ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría de Gobierno
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO Nº 4252

1. GENERALIDADES

ENTIDAD SOLICITANTE:	D.A.P.D.
LOCALIDAD:	SAN CRISTÓBAL
BARRIO:	**BELLO HORIZONTE SECTOR II**
UPZ:	50 – La Gloria
ÁREA (Ha):	4,57
FECHA DE EMISIÓN:	8 de agosto de 2005
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.

Este documento está dirigido al 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. Debe tomarse como una herramienta para la planificación del territorio y toma de decisiones sobre el uso del suelo.

Para la elaboración del concepto se emplearon las bases cartográficas del barrio **Bello Horizonte Sector II** suministrada por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital – DAPD, según la cual el desarrollo dispone de 114 lotes.

2. ANTECEDENTES

Como fuente directa de consulta se han empleado los documentos del FOPAE correspondientes a los estudios:

- Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno Para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C., a través de la firma INGEOCIM LTDA. 1998

En el barrio objeto de este concepto no se tiene registro de eventos que hayan implicado la movilización de recursos para la atención de emergencias, por parte del FOPAE. No obstante, en sectores muy próximos se han emitido los documentos relacionados en la **Tabla N° 2.1** (varios de los cuales corresponden a la misma zona de los estudios referidos).

Tabla Nº 2.1. Relación de antecedentes elaborados por la DPAE

DOC.	FECHA	OBSERVACIONES
RO-14283	12-05-2005	El diagnóstico se emitió a solicitud del rector para el IED José Joaquín Castro; precisa que no se advierten daños que comprometan la estabilidad estructural del centro educativo

Bogotá sin indiferencia

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014 www.sire.gov.co fopae@fopae.gov.co

3. INFORMACIÓN BÁSICA

3.1 LOCALIZACIÓN Y LÍMITES

El área del barrio se encuentra ubicada al sur oriente del Distrito Capital, hacia el centro de la localidad de San Cristóbal. A éste se accede a través de la Avenida de los Cerros (antigua vía a Villavicencio) descendiendo por la Avenida La Guacamaya, tomando la Avenida La Victoria, el desarrollo **Bello Horizonte Sector II** se ubica entre las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá (Ver **Figura N° 1**).

Norte:	95825	a	96100
Este:	98160	a	98510

El barrio **Bello Horizonte Sector II** limita al norte y occidente con el barrio Bello Horizonte, al oriente con el barrio Santa Inés y la Urbanización San Vicente y al sur con el barrio Atenas.

Del plano entregado por el DAPD, es importante registrar que éste coincide en un todo con la conformación encontrada.

3.2 MARCO FÍSICO DEL SECTOR

Se trata de un barrio completamente consolidado fundado en las faldas de los cerros orientales que bordean la Sabana de Bogotá sobre una ladera de baja pendiente, sus vías perimetrales e internas están pavimentadas en losas de concreto y en pavimento flexible. En las **Fotografías N° 1 y N° 2** se observan panorámicas del sector.

El desarrollo no cuenta con zonas verdes pero si con una amplia zona de equipamiento comunitario (colegio, CAI, centro de salud), por lo que tiene una baja densidad de loteo y baja consolidación de viviendas (24.95 construcciones/Ha). En general, las viviendas son de buena tipología. El barrio dispone de total cobertura de servicios públicos.

La condición general de estabilidad es buena, sin evidencias de procesos activos o potenciales importantes, y, en general, el grado de intervención no ha deteriorado de manera significativa el sector.

3.3 CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

3.3.1 Geología

En la ladera donde se ubica el desarrollo se exponen superficialmente rocas del Terciario, conformada por intercalaciones de arcillolitas grises y limonitas habanas.

3.3.1.1 Estratigrafía

- **Formación Bogotá (Tpb)**; constituida por lodolitas, limolitas y arcillolitas abigarradas, separadas por bancos de areniscas arcillosas blandas. En el área de estudio afloran principalmente arcillolitas grises que debido a los diferentes grados de meteorización y alteración dan arcillas

rojizas y abigarradas, producto del contenido de óxidos de hierro; también se encuentran limonitas en colores variables entre amarillo y habano. El espesor de la capa de meteorización puede variar entre 4.0 y 4.5 m.

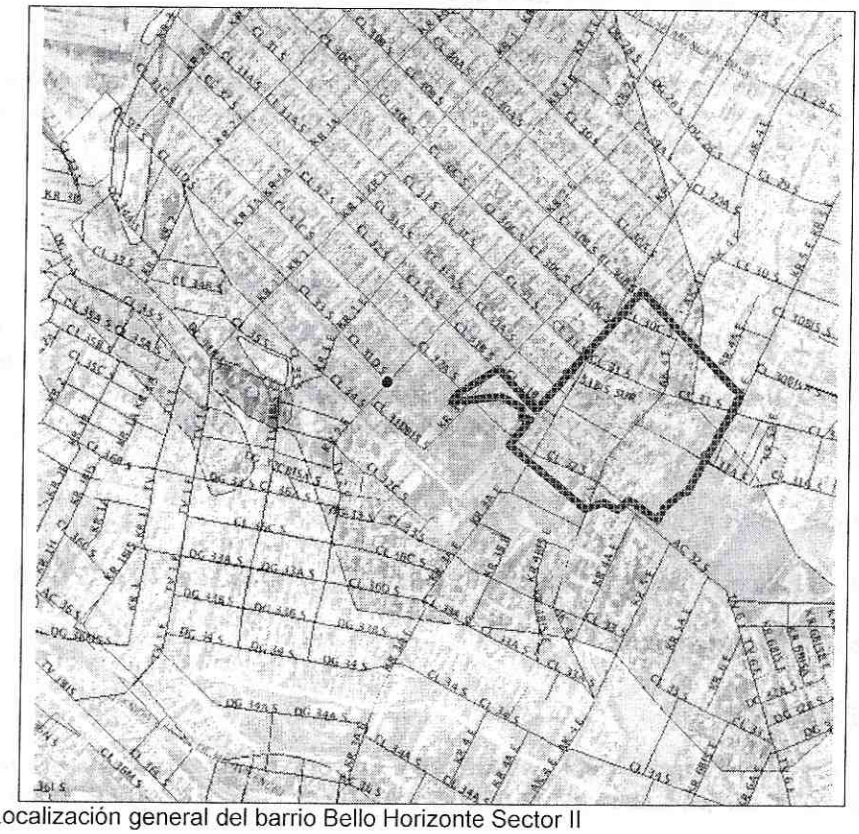


Figura N° 1. Localización general del barrio Bello Horizonte Sector II



Fotografía N° 1. Imagen panorámica del extremo oriental del barrio **Bello Horizonte Sector II** (Manzana 69). Corresponde a una ladera de pendiente muy baja con muy buena infraestructura.

3.3.1.2 Geología Estructural

La zona se localiza al occidente de la Falla de Bogotá con una dirección general N-S, de carácter inverso, buzando hacia el Este. Esta falla fue la que invirtió la dirección de los estratos de la Formación Bogotá, que tienen un rumbo variable entre N-S y N15°E con buzamiento hacia el Este lo que favorece la estabilidad del terreno por su orientación en contrapendiente. Transversalmente a la falla y en dirección E-W se alinean las fallas de El Zuque con movimiento lateral izquierdo en el rumbo y la falla de la quebrada la Pichosa, formando así un pequeño bloque estructural del anticlinal de Bogotá en el cual se asienta el barrio en estudio.

3.3.2 Relieve

3.3.2.1 Geoformas

- **Superficies de Aplanamiento o Peneplanicie (IIC)**. Son terrenos casi planos que anteriormente fueron parte de una cordillera , serranía o altillanura, que con el tiempo se convirtieron en superficies suaves por efecto de procesos degradacionales o denudación policíclica que desgastó principalmente los interfluvios. Las crestas de esta geoforma son redondeadas y sus pendientes suaves.

3.3.2.2 Pendientes

Ésta, en general es baja en el sector e inferior a 15% en más de un 90% de su superficie.

3.3.2.3 Procesos Morfodinámicos

- **Procesos antrópicos**

Los procesos antrópicos están relacionados con los cortes y rellenos practicados para la construcción de viviendas los cuales por la baja pendiente son de muy pequeña magnitud.

3.3.3 Caracterización Geotécnica

- **Zonas homogéneas**

  - **Unidades litificadas**; tal como se puede derivar de las descripciones anteriores, corresponde a materiales litificados finos (lodolíticos o limoarcillosos) y, por tanto, consistencia muy firme.

3.3.4 Hidrografía e Hidrología

Hidrográficamente la zona pertenece a la cuenca del río Tunjuelo, y a la subcuenca de la quebrada La Chiguaza, así como a la quebrada Melo como tributario del anterior.

La quebrada Chiguaza es uno de los principales afluentes del río Tunjuelo, nace en la falda de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá a una altitud de 3506 m.s.n.m., drenando en dirección predominante NW, su recorrido total es de 10.3 km.

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014 www.sire.gov.co fopae@fopae.gov.co

El área de drenaje de la quebrada Chiguaza es de 1890.4 Ha, con un patrón de drenaje subparalelo a dendrítico, tiene una pendiente promedio ponderada de 16%.

En su porción alta la quebrada Chiguaza posee pendiente que oscilan entre el 17% y el 2%. Debido a la alta pendiente de la quebrada Chiguaza y sus afluentes su comportamiento es típicamente torrencial, con condiciones de flujo supercrítico en crecientes ordinarias y extraordinarias, lo que implica altas velocidades, gran poder erosivo, y flujo inestable con ocurrencias de resaltos hidráulicos ante la presencia de obstrucciones, rocas. Etc. (Estudios y Asesorias 1990).

La quebrada de Melo o Los Toches – que discurre unos 600 m al sur - es un colector de aguas negras que sustituyó el cauce natural, se trata de un cauce de carácter permanente, nace en los cerros orientales a una altitud superior a los 3000 msnm y tiene una longitud aproximada de 2500 m hasta su desembocadura en la quebrada La Pichosa; sigue un trazado en dirección predominante al occidente drenando un área superior a 200 Ha. Éstos cauces dibujan un patrón de drenaje dendrítico, que es el más frecuente en la región, presentando una ramificación arborescente donde los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Dadas las condiciones geomorfológicas de la microcuenca y las precipitaciones, el régimen hidráulico que se puede presentar es torrencial.

3.3.5 Lluvias

⊙ Características hidrológicas de la zona de estudio

El comportamiento de las lluvias para la localidad es bimodal con picos en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre. Para efectos de caracterización de las precipitaciones en la zona se emplean los registros de las estaciones de La Picota, Vitelma y El Delirio, buscando obtener las precipitaciones acumuladas críticas correspondientes a cada estación. Los siguientes son los resultados obtenidos de la relación entre lluvia crítica y lluvia anual.

Los datos de las estaciones de influencia en el barrio se relacionan a continuación en cuanto a variables climáticas de interés.

NOMBRE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)	P anual (mm)	P crítica (mm)	Duración (días)	Tr (años)
EL DELIRIO	3000	1221.2	234.2	12	30
LA PICOTA	2580	547.3	197.5	30	36
VITELMA	2800	982.1	190.8	9	31

3.3.6 Cobertura Vegetal y Usos del Suelo

La cobertura vegetal es inexistente en el barrio, en virtud precisamente a la no disponibilidad de zonas verdes y a que la totalidad del barrio está construido. Por lo demás, al menos un 98% de la superficie está cubierta por vías y viviendas y equipamiento comunal.

3.3.7 Factor Antrópico

Como factores antrópicos de inestabilidad se consideran tres condiciones: cortes, rellenos y saturación por infiltraciones de aguas servidas. La intervención antrópica se ve bastante favorecida por la pendiente general de la ladera; en efecto, los cortes y rellenos practicados alcanzan

dimensiones mínimas. De otro lado, existe un adecuado manejo tanto de aguas residuales como de las aguas de escorrentía que se encauzan a través colectores del alcantarillado pluvial y las quebradas.

3.3.8 Sismicidad

Aunque el tema de la amenaza sísmica escapa al alcance de este concepto, se relacionan aquí los posibles efectos locales derivados particularmente de la configuración topográfica. Al respecto, al tratarse de un barrio ubicado en la zona piedemontana se podrían registrar amplificaciones de la señal sísmica como consecuencia del replegamiento de materiales no consolidados contra el substrato rocoso.

4. EVALUACIÓN DE AMENAZA

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En general, teniendo en cuenta la información disponible, así como la escala y finalidad de trabajo, la metodología empleada se basa en:

- Revisión de antecedentes, particularmente en lo que tiene que ver con la existencia de estudios precedentes y conceptos o diagnósticos existentes dentro del barrio o su área de influencia directa
- Cartografía básica buscando la identificación de unidades geológicas superficiales, geomorfología y procesos morfodinámicos activos o potenciales, mapa de pendientes, posibles zonas homogéneas, mecanismos de falla, caracterización del drenaje.
- Adicional a lo anterior información temática complementaria como cobertura y usos del suelo, así como identificación de los potenciales factores detonantes: precipitaciones, factor antrópico (cortes, rellenos, manejo de aguas de escorrentía y superficiales) y, eventualmente, la sismicidad.

4.2 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 evaluación del drenaje se concibió bajo criterios diferentes a la metodología original.

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

4.1.1 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° 4.1 y N° 4.2.**

Tabla N° 4.1. Criterios para definición de 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

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.).

Tabla N° 4.2. Matriz de Valores de Estabilidad para roca (complemento)

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

Adicionalmente, para la condición estructural se considera de manera particular 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° 4.3**.

Tabla N° 4.3. Matriz de Valores de Estabilidad por orientación de discontinuidades para roca

Orientación discontinuidades	Puntuación
Favorable o neutro	20
Levemente 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° 4.4, N° 4.5 y N° 4.6**.

Tabla N° 4.4. 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° 4.5 y N° 4.6

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° 4.7** resume la clasificación atribuida a cada uno de los materiales intermedios y su respectivo puntaje según Ramírez (1988).

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014 www.sire.gov.co fopae@fopae.gov.co

Tabla N° 4.5. Matriz de identificación de estructuras heredadas

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

Tabla N° 4.6. 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
Muy Alta	> 30

Tabla N° 4.7. 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° 4.8, N° 4.9 y N° 4.10**)

Tabla N° 4.8. 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° 4.9 y N° 4.10

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.

La **Tabla N° 4.11** resume las clasificaciones de los suelos que cubren el área de estudio, tomando como base la de González (1998).

Tabla 4.9. 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 4.10. 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)

Tabla N° 4.11. 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

4.1.2 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° 4.12** los valores derivados de su evaluación. No obstante, en algunos casos, esta intervención puede considerarse y, por tanto, evaluarse como positiva.

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

4.1.3 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° 4.13 y N° 4.14**.

Tabla N° 4.12. 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

Tabla 4.13. Valores de estabilidad por relieve

Sub-zonas	Pendiente (°)	A
Interfluvio	0 – 2	31
Ladera con infiltración	2 – 4	21
Ladera con reptación	10 – 30	9
Escarpe o ladera rectilínea	> 30	21
Ladera intermedia de transporte	20 – 30	7
Ladera coluvial	5 – 20	7
Aluviones	0 – 4	23
Ladera de cauce	> 40	7

Tabla 4.14. Perfil longitudinal

Perfil	B
Convexo	0
Rectilíneo	3
Cóncavo	5

Para la valoración del parámetro relieve se realizaron como actividades: i) Elaboración mapa de pendientes ii) Cruce mapa de pendientes con mapa base, iii) Calificación de unidades

4.1.4 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° 4.15**). El cálculo de la pendiente promedio del cauce se realiza tomando como unidad base la microcuenca.

4.1.5 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° 4.16**.

Tabla 4.15. 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

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.

Tabla N° 4.16. 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

4.1.6 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.

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.

Entonces, la cuantificación del parámetro clima se definió como se muestra en la **Tabla N° 4.17**:

Para la zona los datos de lluvia crítica y período de retorno corresponden a: 195 mm y 30 -35 años respectivamente (tomado de mapas de lluvia crítica y período de retorno de la lluvia crítica respectivamente del estudio de Ingeocim Ltda., 1998).

Tabla N° 4.17. Valoración parámetro clima según Período de Retorno de Lluvia Crítica

Tr LLUVIA CRÍTICA (AÑOS)	CLASIFICACIÓN	PUNTAJE
< 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

4.1.7 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° 4.18**.

Tabla N° 4.18. Asignación puntaje de estabilidad para la variable Erosión (E)

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

4.1.8 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, véase **Tabla N° 4.19**.

Tabla N° 4.19. 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

4.1.9 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.

4.2 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. La superposición de las zonas homogéneas con los agentes detonantes: Factor antrópico (A), Clima (C), Sismo (S) y Erosión (E), 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° 4.20**.

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.

Tabla N° 4.20. 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	24

Así. Las categorías de Amenaza se establecen en los intervalos indicados en la **Tabla N° 4.21**.

TABLA N° 4.21. RANGOS DE CATEGORIZACIÓN DE AMENAZA

CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD (CES)
Alta	CAL ≤ 146
Media	146 < CAL ≤ 171
Baja	CAL>171

Para su uso posterior, se identifica de manera gruesa las posibles solicitaciones que puedan representar para elementos expuestos.

4.3 CALIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

- **Zona de Amenaza Media**, Corresponde a la Manzana 86 predios 12 y 13
- **Zona de Amenaza Baja**, Corresponde al resto de predios del barrio.

En la **Figura N° 2**, se presenta la zonificación de amenaza por movimientos en masa.

5 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

5.1 TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS

Teniendo en consideración la clasificación propuesta en la **Tabla N° 5.1** y la revisión de campo, se determinó una predominancia de viviendas tipo B3 y B4 (más de 80%).

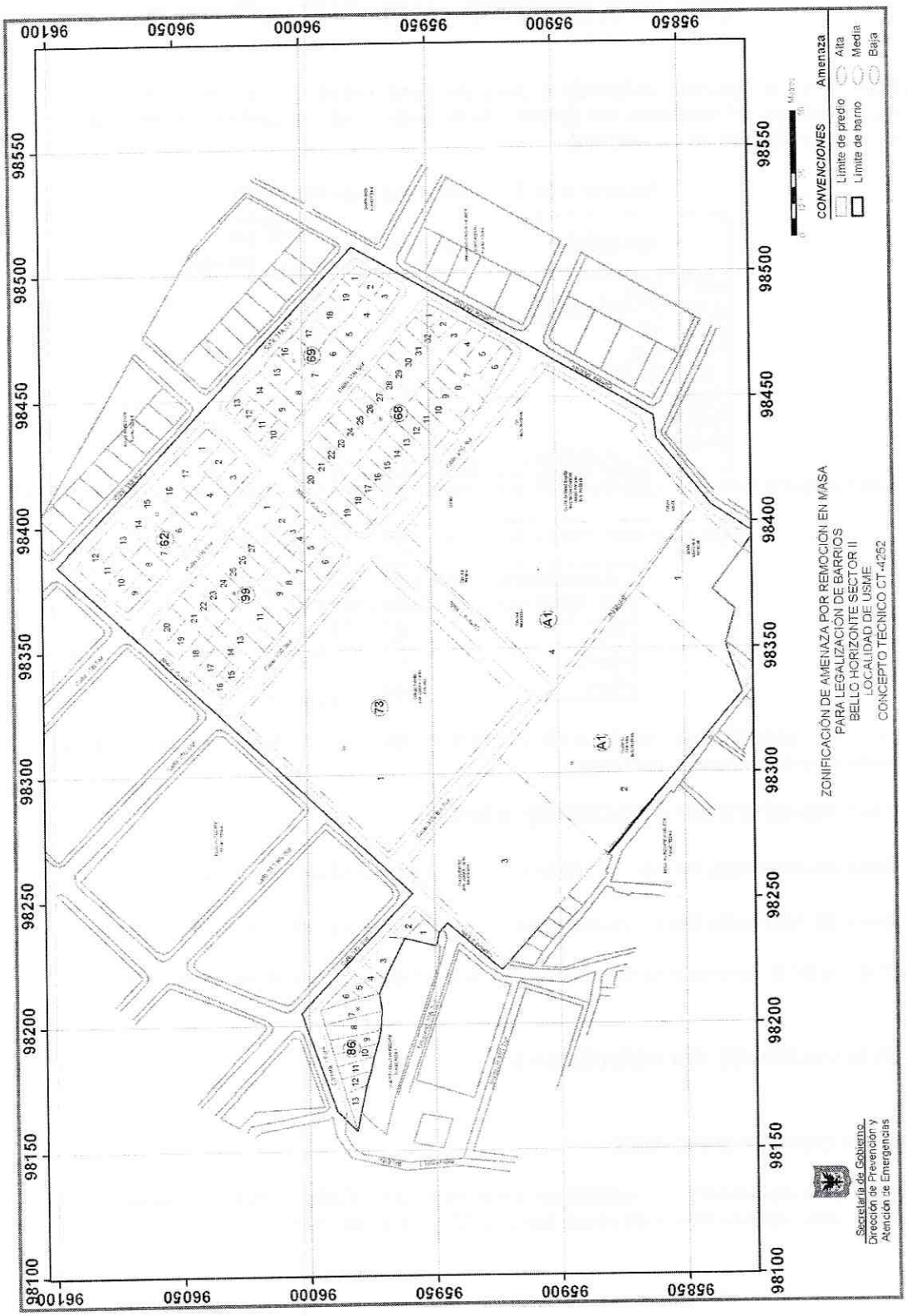


Figura N° 2. Zonificación de amenaza por Movimientos en Masa, Barrio **Bello Horizonte Sector II**

- **Densidad de construcción**; la densidad de predios es baja (24.95 predios/Ha), en tanto que la de construcción es muy similar, condición dada por las dimensiones de los lotes, y por que como uso dotacional se dispone de un colegio que ocupa una fracción significativa del desarrollo, también contribuye para este indicador la baja dotación de zonas verdes (ver Fotografías N° 1 y N° 2); la mayoría de viviendas se dispone en unidades residenciales de dos pisos.

Tabla N° 5.1. Tipología de construcciones

TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
B1	Viviendas en material de recuperación
B2	Viviendas en mampostería simple o prefabricadas
B3	Viviendas en mampostería confinada
B4	Viviendas en estructuras aporticadas de dos o más pisos

De otro lado, la adecuada conformación de las laderas y el hecho de que estén ´cubiertas´ por algún uso las hace menos desprotegidas. La buena dotación de servicios públicos, el estado de sus vías, el manejo general de aguas residuales y pluviales le imprimen unas condiciones aceptables.

5.2 SOLICITACIONES

La probabilidad de ocurrencia de los procesos potenciales y su naturaleza demandan resistencias diferentes ante cada tipo de solicitación; se estima, por tanto, que la solicitación es inexistente por impactos, despreciable por empujes laterales y baja por desplazamientos (deformaciones) laterales. Esto se debe a que, además de estar en zonas de baja susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa, a que ofrecen una adecuada resistencia ante eventuales esfuerzos por la calidad de la construcción.



Fotografía N° 2. Aspecto de la zona de amenaza media

5.3 ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA

Dada las características de consolidación, tipología de las viviendas y grado de exposición, se considera que en términos generales las viviendas localizadas en el área de impacto o de influencia directa del barrio **Bello Horizonte Sector II**, son de una vulnerabilidad global baja ante fenómenos de movimientos en masa

6 EVALUACIÓN DE RIESGO

6.1 CRITERIOS Y VARIABLES

En su determinación se emplearon las dos variables previamente definidas: amenaza y vulnerabilidad. De la convolución de estas dos variables se obtuvo la calificación del riesgo; sin embargo, en esta operación se le asigna un mayor peso a la calificación de amenaza, entendiéndose que el riesgo puede ser de fácil reducción mediante la implementación de técnicas constructivas de sencilla aplicación.

6.2 CALIFICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGO. Como resultado del proceso metodológico aplicado y teniendo en cuenta que el riesgo está en función de la amenaza y la vulnerabilidad, y que éste solamente se puede determinar en los sectores en los que se encuentren elementos expuestos; se obtiene que los principales escenarios de riesgo coinciden con las zonas de amenaza alta o de condiciones altas de vulnerabilidad y corresponde a la siguiente zonificación:

- **Zona de Riesgo Bajo**, Corresponde a la totalidad del desarrollo:

6.3 Desde el punto de vista de riesgos, la DPAE considera factible la legalización de la totalidad del barrio y recomienda la implementación de obras para el mejoramiento del sector bajo adecuados lineamientos técnicos.

7 RECOMENDACIONES

7.1 Proceder con la legalización de la totalidad del barrio.
7.2 Adelantar actividades de mejoramiento de algunas vías, dado que algunas manifiestan roturas de placas de concreto.
7.3 Vigilar por parte de la Alcaldía Local que se de cumplimiento de los artículos 103 y 104 de la Ley 388 de 1997, en el sentido de exigir licencia de construcción a los predios que estén cometiendo esta infracción urbanística.

8 OBSERVACIONES

Los resultados y recomendaciones incluidas en el presente concepto se realizaron para la legalización del barrio y están basados en los resultados de los estudios mencionados y en las

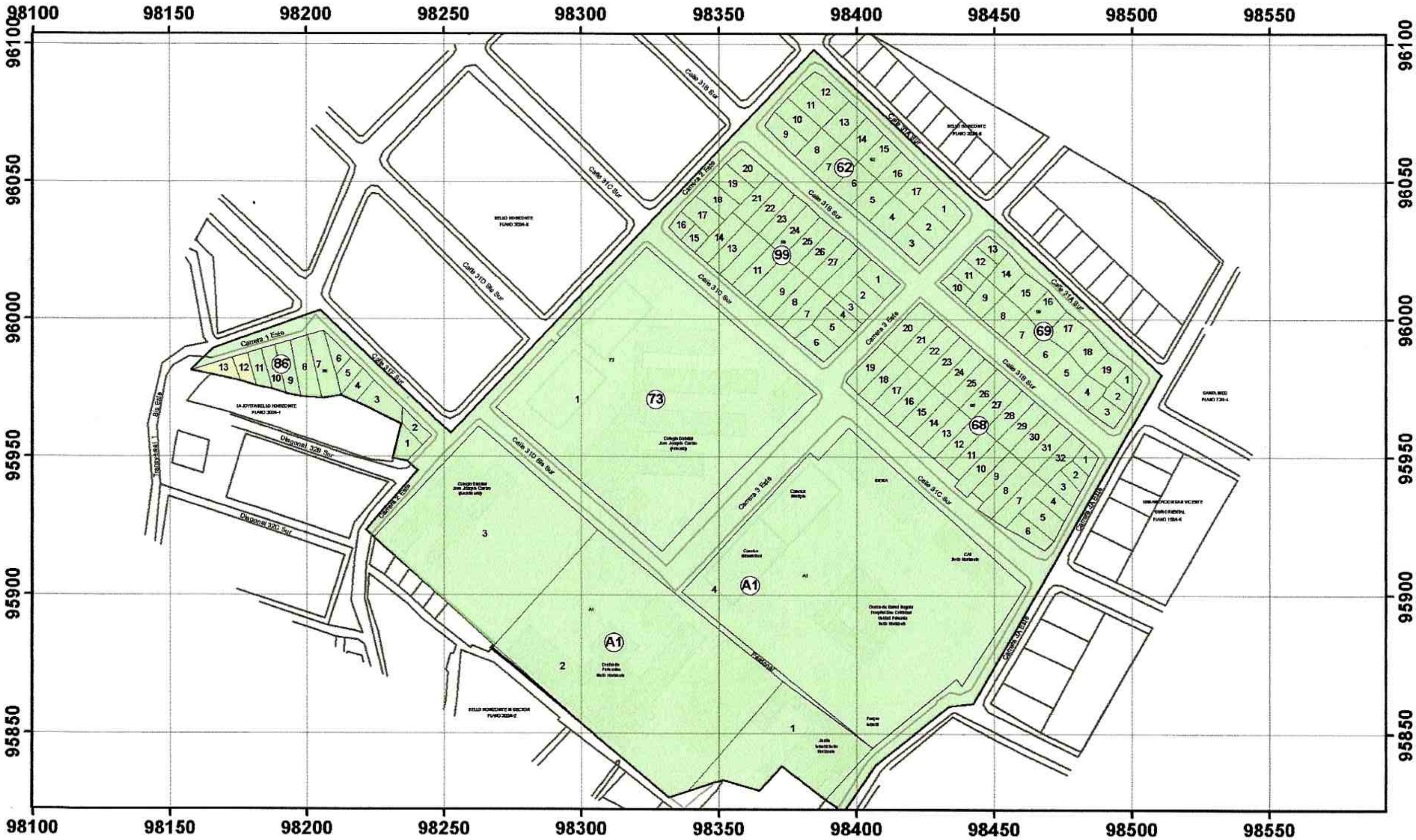
observaciones realizadas durante las visitas al barrio. Si por alguna circunstancia las condiciones aquí descritas y que sirvieron de base para establecer las zonas y recomendaciones son modificadas, se deberá realizar los ajustes y modificaciones que sean del caso.

El concepto es de carácter temporal, ya que el factor antrópico es una variable muy dinámica y es determinante en el sector y muy sensible al cambio, adicional a lo anterior en algunos sectores los procesos de urbanismo enmascara, los posibles procesos de remoción en masa.

9 ANEXOS

Plano que contiene la zonificación de amenaza y riesgo del desarrollo **Bello Horizonte Sector II**.

Elaboró	**LUIS JAIRO PÉREZ BELLO** Ingeniero Geólogo, Analista Riesgos M. P. 15223 51524 BYC	
Revisó	**DIANA PATRICIA ARÉVALO S.** Jefe Grupo Deslizamientos	
Aprobó	**DORIS SUAZA ESPAÑOL** Coordinadora Técnica	
Vo. Bo.	**FERNANDO RAMÍREZ CORTÉS** Director	



CONVENCIONES

Límite de predio
Límite de barrio

Amenaza

Alta
Media
Baja

ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA
PARA LEGALIZACIÓN DE BARRIOS
BELLO HORIZONTE SECTOR II
LOCALIDAD DE USME
CONCEPTO TÉCNICO CT-4252

Secretaría de Gobierno
Dirección de Prevención y
Atención de Emergencias