfavorables para la estabilidad del terreno.

Aguas arriba del barrio, el terreno de alta pendiente se encuentra constituido preferencialmente por arcillolitas abigarradas y areniscas de grano grueso a conglomerático (formación Bogotá), las cuales presentan alta permabilidad debido al fracturamiento, diaclasamiento y planos de estratificación. Regionalmente, el área de recarga de agua subterránea es bastante grande, más aún si se tiene en cuenta el alto grado de fracturamiento de los macizos rocosos por efectos de la Falla de Bogotá.

De acuerdo con lo anterior y si se tiene en cuenta que la pendiente del terreno es continua en toda la ladera, en el sector del barrio Ramajal Vía Oriente existen condiciones favorables por el coluvión sobre el cual se encuentra fundado.

Los depósitos coluviales por su alta permeabilidad permiten la circulación del agua lluvia y de escorrentía subsuperficial, dadas las condiciones topográficas del terreno. En la base de los coluviones y en el contacto de estos con el suelo residual o con la roca misma, es frecuente la presencia de agua; razón por la cual se desmejoran las propiedades geomecánicas de los materiales, facilitando los procesos de falla ante un evento detonante como lluvias, sismos o desconfinamiento de los coluviones como consecuencia de cortes en el terreno por actividad antrópica.

Los rellenos que obstruyen drenajes naturales como el del barrio Ramajal Vía Oriente, son susceptibles de inestabilidad debido a la afluencia de aguas de escorrentía subsuperficial. Sin embargo esta susceptibilidad se ve disipada por la pendiente suave en la que el drenaje se encuentra.

De acuerdo con lo anterior, el área en general donde se localiza el barrio Ramajal Vía Oriente, es altamente susceptible de inestabilidad por razones hidrogeológicas. Si las condiciones topográficas lo permiten, se pueden presentar fenomenos de remocion en masa con superficie de falla entre las interfases rellenos - depositos coluviales, depósitos coluviales – suelo residual, depósito coluvial – roca.

3.1.4 Geomorfología

3.1.4.1 Unidades geomorfológicas

El Barrio Ramajal Vía Oriente se encuentra localizado en una ladera inclinada constituida por un macizo arcilloso con interestratificaciones de areniscas. En parte, la pendiente del terreno se encuentra suavizada por la presencia de depósitos coluviales. Los drenajes naturales principales de la zona han sido intervenidos mediante desarrollo urbano desordenado.

3.1.4.2 Procesos morfodinámicos

Los procesos morfodinámicos actuales en el barrio Ramajal Vía Oriente son los siguientes:

- **Erosión laminar y en surcos**

La erosión se acentúa sobre áreas desprovistas de vegetación, donde se encuentran expuestos los suelos residuales y el deposito coluvial. Ésta puede llegar a desencadenar una serie de procesos morfodinámicos como flujos de tierra y deslizamientos. La erosión laminar y en surcos se presenta principalmente en las vías de acceso, por donde circulan las aguas de escorrentía superficial.

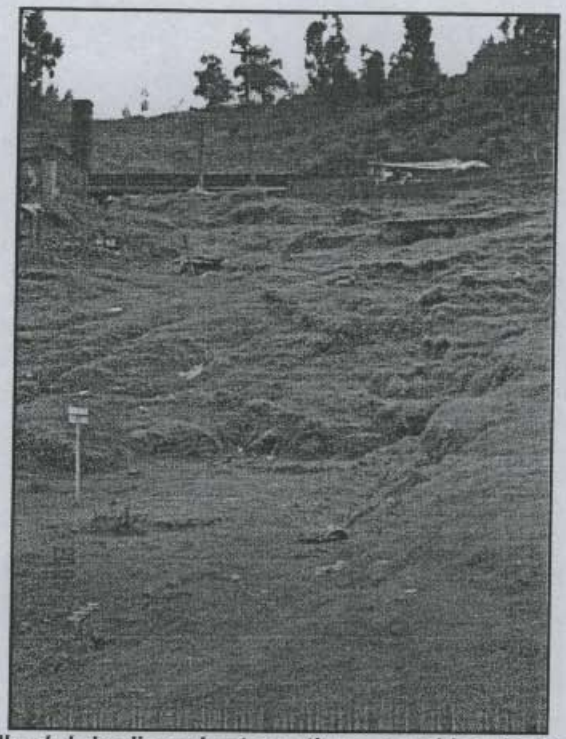
- **Flujos de tierra**

Los flujos de tierra son movimientos de velocidad variable; en el área estudiada involucran materiales arcillosos de rellenos antrópicos que pierden su estabilidad por efecto del agua y como consecuencia de cortes inadecuados, originando desplazamientos con trayectorias relativamente alargadas; estos procesos siguen el alineamiento del drenaje natural, donde los suelos arcillosos se encuentran expuestos la mayor tiempo a la escorrentía superficial y subsuperficial.

Los flujos en mención se localizan al sur del barrio, entre la calle 31 Sur y las viviendas que limitan al barrio por este costado; son de carácter incipiente, pero pueden avanzar en épocas invernales.

- **Deslizamientos**

Aguas abajo de la vía de Oriente se presenta un deslizamiento que genera una amenaza constante no solamente para el barrio, sino para la microcuenca de aguas abajo. El deslizamiento acusó la reubicación de viviendas y la construcción de obras de contención, pero estas fueron dañadas como consecuencia de la actividad del proceso de remoción en masa. Los materiales involucrados en el proceso de falla son los suelos residuales y los rellenos antrópicos colocados sobre los primeros **(Fotografía 6).**



Fotografía 6. Detalle del deslizamiento antiguo en el barrio Ramajal Vía Oriente.

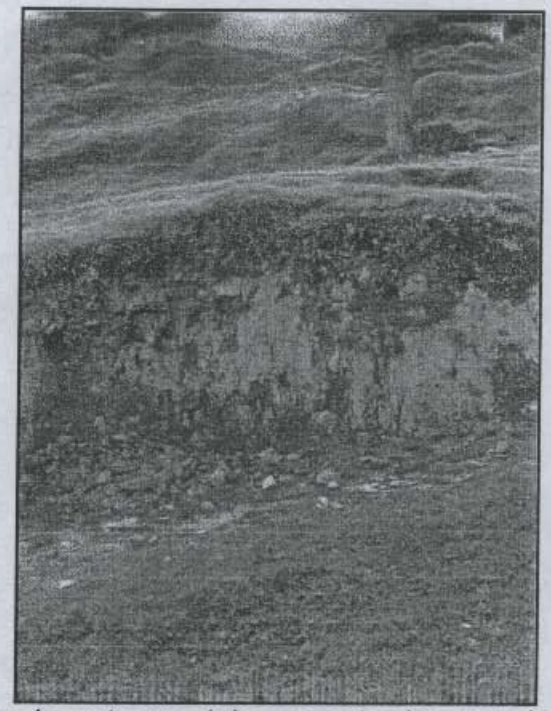
- **Reptación**

Se manifiesta como un desplazamiento muy lento de la parte superficial del terreno, aún en taludes de pendiente moderada y con cobertura vegetal. En veranos prolongados el movimiento puede ser prácticamente nulo, pero en inviernos pronunciados puede alcanzar velocidades considerables. Este fenómeno es característico de todas las laderas donde se encuentran rellenos antrópicos e inclusive en suelos residuales de la formación Bogotá. El proceso de reptación es evidente en terrenos de alta pendiente (hasta de 45°), sobre los materiales de relleno existentes en la ladera aguas debajo de la vía de Oriente; allí se observan los árboles inclinados.

- **Taludes de corte y explanaciones**

Los taludes de corte no están categorizados dentro del contexto global como procesos morfodinámicos; sin embargo, sí son parte del proceso antrópico de explanaciones que generan cambios en las geoformas debido al cambio de pendientes.

En el barrio Ramajal Vía Oriente, los taludes de corte son potencialmente inestables, debido a la exposición de los depósitos coluviales, rellenos y suelos residuales, donde se puede presentar erosión y flujos de tierra, por infiltraciones de agua de escorrentía superficial. Estos cortes son verticales y presentan alturas hasta de 3m en rellenos y hasta de 4m en el depósito coluvial **(Fotografía 7)**.



Fotografía 7. Detalle de corte que deja expuestos los materiales de relleno (parte central del área de estudio).

3.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

En el barrio Ramajal se realizaron cinco perforaciones a profundidades entre 5,40 y 8,50 m, realizando de manera continúa en el ensayo de SPT, con el fin de conocer la consistencia y espesor de los rellenos antrópicos (Ver registros de sondeos en el **Apéndice 2).**

De acuerdo con las perforaciones efectuadas, los rellenos consisten en material limo arcilloso de color café oscuro a grisáceo, con vetas amarillas, húmedo, presentan fragmentos de baldosas, ladrillos y bloques de arenisca; además contienen plástico y madera. Estos materiales experimentan resistencias hasta de 9 golpes/pie con el

ensayo de penetración estándar en los 2 primeros metros y hasta 14 golpes/pie a los 5,8m de profundidad, hasta donde fue posible perforar con equipo manual.

Los rellenos yacen sobre material arcilloso de color café a gris, húmedo, con presencia de raíces delgadas y óxidos de hierro, material que puede corresponder al suelo residual, el cual presenta resistencias a la penetración estándar del orden de 22 golpes/pie.

A juzgar por los registros de las perforaciones, el espesor promedio de los rellenos antrópicos es de 6m y el espesor de los materiales potencialmente inestables oscila entre los 2 m y los 4 m.

4 ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

En esta sección se presentan los análisis de información y los resultados obtenidos de acuerdo con los procedimientos metodológicos y criterios expuestos al inicio del informe.

4.1 EVALUACIÓN DE AMENAZA

Como se mencionó anteriormente, la evaluación de amenaza se fundamenta en la aplicación del método SES, y sus resultados se ajustaron de acuerdo con diversos criterios, como los antecedentes de inestabilidad en la zona, los procesos morfodinámicos y las observaciones de campo. Es importante precisar que la profundidad de la evaluación se circunscribe al alcance de los trabajos.

4.1.1 Aplicación de la Metodología SES

En la generación de los conceptos técnicos se empleó como base la metodología de SES Modificado (Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad) propuesta por Ramírez (1989) y modificada por González (1997), la cual se adjunta en el **Anexo 2**.

La metodología aplicada para la generación de estos conceptos califica variables como materiales, factor antrópico, relieve, drenaje, cobertura, clima, erosión y sismicidad, que se procesaron mediante la ayuda de un Sistema de Información geográfica (SIG) con el fin de establecer una zonificación aproximada de estabilidad. Los resultados se presentan en el **Plano 2** del **Apéndice 1**.

4.1.1.1 Materiales (M)

El sistema semicuantitativo considera este parámetro como el de mayor incidencia en la estabilidad de la zona, adoptando un valor de 70 para la mayor calificación (mayor estabilidad), según el tipo de material: Roca, material intermedio y suelo.

En el barrio Ramajal Vía Oriente, los materiales clasifican dentro del contexto de material intermedio (depósito coluvial) y suelo (rellenos antrópicos, material deslizado y suelo residual). Los puntajes asignados a estos materiales son los siguientes:

- Depósito Coluvial: 22 puntos
- Suelo residual: 15 puntos
- Rellenos de gran espesor: 2 puntos
- Rellenos de poco espesor: 18 puntos

Desde el punto de vista de materiales, las zonas más susceptibles a procesos de remoción en masa corresponden a rellenos de gran espesor.

4.1.1.2 Factor antrópico (A)

La acción antrópica como agente detonante de fenómenos de remoción en masa constituye un factor determinante en la estabilidad del terreno; en el barrio Ramajal Vía Oriente uno de los principales problemas de inestabilidad del terreno está relacionado con la conformación inadecuada de rellenos antrópicos y algunos taludes de corte para la construcción de viviendas a media ladera.

Para la calificación de este parámetro se realizó un ajuste a la metodología SES, de acuerdo con las características del barrio; se conservó el nivel de intervención como severo, fuerte, moderado, incipiente y positivo; el ajuste efectuado consiste en la denominación de varios niveles:

- Zona I: Zonas con rellenos grandes, cortes y sin descarga controlada de agua; puntaje: 0 puntos.
- Zona II: Zonas de relleno de moderado espesor (<10m) y sin descarga controlada de agua; puntaje: 10 puntos.
- Zona III: Zonas construidas con cortes potencialmente inestables y sin obras de drenaje; puntaje: 20 puntos.
- Zona IV: Zonas con cortes esporádicos sobre coluvión; puntaje: 30 puntos.
- Zona V: Zonas en vías pavimentadas y con descarga controlada de agua. Puntaje: 40 puntos.

Las zonas de mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa por causa antrópica se asocian a los rellenos depositados sobre el drenaje natural y sobre la ladera de la parte central del área de estudio, donde los taludes superan pendientes de 45º.

4.1.1.3 Relieve (R)

La condición de inestabilidad de una ladera esta asociada en términos de relieve, a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuantes sobre ellas. La calificación de este parámetro en el barrio se efectuó con respecto al mapa

de pendientes arrojado por el SIG y la forma de la ladera (convexa, rectilínea o cóncava) de acuerdo con el modelo de J. B. Dalrymple et al. (1966), donde se adoptaron valores de 5, 3 o 0, asignando el mejor valor a las áreas con menor susceptibilidad a deslizamiento (formas convexas).

- Puntaje 5: Zona de ladera convexa.
- Puntaje 3: Zona de ladera recta.
- Puntaje 0: Zona de ladera cóncava.

4.1.1.4 Drenaje (D)

Este parámetro se evaluó considerando dos aspectos: La facilidad de drenaje y la pendiente promedio del cauce, como se muestra en la **Tabla 2**. Por tratarse de áreas pequeñas en general, se cambió la característica densidad de drenaje por facilidad de drenaje.

Tabla 2. Valores de estabilidad por drenaje

PENDIENTE PROMEDIO DE CAUCES	FACILIDAD DE DRENAJE		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Alta (>15°)	35	30	23
Media (5-15°)	25	19	13
Baja (0-5°)	16	10	6

De acuerdo con la tabla anterior, las zonas más susceptibles de inestabilidad corresponden a los cauces de los drenajes naturales, donde la pendiente es menor y en consecuencia el agua permanecerá por mayor tiempo durante la lluvia.

4.1.1.5 Cobertura (U)

La cobertura constituye un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, principalmente en lo referente al control de erosión e infiltración de aguas de escorrentía. El área se zonificó con respecto a la densidad de viviendas o cubrimiento (mayor o menor al 50%) y con respecto al pavimento de las calles (sin afirmado, afirmado y pavimento).

- Zona I: Zonas sin urbanizar, con pasto y vegetación herbácea: 14 puntos.
- Zona II: Viviendas con cubrimiento > 50% y vía pavimentada: 20 puntos.
- Zona III: Cobertura permeable y viviendas con cubrimiento < 50%: 12 puntos.

4.1.1.6 Clima (C)

La cuantificación de este parámetro se realizó con base en la relación lluvia – deslizamiento, teniendo en cuenta el trabajo de Castellanos y otros (1999), que determina la lluvia crítica y su período de retorno para cada zona. De acuerdo con el

estudio de Castellanos, para el barrio corresponde la Estación Vitelma en la cual la tasa de retorno de la lluvia crítica es de 30.5 años, a la que la metodología asigna un puntaje de 37. Este parámetro se relaciona con los valores de las otras variables dentro de la metodología por ser un factor detonante de los eventos de inestabilidad (lluvia).

4.1.1.7 Erosión (E)

La evaluación de este factor se ajusto de acuerdo con las características del barrio Ramajal Vía Oriente; se tuvo en cuenta el tipo de erosión y su influencia como agente desencadenante de movimientos en masa. En el área de estudio, los procesos consisten en erosión laminar, en surcos y sin erosión. Se conservaron los puntajes asignados en la metodología SES para cada variable. Los puntajes asignados son los siguientes:

- Áreas sin erosión: 12 puntos.
- Erosión laminar: 10 puntos.
- Erosión en surcos: 8 puntos.
- Socavación: 3 puntos.

4.1.1.8 Sismicidad (S)

Para la evaluación de este parámetro se tomó como insumo de la microzonificación sísmica de Bogotá (Ingeominas Uniandes) de la cual se determina la aceleración pico donde se identifica el tipo de perfil de suelo de la zona. De otra parte, según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente (NSR – 98), el tipo de perfil de suelo puede asociarse con el S3. En consecuencia toda la zona tiene una calificación de 1.

4.1.1.9 Resultados de la aplicación del método SES

En el **Plano 2** se presenta el resultado final de la aplicación del método que corresponde a la sumatoria, en cada punto, de la calificación obtenida de cada una de las variables consideradas, empleando para ello una herramienta SIG, e interpretando los resultados como una medida de la estabilidad, dentro de los rangos establecidos por la metodología y que se reproducen en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Rangos de calificación metodología SES (Fuente: FOPAE, 2005)

CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD (CES)
Alta	Menor de 146
Media	Entre 146 y 171
Baja	Mayor de 171

Como se observa en el plano, prácticamente toda el área del barrio se encontraría en categoría alta, con algunos pequeños sectores en amenaza media o baja; dicho resultado es muy cercano a la condición actual de este asentamiento.

4.1.2 Antecedentes históricos de remoción en masa en la zona

Según el Diagnóstico Técnico No.1003 del DPAE (2000), en el barrio Ramajal Vía Oriente se presentó un fenómeno de inestabilidad, en un talud ubicado en la parte baja de una ladera de pendiente moderada; el talud se encuentra conformado por afloramientos de arcillolitas de color rojizo correspondientes a la formación Bogotá. De acuerdo con los habitantes, antiguamente en la corona del talud se encontraba la unidad sanitaria de una vivienda y debido al mal estado de las tuberías de conducción de aguas negras hacia la red principal, las arcillolitas existentes eran frecuentemente humedecidas y saturadas ocasionando su reblandecimiento y generando con el paso del tiempo, el movimiento del material hacia la parte baja del talud.

El Diagnóstico Técnico Nº 1003 concluye que la zona es de carácter rocoso y presenta pendientes moderadas, lo cual, en condiciones normales de humedad, debería comportarse como una zona de estabilidad media (es decir no se presentan frecuentemente fenómenos de inestabilidad). El aporte excesivo de agua desde los sistemas de alcantarillado y acueducto de las viviendas existentes en la corona del talud reblandece y satura los materiales arcillosos y en consecuencia disminuyen la resistencia al corte de los materiales del talud, aumentando el grado de inestabilidad de los taludes. Como resultado se produce un flujo del material hacia los sectores de menor pendiente, lo cual origina sobreempinamiento de algunos taludes, exposición de los mismos a la acción de los agentes atmosféricos y la predisposición a nuevos movimientos o al avance de los existentes.

Según lo anterior, los procesos de remoción en masa presentes en la parte sur del barrio Ramajal Vía Oriente son producto de un aporte excesivo de agua, que satura los materiales y disminuye la resistencia al corte de los mismos.

En el Diagnósticos Técnico No. 2575 (DPAE 2002), se reporta un problema de inestabilidad en un relieve colinado y de control estructural plegado, donde afloran materiales de la Formación Bogotá, de alta susceptibilidad a procesos erosivos y meteorización, donde existen escarpes verticales de explotación con altura superior a los 8,0 m. Allí fue construido un muro de pata en concreto reforzado con una altura de 1,2 m y una cimentación de tipo superficial, sobre material de relleno. En Junio de 2002 el corte no estaba revegetalizado y la acción de los agentes meteóricos empezaban a afectar la arcillolita, manifiesto en un alto grado de meteorización, posibilitando el desprendimiento superficial de material desecado y suelo residual. Este proceso causa el sobre empinamiento del talud en la parte alta y la acumulación de detritos en la parte baja.

De acuerdo con el Diagnóstico No. 2575 de 2005, en la parte media de una ladera de pendiente alta se observaron evidencias de procesos de remoción en masa tipo reptación que afectó una vivienda de un piso; y en el Diagnóstico No. 2581 de 2005

se hace referencia a la condición estructural de algunas viviendas que fueron afectadas por procesos de remoción en masa tipo reptación.

4.1.3 Zonificación de amenaza

Consideradas la información y los criterios consignados se define la zonificación de amenaza que se presenta en el **Plano 3** del **Apéndice 1**.

4.1.4 Calificación de amenaza

En la **Tabla 4**, del **Apéndice 3**, se presentan los resultados obtenidos discriminados según las categorías de amenaza, y según la nomenclatura de manzanas y predios entregada por DPAE.

4.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

De acuerdo con la metodología propuesta, la vulnerabilidad física de las viviendas es una variable que solamente se analiza en las zonas que presentan amenaza media y alta, y se tienen en cuenta dos factores: Exposición y resistencia de los elementos expuestos, que en este caso son las viviendas.

El factor exposición se define en términos de la ubicación del elemento en relación con el área de influencia de la amenaza, y particularmente para los procesos de remoción en masa, está también relacionado con la ubicación relativa según el tipo de proceso que origina las condiciones de amenaza.

En este barrio todas las viviendas están expuestas a algún proceso de inestabilidad, bien sea activo o potencial. Adicionalmente debe mencionarse que las técnicas constructivas aplicadas en las edificaciones, genera condiciones especiales de debilidad estructural frente a cualquier evento (movimiento del terreno), así sea de baja magnitud, por lo que la vulnerabilidad por resistencia es muy alta en todo el barrio.

4.3 EVALUACIÓN DE RIESGO

Considerando la situación de amenaza y las condiciones de vulnerabilidad de las viviendas del barrio, todas se encuentran en alto riesgo.

Los resultados se muestran en la **Tabla 5** del **Apéndice 3** y en el **Plano 4** del **Apéndice 1**.

5 CONCEPTO DE RIESGO

De acuerdo con el trabajo adelantado y la información recolectada puede concluirse lo siguiente:

- El barrio Ramajal Vía Oriente, desde la perspectiva del riesgo por remoción en masa, no debe ser legalizado.

- Se considera que el barrio Ramajal Vía Oriente se encuentra en una zona de alta amenaza por inestabilidad del terreno, especialmente por la presencia de rellenos de gran espesor. Frente a estos niveles de amenaza, las viviendas son altamente vulnerables.

En las **Tablas 6** y **7** se presentan resúmenes de amenaza y riesgo por remoción en masa para este barrio.

Tabla 6. Resumen de calificación de amenaza

CALIFICACIÓN DE AMENAZA	PREDIOS
AMENAZA ALTA	Todo el barrio

Tabla 7. Resumen de calificación de riesgo

CALIFICACIÓN DE RIESGO	PREDIOS	RECOMENDACIONES
RIESGO ALTO NO MITIGABLE	Todo el barrio	Incluir todas las familias del desarrollo en el programa de reasentamiento (de la manzana 53 los predios 2, 3, 5, del 9 al 14 y del 16 al 18 y 20, de la manzana 60 los predios 2, 3, 4 y 10, y de la manzana 20 los predios 1 al 10, excepto el 7 y 8) y los lotes no ocupados (de la manzana 53 los lotes 1, 4, 6 a 8 y 15 y de la manzana 60, del 5 al 9) destinarlos a suelo de protección por riesgo.

6 RECOMENDACIONES

- Incluir en el programa de reasentamiento de familias localizadas en zona de alto riesgo no mitigable, las que habitan las viviendas del barrio, con prioridad uno. Una vez se haya terminado el proceso de reasentamiento de las familias se recomienda demoler las viviendas, retirar los escombros y, en cumplimiento del Artículo 140 del Decreto 190/2004, aislar y señalizar la zona mediante vallas informativas a fin de evitar que tales predios sean ocupados nuevamente. Se deberá finalizar con su incorporación al inventario distrital de los predios desocupados. Terminado el proceso de reasentamiento, incorporar los predios como suelos de protección por riesgo, en cumplimiento del Parágrafo 2 del Artículo 146 del Decreto Distrital 190 de 2004 (Compilación del POT)..

- En el programa de reubicación de familias no se deben incluir los predios que ya fueron objeto de reubicación, que, según la información disponible, corresponden al predio 19 de la manzana 53 y los predios 7 y 8 de la manzana 20.

- Así mismo no se deben incluir los predios no construidos, a los que se debe restringir su potencial ocupación por encontrarse en amenaza y riesgo altos, y por tanto su uso no debe ser el de desarrollo urbanístico. Estos se deben destinar a suelo de protección por riesgo.

- Teniendo en cuenta que existe un drenaje natural obstruido por el costado sur del barrio en el área estudiada, se recomienda hacer un estudio de la microcuenca con el fin de evaluar la probabilidad de avalanchas potenciales.

- Los procesos de remoción en masa en el barrio son acelerados por factores antrópicos como el inadecuado corte de los taludes que desconfinan los materiales, haciéndolos mas susceptibles a la inestabilidad.

- Se recomienda efectuar un manejo adecuado de las aguas de escorrentía superficial en toda el área, con el fin de contrarrestar la posibilidad de ocurrencia de procesos de remoción en masa, que pueden poner en riesgo no solamente al barrio sino a otros aguas abajo del mismo.

7 FUENTES DE CONSULTA

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

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (Varios años). Centro de Documentación e Información - Conceptos y diagnósticos técnicos. Bogotá, Colombia.

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, FOPAE (2005). Términos de Referencia Definitivos Invitación Pública para Contratación Directa FOPAE 7302 - 64 – 2005. Bogotá, Colombia.

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

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

Portal www.redbogota.com del programa Red Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (2005). Sitio en Internet: http://www.lopublico.redbogota.com

Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá, SIRE (2005). Sitio en internet: http://www.sire.gov.co

ELABORÓ	**UNIÓN TEMPORAL CRC** – Contrato de consultoría CONS- 526-05 **CARLOS H. CANTILLO RUEDA** Representante Legal y Especialista en Riesgos T. P. 2520233583 CND	Carlos H Cantillo R.
REVISÓ	**CÉSAR FERNANDO PEÑA PINZÓN** Geólogo - Especialista en Geotecnia M. P. 1751 C.P.G.	Cesar F. Peña P.
REVISÓ	**DIANA PATRICIA ARÉVALO S.** Jefe Grupo Estudios Técnicos y Conceptos DPAE	
APROBÓ	**GUILLERMO ÁVILA** Coordinador Área de Investigación y Desarrollo DPAE	
Vo. Bo.	**FERNANDO RAMÍREZ CORTÉS** Director DPAE	

UNIÓN TEMPORAL CRC

APÉNDICE 1
PLANOS

UNIÓN TEMPORAL CRC

APÉNDICE 2
REGISTROS DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

UNION TEMPORAL CRC

EXPLORACION DEL SUBSUELO

Perforación No. 16 | Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. | Proyecto: 1

Hoja 1 de 1 | Localización: BARRIO RAMAJAL | Cota: | Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
1,0		Relleno antropico constituido por escombros de construcción y de excavación: limo arcilloso, café oscuro a grisáceo, con vetas amarillas, húmedo. Presenta fragmentos de ladrillos, baldosas y rocas.		1		
2,0				2		
3,0				3		
				4		
4,0				5		
				6		
5,0				7		
				8		
		5.80		9		
6,0		Material arcillo - limoso: de color café a gris, húmedo, con raices delgadas.		10		
7,0		6.30 fin de sondeo				
8,0						
9,0						
10,0						
11,0						

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°) — 10 20 30 40 50 60 70

Resistencia al corte Cu (t/m²) — 2 4 6 8 10 12 14

SPT (N_{campo}) — 10 20 30 40 50 60 70

Peso Unitario (t/m³) — 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2

Lavado sobre tamiz 200 — 10 20 30 40 50 60 70

Límites y Humedad Natural — 10 20 30 40 50 60 70

SPT: 11, 9, 9, 11, 14, 13, 14, 15, 15, 22



CONVENCIONES

Muestra: Inalterada; Tubo Partido

- Compresión inconfinada
- Veleta de Laboratorio
- Veleta de campo
- Número de golpes/ pie (N)
- Lavado sobre tamiz 200

000033

UNION TEMPORAL CRC

EXPLORACION DEL SUBSUELO

Perforación No. 17 | Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. | Proyecto: 1

Hoja 1 de 1 | Localización: BARRIO RAMAJAL | Cota: | Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USCS	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
1,0		Relleno antropico constituido por basuras: limo arcilloso, café opaco a negro, con vetas amarillas, húmedo. Presenta pedazos de plásticos, madera en descomposición y vidrios.		1		
2,0				2		
3,0				3		
4,0				4		
5,0				5		
		5.40				
6,0		Material arcillo - limoso: de color café a gris, húmedo, contiene raices delgadas.		6		
				7		
				8		
				9		
		6.10 fin de sondeo				
7,0						
8,0						
9,0						
10,0						
11,0						

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°): 10 20 30 40 50 60 70

Resistencia al corte Cu (t/m²): 2 4 6 8 10 12 14

SPT (N_{campo}): 10 20 30 40 50 60 70

Peso Unitario (t/m³): 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2

Lavado sobre tamiz 200: 10 20 30 40 50 60 70

Límites y Humedad Natural: 10 20 30 40 50 60 70

SPT: 2, 3, 3, 4, 6, 6, 11, 14, 21



CONVENCIONES

Muestra: Inalterada; Tubo Partido

- Compresión inconfinada
- Veleta de Laboratorio
- Veleta de campo
- Número de golpes/ pie (N)
- Lavado sobre tamiz 200

UNION TEMPORAL CRC

EXPLORACION DEL SUBSUELO

Perforación No. 18 Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. Proyecto: 1

Hoja 1 de 1 Localización: BARRIO RAMAJAL Cota: Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
1,0		Relleno antropico constituido por escombros de construcción: limo arcilloso, café oscuro a gris, seco. Presenta fragmentos de ladrillo, baldosas, rocas, carbón y ladrillos quemados.		1		
2,0				2		
3,0				3		
4,0				4		
		4.20		5		
5,0		Relleno antropico constituido por escombros de construcción y de excavación: limo arcilloso, café oscuro a grisáceo, con vetas amarillas, medianamente húmedo. Presenta fragmentos de ladrillos, baldosas y rocas.		6		
6,0				7		
7,0				8		
8,0				9		
		8.00		10		
9,0		Material arcillo - limoso: de color café a amarillento, medianamente húmedo, con óxidos de hierro.		11		
		8.50 fin de sondeo		12		
10,0				13		
11,0				14		

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°): 10 20 30 40 50 60 70

Resistencia al corte Cu (t/m²): 2 4 6 8 10 12 14

SPT (N_{campo}): 10 20 30 40 50 60 70

Peso Unitario (t/m³): 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2

Lavado sobre tamiz 200: 10 20 30 40 50 60 70

Límites y Humedad Natural: 10 20 30 40 50 60 70

SPT (N_{campo}): 6, 5, 6, 18, 13, 14, 11, 12, 15, 14, 15, 14, 15, 40



CONVENCIONES

Muestra: Inalterada; Tubo Partido

- Compresión inconfinada
- Veleta de Laboratorio
- Veleta de campo
- Número de golpes/ pie (N)
- Lavado sobre tamiz 200

UNION TEMPORAL CRC

EXPLORACION DEL SUBSUELO

Perforación No. 19 Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. Proyecto: 1

Hoja 1 de 1 Localización: BARRIO RAMAJAL Cota: Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
1,0		Relleno antropico constituido por escombros de construcción y de excavación: limo arcilloso, café oscuro a grisáceo, con vetas amarillas, medianamente húmedo. Presenta fragmentos de ladrillos, baldosas, rocas, carbón y ladrillos quemados.		1		
2,0				2		
3,0				3		
		3.80		4		
4,0		Relleno antrópico constituido por basuras: limo arcilloso, café opaco a negro, con vetas amarillas. Presenta pedazos de plástico, vidrios y telas. Con algunos escombros de construccion.		5		
5,0		5.40		6		
		Relleno antropico constituido por escombros de construcción: limo arcilloso, café oscuro a gris. Presenta fragmentos de rocas, carbón y ladrillos.		7		
6,0		6.60		8		
		Material arcillo - limoso: de color café a amarillo, medianamente húmedo, meteorizado, con óxidos de hierro.		9		
7,0				10		
				11		
8,0		7.10 fin de sondeo				
9,0						
10,0						
11,0						

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°): 10 20 30 40 50 60 70

Resistencia al corte Cu (t/m²): 2 4 6 8 10 12 14

SPT (N_{campo}): 10 20 30 40 50 60 70

Peso Unitario (t/m³): 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2

Lavado sobre tamiz 200: 10 20 30 40 50 60 70

Límites y Humedad Natural: 10 20 30 40 50 60 70

SPT: 4, 5, 7, 9, 9, 8, 11, 18, 18, 19, 40



CONVENCIONES

Muestra: Inalterada; Tubo Partido

- Compresión inconfinada
- Veleta de Laboratorio
- Veleta de campo
- Número de golpes/ pie (N)
- Lavado sobre tamiz 200

UNION TEMPORAL CRC

EXPLORACION DEL SUBSUELO

Perforación No. 20 | Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. | Proyecto: 1

Hoja 1 de 1 | Localización: BARRIO RAMAJAL | Cota: | Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
1,0		Relleno antropico constituido por basuras y materiales de excavación: limo arcilloso con intercalaciones de arenas, café opaco con vetas amarillas y grises, raices, medianamente húmedo y óxidos de hierro. presenta basuras (plásticos) y maderas descompuestas.		1		
2,0				2		
3,0				3		
4,0				4		
5,0		5.00		5		
6,0		Material arcillo - limoso: de color café a amarillo, medianamente húmedo, plastico.		6		
7,0		5.50 fin de sondeo		7		
8,0				8		
9,0						
10,0						
11,0						

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°): 10 20 30 40 50 60 70

Resistencia al corte Cu (t/m²): 2 4 6 8 10 12 14

SPT (N_{campo}): 10 20 30 40 50 60 70

Peso Unitario (t/m³): 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2

Lavado sobre tamiz 200: 10 20 30 40 50 60 70

Límites y Humedad Natural: 10 20 30 40 50 60 70

SPT: 12, 8, 6, 9, 12, 13, 14, 20



CONVENCIONES

Muestra: Inalterada; Tubo Partido

Compresión inconfinada; Veleta de Laboratorio; Veleta de campo

Número de golpes/ pie (N)

Lavado sobre tamiz 200

UNIÓN TEMPORAL CRC

APÉNDICE 3

TABLAS DE CALIFICACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO

TABLA 4
CALIFICACIÓN DE AMENAZA, BARRIO RAMAJAL VÍA ORIENTE

MANZANA	PREDIO	CÓDIGO	AMENAZA
20	01	RJ-20-01	ALTA
20	02	RJ-20-02	ALTA
20	03	RJ-20-03	ALTA
20	04	RJ-20-04	ALTA
20	05	RJ-20-05	ALTA
20	06	RJ-20-06	ALTA
20	07	RJ-20-07	ALTA
20	08	RJ-20-08	ALTA
20	09	RJ-20-09	ALTA
20	10	RJ-20-10	ALTA
60	01	RJ-60-01	ALTA
60	02	RJ-60-02	ALTA
60	03	RJ-60-03	ALTA
60	04	RJ-60-04	ALTA
60	05	RJ-60-05	ALTA
60	06	RJ-60-06	ALTA
60	07	RJ-60-07	ALTA
60	08	RJ-60-08	ALTA
60	09	RJ-60-09	ALTA
60	10	RJ-60-10	ALTA
53	01	RJ-53-01	ALTA
53	02	RJ-53-02	ALTA
53	03	RJ-53-03	ALTA
53	04	RJ-53-04	ALTA
53	05	RJ-53-05	ALTA
53	06	RJ-53-06	ALTA
53	07	RJ-53-07	ALTA
53	08	RJ-53-08	ALTA
53	09	RJ-53-09	ALTA
53	10	RJ-53-10	ALTA
53	11	RJ-53-11	ALTA
53	12	RJ-53-12	ALTA
53	13	RJ-53-13	ALTA
53	14	RJ-53-14	ALTA
53	15	RJ-53-15	ALTA
53	16	RJ-53-16	ALTA
53	17	RJ-53-17	ALTA
53	18	RJ-53-18	ALTA
53	19	RJ-53-19	ALTA
53	20	RJ-53-20	ALTA

TABLA 5
CALIFICACIÓN DE RIESGO, BARRIO RAMAJAL VÍA ORIENTE

MANZANA	PREDIO	CÓDIGO	RIESGO
20	01	RJ-20-01	ALTO
20	02	RJ-20-02	ALTO
20	03	RJ-20-03	ALTO
20	04	RJ-20-04	ALTO
20	05	RJ-20-05	ALTO
20	06	RJ-20-06	ALTO
20	07	RJ-20-07	ALTO
20	08	RJ-20-08	ALTO
20	09	RJ-20-09	ALTO
20	10	RJ-20-10	ALTO
60	01	RJ-60-01	ALTO
60	02	RJ-60-02	ALTO
60	03	RJ-60-03	ALTO
60	04	RJ-60-04	ALTO
60	05	RJ-60-05	ALTO
60	06	RJ-60-06	ALTO
60	07	RJ-60-07	ALTO
60	08	RJ-60-08	ALTO
60	09	RJ-60-09	ALTO
60	10	RJ-60-10	ALTO
53	01	RJ-53-01	ALTO
53	02	RJ-53-02	ALTO
53	03	RJ-53-03	ALTO
53	04	RJ-53-04	ALTO
53	05	RJ-53-05	ALTO
53	06	RJ-53-06	ALTO
53	07	RJ-53-07	ALTO
53	08	RJ-53-08	ALTO
53	09	RJ-53-09	ALTO
53	10	RJ-53-10	ALTO
53	11	RJ-53-11	ALTO
53	12	RJ-53-12	ALTO
53	13	RJ-53-13	ALTO
53	14	RJ-53-14	ALTO
53	15	RJ-53-15	ALTO
53	16	RJ-53-16	ALTO
53	17	RJ-53-17	ALTO
53	18	RJ-53-18	ALTO
53	19	RJ-53-19	ALTO
53	20	RJ-53-20	ALTO

UNIÓN TEMPORAL CRC

ANEXO 1
REFERENTE CONCEPTUAL

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

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 526 DE 2005

CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

UNIÓN TEMPORAL CRC

ANEXO 1 AL CONCEPTO TÉCNICO DE RIESGO

MARCO CONCEPTUAL

Conceptos básicos

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).

De otra parte, 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.

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, ref. cit.)

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**.

Tabla 1. Clasificación de deslizamientos según Varnes (1978)

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

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

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

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

influencia de las causas externas se manifiesta en un aumento del esfuerzo cortante aplicado a los materiales que forman el talud.

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

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

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

Desde esta óptica, al considerar la acción combinada de una amenaza de primer orden (evento detonante que materializa el proceso de inestabilidad, como por ejemplo lluvias, movimientos sísmicos, erosión natural, efectos de la acción del hombre, o combinaciones de ellos), que encuentra condiciones favorables en la naturaleza y nivel de exposición del terreno (susceptibilidad), se está planteando la primera fase de la cadena del riesgo. Una vez configurado el proceso de inestabilidad, aunque sea potencial, éste se convierte en amenaza para los elementos expuestos (población, edificaciones, infraestructura, actividades y relaciones de la comunidad, etc.), los cuales presentan unas determinadas características tanto de exposición como de resistencia a sus efectos y un nivel de resiliencia, que definirán el nivel potencial de daños o pérdidas (riesgo). (Cantillo, 1998).

Fuentes de consulta

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

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

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

Cardona A., Omar D. (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.

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

UNIÓN TEMPORAL CRC

ANEXO 2
METODOLOGÍA SES MODIFICADA

ANEXO N° 2 – TOMADO DE FOPAE (2005)
SISTEMA SEMICUANTITATIVO DE ESTABILIDAD
SES MODIFICADO

1. MARCO METODOLÓGICO PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS

En este inciso se presenta de manera muy sucinta la metodología aplicada en el proceso de generación de conceptos técnicos la cual, dada las implicaciones así como los recursos que demanda.

1.1 METODOLOGÍA Y VARIABLES

La metodología aplicada consiste en el SES Modificado (Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad) propuesta por Ramírez (1989) y modificado por González (1997), a la cual se le incorporó y evaluó la variable Factor Antrópico (A) del mismo modo como se adoptaron, en algunos casos, criterios y valores diferentes en su evaluación; así por ejemplo para la condición estructural se tiene una influencia significativa de la orientación de las discontinuidades con respecto a la cara libre de los escarpes, la valuación del drenaje se concibió bajo criterios diferentes a la metodología original.

A continuación se describe de manera breve las variables y criterios empleados

1.1.1 MATERIALES - M (Puntaje Máximo: 70)

El sistema semicuantitativo de evaluación de estabilidad dentro de los parámetros de evaluación considera al material como el de mayor incidencia en la estabilidad de una zona o región. Su valoración en términos cualitativos se hace en función de la litología: Roca, material intermedio y suelo.

- Roca

El material tipo roca se valora de acuerdo al origen y textura (litología), resistencia del material rocoso y condición de fracturamiento (determinado con base en la densidad de fracturamiento), Tablas N° 1.1 y N° 1.2

Tabla N° 1.1. Criterios para definición de tipo de roca

TIPO DE ROCA							
ORIGEN	Textura	FÁBRICA					
		NO ORIENTADA			ORIENTADA		
		Entrelazada	Cementada	Consolidada	Foliada	Cementada	Consolidada
ÍGNEO	Cristalino	R 1					
	Piroclástico		R 2				
METAMÓRFICO	Cristalina						
	Masiva	R 1					
	Cristalina						
	Foliada				R 2		
SEDIMENTARIO	Cristalina	R 2					
	Clástica		R 3	R 3		R 4	R 4

Tabla N° 1.2. Matriz de Valores de Estabilidad para roca

TIPO ROCA	RESISTENCIA (Kg/cm²)	FRACTURAMIENTO (TAMAÑO BLOQUE - cm)			
		Mínimo (masiva) (<100)	Ligero (10-100)	Moderado (1-10)	Intenso (< 1)
R1	Alta (σ_c > 1120)	50	39	21	9
R2	Media (560 < σ_c <	38	29	16	7
R3	Baja (280 < σ_c < 560)	35	25	15	8
R4	Muy baja (σ_c < 280)	30	20	12	8

Para la resistencia a la compresión se modificaron los rangos de clasificación del material rocoso originalmente propuestos por Ramírez (1989) por los de la escala propuesta por Deerly Miller, donde el límite de roca de resistencia muy baja es 280 kg/cm², el cual está acorde con el tipo de rocas presentes en el área del Distrito (Ingeocim Ltda.).

Adicionalmente en la condición estructural más particularmente se considera la orientación de las discontinuidades relacionadas con diaclasas o fracturas y que condicionen la estabilidad de escarpes o laderas; para el efecto, se consideran los valores planteados en la Tabla N° 1.3.

Tabla N° 1.3. Matriz de Valores de Estabilidad por orientación de discontinuidades para roca

Orientación discontinuidades	Puntuación
Favorable o neutro	20
Desfavorable	5
Muy desfavorable	0

- **Material Intermedio**

Para el material intermedio se valora la matriz y la influencia de las estructuras heredadas. Se consideran materiales intermedios los depósitos del cono del Tunjuelo (Qct), conos de deyección (Qcd), Terrazas altas (Qta) y depósitos de Talus (Qdlt) y coluviales (Qdlc). Los depósitos coluviales y fluvioglaciares que están constituidos por más del 70% de clastos se consideran, también, como material intermedio. Su valoración se efectúa según se relaciona en las Tablas N° 1.4, N° 1.5 y N° 1.6.

Tabla N° 1.4. Matriz de Valores de Estabilidad para material intermedio

ROCA PARENTAL		Erodabilidad de la Matriz				Influencia de las Estructuras *			
		Baja	Media	Alta	Muy alta	Baja	Media	Alta	Muy Alta
MATERIAL RESIDUAL	Ígnea	I-2	I-3	I-4	I-4				
	Metamór.	I-1	I-2	I-3	I-4				
	Sedimen.	I-1	I-2	I-3	I-4				
MATERIAL TRANSPORTADO	Talus o material coluvial	I-2	I-3	I-4	I-4				
Tipo I-1						49	38	21	10
Tipo I-2						36	28	15	8
Tipo I-3						22	18	11	6
Tipo I-4						13	10	6	3

* ver tablas N° 1.5 y N° 1.6

Estos depósitos principalmente son transportados donde las estructuras heredadas corresponden a superficies antiguas de procesos morfodinámicos, de densidad alta, en donde se asume para la mayoría de materiales intermedios, baja influencia de las estructuras heredadas.

La Tabla N° 1.7 resume la clasificación atribuida a cada uno de los materiales intermedios y su respectivo puntaje según Ramírez (1988).

Tabla N° 1.5. Matriz de identificación de estructuras heredadas

ESTRUCTURAS HEREDADAS	DENSIDAD	
	baja	alta
Diques y otras intrusiones	2	4
Discontinuidades o disposición errática de los materiales	3	6
Sistemas de diaclasamiento (rellenos o no, estriados o no)	4	8
Contactos litológicos y estratificación depositacional (inherente a la roca parental)	5	10
Superficies de meteorización pronunciada (a lo largo de diaclasas y contactos)	5	10
Antiguas superficies de deslizamientos (Generalmente asociados a una o varias de las estructuras anteriores)	6	12

Tabla N° 1.6. Matriz de Valores de influencia de las estructuras

INFLUENCIA	Suma de los valores de las Estructuras identificables
Baja	0 - 10
Media	10 - 20
Alta	20 - 30

INFLUENCIA	Suma de los valores de las Estructuras identificables
Muy Alta	> 30

Tabla N° 1.7. Unidades de materiales intermedios y clasificación para el Modelo Semicuantitativo

UNIDAD	SÍMBOLO	PUNTAJE
Coluviones	Qdlc	22
Talus	Qdlt	11
Depósitos fluvioglaciares	Qfg	22
Conos del tunjuelo	Qct	11
Conos de deyección	Qcd	22
Terrazas altas	Qta	22

- **Suelos**

Los suelos se clasifican en residuales y transportados, valorando su consistencia o compacidad, si son finos o granulares respectivamente (Tablas N° 1.8, N° 1.9 y N° 1.10)

Tabla N° 1.8. Clasificación de suelos por condición del terreno

TIPO DE SUELO	CONDICIÓN EN EL TERRENO					
	Granular (Densidad)			Fino (Consistencia)		
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Blanda
Tipo S 1	35	22	11	32	20	8
Tipo S 2	27	17	8	25	15	6
Tipo S 3	15	10	6	15	10	4
Tipo S 4	7	6	4	7	6	3

* ver tablas N° 1.9 y N° 1.10

Por su comportamiento geomecánico se consideran como suelos las Terrazas bajas (Qtb), Depósitos Aluviales (Qal), Rellenos antrópicos (Rfb, Rab), suelos residuales (Qsr), Depósitos de la Sabana (Qsb), Flujos de tierra (Qft) y Formación Tilatá (Tqt). Los Depósitos de ladera coluvial (Qdlc) y los Depósitos fluvioglaciares (Qfg) se consideran como suelos siempre que la matriz represente más del 30% del depósito, es decir matriz - soportados.

Tabla 1.9. Influencia por grado de meteorización

Tipo de suelo / Roca Parental	RESIDUAL			
	SUELO		SUELO SAPROLÍTICO	
	G	F	G	F
Metamórfica	S 1	S 2	S 2	S 3
Sedimentaria	S 1	S 2	S 2	S 3
Ígnea	S 2	S 3	S 3	S 4
Volcánica	S 2	S 3	S 3	S 4

Tabla 1.10. Influencia por medio de transporte

Por acción directa de la gravedad		Por agentes naturales (A, V, H) *	
G	F	G	F
S 3	S 4	S 2	S 3

* A, V, H: Agua, Viento, Hielo

(G) : Composición predominante granular (> 65% ret. T 2000)
(F) : Composición predominante fina (> 35% pasa T 2000)

La Tabla N° 1.11 resume las clasificaciones de los suelos que cubren el área de estudio, tomando como base la de Ramírez (1988).

Tabla N° 1.11. Unidades de suelos y clasificación para el modelo semicuantitativo

UNIDAD	SÍMBOLO	TIPO DE TRANSPORTE	PUNTAJE
Suelos Residuales	Qsr	Meteorización	6 -15
Rellenos	Rfb	Gravedad	2
Suelos de la Sabana	Qsb	Agua	4
Formación Tilatá	TQt	Agua	4
Depósitos aluviales	Qal	Agua	10
Terrazas bajas	Qtb	Agua	15
Flujos de tierra	Qft	Gravedad y agua	2
Depósitos coluviales	Qdlc	Gravedad	6
Depósitos fluvioglaciares	Qfg	Agua	10 - 15

1.1.2 FACTOR ANTRÓPICO (A) – Puntaje Máximo: 50

La intervención del hombre sobre el medio físico puede considerarse como efecto contribuyente o detonante de procesos de inestabilidad del terreno, su acción se refleja en la deforestación, cambios morfológicos, intervención sobre los drenajes naturales y descargas o sobrecargas; sin embargo, ésta en muchas ocasiones es mucho más influyente que otros factores; por tanto, en su análisis se evalúan efectos derivados de procesos de consolidación urbana, manejo de aguas, la red vial, la ubicación geográfica de los asentamientos, y las actividades de extracción de materiales para la construcción que por su dinámica se han incorporado gradualmente a las áreas urbanas. No obstante, en contados casos esta intervención puede considerarse y por tanto evaluarse como positiva. A continuación se relacionan los aspectos generales a tener en cuenta y en la Tabla N° 1.12 los valores derivados de su evaluación.

- Sobrecarga
- Descarga
- Infiltración de aguas y manejo de aguas servidas
- Intervención del drenaje (modificación de rondas y cauces)
- Explotaciones mineras

Tabla N° 1.12. Valores de Estabilidad por Factor Antrópico

NIVEL	DESCRIPCIÓN	VALOR	
		MÍN	MÁX
Severa	Zonas de actividad minera, conformación de rellenos de espesor importante, práctica de cortes, obstrucción de cauces	0	10
Fuerte	Práctica intensiva de cortes / rellenos, descargas de agua	10	20
Moderada	Cortes / rellenos escasos y de moderado espesor, descargas controladas de agua	20	30
Incipiente	Cortes / rellenos aislados, disponibilidad de sistemas adecuados de drenaje	30	35
Positiva	Presenta obras de estabilización, control o protección; buenos sistemas de drenaje	40	50

1.1.3 RELIEVE (R) – Puntaje Máximo: 36

La condición de estabilidad de una vertiente o ladera está asociada en términos de relieve, a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuantes sobre ellas. La evaluación del parámetro relieve parte del modelo morfológico de una vertiente propuesto por Dalrymple et al (1962), donde se distinguen ocho unidades hipotéticas, definidas en función de su forma y de los procesos morfodinámicos dominantes sobre ellas. De esta manera se puede describir una vertiente en función de las unidades establecidas con relación a su papel en la formación, transporte y desarrollo de fenómenos de remoción en masa. Esto se expresa en las Tablas N° 1.13 y N° 1.14 y Figura N° 1.

Tabla 1.13. Valores de estabilidad por relieve

Sub-zonas	Pendiente (°)	A
Interfluvio	0 – 2	31
Ladera con infiltración	2 – 4	21

Tabla 1.14. Perfil longitudinal

Perfil	B
Convexo	0

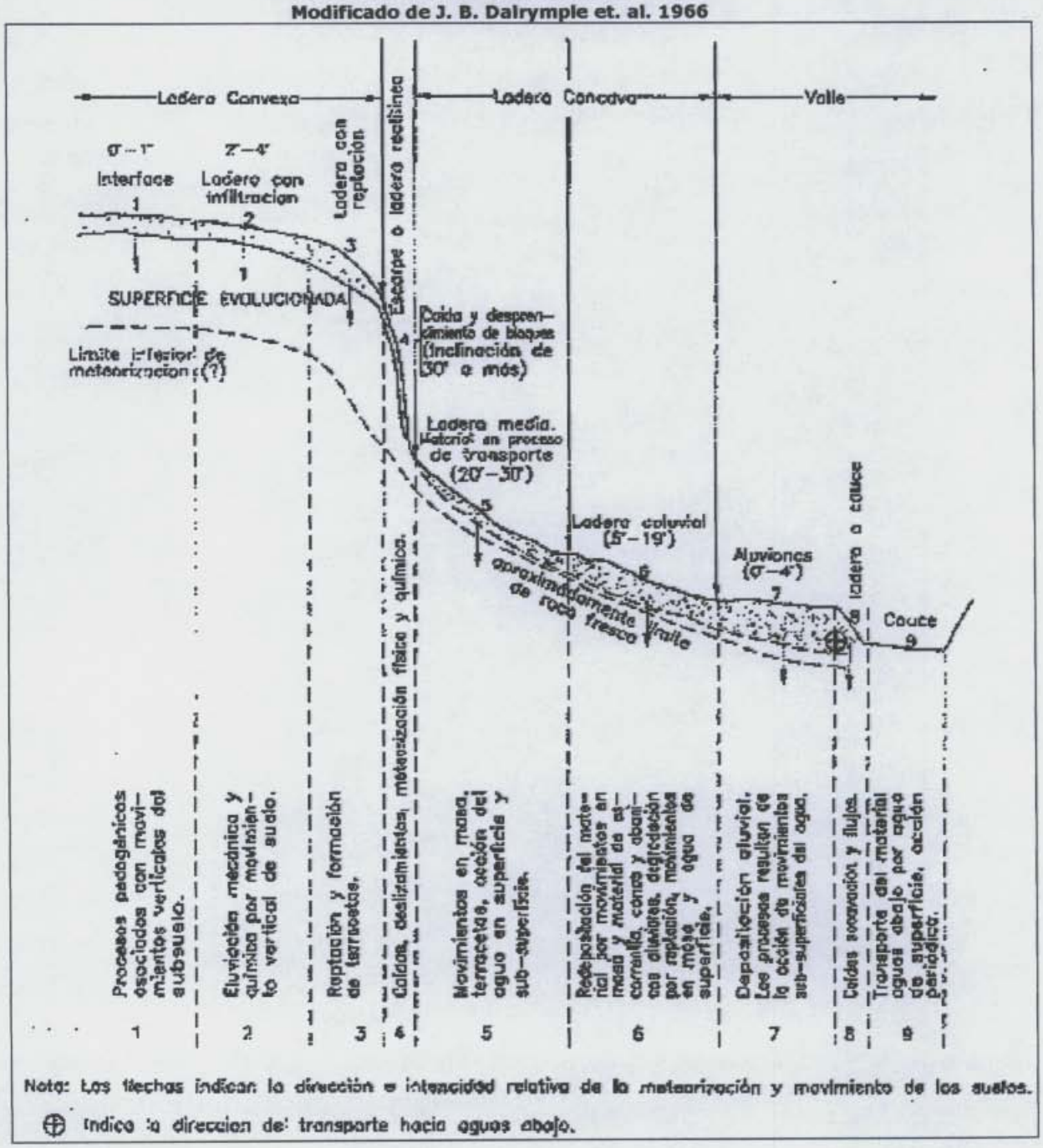
Tabla 1.13. Valores de estabilidad por relieve

Ladera con reptación	10 – 30	9
Escarpe o ladera	> 30	21
Ladera intermedia de transporte	20 – 30	7
Ladera coluvial	5 – 20	7
Aluviones	0 – 4	23
Ladera de cauce	> 40	7

Tabla 1.14. Perfil longitudinal

Rectilíneo	3
Cóncavo	5

MODELO DE PROCESOS GEOMÓRFICOS
Modificado de J. B. Dalrymple et. al. 1966



Nota: Las flechas indican la dirección e intensidad relativa de la meteorización y movimiento de los suelos.

⊕ Indica la dirección del transporte hacia aguas abajo.

1.1.4 DRENAJE (D) – Puntaje Máximo: 35

El parámetro drenaje se evalúa bajo dos elementos fundamentales: la densidad de drenaje y la pendiente promedio del cauce. El puntaje de estabilidad varía entre 35 puntos para un área con densidad alta y pendiente promedio del cauce baja y 6 puntos para las condiciones opuestas (Tabla N° 1.15). El cálculo de la pendiente promedio del cauce se realiza tomando como unidad base la microcuenca.

Tabla 1.15. Valores de estabilidad para drenaje

Pendiente promedio de cauces	Densidad de drenaje (m / Ha)		
	Alta (> 80)	Media (30 – 80)	Alta (< 30)
Baja (0-5°)	35	30	23
Media (5-15°)	25	19	13
Alta (>15°)	16	10	6

1.1.5 USO DEL SUELO Y COBERTURA (U) – Puntaje Máximo: 25

La cobertura del suelo se constituye en un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, particularmente en lo referente al control de la erosión e infiltración de aguas de escorrentía.

Por otro lado, y con el propósito de ampliar el espectro de posibilidades se consideró en general el uso o cobertura de cualquier tipo que se presente en el área de evaluación; de esta manera es posible considerar otros posibles usos como áreas libres, zonas comunales, vías, viviendas, etc. En tal virtud, se aplicó los criterios y puntajes de estabilidad propuestos en la Tabla N° 1.16.

La inclusión de la cobertura urbana (tierras edificadas) se realizó tomando en cuenta la similitud en el efecto de intercepción, retardo e impermeabilización que producen las áreas de consolidación urbana con respecto a la cobertura de vegetación. Así, la parte urbana se clasificó en áreas con y sin pavimento, las áreas con pavimento se asimilaron a las zonas con cobertura de rastrajo bajo y las áreas sin pavimentar a zonas con pastos. Adicionalmente las áreas de canteras, se asimilan a áreas con cultivos limpios o de desmonte.

1.1.6 CLIMA (C) – Puntaje Máximo: 40

La valoración del parámetro clima se realizó en función de la precipitación, por considerar que las lluvias en la mayoría de los casos actúa como factor detonante de los eventos de inestabilidad.

Tabla N° 1.16. Puntajes de Estabilidad parámetro Uso del Suelo y Cobertura (U)

COBERTURA	PUNTAJE
Cubierta Vegetal	
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto	25
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes	17
Pastos o vegetación herbácea	14
Cultivos limpios o desmonte (canteras)	8
Suelo cubierto por otros usos	
Cobertura impermeable (pavimento)	20
Cobertura permeable (afirmado)	12
Vivienda con cubrimiento > 50%	20
Vivienda con cubrimiento < 50%	12

La zonificación del parámetro lluvia se realiza con base en el análisis de la relación lluvia - deslizamiento. Se determina la lluvia crítica representativa y su período de retorno correspondiente a las estaciones pluviométricas de influencia en el área de evaluación. Así, los sectores más críticos se definen donde los períodos de retorno son menores, es decir la posibilidad que se presente la lluvia precedente es mayor, y viceversa. La cuantificación del parámetro clima se definió como se muestra en la Tabla N° 1.17:

Tabla N° 1.17. Valoración parámetro clima

PERÍODO DE	CLASIFICACIÓN	PUNTAJE

RETORNO (AÑOS)		
< 10	Muy Alta	3
10 – 15	Alta	9
15 – 20	Media Alta	19
20 – 25	Media	26
25 – 30	Baja	32
>30	Muy Baja	37

1.1.7 EROSIÓN (E) – Puntaje Máximo: 12

La evaluación de la erosión, como detonante en la generación de movimientos en masa, dentro del SES es un parámetro que requiere ser ajustado según las características del área de estudio.
Para su valoración se tuvo en cuenta tanto la naturaleza del tipo de erosión (surcos, cárcavas, tierras malas y socavación), como su proximidad a cauces e influencia como posible desencadenante de movimientos en masa; así, se le asigna el mayor peso a los procesos de socavación de cauces, tal como se indica en la Tabla N° 1.18.

Tabla N° 1.18. Asignación puntaje de estabilidad al mapa erial

Tipo de erosión	E
Sin erosión	12
Laminar	10
Diferencial (surcos)	8
Tubificación	5
Concentrada (cárcavas)	4
Socavación	3

1.1.8 SISMICIDAD (S) – Puntaje Máximo: 24

La evaluación del parámetro de sismo, como factor contribuyente o detonante de movimientos en masa se realiza tomando como insumo la Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (Ingeominas - UniAndes).
Para mejorar esta condición, se discriminó el área en función de los materiales involucrados, así: para los materiales rocosos, asumidos dentro del modelo SES como tipo (S1), se les asignó un puntaje de estabilidad de 8 puntos; para los materiales intermedios (S2) un puntaje de 4 y para los suelos residuales y transportados (S1) un puntaje de 1. Estos puntajes son coherentes con la asignación de puntajes del SES para sismo, Tabla N° 1.19.

Tabla N° 1.19. Calificación de parámetro sísmico

Riesgo sísmico / Tipo de material**	Valores de Aa*						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
S1	24	21	17	13	8	5	2
S2	12	10	8	7	4	3	1
S3	4	3	3	2	1	1	0

*Aa : aceleración pico efectiva
**Tipos de materiales según el código colombiano de construcciones sismo – resistentes (NSR 98)

S1: a) Roca de cualquier característica, ya sea cristalina o lutítica que tiene una velocidad de la onda de cortante > 750 m/s
b) Perfiles conformados por suelos duros con un espesor menor de 60 m, compuestos por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras

S2: Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 60 m de depósitos de arcillas duras o suelos no cohesivos

S3: Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 10 m de depósitos de arcillas cuya dureza varía entre mediana a blanda, con ó sin intercalación de arenas u otros suelos no cohesivos

1.1.9 PROCESOS MORFODINÁMICOS (P)

Se empleó como parámetro de calibración; en consecuencia se cartografiaron – estrictamente en campo - procesos activos o potenciales en la que se consideró la tendencia a la propagación y grado de actividad. Para efecto de la zonificación, se asume que este parámetro castiga a cualquier otra estimación.

1.2 CALIFICACIÓN DE AMENAZA

Entendiendo que de las variables definidas hay cinco (5) que pueden ser zonificadas: Material, Factor Antrópico, Relieve, Uso del Suelo y Erosión; en tanto que Drenaje, Clima y Sismicidad se aplican de manera general para el área en evaluación.

Las variables M, R, U y D definen las zonas homogéneas, en tanto que las variables A, C, S y E se considera que actúan como detonantes; la superposición sistemática de unos y otros permitió establecer una zonificación en términos de calificación de estabilidad (CES) y categorías de estabilidad.
Los intervalos de la calificación de estabilidad (CES) de cada parámetro o mapa temático, se establece como se precisa en la Tabla N° 1.20.

Tabla N° 1.20. Calificación de estabilidad (CES)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	PUNTAJE	
		MÁXIMO	MÍNIMO
MATERIAL	**M**	70	1
FACTOR ANTRÓPICO	**A**	50	2
RELIEVE	**R**	36	7
DRENAJE	**D**	35	6
USO DEL SUELO	**U**	25	3
CLIMA	**C**	40	3
EROSIÓN	**E**	12	2
SISMO	**S**	22	0
CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD		290	23

La categoría de estabilidad en términos de niveles de Amenaza y en función de la calificación de estabilidad, definida como la sumatoria ponderada de los valores de estabilidad asignados a cada parámetro, se estableció por Ingeocim Ltda. (1998) a partir del análisis de frecuencias de la calificación de estabilidad, asignada a cada polígono resultante del cruce de topología de los mapas temáticos. El resultado del análisis de frecuencias de la calificación de estabilidad (CES) arrojó una distribución de tipo normal.
Así, las categorías de Amenaza se establecen en los intervalos indicados en la Tabla N° 1.21.

TABLA N° 1.21. RANGOS DE CATEGORIZACIÓN DE AMENAZA

CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD (CES)
Alta	$< CAL \leq 146$
Media	$146 < CAL \leq 171$
Baja	$171 < CAL$