

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. 4351

1 INFORMACIÓN GENERAL

| | |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ENTIDAD SOLICITANTE: | D.A.P.D. |
| LOCALIDAD: | SANTA FE |
| BARRIO: | RAMÍREZ |
| UPZ: | 96 – Lourdes |
| ÁREA (Ha): | 1,38 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 Ramírez, 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 RAMÍREZ.

El desarrollo denominado Ramírez, se encuentra localizado en la zona oriental de la capital de la República de Colombia, en la localidad No. 3, Santa Fe, y en la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 96 – Lourdes, entre las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá:

Norte: 98.580 a 98.740
Este: 100.140 a 100.320

En la **Figura 1** se muestra la localización general del barrio, el cual ocupa un área aproximada de 1,38 Ha.

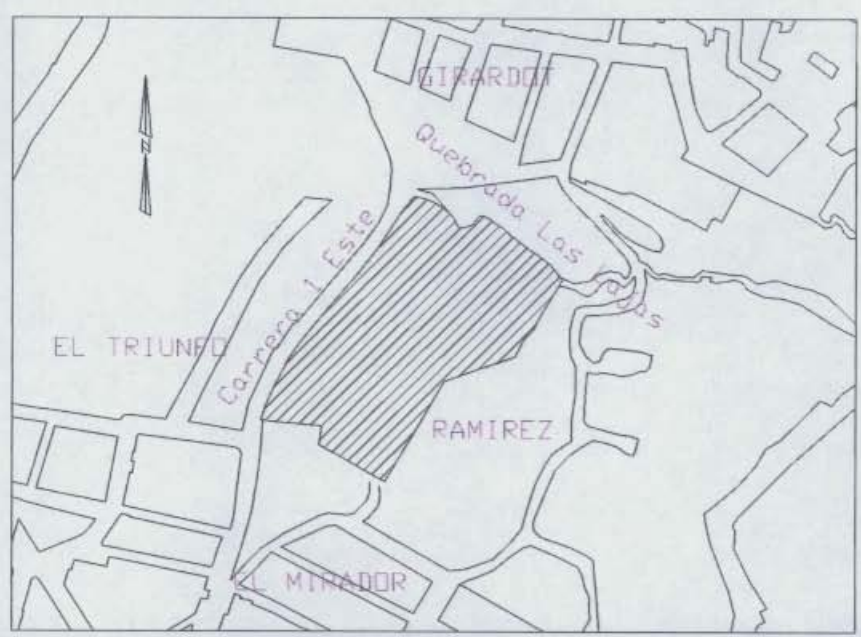


Figura 1. Localización general del barrio (Fuente: Cartografía DAPD suministrada por FOPAE)

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 Ramírez de la Localidad de Santa Fe, 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 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| 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 11920, 16184, 15836, 15633, 14345, 14121, 13768, 13314, 12873, 11929 y el concepto técnico 4015.

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 Santa Fe 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 A_m 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. El barrio Ramírez se encuentra ubicado en La localidad de Santa Fe; se encuentra conformado por dos manzanas de viviendas, cada una de las cuales tiene dos hileras de viviendas orientadas en dirección E-W. Limita al norte con la Quebrada Las Lajas, y al occidente la antigua Avenida Circunvalar o Carretera de Oriente. 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

Para la emisión del presente concepto de riesgos por remoción en masa, se hace necesario enmarcar al barrio Ramírez en la geología regional, con el fin de identificar las diferentes estructuras y formaciones geológicas de incidencia en el sector. 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 Ramírez 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 sintonado"; igualmente afirma que existen arcillas rojas con concreciones de cal y a poca distancia del Cacho se tiene arcilla carbonácea.

3.1.1.2 Geología estructural

Las principales estructuras geológicas que afectan el sector son el sinclinal de Úsme -Tunjuelito, anticlinal de Bogotá, y falla de Bogotá.

- **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:

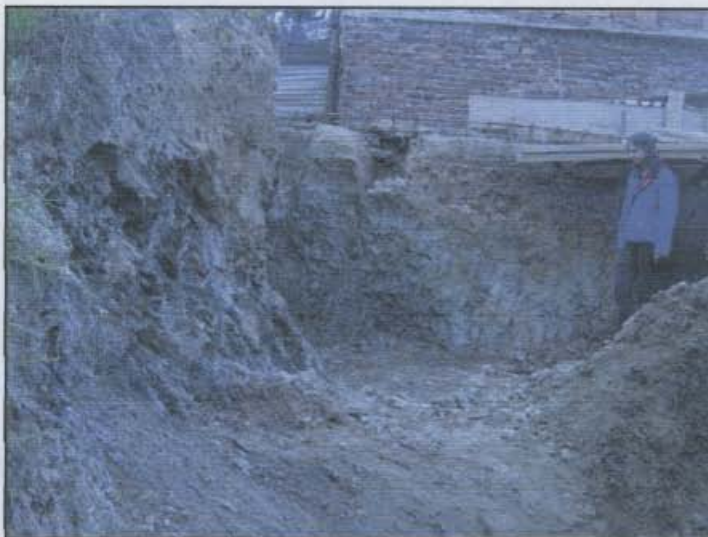
3.1.2.1 Formación Bogotá (Tpb)

Las rocas de la formación Bogotá (**Fotografía 1**) consisten en intercalaciones de arcillolitas abigarradas y areniscas de grano grueso a conglomerático, algo deleznales. 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 Ramírez, la dirección predominante de los estratos y diaclasas es la siguiente:

Rumbo general de los estratos N15W
Buzamiento Regional de los estratos: 85SE

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.

Los materiales arcillosos de la formación Bogotá han sido explotados durante muchos años para la fabricación de tubos, lo que hoy en día permite que aflore la roca.



Fotografía 1. Detalle de arcillolitas interestratificadas con arenitas, pertenecientes a la formación Bogotá. Ubicación: entre calle I C y lote 13 de la manzana A1.

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

finogranulares predominantemente arcillosos (**Fotografía 2**). Esta unidad presenta poca extensión en el barrio, hacia el costado sureste del área se observan explotaciones de arcillas para la fabricación de ladrillo. Sin embargo no representan amenaza por inestabilidad del terreno para el barrio Ramírez que se encuentra hacia la parte baja de l ladera.



Fotografía 2. Detalle del suelo residual al costado sureste del barrio, en zona de explotación.

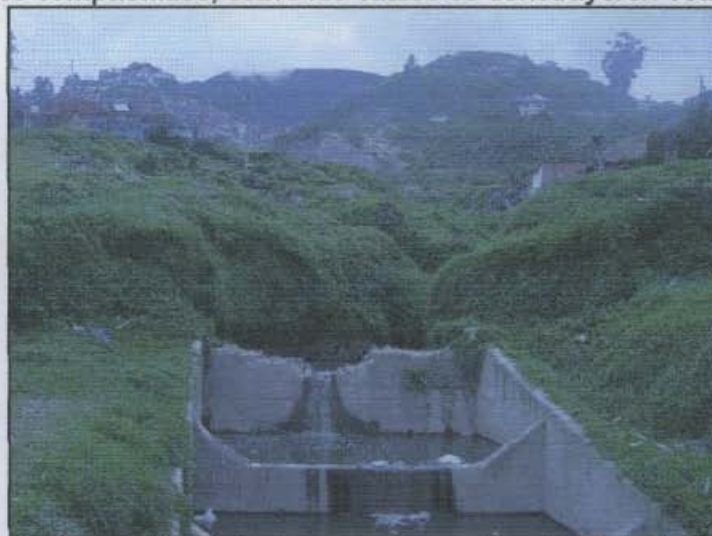
3.1.2.3 Relleno Antrópicos (Qra)

Corresponden a escombros de construcción y basuras (plásticos, botellas y material limo arcilloso café oscuro a grisáceo con vetas amarillas) los cuales no tienen ningún tipo de compactación y se encuentran dispuestos sobre las márgenes de la Quebrada Las Lajas, estos rellenos presentan espesores desde 1.5m hasta los 5.5m aproximadamente (**Fotografía 3**).



Fotografía 3. Detalle de los rellenos en ambas márgenes de la quebrada Las Lajas hacia la parte norte del barrio Ramírez.

Las dos manzanas que constituyen el barrio están construidas sobre la margen izquierda de la Quebrada Las Lajas, cuyo cauce fue desplazado mediante intervención antrópica para la construcción de la hilera norte de viviendas de la segunda manzana. El desplazamiento del cauce hacia el norte (**Fotografía 4**) y la construcción de viviendas dentro del cauce original, implicó la colocación poco técnica de materiales de relleno, normalmente de baja calidad (escombros, basuras, etc.) y muy poco compactados, sobre los cuales se construyeron estas viviendas.



Fotografía 4. Quebrada Las Lajas, cuyo cauce fue desplazado hacia el norte (costado izquierdo en la fotografía) para facilitar la construcción de la hilera norte de la segunda manzana del barrio.

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.

En el barrio Ramírez, los rellenos tienen una composición heterogénea y permiten la circulación del agua lluvia a través de sus intersticios, hasta su contacto con la unidad que le subyace (formación Bogotá, suelos negros y residuales), razón por la cual se puede presentar inestabilidad en el terreno, especialmente en las márgenes de la Quebrada las Lajas.

Con respecto a la infiltración de las aguas lluvias, los suelos residuales son susceptibles a inestabilidad, debido a su composición, alta permeabilidad pero por su posición topográfica (pendientes moderadas) el grado de susceptibilidad es baja. Los suelos residuales tienen un alto fisuramiento, lo que permite la circulación del agua de escorrentía subsuperficial. No se descarta la posibilidad de flujos de agua subterránea, especialmente durante temporadas lluviosas, debido a que las condiciones topográficas y geológicas lo permiten, también se pueden presentar fenómenos de remoción en masa con superficie de falla entre las interfases rellenos – rocas de la formación Bogotá.

De acuerdo con lo anterior, las márgenes de la Quebrada Las Lajas del barrio Ramírez, son altamente susceptibles de inestabilidad por razones hidrogeológicas.

3.1.4 Geomorfología

El barrio Ramírez se localiza en una zona de relieve ondulado con laderas de pendientes entre los 15° y 30°, con un drenaje dendrítico de densidad baja. Corresponde a una morfología de rocas plegadas de carácter finogranular muy alteradas con un buen desarrollo de suelos residuales.

3.1.4.1 Procesos morfodinámicos

A continuación se describen los procesos morfodinámicos identificados en el barrio Ramírez:

- **Erosión laminar y en surcos**

La erosión en surcos es la forma de erosión más fácilmente perceptible, su origen es el escurrimiento superficial del agua que se concentra en sitios irregulares o depresiones superficiales del suelo desprotegido. En función de la pendiente y de la longitud de la ladera del terreno, el flujo concentrado de agua provoca el aumento de las dimensiones de los surcos formados inicialmente, hasta transformarse en grandes zanjas llamadas cárcavas y puede llegar a desencadenar otra serie de procesos morfodinámicos como flujos de tierra y deslizamientos. De tal manera que los surcos constituyen el proceso inicial para que a partir de él se desencadenen otros procesos morfodinámicos.

La erosión se acentúa sobre áreas desprovistas de vegetación y en especial sobre los afloramientos de roca. La erosión laminar y en surcos se presenta principalmente en las vías de acceso, por donde circulan las aguas de escorrentía superficial (**Fotografía 5**).

- **Socavación**

Este proceso erosivo ocurre como consecuencia de la dinámica fluvial de la Quebrada Las Lajas, la cual en su proceso de socavación afecta directamente los materiales formados por rellenos antrópicos hacia las orillas de la Quebrada. (**Fotografía 6**).

- **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 geofomas debido al cambio de pendientes.

En el barrio Ramírez los taludes de corte son potencialmente inestables, debido a la exposición de los rellenos, suelos residuales y roca donde se puede presentar erosión por infiltraciones de agua de escorrentía superficial ya que la superficie de los mismos se encuentra desprotegida. Los taludes de corte son procesos eventuales en el barrio. Estos cortes son verticales y presentan alturas hasta de 2,5 m en roca y de 1,5 en los rellenos (**Fotografía 7**).



Fotografía 5. Detalle, de la erosión laminar y surcos en la calle central del barrio Ramírez.



Fotografía 6. Detalle de la socavación del cauce en el relleno hacia la margen izquierda de la Quebrada Las Lajas.



Fotografía 7. Detalle de un talud de corte en rocas de la Formación Bogotá, al costado Este del barrio Ramírez.

3.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

En el barrio Ramírez se realizó una perforación con profundidad de 6,60 m, realizando de manera continua el ensayo de SPT, con el fin de conocer la consistencia y espesor del relleno; esta perforación se realizó en la margen izquierda de la Quebrada Las Lajas hacia el sector Este del barrio (Ver registros de sondeos en el **Apéndice 2**).

De acuerdo con la perforación efectuada, los rellenos consisten en material limo arcilloso de color café oscuro a grisáceo con vetas amarillas; presentan fragmentos de ladrillos y roca transportada. Estos materiales experimentan resistencias hasta de 6 golpes/pie con el ensayo de penetración estándar en el primer metro, por tanto son materiales blandos. Hacia profundidades de 5,5 m los materiales se hacen más compactos y experimentan resistencias a la penetración estándar hasta de 13 golpes/pie. Estos rellenos alcanzan espesores hasta los 7 m en la parte mas baja de ladera.

Los rellenos yacen sobre material arcilloso de color café a negro, presentan humedad media con alta plasticidad (suelo negro) y presencia de raíces delgadas. Estos materiales experimentan resistencias con el ensayo de penetración estándar hasta de 18 golpes/pie a los 6m de profundidad, mientras los suelos residuales experimentan resistencias más altas por el orden de los 40 golpes/pie.

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 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. La clasificación y su asignación de puntajes se hace según el tipo de material (Roca, material intermedio y suelo). Para la evaluación de este factor se tuvo en cuenta el

análisis geológico descrito anteriormente, donde se determinó que el barrio solo tiene materiales que clasifican dentro del contexto de roca (Formación Bogotá) y suelo (rellenos, suelos arcillosos).

Desde el punto de vista de materiales, las zonas más susceptibles a procesos de remoción en masa corresponden a los rellenos antrópicos presentes en las laderas de la Quebrada Las Lajas.

- Roca: 20 puntos
- Suelos residuales: 15 puntos
- Rellenos: 2 puntos

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 Ramírez uno de los principales problemas asociados con la inestabilidad del terreno esta relacionada con la disposición inadecuada de rellenos y algunos cortes del terreno hechos para la construcción de viviendas.

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 así:

- Zona I: Zona de actividad minera (No técnica): 5 puntos.
- Zona II: Zonas de rellenos y descargas de agua: 10 puntos.
- Zona III: Zonas con cortes aislados y descargas de agua: 20 puntos.
- Zona IV: Zonas no intervenidas: 30 puntos.
- Zona V: Presenta obras de control (disipadores de energía) y un sistema de drenaje: 40 puntos.

La inestabilidad por factor Antrópico se debe a los rellenos dispuestos en al Quebrada Las Lajas, que pueden causar represamiento del cauce y formar procesos de remoción en masa como flujos de tierra.

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).

En el barrio Ramírez, las zonas de mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa son las laderas cóncavas que constituyen las márgenes de la Quebrada Las Lajas, donde se encuentran localizados los rellenos antrópicos.

- 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 |

4.1.1.5 Cobertura (U)

La cobertura constituye un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, en lo referente al control de la erosión e infiltración de aguas de escorrentía. Para su clasificación, en el barrio se tomo en cuenta la similitud del terreno con las áreas establecidas por la metodología SES. Se limitaron las zonas referentes pastos o vegetación herbácea, zonas de cobertura impermeable (pavimento), viviendas con cubrimiento mayor al 50% vías destapadas y zonas de rastrojo alto y frente de explotación arcillas y de rellenos con pasto.

Lo más desfavorable para la estabilidad del terreno en el barrio Ramírez en términos de cobertura son las áreas de pastos (ladera de la Quebrada Las Lajas), calles destapadas y viviendas con cubrimiento menor del 50%. El área más estable se encuentra en el sur y oeste del barrio, donde existen vías pavimentadas y rastrojo alto. Las zonas se clasificaron así:

- Zona I: Rastrojo alto: 25 puntos
- Zona II: Cobertura impermeable (vía pavimentada): 20 puntos

- Zona III: Rastrojo bajo: 17 puntos
- Zona IV: Viviendas con cubrimiento < 50% y cobertura permeable (vías sin pavimentar): 12 puntos.
- Zona IV: Frente de explotación, arcillas y rellenos con pastos: 8 puntos.

4.1.1.6 Clima (C)

La cuantificación de este parámetro se realiza 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)

Para la evaluación de este factor se tuvo en cuenta el tipo de erosión y su influencia como agente desencadenante de movimientos en masa. En el barrio los procesos consisten en erosión laminar, en surcos, por socavación y sin erosión. Estos procesos se presentan principalmente en la ladera de la quebrada Las Lajas y la calle central del barrio Ramírez. 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.

La ladera del costado norte y centro del barrio Ramírez, es susceptible a la inestabilidad por erosión debido a la composición de sus materiales, a la inadecuada construcción de las viviendas, a los cortes y calles destapadas.

4.1.1.8 Sismicidad (S)

De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (Ingeominas y Uniandes, 1997) y como ya se refirió antes, se estableció que el barrio pertenece a la zona 1 – Cerros, a la que le corresponde un coeficiente a_h de 0,24 g. De otra parte, según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sísmorresistente (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 la mayor parte del barrio se encontraría en categoría alta, seguida de la amenaza media y con algunos pequeños sectores en amenaza baja; dicho resultado refleja parcialmente la verdadera condición del barrio, por lo que se procederá a utilizar los demás criterios enunciados para la evaluación definitiva de amenaza.

4.1.2 Antecedentes históricos de remoción en masa en la zona

No se encontró información acerca de antecedentes de inestabilidad; los informes de DPAE, no cubren este tema en forma tal que puedan ser considerados como antecedentes de inestabilidad.

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.

Las condiciones particulares de ubicación y técnica constructiva de las viviendas del sector permiten afirmar que su vulnerabilidad frente a estos procesos puede catalogarse como media a alta, en términos generales.

4.3 EVALUACIÓN DE RIESGO

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de amenaza y vulnerabilidad, puede afirmarse que en riesgo alto se pueden clasificar las viviendas de la hilera norte de la segunda manzana y está dado por las potenciales consecuencias originadas en la probable inestabilidad de los rellenos dispuestos para rellenar el cauce inicial de la quebrada, que provocaría el colapso de las viviendas construidas sobre ellos. De igual forma pueden presentarse eventos de fuertes lluvias y la quebrada tendería a recuperar su cauce inicial, lo cual también implicaría la desaparición de los rellenos y el colapso de las viviendas.

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 Ramírez, desde la perspectiva del riesgo por remoción en masa, puede ser legalizado, pero con la condición de que sean reubicadas las viviendas 09 a 13 de la manzana A2, las cuales se pueden relocalizar en el sector de la manzana Z2, costado sur del barrio, donde existe roca, siempre y cuando se efectúe un desarrollo urbano ordenado.
- La amenaza alta se ubica sobre la hilera norte de la manzana A2 y está dada por la probabilidad de presentarse movimientos de remoción en masa en los rellenos dispuestos para rellenar el cauce inicial de la quebrada, que provocaría el colapso de las viviendas construidas sobre ellos. La ocurrencia de este evento es bastante probable, ya que, como se mencionó, los rellenos son de muy baja consistencia y por estar situados sobre el cauce de la quebrada se encuentran saturados.

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 | Manzana A2 Predio 8 Zona Verde 02 |

| CALIFICACIÓN DE AMENAZA | PREDIOS |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMENAZA MEDIA | Manzana A1 Predios 1 a 24 Manzana A2 Predios 1 a 7 y 9 a 14 Manzana Z2 Predios 2 y 3 Zona Verde 01 |
| AMENAZA BAJA | Manzana Z2 Predio 1 |

Tabla 7. Resumen de calificación de riesgo

| CALIFICACIÓN DE RIESGO | PREDIOS | RECOMENDACIONES |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RIESGO ALTO NO MITIGABLE | Manzana A2 Predios 8 a 13 Zona verde 02 | Incluir en el programa de reasentamiento de familias con prioridad 1. La zona verde 02 se debe destinar a suelo de protección por riesgo y dar uso de recreación pasiva. |
| RIESGO MEDIO | Manzana A1 Predios 1 a 24 Manzana Z2 Predios 2 y 3 Manzana A2 Predios 1 a 7 y 14 Zona verde 01 | Continuar con el trámite de legalización. |
| RIESGO BAJO | Manzana Z2 Predio 1 | Continuar con el trámite de legalización. |

6 RECOMENDACIONES

De conformidad con los resultados del trabajo se plantea la ejecución de las siguientes medidas que permitirían la reducción del riesgo:

- Incluir en el programa de reasentamiento de familias localizadas en zona de alto riesgo no mitigable, las que habitan las viviendas registradas en la **Tabla 8**, con la prioridad definida en la misma tabla. 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 señalar 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).

Tabla 8. Predios a reubicar

| MANZANA | PREDIOS | PRIORIDAD |
|---------|-------------------------|-----------|
| A2 | 08, 09, 10, 11, 12 y 13 | 1 |

- La erosión laminar y en surcos presente en las calles del barrio Ramírez puede llegar a generar problemas de inestabilidad a futuro si este proceso no se controla de manera adecuada. Obviamente, el proceso erosivo debe ser controlado con obras de drenaje (cunetas, canales, descoles, alcantarillas, etc.).
- Se recomienda revisar la delimitación, condiciones y restricciones establecidas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá para la Zona de Ronda de la Quebrada Las Lajas, debido a que la EAAB es la entidad competente de la definición y por consiguiente de la afectación de las Zonas de Ronda de los cuerpos de Agua localizados en el Distrito Capital y de esta manera garantizar que los predios del barrio estén excluidos fuera de esta zona y no se afecte la red hídrica del sector, que se traduce en generación o aceleración de fenómenos de inestabilidad.

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.


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

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>

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

000027

UNIÓN TEMPORAL CRC
APÉNDICE 1
PLANOS

UNIÓN TEMPORAL CRC
APÉNDICE 2
REGISTROS DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

UNION TEMPORAL CRC

EXPLORACION DEL SUBSUELO

Perforación No. 21

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

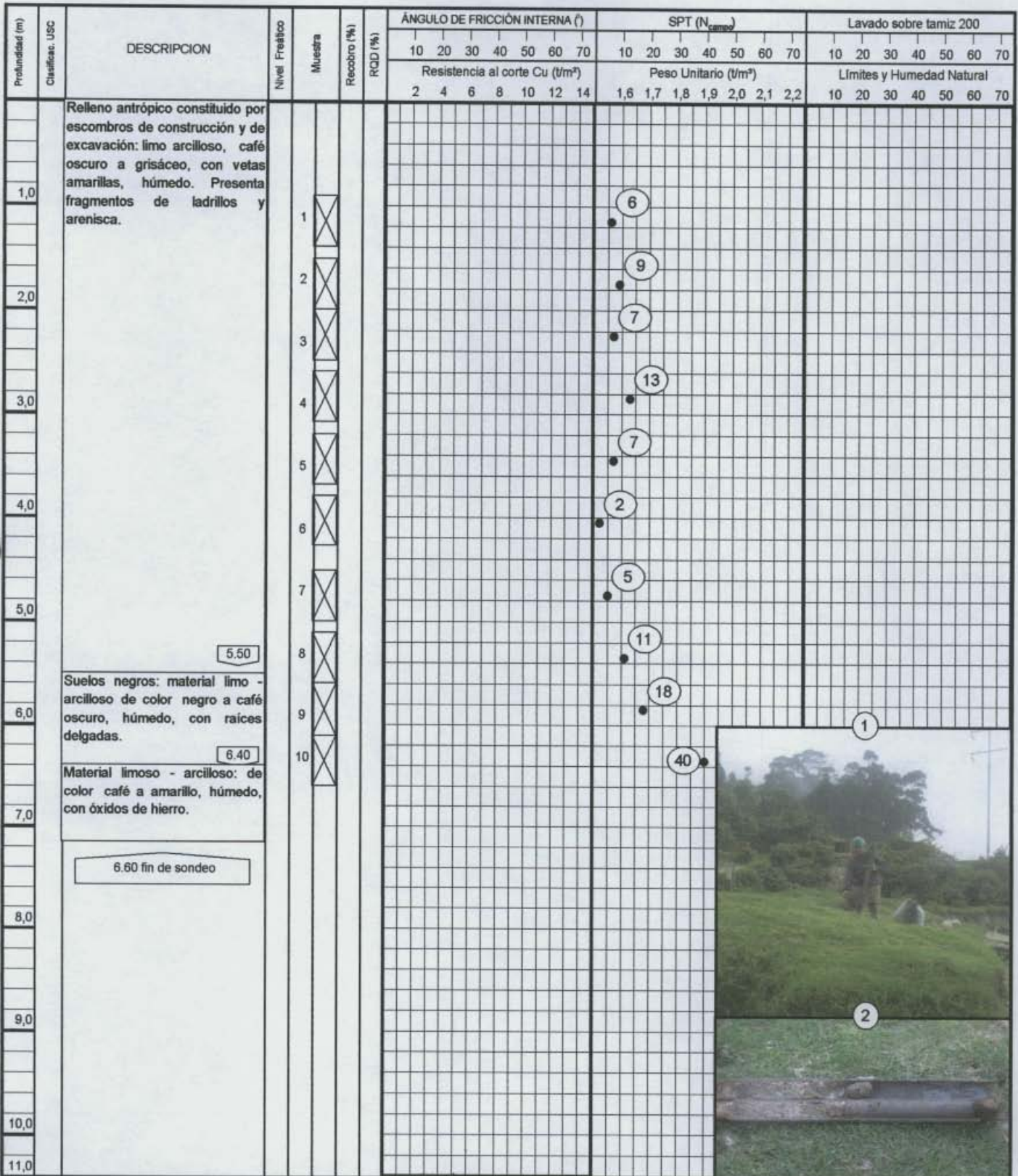
Proyecto: 1

Hoja 1 de 1

Localización: Barrio Ramirez

Cota:

Fecha: Ene-06



CONVENCIONES

| | | | | | | |
|---------|--------------|--|-------------------------|--|---------------------------|--------------------------|
| Muestra | Inalterada | | ■ Compresión inconfiada | | Número de golpes/ pie (N) | ■ Lavado sobre tamiz 200 |
| | Tubo Partido | | ✕ Veleta de Laboratorio | | | |
| | | | □ Veleta de campo | | | |

UNIÓN TEMPORAL CRC
APÉNDICE 3
TABLAS DE CALIFICACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO

TABLA 4
CALIFICACIÓN DE AMENAZA, BARRIO RAMÍREZ

| MANZANA | PREDIO | CÓDIGO | AMENAZA |
|---------|--------|----------|---------|
| ZV | 02 | | ALTA |
| A2 | 08 | RZ-A2-08 | ALTA |
| A2 | 09 | RZ-A2-09 | MEDIA |
| A2 | 10 | RZ-A2-10 | MEDIA |
| A2 | 11 | RZ-A2-11 | MEDIA |
| A2 | 12 | RZ-A2-12 | MEDIA |
| A2 | 13 | RZ-A2-13 | MEDIA |
| ZV | 01 | | MEDIA |
| A1 | 01 | RZ-A1-01 | MEDIA |
| A1 | 02 | RZ-A1-02 | MEDIA |
| A1 | 03 | RZ-A1-03 | MEDIA |
| A1 | 04 | RZ-A1-04 | MEDIA |
| A1 | 05 | RZ-A1-05 | MEDIA |
| A1 | 06 | RZ-A1-06 | MEDIA |
| A1 | 07 | RZ-A1-07 | MEDIA |
| A1 | 08 | RZ-A1-08 | MEDIA |
| A1 | 09 | RZ-A1-09 | MEDIA |
| A1 | 10 | RZ-A1-10 | MEDIA |
| A1 | 11 | RZ-A1-11 | MEDIA |
| A1 | 12 | RZ-A1-12 | MEDIA |
| A1 | 13 | RZ-A1-13 | MEDIA |
| A1 | 14 | RZ-A1-14 | MEDIA |
| A1 | 15 | RZ-A1-15 | MEDIA |
| A1 | 16 | RZ-A1-16 | MEDIA |
| A1 | 17 | RZ-A1-17 | MEDIA |
| A1 | 18 | RZ-A1-18 | MEDIA |
| A1 | 19 | RZ-A1-19 | MEDIA |
| A1 | 20 | RZ-A1-20 | MEDIA |
| A1 | 21 | RZ-A1-21 | MEDIA |
| A1 | 22 | RZ-A1-22 | MEDIA |
| A1 | 23 | RZ-A1-23 | MEDIA |
| A1 | 24 | RZ-A1-24 | MEDIA |
| A2 | 01 | RZ-A2-01 | MEDIA |
| A2 | 02 | RZ-A2-02 | MEDIA |
| A2 | 03 | RZ-A2-03 | MEDIA |
| A2 | 04 | RZ-A2-04 | MEDIA |
| A2 | 05 | RZ-A2-05 | MEDIA |
| A2 | 06 | RZ-A2-06 | MEDIA |
| A2 | 07 | RZ-A2-07 | MEDIA |
| A2 | 14 | RZ-A2-14 | MEDIA |
| Z2 | 02 | RZ-Z2-02 | MEDIA |
| Z2 | 03 | RZ-Z2-03 | MEDIA |
| Z2 | 01 | RZ-Z2-01 | BAJA |

TABLA 5
CALIFICACIÓN DE RIESGO, BARRIO RAMÍREZ

| MANZANA | PREDIO | CÓDIGO | RIESGO |
|---------|--------|----------|--------|
| A2 | 09 | RZ-A2-09 | ALTO |
| A2 | 10 | RZ-A2-10 | ALTO |
| A2 | 11 | RZ-A2-11 | ALTO |
| A2 | 12 | RZ-A2-12 | ALTO |
| A2 | 13 | RZ-A2-13 | ALTO |
| ZV | 02 | | ALTO |
| A2 | 08 | RZ-A2-08 | ALTO |
| ZV | 01 | | MEDIO |
| A1 | 01 | RZ-A1-01 | MEDIO |
| A1 | 02 | RZ-A1-02 | MEDIO |
| A1 | 03 | RZ-A1-03 | MEDIO |
| A1 | 04 | RZ-A1-04 | MEDIO |
| A1 | 05 | RZ-A1-05 | MEDIO |
| A1 | 06 | RZ-A1-06 | MEDIO |
| A1 | 07 | RZ-A1-07 | MEDIO |
| A1 | 08 | RZ-A1-08 | MEDIO |
| A1 | 09 | RZ-A1-09 | MEDIO |
| A1 | 10 | RZ-A1-10 | MEDIO |
| A1 | 11 | RZ-A1-11 | MEDIO |
| A1 | 12 | RZ-A1-12 | MEDIO |
| A1 | 13 | RZ-A1-13 | MEDIO |
| A1 | 14 | RZ-A1-14 | MEDIO |
| A1 | 15 | RZ-A1-15 | MEDIO |
| A1 | 16 | RZ-A1-16 | MEDIO |
| A1 | 17 | RZ-A1-17 | MEDIO |
| A1 | 18 | RZ-A1-18 | MEDIO |
| A1 | 19 | RZ-A1-19 | MEDIO |
| A1 | 20 | RZ-A1-20 | MEDIO |
| A1 | 21 | RZ-A1-21 | MEDIO |
| A1 | 22 | RZ-A1-22 | MEDIO |
| A1 | 23 | RZ-A1-23 | MEDIO |
| A1 | 24 | RZ-A1-24 | MEDIO |
| A2 | 01 | RZ-A2-01 | MEDIO |
| A2 | 02 | RZ-A2-02 | MEDIO |
| A2 | 03 | RZ-A2-03 | MEDIO |
| A2 | 04 | RZ-A2-04 | MEDIO |
| A2 | 05 | RZ-A2-05 | MEDIO |
| A2 | 06 | RZ-A2-06 | MEDIO |
| A2 | 07 | RZ-A2-07 | MEDIO |
| A2 | 14 | RZ-A2-14 | MEDIO |
| Z2 | 02 | RZ-Z2-02 | MEDIO |
| Z2 | 03 | RZ-Z2-03 | MEDIO |
| Z2 | 01 | RZ-Z2-01 | BAJO |

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 | | | | | |
| | Foliada | | | | R 2 | | |
| SEDIMENTARIO | Cristalina | R 2 | | | | | |
| | Clásfica | | R 3 | R 3 | | R 4 | R 4 |

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

| TIPO ROCA | RESISTENCIA (Kg/cm ²) | FRACTURAMIENTO (TAMAÑO BLOQUE - cm) | | | |
|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| | | Mínimo (masiva) (<100) | Ligero (10-100) | Moderado (1-10) | Intenso (< 1) |
| | | R1 | Alta ($\sigma_c > 1120$) | 50 | 39 |
| R2 | Media ($560 < \sigma_c < 1120$) | 38 | 29 | 16 | 7 |
| R3 | Baja ($280 < \sigma_c < 560$) | 35 | 25 | 15 | 8 |
| R4 | Muy baja ($\sigma_c < 280$) | 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 Deery 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 (Qdt) 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 | Igneá | 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 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 (reellenos 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 Tiltá (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 | RESIDUAL | | | |
|----------------------|----------|-----|-------------------|-----|
| | SUELO | | SUELO SAPROLÍTICO | |
| | G | F | G | F |
| Roca Parental | | | | |
| 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 Tlatá | TQt | Agua | 4 |
| Depósitos aluviales | Qal | Agua | 10 |
| Terrazas bajas | Qtb | Agua | 15 |
| Flujos de tierra | Qft | Gravedad y agua | 2 |
| Depósitos coluviales | Qalc | Gravedad | 6 |
| Depósitos fluvio-glaciares | 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 |

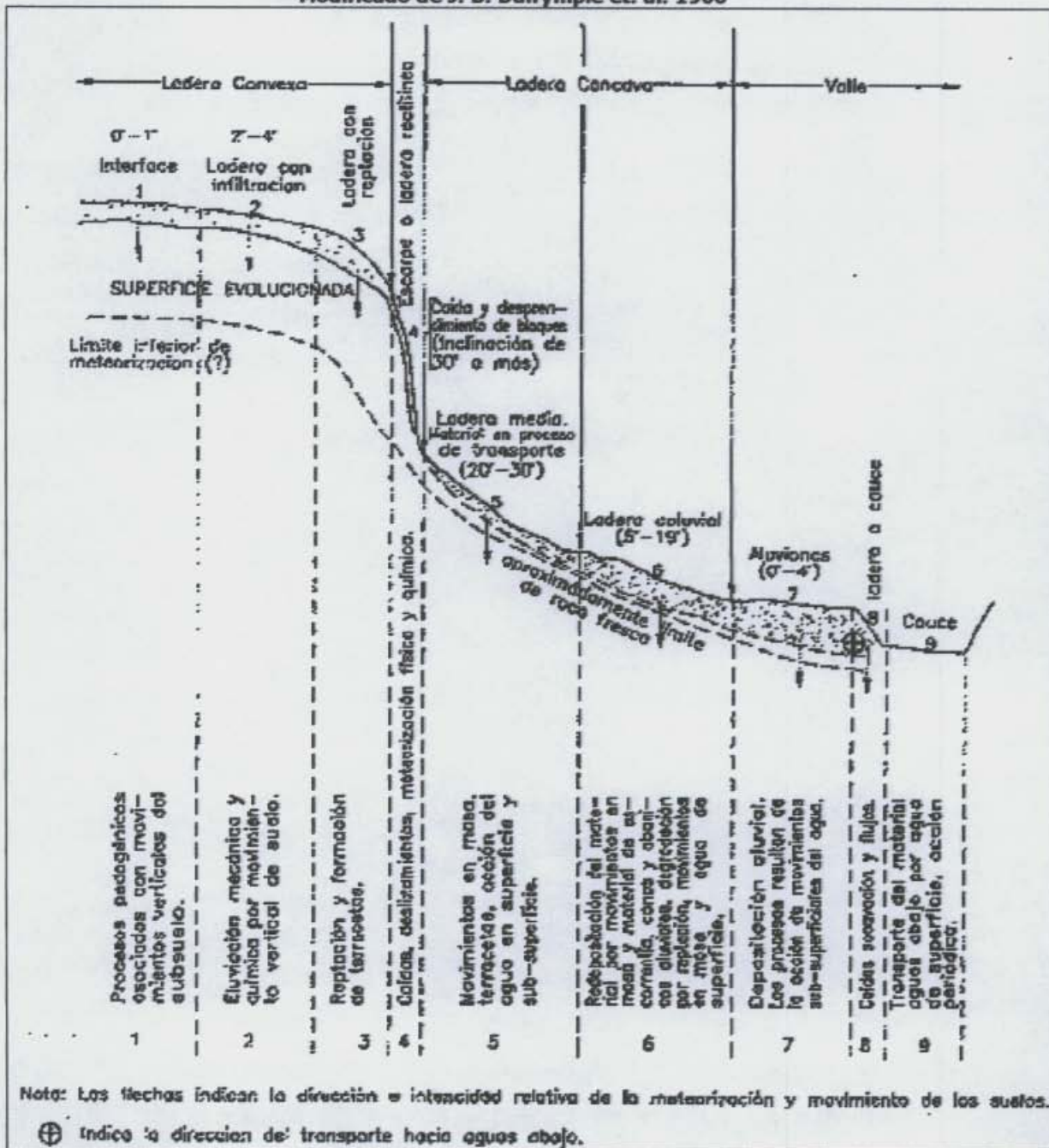
Tabla 1.13. Valores de estabilidad por relieve

| | | |
|---------------------------------|---------|----|
| 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 de 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 microcuencua.

Tabla 1.15. Valores de estabilidad para drenaje

| Pendiente promedio de cauces | Densidad de drenaje (m / Ha) | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------|
| | Alta (> 80) | Media (30 – 80) | Baja (< 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 rastrojo bajo y las áreas sin pavimentar a zonas con pastos. Adicionalmente las áreas de canteras, se asimilaron 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 (S3) 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 lútfica 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 Sísmicidad 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 | $171 < CAL$ |