**FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE**
**DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE LA SECRETARÍA DE GOBIERNO DEL DISTRITO CAPITAL - DPAE**

**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.**

# CONCEPTO TÉCNICO DE RIESGO DEL DESARROLLO SAN JUAN DE USME IV SECTOR, LOCALIDAD DE USME

**CONSULTOR: UNIÓN TEMPORAL CRC (CONSULCONS LTDA., HÉCTOR V. RODRÍGUEZ R. & CARLOS H. CANTILLO R.)**

**BOGOTA, D. C., COLOMBIA, ENERO DE 2006**

**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. 4340

## 1 INFORMACIÓN GENERAL

| | |
|---|---|
| **ENTIDAD SOLICITANTE:** | D.A.P.D. |
| **LOCALIDAD:** | USME |
| **BARRIO:** | **SAN JUAN DE USME IV SECTOR** |
| **UPZ:** | 57 – Gran Yomasa |
| **ÁREA (Ha):** | 0,5 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 San Juan de Usme IV Sector, 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 DESARROLLLO SAN JUAN DE USME IV SECTOR

El desarrollo denominado San Juan de Usme IV Sector, se encuentra localizado en la zona sur de la capital de la República de Colombia, en la localidad No. 05, Usme, y en la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 57 – Gran Yomasa, entre las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá:

Norte: 91.770 a 91.870
Este: 95.680 a 95.770

En la **Figura 1** se muestra la localización general del barrio, el cual ocupa un área aproximada de 0,5 Ha y comprende 3 manzanas, conformadas en total por 51 predios. Vale la pena aclarar que se trabajó con base en la cartografía que entregó el FOPAE, la cual corresponde a la cartografía y nomenclatura de Catastro Distrital (DACD) y en la cual los límites de barrio están definidos con base en la demarcación de Planeación Distrital (DAPD).

La principal vía de acceso a la zona es la Avenida Caracas. El barrio está delimitado por la quebrada Santa Librada, al occidente, la diagonal 86 Sur, al oriente, la carrera 31 este, al sur y la carrera 29 A este, al norte. Colinda con los barrios El Pedregal al oriente, San Juan de Usme II y III Sector al sur, Barranquillita al occidente y con lotes baldíos al norte.




**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 San Juan de Usme IV Sector de la Localidad de Usme, 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 especificas 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 |
|---|---|---|
| Diagnóstico Técnico del Deslizamiento en el Sector de los Barrios Barranquillita y San Juan de Usme, Santafé de Bogotá, D. C. | Edgar Enrique roa para OPES (Hoy DPAE) | Diciembre de 1994 |
| 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 |
| Estudio Geotécnico Sector "El Pedregal" Fase II | Ingeominas para DAPD y Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá | Abril de 1996 |
| Zonificación de Riesgo por Movimientos de Remoción en Masa en 101 Barrios de la Localidad de Usme | Investigaciones Geotécnicas Ltda. para FOPAE | 1998 |
| Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar la Ladera donde se Encuentran los Barrios El Pedregal, Barranquillita y San Juan de Usme, Localidad de Usme | IEH Grucon Ltda. para FOPAE | Octubre de 1999 |

### 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: Concepto técnico 3139 y Diagnóstico 2511.

## 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 Referente físico de la Localidad de Usme

#### 2.5.1.1 Clima, hidrografía e hidrología

Los principales datos climáticos de la Localidad son:

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

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

Dependiendo de la relación precipitación - brillo solar, se presenta la condición de zona semiseca, en la proporción de territorio que bordea los Cerros Orientales extendiéndose aproximadamente hasta la mitad de la Localidad en el sentido oriente - occidente. La porción de territorio restante hasta el límite con las Localidades de Rafael Uribe, Tunjuelito y Ciudad Bolívar, debido a su bajo nivel de precipitaciones, tiene condiciones de zona seca. Hidrográficamente la zona pertenece a la cuenca del río Tunjuelito. (Fuente: Portal www.redbogota.com del programa Red Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia).

#### 2.5.1.2 Aspectos sísmicos

De acuerdo con el mapa de microzonificación sísmica de la ciudad (Ingeominas y Uniandes, 1997), la Localidad de Usme se encuentra en las zonas 1 y 5. 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.

# 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

Las rocas que afloran en el sector corresponden a la Formación Regadera, en la cual se observan algunos espesores de suelo residual.

- **Formación Regadera (Tr)**

La formación consta de areniscas cuarzofeldespáticas, poco consolidadas, de color gris claro a blanco, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares de conglomerados finos y matriz arcillosa. El conjunto inferior de la formación consiste en bancos de arenisca con estratificación cruzada y espesores entre 0,5 y 15 m. Las areniscas alternan con arcillolitas de color gris claro a rosadas y hasta rojizas con espesores que no sobrepasan los 0,3 m. En el conjunto superior de la formación predominan las arcillolitas.

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

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

#### 3.1.1.2 Geología estructural

El sistema estructural de incidencia en el área corresponde a la falla de la quebrada Yomasa, que corresponde a un importante trazo rectilíneo, con dirección general N40W, a través del cual sufre un importante cambio en la dirección del rumbo de las

capas de las Formaciones Areniscas de La Regadera y Usme hacia un sentido NW, haciendo que el eje del Sinclinal de Usme igualmente se deflecte hacia esta dirección. Hacia la Quebrada Santa Librada, esta estructura se divide en dos segmentos: uno de los cuales conserva idéntica dirección al trazo principal, pasando inmediatamente al norte del Barrio El Bosque y provocando un desplazamiento de carácter dextral en las rocas de la Formación Guadalupe. El otro continúa el curso de la Quebrada Santa Librada (N85W) y de la misma manera, generan un leve desplazamiento dextral en las rocas Terciarias.

### 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 Suelos residuales (Qsr)

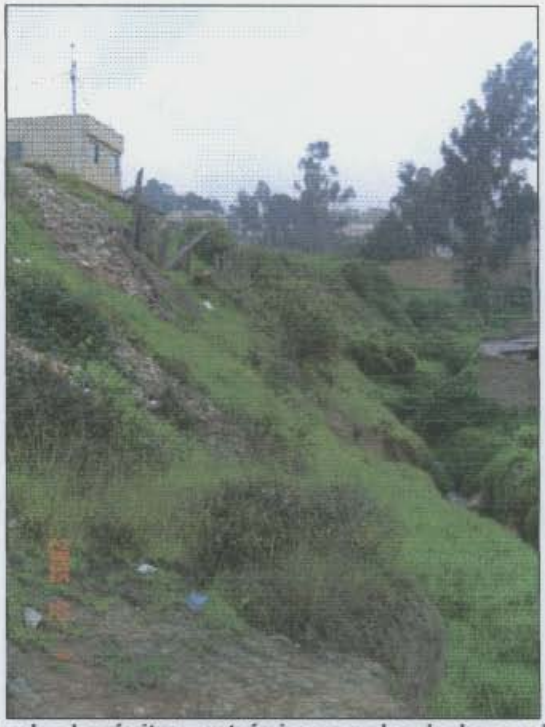
Con este nombre se identifican los suelos derivados de la Formación Regadera que son de color rojo naranja, de grano grueso y se localizan en las bases de las casas y en la margen derecha de la quebrada Santa Librada donde alcanzan 2,5 m de espesor (**Fotografía 1).**



**Fotografía 1**. Afloramiento de la Formación Regadera en proceso de meteorización y alteración a suelos residuales arenosos (margen derecha de la quebrada Santa Librada).

### 3.1.2.2 Rellenos antrópicos (Qra)

Son depósitos efectuados por la actividad humana, como los rellenos producto de explanaciones y los depósitos de escombros. En el barrio es común la disposición de materiales de desecho (escombros de construcción), los cuales se localizan alrededor de las viviendas y de los taludes junto a la quebrada Santa Librada con un espesor que varía de 2 a 3 m (**Fotografía 2**).



**Fotografía 2**. Detalle de depósitos antrópicos en las laderas de la quebrada Santa Librada, barrio San Juan de Usme IV Sector (costado oeste).

### 3.1.2.3 Depósito aluvial (Qal)

Son depósitos asociados al valle estrecho de la quebrada Santa Librada que consisten en cantos de arenisca angulares a subangulares de variados tamaños; se presentan hacia la parte noroeste del barrio.

### 3.1.3 Aspectos hidrogeológicos

Una característica geoestructural en el área es el alto grado de fisuramiento de los depósitos antrópicos, lo que hace que estos materiales se comporten como semipermeables, situación que favorece la escorrentía subsuperficial. Los suelos residuales duros de la formación Regadera presentan estructuras heredadas (diaclasas) a través de las cuales puede circular el agua subterránea; sin embargo,

en el afloramiento existente en la orilla derecha de la quebrada Santa Librada no se observa humedad en este tipo de materiales. De todas formas, no se descarta la posibilidad de flujos de agua subterránea, especialmente durante temporadas lluviosas, debido a que las condiciones topográficas y geológicas lo permiten, pero este factor no se considera relevante en la estabilidad del barrio.

La incidencia relevante de las aguas lluvias y de infiltración se refleja en los materiales del depósito fluvioglaciar localizado en la ladera de aguas arriba del barrio; la matriz se lava y los bloques de arenisca quedan "sueltos", razón por la cual constituyen un potencial de inestabilidad.

### 3.1.4 Geomorfología

En el barrio San Juan de Usme IV Sector se identificaron los procesos morfodinámicos y las características de los mismos con el propósito de calificar los parámetros del relieve de acuerdo con la metodología de zonificación adoptada.

#### 3.1.4.1 Unidades geomorfológicas

En términos generales, se presenta una unidad geomorfológica que consiste en una ladera erosional residual donde se encuentra fundado el barrio. Sobre la ladera se han conformado unidades de origen antrópico, que corresponden básicamente a zonas de rellenos sin compactar, los cuales no se notan inestables. Además de los rellenos se efectuan cortes y explanaciones para la construcción de viviendas.

#### 3.1.4.2 Procesos morfodinámicos

Los factores condicionantes de la inestabilidad del terreno son la disposición inadecuada de rellenos en la ladera y la ejecución de excavaciones sin efectuar tratamientos adecuados de los taludes de corte para la construcción de viviendas (procesos antrópicos).

A continuación se describen los procesos morfodinámicos identificados en el barrio San Juan de Usme IV Sector:

- **Taludes de corte**

Los taludes de corte son procesos bastante representativos que se encuentran en su mayoría hacia el norte y la parte este del barrio. Estos cortes son verticales y presentan alturas hasta de 2,5 m; algunos de estos cortes se han realizado en material de relleno (**Fotografía 3**).



**Fotografía 3.** Talud de corte para la construcción de viviendas, barrio San Juan de Usme IV Sector; en la parte superior del talud se notan materiales de relleno sobre un remanente de fluvioglaciar y en la base suelo residual.

- **Reptación**

La reptación es un movimiento muy lento que se presenta en las laderas del área del barrio San Juan de Usme IV Sector, en zonas no intervenidas desde el punto de vista urbanístico; la reptación se acentúa sobre los rellenos antrópicos sin compactar en zonas de alta pendiente.

## 3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS EXPUESTAS

En este barrio se adelantó un trabajo de inventario de construcciones, cuyos resultados se presentan a continuación. No se efectuaron censos de población ni otro tipo de levantamientos, pues dichas actividades escapan del alcance del trabajo. La tabla de datos (**Tabla 3**) se adjunta en el **Apéndice 2**.

En San Juan de Usme IV Sector hay en total 51 lotes, distribuidos en 3 manzanas, de los cuales hay construidos 21, equivalentes al 41,2% del total de barrios. Llama la atención que en muchos lotes está construida solamente la cimentación.

La totalidad de las construcciones están destinadas a la vivienda como uso principal y único; no se observaron depósitos de materiales o actividades peligrosas (Expendios de gas, polvorerías, lavanderías).

Hay 13 edificaciones de un piso (61,9%) y 8 son de dos pisos (38,1%).

Del total de construcciones, no se halló ninguna que cumpliera la normatividad sismorresistente. La tipología predominante es la mampostería simple (20 casas, 95,2%), seguida de una construcción en latas (4,8%).

# 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**.

#### 3.1.1.1 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 este caso se calificó así: En el sector solamente se presenta un tipo de material (suelo); sin embargo, predominan los depósitos antrópicos, con una calificación de 10, que presentan un comportamiento diferente a los suelos residuales (calificación de 15) y el depósito aluvial en el valle estrecho de la quebrada Santa Librada (Calificación 10).

#### 3.1.1.2 Factor antrópico (A)

Este factor corresponde a la intervención del hombre sobre el medio físico, lo cual se puede considerar como contribuyente para los procesos de inestabilidad. Para el barrio San Juan de Usme IV Sector se consideraron las siguientes zonas.

- Zona I: Zonas intervenidas con rellenos en áreas de drenajes naturales. Calificación: 5 puntos

- Zona III: Cortes y rellenos aislados para la construcción de viviendas (zonas no urbanizadas): 30 puntos.

- Zona IV: Cortes y rellenos de poco espesor con descargas controladas de agua. Corresponde al área urbanizada del barrio: 30 puntos.

### 3.1.1.3 Relieve (R)

La condición de inestabilidad de una ladera está asociada en términos de relieve a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuantes sobre ellas. En el área del barrio San Juan de Usme IV Sector se trabajó con base en un plano de pendientes elaborado por la herramienta SIG, en el cual se observó que hay una zona de altas pendiente en los taludes de la quebrada Santa Librada y una zona de pendientes medias en la zona donde se construyen las viviendas.

También se tuvo en cuenta la forma de la ladera de acuerdo con el modelo de procesos geomórficos modificado de J. B. Dalrymple et al. (1966) con formas convexas, rectilíneas o cóncavas, a las cuales se asignan puntajes de 5, 3 o 0, respectivamente. Las calificaciones obtenidas se muestran a continuación.

- Puntaje 3: Zona de ladera recta en la mayor parte del barrio (zonas donde se lleva a cabo la construcción de viviendas). En los taludes de relleno y alta pendiente.

- Puntaje 0: Zonas cóncavas en las riberas de la quebrada Santa Librada (sector oeste del barrio).

### 3.1.1.4 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**.

**Tabla 2. Valores de estabilidad por 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 |

Se definieron dos zonas en el barrio San Juan de Usme IV Sector. La primera corresponde a la zona de pendientes medias, donde se construyen las viviendas, y la segunda corresponde a la zona de los taludes junto a la quebrada, con un drenaje alto.

### 3.1.1.5 Cobertura (U)

La cobertura constituye un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, principalmente en lo referente con el control de erosión e infiltración de aguas de escorrentía. En el barrio San Juan de Usme IV Sector, la clasificación de la cobertura se divide en:

- Zonas con cobertura "impermeable": Corresponde a la vía principal del barrio que se encuentra pavimentada: 20 puntos.
- Zonas con cobertura permeable: Constituyen las zonas donde están las vías en afirmado: 12 puntos.
- Zonas con pastos y vegetación herbácea: Las cuales se ubican en la ladera de la margen derecha de la quebrada Santa Librada: 14 puntos.
- Zonas de vivienda con cubrimiento < 50%: Esta zona comprende el área de mayor urbanismo del barrio: 12 puntos.

### 3.1.1.6 Clima (C)

La cuantificación de este parámetro se realiza con base en la relación lluvia – deslizamiento, con base en el trabajo de Castellanos y otros (1999). Con base en dicho trabajo se ha definido la estación representativa de la zona la lluvia crítica respectiva y su período de retorno. Para el barrio San Juan de Usme IV Sector se utilizaron los datos de la Estación La Picota, en la cual la lluvia crítica tiene un período de retorno de 36,5 años, para el cual la metodología asigna un puntaje de 37.

### 3.1.1.7 Erosión (E)

En la evaluación de este factor se tuvo en cuenta el tipo de erosión, la proximidad a los cauces y la influencia como agente desencadenante de movimientos en masa. En el barrio San Juan de Usme IV Sector, los procesos observados fueron la socavación en la base del talud por acción de la quebrada Santa Librada, en donde se asignó un puntaje de 3 y las zonas sin erosión, que comprenden el área restante del barrio, que tienen 12 puntos.

### 3.1.1.8 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 ah de

0,24 g. 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 4**.

**Tabla 4. 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 encuentra en categoría alta, lo que coincide con las observaciones de campo y antecedentes, como se trata más adelante.

### 4.1.2 Antecedentes históricos de remoción en masa en la zona

Al efectuar la revisión de antecedentes del barrio San Juan de Usme IV Sector, la primera referencia aparece en Roa (1994), quien elaboró una juiciosa descripción de un deslizamiento presentado en inmediaciones de este y el barrio Barranquillita, en una zona localizada en la parte alta del talud, frente al barrio San Juan de Usme IV Sector, como se muestra en la **Figura 2**.

En el informe, el geólogo Roa concluye que "La región en general presenta procesos de deterioro físico y ambiental en todos los elementos del medio natural", así como que "El deslizamiento analizado es un indicador del precario equilibrio inestable que presenta la región, y del deterioro del paisaje, este (sic) puede ser la manifestación o un elemento de alerta temprana de un proceso de mayor magnitud a los registrados hasta ahora".

También, entre otros temas, se abordan los problemas relacionados con inestabilidad en las orillas de la quebrada Santa Librada (Quebrada Curi, según la cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC) por socavación lateral.

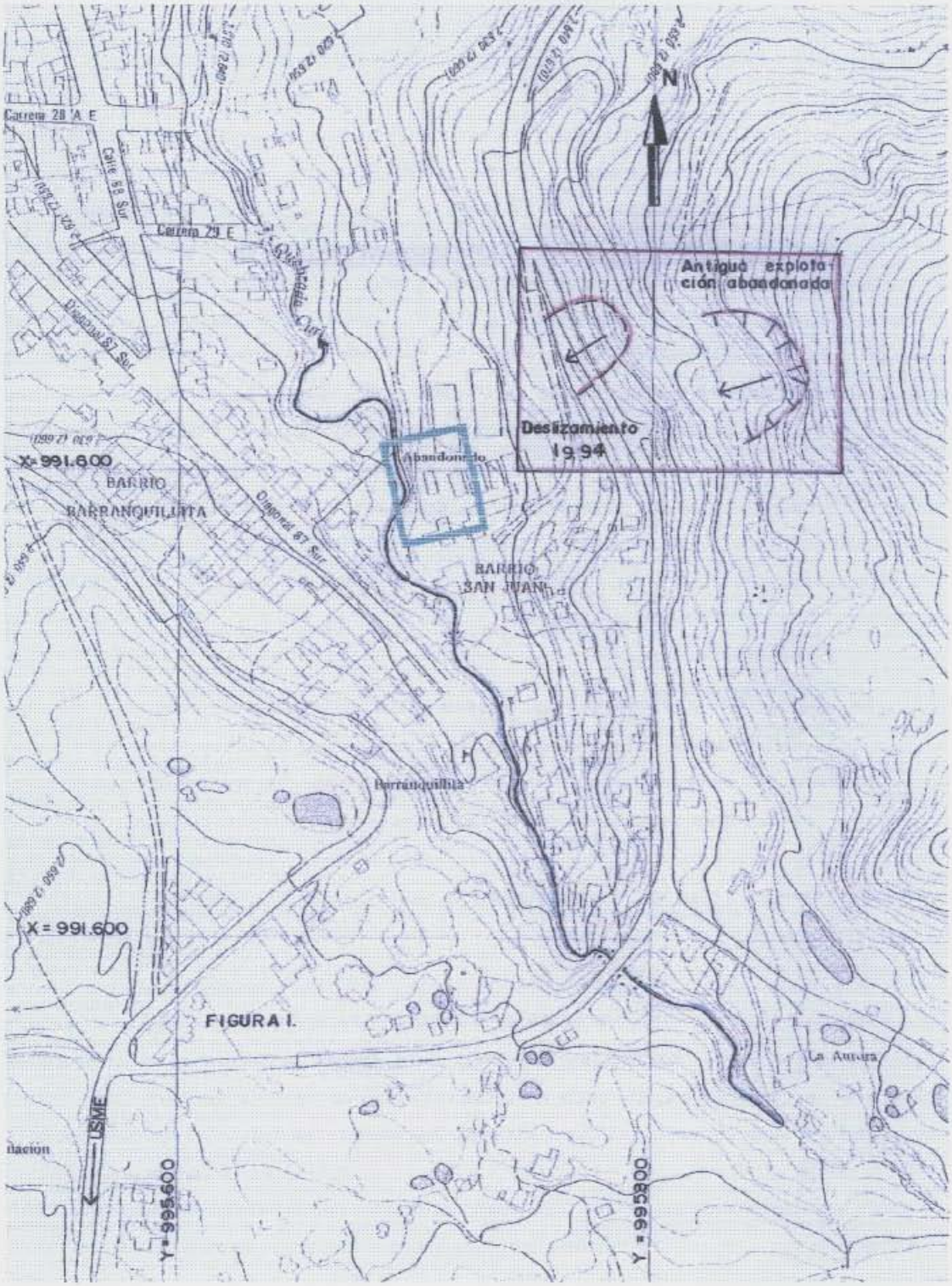



**Figura 2. Localización de las zonas inestables estudiadas por Roa (En el recuadro verde se ubica San Juan de Usme IV Sector) (Fuente: Roa, 1994)**

Por otra parte, Ingeominas en su estudio de 1995, identifica el problema de socavación de la quebrada Santa Librada y su efecto sobre los taludes de borde y la estabilidad de las viviendas allí localizadas, como se muestra en la **Fotografía 4**.



**Fotografía 4**. Detalle de la quebrada Santa Librada en el barrio San Juan de Usme. (Tomado de Ingeominas, 1995)

En el estudio de 1996, Ingeominas describe los siguientes problemas en el sector: "El problema de estabilidad está asociado a (sic) la pérdida de soporte en la base de la ladera, por los cortes viales y de conformación para la cimentación de viviendas realizadas sobre el cono aluvial. Localmente se ha explotado material de forma inadecuada, dejando escarpes inestables, zonas desprovistas de vegetación donde la erosión ha avanzado, acelerando los procesos de inestabilidad. Estos procesos han modificado de forma continua el equilibrio natural de la ladera. Los movimientos en masa se aceleran en épocas de lluvias y/o por el mal manejo que se le ha dado al área de sus aguas servidas y de escorrentía".

El estudio de Investigaciones Geotécnicas Ltda. (1998) registra solamente la potencial inestabilidad de bloques en los frentes de explotación de materiales en e vecino barrio El Pedregal.

El estudio de IEH Grucon (1999) cubre el sector ubicado inmediatamente al sur del barrio San Juan de Usme IV Sector y concluye que "en general la ladera se presenta estable, no existen procesos de movimientos en masa que involucren grandes áreas, a excepción del movimiento superficial ocurrido en el sector ubicado al norte del área entre las calles 86 sur y 85 D sur".

En otro parte se menciona que "... sin olvidar el grado de riesgo evaluado para estas zonas, se puede indicar que las zonas más sensibles a sufrir daño por la ocurrencia de movimientos en masa son la zona de ronda de la margen derecha de la quebrada, el frente de explotación abandonado localizado al centro norte del área y localmente los sectores utilizados para disposición de materiales producto de las excavaciones para la conformación de viviendas o de vías."

El Concepto Técnico de DPAE No. 3139 del 17 de agosto de 1999 describe la siguiente problemática: "De acuerdo a (sic) información suministrada por los habitantes del sector, ocurren inundaciones durante las crecientes extraordinarias produciendo ataques sobre las márgenes produciendo inestabilidad de las viviendas que están ocupando el cauce de la quebrada". A renglón seguido dicho informe registra las observaciones realizadas durante un recorrido efectuado el día 14 de agosto de ese año, y que se transcriben a continuación:

"

- Sobre la ronda de la quebrada Santa Librada hay construcciones de tipo consolidado de uno y dos pisos, las cuales se encuentran expuestas a la falla de las márgenes debida a la socavación de la quebrada.

- Las viviendas presentan marcas en las paredes posteriores de haber sido afectadas por la corriente de agua, alcanzando niveles de más de un metro en algunos casos.

- Durante el recorrido no se observaron represamientos ni fuentes de arrastre de material, sin embargo hay un paso vehicular ubicado en la transversal 31B este con calle 86 sur la cual constantemente se llena de basuras y escombros que arrojan los mismos habitantes del sector provocando el aumento de los niveles de agua.

- Adicional a los problemas que genera la quebrada, se encuentran conducciones de aguas negras de las viviendas que son arrojadas a la quebrada sin ningún control lo cual originan inestabilidad de los taludes de la misma."

El Concepto Técnico recomienda reubicar 7 familias, efectuar el mantenimiento del cruce de la quebrada y, a largo plazo "Reconformación de la quebrada Santa Librada a lo largo de su cauce, en donde se rectifique su cauce, se recupere su capacidad hidráulica, se mejoren las condiciones de los taludes y se revegetalicen los mismos. Además se debe mejorar el diseño de los puentes tanto vehiculares como peatonales para que no sirva de obstrucción a la corriente de agua de la quebrada".

El 03 de noviembre de 2005, la DPAE emitió el Diagnóstico No. 2511, mediante el cual modifica la prioridad de reubicación de una de las familias identificadas en el Concepto Técnico 3139.

### 4.1.4 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**. De acuerdo con los resultados obtenidos, todo el barrio se encuentra en zona de amenaza alta, originada, por una parte, por los procesos de socavación de la quebrada y, por el otro, por la amenaza que representan los materiales ubicados en la parte alta del talud.

## 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.

Como se registró en párrafos anteriores, la amenaza en el barrio está representada por la potencial inestabilidad de los materiales localizados en la parte superior del barrio y los procesos de socavación de la quebrada Santa Librada. Para tales casos se considera que la vulnerabilidad por exposición es alta para todas las viviendas.

De otro lado, 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 alta.

## 4.3 EVALUACIÓN DE RIESGO

Considerando los resultados obtenidos en los aspectos de amenaza y vulnerabilidad, se concluye que todo el barrio se encuentra en alto riesgo.

# 5 CONCEPTO DE RIESGO

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

- El barrio San Juan de Usme IV Sector, desde la perspectiva del riesgo por remoción en masa, no debe ser legalizado.

- Todo el barrio se encuentra en zona de amenaza alta, originada, por una parte, por los procesos de socavación de la quebrada y, por el otro, por la amenaza que representan los materiales ubicados en la parte alta del talud.

- La vulnerabilidad física de las viviendas es alta, debido a las deficiencias técnicas que presentan las construcciones, pero también por el nivel de exposición a los procesos generadores de amenaza.
- Considerando los resultados obtenidos en los aspectos de amenaza y vulnerabilidad, se concluye que todo el barrio se encuentra en alto riesgo.

En las **Tablas 5** y **6** se presentan resúmenes de amenaza y riesgo por remoción en masa para este barrio.

**Tabla 5. Resumen de calificación de amenaza**

| CALIFICACIÓN DE AMENAZA | PREDIOS |
|---|---|
| AMENAZA ALTA | Todo el barrio |

**Tabla 6. Resumen de calificación de riesgo**

| CALIFICACIÓN DE RIESGO | PREDIOS | RECOMENDACIONES |
|---|---|---|
| RIESGO ALTO NO MITIGABLE | Todo el barrio | Incluir en el programa de reasentamiento de familias con prioridad 1, los predios ocupados y los demás destinarlos como suelo de protección por riesgo. |

## 6 RECOMENDACIONES

De conformidad con los resultados del trabajo se presentan las siguientes recomendaciones:

Incluir en el programa de reasentamiento de familias localizadas en zona de alto riesgo no mitigable, las que habitan predios construidos en el barrio San Juan de Usme IV Sector, con prioridad uno, que se muestran en la **Tabla 7**. Los demás predios se deben declarar como suelo de protección por riesgo.

**Tabla 7. Predios a reubicar**

| MANZANA | PREDIOS | PRIORIDAD |
|---|---|---|
| A1 | 6, 7, 8 | 1 |
| A2 | 2, 7 a 10, 13,14,17, 25 y 26 | 1 |
| 91 | 7 a 11 y 14 | 1 |

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).

Se recomienda revisar la delimitación, condiciones y restricciones establecidas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) para la zona de ronda de la quebrada Santa Librada, 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.

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

IEH Grucon Ltda. (1999) para FOPAE. Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar la Ladera donde se Encuentran los Barrios El Pedregal, Barranquillita y San Juan de Usme, Localidad de Usme. Bogotá, Colombia.

Ingeominas (1996) para DAPD y Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá. Estudio Geotécnico Sector "El Pedregal" Fase II. Bogotá, Colombia.

Ingeominas (1995) para DAPD. 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. Bogotá, Colombia.

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

Investigaciones Geotécnicas Ltda., IGL (1998) para FOPAE. Zonificación de Riesgo por Movimientos de Remoción en Masa en 101 Barrios de la Localidad de Usme. Bogotá, Colombia.

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

Roa, Edgar E. (1994) para OPES (Hoy DPAE). Diagnóstico Técnico del Deslizamiento en el Sector de los Barrios Barranquillita y San Juan de Usme, Santafé de Bogotá, D. C. Bogotá, Colombia.

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<br>**CARLOS H. CANTILLO RUEDA**<br>Representante Legal y Especialista en Riesgos<br>T. P. 2520233583 CND<br><br>**JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ**<br>Director de Consultoría<br>T. P. 2520226120 | Carlos H Cantillo R.<br><br>Jorge A Rodriguez O. |
| REVISÓ | **CÉSAR FERNANDO PEÑA PINZÓN**<br>Geólogo - Especialista en Geotecnia<br>M. P. 1751 C.P.G. | Cesar F. Peña P. |
| REVISÓ | **DIANA PATRICIA AREVALO S.**<br>Jefe Grupo Estudios Técnicos y Conceptos DPAE | |
| APROBÓ | **GUILLERMO ÁVILA**<br>Coordinador Área de Investigación y Desarrollo DPAE | |
| Vo. Bo. | **FERNANDO RAMÍREZ CORTÉS**<br>Director DPAE | |

**UNIÓN TEMPORAL CRC**

# APÉNDICE 1
# PLANOS

UNIÓN TEMPORAL CRC

# APÉNDICE 2
# INVENTARIO DE PREDIOS

ING. CARLOS H. CANTILLO R.
INVENTARIOS DE ELEMENTOS EXPUESTOS
**FORMATO No. 1 - INVENTARIO DE CONSTRUCCIONES**

**BARRIO:** San Juan de Usme **FECHA:** 10/12/2005

| CÓDIGO | | | DESCRIPCION DE LA EDIFICACION | | | | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | D | |
| SJ | A1 | 01 | | | | | No Construido |
| SJ | A1 | 02 | 1 | | 2 | 5 | |
| SJ | A1 | 03 | | | | | No Construido |
| SJ | A1 | 04 | | | | | No Construido |
| SJ | A1 | 05 | | | | | No Construido |
| SJ | A1 | 06 | 1 | | 1 | 8 | Latas |
| SJ | A1 | 07 | 1 | | 1 | 5 | |
| SJ | A1 | 08 | 1 | | 2 | 5 | Ladrillo combinado |
| SJ | A2 | 01 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 02 | 1 | | 2 | 5 | Ladrillo combinado, expendio de Gas |
| SJ | A2 | 03 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 04 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 05 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | A2 | 06 | | | | | No construido |
| SJ | A2 | 07 | 1 | | 1 | 5 | Techo de lata |
| SJ | A2 | 08 | 1 | | 1 | 5 | Techo de lata |
| SJ | A2 | 09 | 1 | | 1 | 5 | Placa en concreto, muros en bloque |
| SJ | A2 | 10 | 1 | | 1 | 5 | Placa en concreto, muros en bloque |
| SJ | A2 | 11 | | | | | No construido |
| SJ | A2 | 12 | | | | | No construido |
| SJ | A2 | 13 | 1 | | 1 | 5 | Muro en Bloque |
| SJ | A2 | 14 | 1 | | 2 | 5 | Muro en Bloque |
| SJ | A2 | 15 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 16 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 17 | 1 | | 2 | 5 | En Bloque, Placas en concreto, terraza |
| SJ | A2 | 18 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 19 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | A2 | 20 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | A2 | 21 | | | | | No Construido |
| SJ | A2 | 22 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | A2 | 23 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | A2 | 24 | | | | | No Construido |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SJ | A2 | 25 | 1 | | 1 | 5 | En Bloque, Placa en concreto |
| SJ | A2 | 26 | 1 | | 2 | 5 | Ladrillo comvinado, 2 piso sin terminar |
| SJ | A2 | 27 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | 91 | 01 | 1 | | 1 | 5 | Abandonado no tiene techo |
| SJ | 91 | 02 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 03 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 04 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 05 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 06 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 07 | 1 | | 1 | 5 | Techo de lata, ladrillo combinado |
| SJ | 91 | 08 | 1 | | 1 | 5 | |
| SJ | 91 | 09 | 1 | | 2 | 5 | |
| SJ | 91 | 10 | 1 | | 2 | 5 | En Bloque, Placa en concreto |
| SJ | 91 | 11 | 1 | | 1 | 5 | |
| SJ | 91 | 12 | | | | | No Construido, Cimientos |
| SJ | 91 | 13 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 14 | 1 | | 1 | 5 | En Bloque, Placa en concreto |
| SJ | 91 | 15 | | | | | No Construido |
| SJ | 91 | 16 | | | | | No Construido |

0 0 0 0 3 2

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 modema 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 ($\sigma_c$ > 1120) | 50 | 39 | 21 | 9 |
| R2 | Media (560 < $\sigma_c$ < | 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 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 deposicional ( 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 |

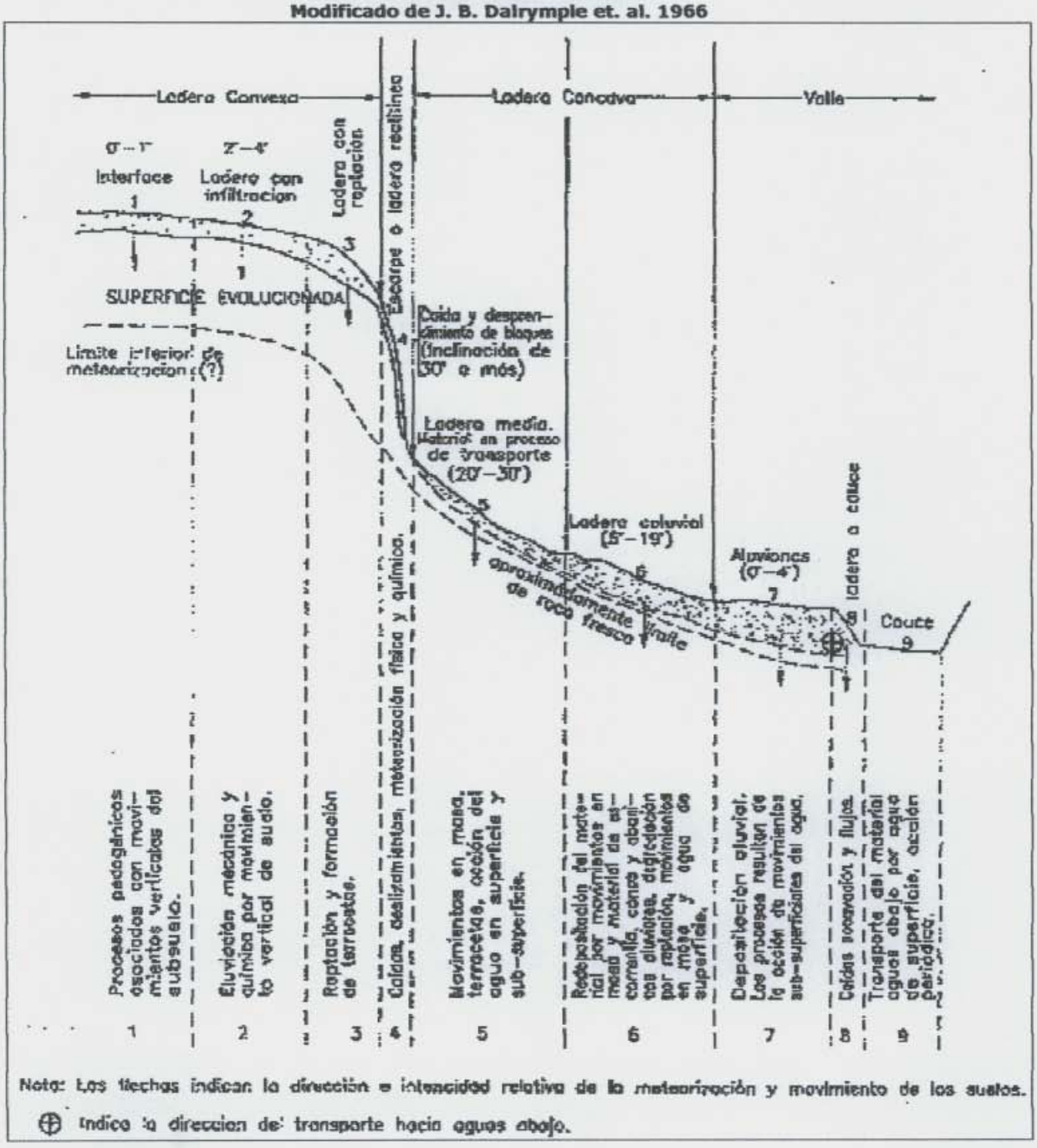
**Tabla 1.13.** Valores de estabilidad por relieve

| | | |
|---|---|---|
| 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 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 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.

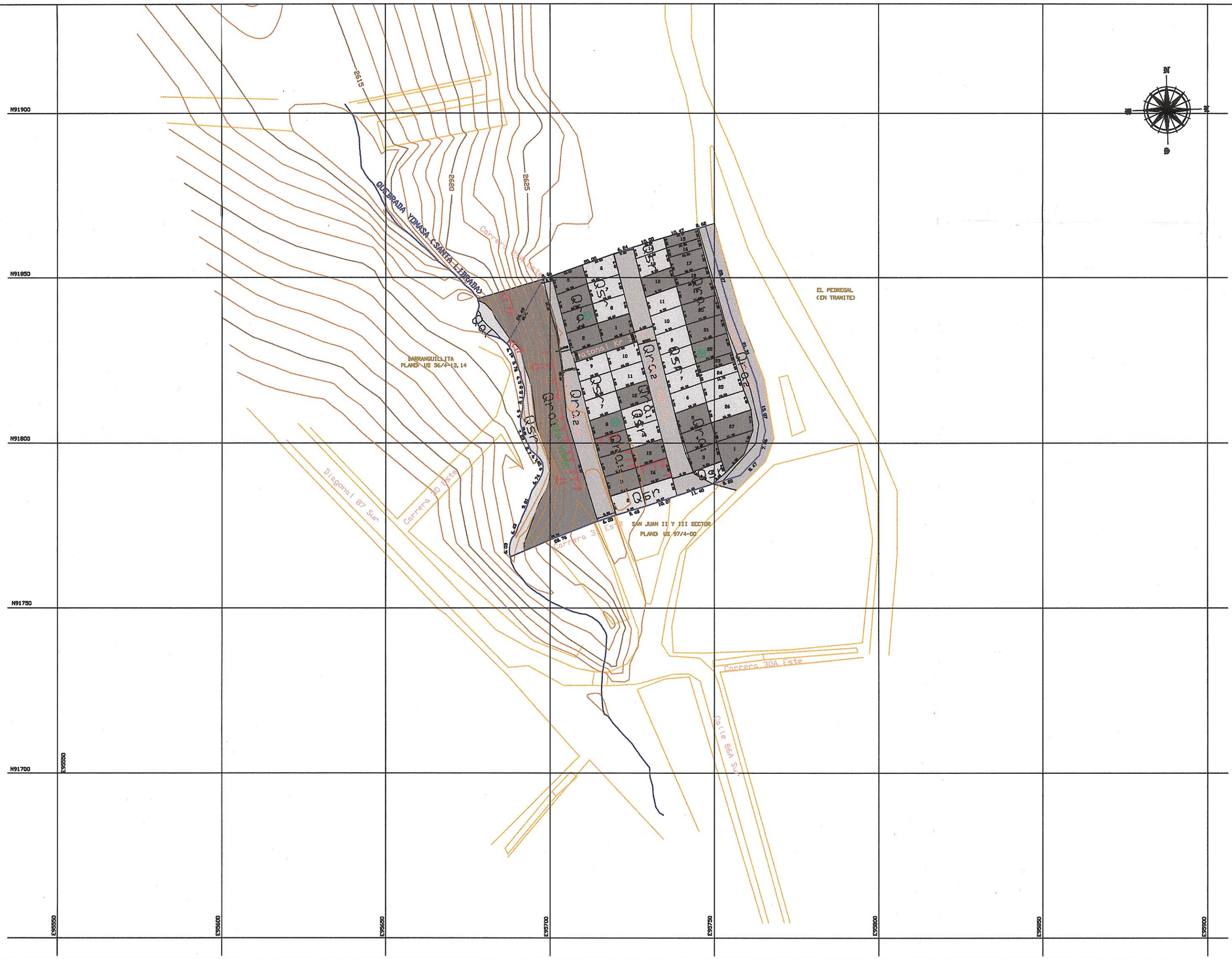
**Tabla N° 1.20.** Calificación de estabilidad (CES)

| 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 | $171 < CAL$ |




## NOTAS

1. **BASE CARTOGRÁFICA SUMINISTRADA POR EL CONTRATANTE**

### CONVENCIONES ESPECÍFICAS

| | |
|---|---|
| Qra1 | Relleno antrópico de escombros y material de corte |
| Qra2 | Relleno antròpico de (afirmado) |
| Qsr | Suelo residual |
| Qal | Depósito aluvial |
| | Flujos de tierra |
| | Taludes de corte |

**Secretaría GOBIERNO**
**Dirección de Prevención y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**

CONSULTOR:

UNIÓN TEMPORAL.
CRC

INTERVENTORIA: Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE

ESCALA

1:1000

FUENTE: LEVANTAMIENTO DIRECTO

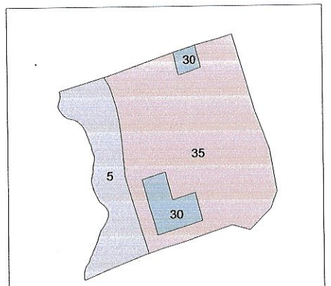
| | | | |
|---|---|---|---|
| ELABORO: | ING. GEÓL. IVÁN PATIÑO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| DIBUJO: | WILLIAN LEÓN QUEVEDO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| REVISÓ: | ING. JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| APROBÓ: | GEÓL. PILAR GARCIA - FOPAE | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| VERSIÓN: | 1.0 | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| NOMBRE ARCHIVO: | sj-geol-01.dwg | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |

PROYECTO:
CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CONS - 526 - 2005

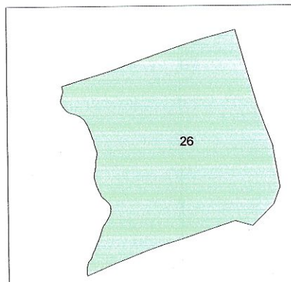
DESARROLLO:
SAN JUAN DE USME IV SECTOR (USME)

CONTENIDO:
GEOLOGÍA

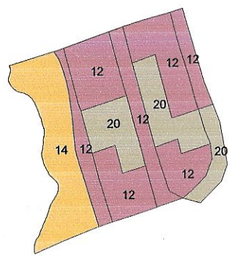
PLANO No.: 1



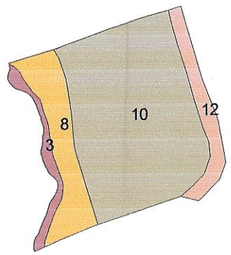

FACTOR ANTROPICO



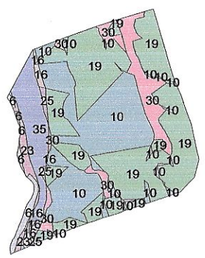

CLIMA



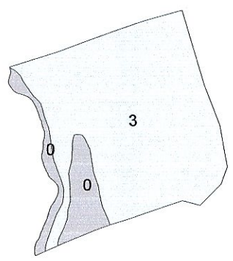

COBERTURA



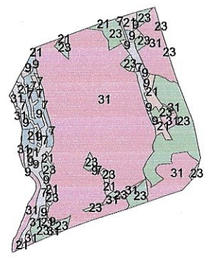

EROSION



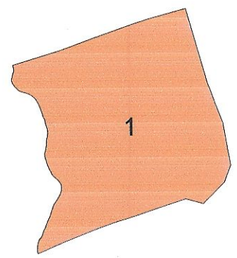
DRENAJE



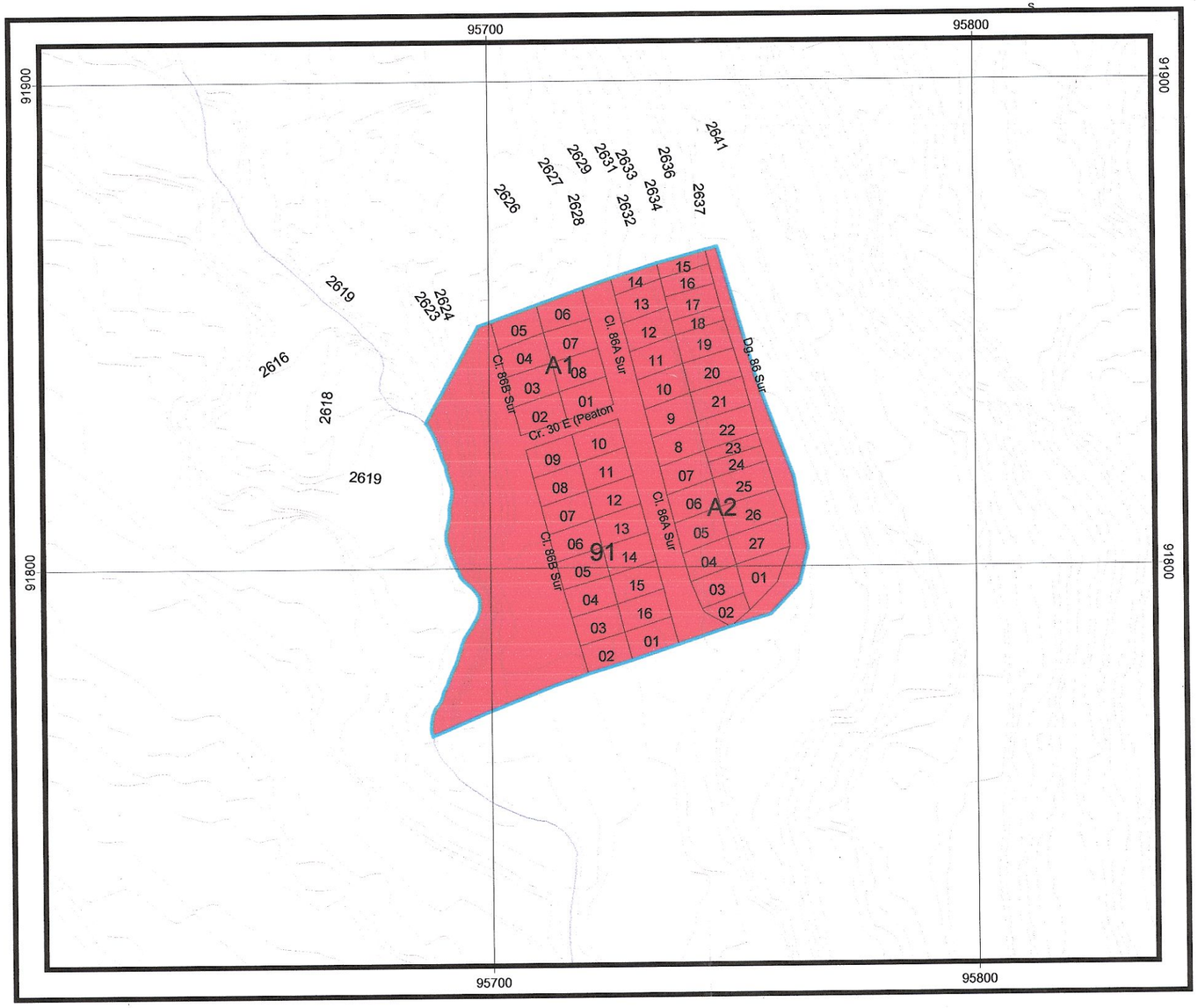

PERFIL LONGITUDINAL




RELIEVE




SISMO




NOTAS

1. BASE CARTOGRAFICA SUMINISTRADA POR EL CONTRATANTE

CONVENCIONES ESPECIFICAS

AMENAZA
- 0 - 146
- 146 - 171
- 171 - 250

CONVENCIONES
- LOTES
- LMA
- LIMITE BARRIO
- Hidrografia
- CURVAS DE NIVEL

Secretaría GOBIERNO
Dirección de Prevención y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

CONSULTOR:
UNIÓN TEMPORAL
CRC

INTERVENTORIA: Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE

ESCALA
1:1000

FUENTE: ANALISIS TECNICO

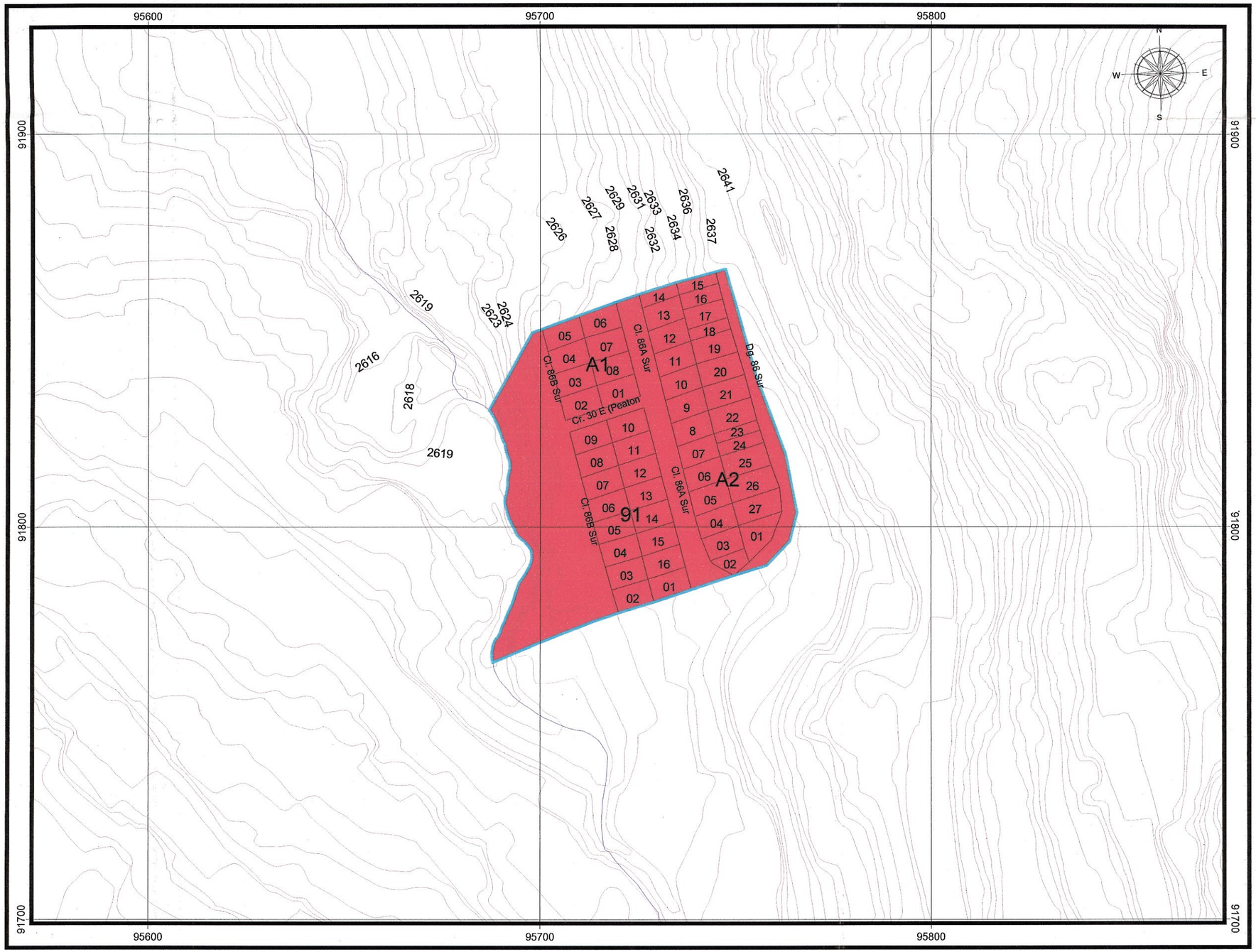
| | | | |
|---|---|---|---|
| ELABORO: | INGs. NUBIA BARRAGAN - CARLOS CANTILLO - WILLIAN LEON | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| DIBUJO: | WILLIAN LEON QUEVEDO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| REVISÓ: | Ing. JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| APROBÓ: | GEÓL PILAR GARCIA - FOPAE | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| VERSIÓN: | 1.0 | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| NOMBRE ARCHIVO: | SJ-SES-10.apr | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |

PROYECTO:
CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CONS - 526 - 2005

DESARROLLO:
SAN JUAN DE USME IV SECTOR (USME)

CONTENIDO:
APLICACIÓN MÉTODO SES

PLANO No.: 2




NOTAS

1. BASE CARTOGRAFICA SUMINISTRADA POR EL CONTRATANTE

CONVENCIONES ESPECIFICAS

AMENAZA
- ALTA
- MEDIA
- BAJA

CONVENCIONES
- LOTES
- LMA
- LIMITE BARRIO
- Hidrografia
- CURVAS DE NIVEL

Secretaría
GOBIERNO
Dirección de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

CONSULTOR:

UNIÓN TEMPORAL
CRC

INTERVENTORIA: Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE

ESCALA

1:1000

FUENTE: ANALISIS TECNICO

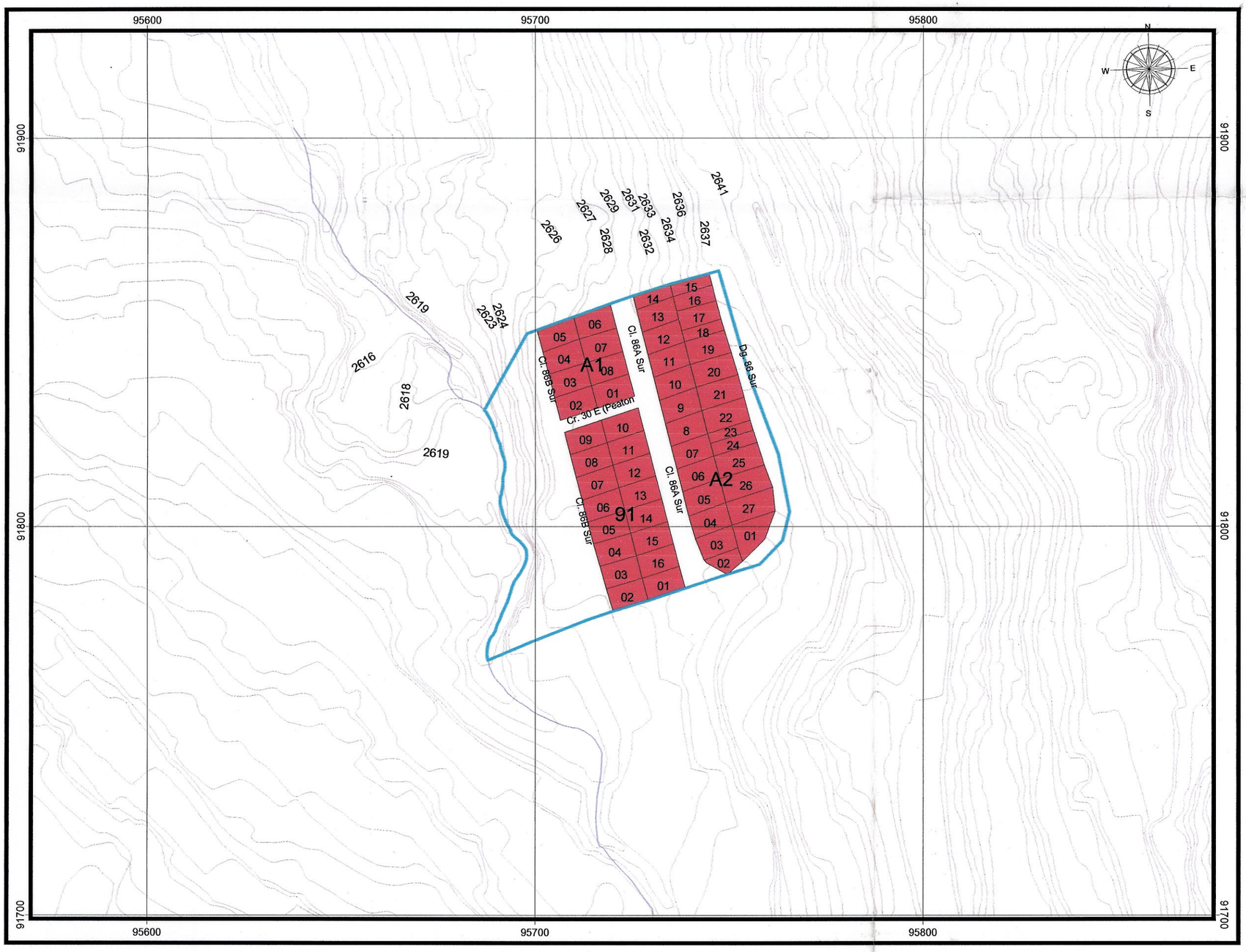
| | | | |
|---|---|---|---|
| ELABORO: | ING. CARLOS CANTILLO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| DIBUJO: | WILLIAN LEON QUEVEDO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| REVISÓ: | Ing. JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| APROBÓ: | GEÓL PILAR GARCIA - FOPAE | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| VERSIÓN: | 1.0 | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| NOMBRE ARCHIVO: | SJ-AZ-10.apr | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |

PROYECTO:
CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CONS - 526 - 2005

DESARROLLO:
SAN JUAN DE USME IV SECTOR (USME)

CONTENIDO:
AMENAZA

PLANO No.: 3




NOTAS

1. BASE CARTOGRAFICA SUMINISTRADA POR EL CONTRATANTE

CONVENCIONES ESPECIFICAS

RIESGO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

CONVENCIONES
- LOTES
- LMA
- LIMITE BARRIO
- Hidrografia
- CURVAS DE NIVEL

Secretaría
GOBIERNO
Dirección de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

CONSULTOR:
UNIÓN TEMPORAL
CRC

INTERVENTORIA: Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE

ESCALA
1:1000

FUENTE: ANALISIS TECNICO

| | | | |
|---|---|---|---|
| ELABORO: | ING. CARLOS CANTILLO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| DIBUJO: | WILLIAN LEON QUEVEDO | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| REVISÓ: | Ing. JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| APROBÓ: | GEÓL PILAR GARCIA - FOPAE | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| VERSIÓN: | 1.0 | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |
| NOMBRE ARCHIVO: | SJ-RIESGO-10.apr | FECHA: | DICIEMBRE DE 2005 |

PROYECTO:
CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CONS - 526 - 2005

DESARROLLO:
SAN JUAN DE USME IV SECTOR (USME)

CONTENIDO:
RIESGO

PLANO No.: 4