TABLA DE CONTENIDO

1. ubicacion 1

2. TOPOGRAFIa 1

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 2

4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 2

4.1. Generalidades 2

4.2. Geología detallada del área 3

4.3. Geología estructural 4

4.4. GEOMORFOLOGIA 4

4.5. ESTABILIDAD GENERAL DE LA LADERA 4

5. HIDROLOGIA E HIDRÁULICA 5

5.1. CURVAS DE INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF) 5

5.2. LLUVIA CRÍTICA (RELACIÓN LLUVIA – DESLIZAMIENTO) 6

6. SUSCEPTIBILIDAD 6

7. AMENAZA POR DESLIZAMIENTO 6

7.1. Resultados 7

7.2. Mapa de amenaza por deslizamientos 8

8. VULNERABILIDAD Y RIESGO 9

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 9

9.1. generalidades 9

9.2. Reubicaciones por riesgo 10

9.3. Objetivos y criterios para el tratamiento de los riesgos 10

9.3.1. Objetivos 10

9.3.2. Criterios 11

9.4. Soluciones posibles 11

9.5. Costo beneficio 13

10. LIMITACIONES 13

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Mojones materializados en campo 1

Tabla 1 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) Estación Granja - San Jorge (2120172). 5

Tabla 2 Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para la ciudad de Santafé de Bogotá - (INGEOCIM - UPES, 1998). 6

5 Factores de seguridad 8

6 Amenaza encontrada en la laderade la ladera 8

Tabla 3 Categorización de la amenaza en la zona de estudio 8

Tabla 4 Categorización del riesgo 9

Tabla 5 Viviendas es alto riesgo con la implementación de la ALTERNATIVA 1 10

Tabla 43 Presupuesto alternativa 1 12

Tabla 44 Presupuesto alternativa 2 13

SECRETARÍA DE GOBIERNO
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C.
FOPAE

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS MEDIDAS RECOMENDADAS EN EL BARRIO VILLA GLORIA UBICADO EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.

CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 578 DE 2005
INFORME FINAL – VOLUMEN I
TRABAJO NO GE-134

1. UBICACION

El área de estudio está limitada por el norte por la calle 68 D Sur (calle 69 K Sur), por el oriente por la carrera 18 L (carrera 18 M), por el sur por la calle 68 M Sur (calle 69 R Bis Sur) y por el occidente por la carrera 18 N que corresponde al límite con el barrio Villas del Diamante. A la zona de estudio se puede acceder utilizando servicio publico, Nueva Transportadora rutas 361 y 362 Villa Gloria, las cuales tienen su ultima parada en el barrio Villa Gloria.

2. TOPOGRAFIA

Se realizó el levantamiento de todos los detalles por radiación para la elaboración del plano respectivo. El total de puntos levantados fue de 2.073. Los detalles del levantamiento fueron almacenados en cartera electrónica, lo cual garantiza su veracidad. Las cotas fueron calculadas por nivelación trigonométrica a partir de los datos de la estación, mediante el software SURFACE MODELING.

Se materializaron en campo 3 mojones para el amarre de futuros trabajos de replanteo en la zona, estos mojones fueron fundidos con armazón de 4 varillas y cuatro flejes, estos mojones presentan visibilidad entre ellos con el fin de poder replantear en cualquier momento un punto dado.

Tabla 1 Mojones materializados en campo

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
Mojón 1	91597.43	95232.38	2671.18
Mojón 2	91632.45	95090.34	2707.04
Mojón 3	91642.56	95017.76	2716.98

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Para determinar las características del suelo del área de estudio, se llevó a cabo el siguiente programa de exploración del subsuelo en forma directa:

- Seis barrenos mecanicos (SM-1 a SM-6) ejecutados con broca helicoidal (auger de fondo sólido) con profundidades que varían entre los 4,0 m y los 8.0 m.
- Cinco apiques (AP-1 a AP-5) con profundidades que varían entre los 1,5 m y los 2,0 m.

En los barrenos, a profundidades intermedias se efectuó el ensayo de penetración estándar (SPT), recuperando la respectiva muestra alterada con la cuchara partida (Split Spoon); en los suelos arcillosos de consistencia blanda, se tomaron muestras inalteradas con el tubo de pared delgada (tubo Shelby). En las trincheras y apiques se recuperaron muestras alteradas de bolsa e inalteradas en bloque.

4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

4.1. GENERALIDADES

La zona del estudio ocupa parte de la superficie estructural de los cerros y serranías que conforman las laderas sobre los cerros sur orientales que circundan la altiplanicie de Bogotá. Las laderas en el área y sectores aledaños presentan evidencias de procesos antiguos de remoción en masa, erosión laminar y alto grado de intervención antrópica.

En el **Plano GE134-PL-02** se muestra el marco Geológico del sector alrededor del área de estudio, el cual es el resultado de una reinterpretación de la Geología de acuerdo a las observaciones realizadas en el presente estudio. Se presentan rocas sedimentarias de edad terciario inferior –Cretaceo Superior, correspondiente a la Formación Guaduas en sus tres niveles:

1. Conjunto Inferior(KTgi) compuesto por arcillolitas grises, areniscas cuarzosas y limolitas; 2.
2. Conjunto Medio(KTgm) conformado por areniscas gris claras, lodolitas y arcillolitas gris a amarillas.
3. Conjunto Superior(KTgs) compuesto por lodositas grises, limonitas y areniscas arcillosas.

Discordante sobre estas unidades se presentan depósitos de ladera resultado de la fracturación y arrastre que han sufrido los materiales por las altas pendientes y por acción de la gravedad, compuesto por bloques, guijarros, cantos angulares a subangulares en mayor proporción en matriz arenosa a arcillosa hacia el sector de Villas del Diamante y cantos y gravas en menor proporción envueltos en matriz arcillosa a arenosa, en mayor proporción.

Estructuralmente en el sector se presentan: Falla Normal de Limas, la Falla vertical de desplazamiento lateral que se presenta hacia el sector de Villas del Diamante y al Oriente La Falla de desplazamiento lateral del Lucero; En la escala utilizada para el plano geológico regional no se alcanza a identificar esta ultima falla. Igualmente se presentan tres pliegues de dirección noroeste a norte sur correspondiente al Sinclinal de Villas de Diamante, Anticlinal de Villa Gloria y Sinclinal de Villa Gloria; estas estructuras afectan a las rocas sedimentarias del Guaduas.

4.2. GEOLOGÍA DETALLADA DEL ÁREA

En el levantamiento Geológico detallado del área sobre los pocos afloramientos que se pueden encontrar por estar el sector totalmente urbanizado, se determinaron y definieron unidades litológicas y estructurales (pliegues, fallas, diaclasas), depósitos de ladera, depósitos residuales y depósitos antrópicos, a escala 1:500. En particular se definieron las siguientes unidades, las cuales se muestran en **el Plano GE 134 PL 03** del Barrio Villa Gloria.

- Reciente:
- Deposito de Relleno de Escombros (Qr)
- Cuaternario:
- Suelo Residual (Sr).
- Depósitos de ladera: Coluvial Grueso (Qc2)
- Coluvial Fino (Qc1)
- Terciario – Cretáceo:
- Formación Guaduas correspondientes a los Conjuntos Superior(KTgs) y Conjunto Medio (KTgm)

FOTO 1. *En la zona del estudio los afloramientos están cubiertos por las viviendas que se han construido.*

FOTO 2. *El proceso de urbanización en el barrio Villa Gloria es altó en secciones de media ladera.*

4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La estructura más importante del área corresponde a un pliegue anticlinal que se presenta hacia la parte alta del escarpe en el sector sur-occidental del área (Estación Nº 25). Es una estructura asimétrica, de dirección N45 a 50ºW, cuyo flanco occidental buza entre 35 y 40º al SW, y el flanco orienta de 40º a 60º al NE; este pliegue es el responsable de la dirección del filo que conforma la Serranía donde está ubicado el barrio. Hacia la parte occidental del área y por fuera del sector de estudio se presenta un pliegue sinclinal, al igual que hacia el extremo más oriental y por fuera del área del estudio se presenta un pliegue sinclinal amplio en que las rocas tienen buzamientos menores de 30º en ambos flancos. Estas estructuras plegadas se encuentran haciendo parte del bloque que se forma entre la Falla de Limas al occidente, y la Falla de Mochuelo al oriente.

4.4. GEOMORFOLOGIA

El estudio geomorfológico consistió en analizar la relación entre las formas observadas en la superficie, los materiales que conforman el área, la disposición estructural y los procesos que lo originaron. Igualmente se analizó el comportamiento del terreno, su interrelación con la infraestructura existente y las amenazas naturales. Con la ayuda de la información existente, observación de fotografías aéreas y trabajo de campo, se clasificaron las Unidades Geomorfológicas, clasificación que se basó al tomar como parámetros: contraste de relieve, inclinación de la ladera, longitud y forma de la ladera, procesos morfodinámicos, características litológicas, disposición estructural, condiciones hidrológicas, drenaje, de acuerdo con la metodología ITC-Verstapeen y Van Zuidam (1992).

Con base en la metodología citada se dividieron las siguientes unidades geomorfológicos: Ladera Estructurada de roca sana (LR_1), Ladera Estructural de Roca muy Fracturada (LR_2), Ladera Coluvial de Textura Gruesa (LC_1), Ladera Coluvial de Textura media (LC_2), Ladera Coluvial de Textura fina (LC_3), Ladera de Suelo Residual y Roca altamente meteorizada (LCSr) y Ladera Antrópica (Lr); estas unidades corresponden al denominado Componente Geomorfológico dentro del Esquema de Jerarquización Geomorfológico propuesta por Carvajal (2003) con base en Velásquez (1999) e INGEOMINAS (2000). En general, el área es una ladera estructural recta que hace parte de una serie de lomas y colinas del suroriente de Bogotá.

4.5. ESTABILIDAD GENERAL DE LA LADERA

La estabilidad actual de la ladera, de acuerdo con las observaciones en el terreno, se pueden clasificar así:

- No se observan fenómenos por remoción en masa, aunque en los depósitos de relleno en la parte alta muestran indicios de desprendimiento de materiales que los componen.
- Actualmente se detecta fenómenos de erosión tales como terracetas, ablandamiento de suelos y surcos en la parte alta, debido principalmente a la

acción del agua de escorrentia tanto superficial como subsuperficial así como por el mal manejo de las aguas servidas.

- A lo largo de la ladera se observa erosión laminar y flujo de agua con arrastre de material fino.
- La estabilidad potencial de la ladera puede indicar una estabilidad regular a mala, principalmente en las laderas coluviales LC_1, LC_2 y en los depósitos de relleno de escombros donde se podrían presentar deslizamiento sobre plano inclinado del coluvión y desprendimiento de material de los depósitos de relleno.
- La alta permeabilidad de los depósitos coluviales y de la roca muy fracturada podrían generar deslizamientos traslacionales sobre plano inclinado, que podrían afectar las viviendas localizadas en la parte alta y media de la ladera, las cuales tienen su cimentación sobre el coluvión y la costra de roca muy fracturada.
- La superficie de falla se localizaría en el contacto coluvión-roca muy fracturada, apoyado por la alta inclinación del talud.

5. HIDROLOGIA E HIDRÁULICA

La distribución temporal de la precipitación presenta una tendencia en forma bimodal o ecuatorial, con dos períodos lluviosos entre los meses de marzo a mayo, en el primer semestre del año y octubre a noviembre en el segundo semestre, observándose un máximo de precipitación hacia mediados de año en el mes de mayo con un promedio mensual multianual de 92.5 mm.

La distribución temporal de la precipitación presenta una tendencia en forma bimodal o ecuatorial, con dos períodos lluviosos entre los meses de marzo a mayo, en el primer semestre del año y octubre a noviembre en el segundo semestre, observándose un máximo de precipitación hacia mediados de año en el mes de mayo con un promedio mensual multianual de 92.5 mm.

La precipitación media multianual en la estación Quiba es del orden de 645.7 mm, registro muy similar a los 600 mm obtenidos espacialmente en 1998 con la Distribución espacial de la Precipitación media Anual en Bogotá.

5.1. CURVAS DE INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF)

Tabla 1 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) Estación Granja - San Jorge (2120172).

duración minutos	tr (años)					
	2.33	5	10	25	50	100
15	48.72	57.42	68.38	82.21	92.49	102.67
30	34.47	39.91	46.64	55.4	61.82	68.19
60	22.09	25.34	29.43	34.59	38.43	42.23
120	12.68	14.55	16.95	19.92	22.15	24.35
360	4.85	5.5	6.37	7.47	8.27	9.06

Con las curvas de Invencida Duracion y Frecuencia se obtienen las intensidades máximas para diferentes períodos de retorno, con una duración dada (tiempo de

concentración); estos valores son fundamentales para la generación de caudales, con el fin de establecer las secciones de diseño; de las obras de drenaje.

5.2. LLUVIA CRÍTICA[1] (RELACIÓN LLUVIA – DESLIZAMIENTO)

Con base en los análisis se logró determinar que el sector de estudio corresponde a la zona Suroccidental (INGEOCIM - UPES, 1998), para lo cual, a partir de los valores de lluvia anual registrados en la estación Quiba se obtuvo una precipitación acumulada critica de 216.5 mm, con duración de 30.7 días y un período de retorno de 29 años. De acuerdo con estos resultados, se puede concluir que la probabilidad anual de ocurrencia de la precipitación acumulada crítica, con duración de 30.7 días es del orden de 3.45%. A continuación se presenta la estimación obtenida en la estación Quiba

Tabla 2 Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para la ciudad de Santafé de Bogotá - (INGEOCIM - UPES, 1998).

ZONA	LLUVIA CRÍTICA (mm)	DURACIÓN (DÍAS)
Suroccidental	0.3609 x Lluvia anual (mm)	3.2829 * $LLcrit^{0.4157}$
Cerros orientales	12.6325 + 0.1814 x Lluvia anual (mm)	0.04923 * LLcrit

6. SUSCEPTIBILIDAD

De acuerdo con los reconocimientos de campo y la cartografía ejecutada la zona presenta una alta susceptibilidad a la formación de fenómenos de remoción en masa por deslizamiento traslacional principalmente. Estos deslizamientos traslacionales se pueden ver acelerados durante las épocas de lluvia e involucran las zonas en donde se han construido todas las habitaciones del barrio.

Durante los recorridos se observaron a la parte superior algunas casas colapsadas y este fenómeno puede ser extensivo para aquellas casas en donde no haya muros de contención en las excavaciones y los rellenos no hayan sido debidamente confinados. Por esta razón se seleccionaron los mapas de pendientes, geología, geomorfología, intervención antrópica así como las franjas de terracetas y manifestaciones de agua. A cada uno de estos poligonos se les asignó un valor de susceptibilidad entre 1 y 10. Siendo 1 el menos susceptible y 10 el de mayor susceptibilidad.

Posteriormente con el programa ILWIS, se combinaron cada uno de estos productos y se obtuvo una sectorización por susceptibilidad al deslizamiento.

Este mapa será uno de los insumos para los análisis de riesgo.

7. AMENAZA POR DESLIZAMIENTO

[1] González, A., Zamudio, E. y Castellanos, R. (1999). Relaciones de precipitación crítica-duración que disparan movimientos en masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

En forma general, el Factor de Seguridad (FS) de un talud está dado por la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes. A su vez las fuerzas resistentes son función de los parámetros de resistencia del material (ángulo de fricción ϕ, y cohesión c), la presión de poros, la aceleración producida por el sismo (α), el peso unitario (γ) y el ángulo del talud (β); las fuerzas actuantes, a su vez, son función del peso unitario (γ), el ángulo del talud (β), la presión de poros y la aceleración producida por el sismo (α). Se puede decir que, todas las anteriores variables son aleatorias (con su respectiva distribución de probabilidad) que se pueden considerar como independientes; la convolusión de estas variables (según el modelo de falla) determina la distribución de probabilidad del Factor de Seguridad (FS); se puede determinar la probabilidad de falla del talud (Pf) determinando la probabilidad de que el FS sea menor o igual a 1.0.

El factor de seguridad de un talud es función de cuatro variables; dos de ellas intrínsecas (los parámetros de resistencia) y dos extrínsecas (o factores externos, lluvia y sismo). Sin embargo, simplificando el problema se puede determinar probabilidades condicionales para los casos de factores externos, determinando cuatro casos, a saber:

- Sin lluvia sin sismo.
- Con lluvia sin sismo.
- Sin lluvia con sismo.
- Con lluvia con sismo.

De acuerdo con los resultados presentados anteriormente, se realizaron los análisis estadísticos para determinar la variabilidad de los parámetros de resistencia siguiendo el criterio de falla Mohr-Coulomb, ajustándose a funciones de distribución normales truncadas (calculando los valores máximos y mínimos con una confiabilidad del 95%);

7.1. RESULTADOS

Los resultados de los análisis de estabilidad se clasificaron probabilísticos en suelos se presentan en el **Anexo VIII,** cuyo resumen se presenta a continuación.

DEPOSITOS COLUVIALES

Este material se encontró en todas las secciones de la ladera (parte alta media y baja) El análisis de estabilidad permitió determinar que La estabilidad de los materiales coluviales esta gobernada por la pendiente y el contenido de humedad, de la ladera; siendo de amenaza alta en la parte superior, media y baja cuando la pendiente decrece.

El espesor de los depósitos son variables con profundidades de hasta 5.0 metros de profundidad, que suprayace sobre la roca. Los factores de seguridad de la ladera en la parte alta varían de pendiendo de la sección de la ladera como se indica en la siguiente tabla:

5 Factores de seguridad

Zona geotecnica	FS MED	FS MAX	FS MIN	DES EST	PROB FALLA
1 Parte alta	1.21	1.459	0.450	0.172	13.44%
2 Parte alta	1.053	1.192	0.493	0.095	24.47%
3 Parte alta	1.076	1.208	0.573	0.102	13.44%
5 Parte alta	0.908	1.354	0.449	0.1522	73.43%
1 Parte media	1.260	1.555	0.373	0.212	16.89%
2 Parte media	1.121	1.532	0.742	0.147	4.07%
3 Parte media	0.978	1.290	0.410	0.143	54.02%
5 Parte media	0.72	0.879	0.394	0.0915	100.00%

La probabilidad de falla para los diferentes factores de seguridad se presentan en la Grafica 3 y en la siguiente tabla se resumen los factores de seguridad máximos, mínimos y promedios para una amenaza alta media y baja; así mismo se relaciona la probabilidad de falla para los valores antes mencionados:

6 Amenaza encontrada en la laderade la ladera

ITEM	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA	AMENAZA BAJA
FS MAXIMO ALTA	1.10	1.53	2.22
FS PROMEDIO	0.91	1.26	1.90
FS MINIMO	0.71	0.99	1.58
PRO ALTA	29%	8%	1%
PRO PROMEDIO	73%	17%	3%
PRO BAJA	99%	48%	7%

7.2. MAPA DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS

Teniendo en cuanta el factor de seguridad mínimo en cada una de las zonas, se realizó el mapa de amenaza por deslizamientos, categorizando la amenaza de acuerdo con los criterios presentados en la Tabla 3 Categorización de la amenaza en la zona de estudio**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**". Se realizó el plano de amenaza por deslizamiento.

Tabla 3 Categorización de la amenaza en la zona de estudio

Categoría de amenaza	Factor de seguridad
Alta	FS menor o igual a 1,2
Media	FS entre 1,2 y 1,9
Baja	FS mayor o igual a 1,9

8. VULNERABILIDAD Y RIESGO

Para el caso de estudio se aplicó la Hipótesis 1, determinando los niveles de riesgo según la probabilidad de excedencia de las pérdidas probables admisibles (IRo), definidas en un 10%.

Tabla 4 Categorización del riesgo

Nivel de riesgo	Criterio
Bajo	La probabilidad de excedencia de las perdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) es menor al 2%.
Medio	La probabilidad de excedencia de las pérdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) está entre el 10% y el 2%
Alto	La probabilidad de excedencia de las perdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) es mayor al 10%.

En el **Plano GE134-PL-10** se presenta la categorización del riesgo para cada uno de las edificaciones existentes en el área de estudio.

Las viviendas que están en riesgo sin obras es de 96, si se implementan las obras ALTERANTIVA 1 este numero se reduce a nueve y luego de realizar las la ALTERNATIVA 2 se reduce a cero

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. GENERALIDADES

Como conclusión de los trabajos realizados, se pudo establecer para cada uno de los lotes que conforman el barrio Villa Gloria, el grado de riesgo geotécnico esta asociado a una falla general de la ladera en el evento de un sismo y puntualmente debido a los deficientes procesos constructivos de las viviendas de la zona.

Las medidas que en este informe se proponen están enfocadas en dos frentes; El primero es controlar las aguas que potencialmente pueden infiltrarse en los depósitos coluviales manteniendo estos materiales cercanos o por debajo de la humedad natural de la ladera y de esta manera aumentar la succión y por ende la resistencia de los depósitos; la segunda fase es la construcción de obras civiles de gran magnitud las cuales buscan mitigar el impacto producido en la ladera bajo las fuerzas sísmicas

En la actualidad la ladera requiere ser drenada para incrementar el Factor de seguridad estático mediante la implementación de obras de drenaje.

9.2. REUBICACIONES POR RIESGO

Como conclusión de los trabajos realizados, se pudo establecer para cada uno de los lotes que conforman el barrio Villa Gloria, Las viviendas que están en riesgo sin obras es de 96, si se implementan las obras ALTERANTIVA 1 este numero se reduce a nueve y luego de realizar las la ALTERNATIVA 2 se reduce a cero.

A continuación se listan los predios que están en riesgo alto una ves se implementen la obras de la alternativa 1 y que deberán se reubicados:

Tabla 5 Viviendas es alto riesgo con la implementación de la ALTERNATIVA 1

ID	PROPIETARIO	DIRECCION	PLANEACION	
			LOTE	MANZANA
75	Maria Daza	Cll 71 Bis Sur Nº 18M-50	10	D
174	Carlos Julio Pamo	Cll 68 J Nº18C-54 Sur	21	F-II
173	Jose Muñoz	Cll 71C Bis Nº 18M-54 Sur	20	F-II
170	Alfonso Nuñez	Cll 71C Nº 18M-37 Sur	9	F-II
171	Jaquelin Valencia	NO SE ENCONTRABAN	10	F-II
172		Cll 71C Bis Nº 18M-46 Sur	11	F-II
158	John Jairo Montoya	Cll 71 C Bis Sur Nº 18M-49	19	F-II
154	Ademiras Porras	Cll 71A Bis Sur Nº 18M-48	6	F-I
144	Fabio Dias	Cll 71A Bis Nº 18M-48Sur	18	F

9.3. OBJETIVOS Y CRITERIOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RIESGOS

Los estudios efectuados han determinado que es necesario reubicar edificaciones por estar comprometidas en riesgo de diverso orden o por estar afectando negativamente el medio ambiente o las condiciones urbanísticas con perjuicio de la comunidad. La suma de factores negativos determinó que casas se recomienda reubicar. De acuerdo a criterios sociales, se tratará de reubicar el menor número de casas. En lo posible, la reubicación se hará dentro del mismo barrio o en barrios anexos o cercanos. En caso extremo se deberá considerar el desplazamiento a otra zona de la ciudad

9.3.1. **Objetivos**

- Prevenir desastres debido a fenómenos de remoción en masa.
- Preservar y mejorar las condiciones del medio natural.
- Contribuir a mejorar la calidad del hábitat (viviendas y servicios públicos).
- Crear espacios verdes y valorar el espacio público.
- Difundir información sobre riesgos y protección del medio ambiente.

Para mitigar el riesgo en el bario Villa Gloria se proponen dos fases de obras:

9.3.2. **Criterios**

Los estudios efectuados han determinado que es necesario reubicar edificaciones por estar comprometidas en riesgo. La suma de factores negativos determinó que casas se recomienda reubicar. De acuerdo a criterios sociales, se tratará de reubicar el menor numero de casas. En lo posible, la reubicación se hará dentro del mismo barrio o en barrios anexos o cercanos. En caso extremo se deberá considerar el desplazamiento a otra zona de la ciudad.

El reasentamiento de un grupo de viviendas debe liberar una importante franja de terreno a la cual se debe restituir su condición de bosque natural y acondicionar como área verde, paso peatonal y lugar de esparcimiento. Pero en todo caso se deberá implementar un plan de manejo de aguas debido a que la infiltración en los depósitos en esta zona son un detonante de los fenómenos de remoción en masa.

9.4. SOLUCIONES POSIBLES

Para el sector del barrio Villa Gloria, y dado que la gran mayoría de las viviendas en la zona coluvial, se plantearon dos alternativas, la primera es de manejos de agua, subsuperficial (trincheras) y superficial (cunetas), junto con algunas pequeñas obras de urbanismo (caminos peatonales) que además de brindar una mejor calidad de vida a los habitantes del sector, antes de su reubicación, armonizan con los diseños paisajísticos realizados por la EAAB. La segunda consiste en la construcción de de 812 pilotes con el objetivo de aumentar la estabilidad de la zona central del barrio hacia la parte occidental se recomienda construir unas pantallas de pilotes de Φ = 6” con angulos inclinación de 9º, 16º, 26º y 0º con la vertica, de 8m. de profundidad amarrados por un cabezal de concreto.

Las obras de drenaje, aunque no garantizan una disminución en la categoría de amenaza, si disminuye un poco la probabilidad de ocurrencia de eventos, y más se pueden ver como obras de tipo preventivo y no correctivo. Las alternativa planteada son caminos peatonales y drenaje (ver **Planos GE134-PL-11A, C y D**).

Ya que no se contempla la intervención de la calidad de las viviendas (vulnerabilidad), es decir que la estabilidad puntual de los muros de las viviendas depende en gran medida de la calidad de los mismos y por ende de los propietarios de las construcciones, la categorización del riesgo por fenómenos de remoción en masa en la zona no cambia con las obras propuestas (ver **Plano GE134-PL-21**), aunque si hay una pequeña disminución en la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos.

En términos de la probabilidad de ocurrencia de un sismo la ladera seria potencialmente afectada y por ende se proyecto la estabilización general mediante la construcción de un bosque de pilotes con drenajes (ver **Plano GE 134-12**) sin embargo como se menciono anteriormente la estabilidad puntual de los pequeños muros de las viviendas depende de la calidad de los mismos.

ALTERNATIVA 1

Alternativa 1 es inmediata la cual contempla la reubicación de nueve predios y la construcción de escaleras en concreto, un sendero peatonal, drenes horizontales, baterías de subdrenes, corta corrientes y cunetas.

De acuerdo con los análisis geotécnicos realizados se obtuvo que los factores de seguridad aumentaron con las obras propuestas en la fase 1, pasando de un FS = 1.1 a un FS = 1.25 en promedio, disminuyendo así el riesgo existente en gran parte del área de estudio.

VIAS PEATONALES

Para el mejoramiento de las vías peatonales, de muy frecuente utilización en el barrio Villa Gloria, se recomienda adecuar y pavimentar el sistema de gradas para el tránsito de personas.

Se propone la construcción de seis escaleras y nueve tramos de senderos peatonales en concreto.

OBRAS DE DRENAJE

Para el control de las aguas superficiales y subsuperficiales se proyectaron construir cunetas a lo largo de la escaleras, en los tramos del sendero peatonal se diseño una trinchera drenante , en diferentes puntos del área de estudio se recomienda construir baterias de subdrenes y para el control de la erosión corta corrientes en sacos de suelo cemento.

Tabla 6 Presupuesto alternativa 1

COSTO DIRECTO FASE 1	165’038.275
AIU 29%	47’861.099
IVA (SOBRE UTILIDAD)	2’508.582
COSTO TOTAL	231’086.593

Alternativa 2

PILOTES

Para aumentar la estabilidad de la zona central del barrio hacia la parte occidental se recomienda construir unas pantallas de pilotes de Φ = 6” con ángulos inclinación de

9º, 16º, 26º y 0º con la vertical amarrados por un cabezal de concreto, de 8m. de profundidad.

SUBDRENES HORIZONTALES

Son subdrenes orientados perpendicularmente a los frentes de las casas para estabilizar los materiales sobre los cuales están fundadas

Tabla 7 Presupuesto alternativa 2

COSTO DIRECTO FASE 2	1.288’753.021
AIU 29%	373’738.376
IVA (SOBRE UTILIDAD)	19’589.036
COSTO TOTAL	1.804’511.980

9.5. COSTO BENEFICIO

La mejor alternativa es en términos de beneficio costo es la que tiene un CVS promedio de 1.382.625 que corresponde a la alternativa 1

10.LIMITACIONES

Las recomendaciones dadas en este trabajo se basan en los resultados de los trabajos de Investigación del Subsuelo realizados; si durante los trabajos de construcción se llegan a encontrar características diferentes a las aquí mencionadas se deberá dar aviso al ingeniero geotecnista para que haga los ajustes del caso.