CLASIFICADO

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
FOPAE

CONSULTORÍA
GEOCING LIMITADA
CRA 27 No. 63C – 25.
Bogotá D.C., COLOMBIA

ESTUDIO DE RIESGOS

BARRIO MORALBA

LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

CONTRATO No. 761 de 2009

INFORME EJECUTIVO

MARZO DE 2010

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5

2. MARCO GENERAL 6

2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6

3. ANTECEDENTES 7

4. JUSTIFICACIÓN 9

5. OBJETIVOS 11

6. ALCANCE DEL ESTUDIO 11

7. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS 11

8. ANÁLISIS DE AMENAZA 14

8.1. Método de análisis ..... ¡Error! Marcador no definido.

8.1.1. Generalidades ..... **¡Error! Marcador no definido.**

8.1.2. Método del equilibrio límite (LEM) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

8.1.2.1. Parámetros utilizados en los modelos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

8.1.2.2. Perfiles típicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

8.1.3. Condición actual ..... **¡Error! Marcador no definido.**

9. DISEÑO DETALLADO DE OBRAS DE MITIGACIÓN 14

9.1. CRITERIOS DE DISEÑO 20

9.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN 21

9.2.1. Alternativa 1 22

9.2.1.1. Obras Propuestas 22

9.2.2. Alternativa 2 22

9.2.2.1. Obras Propuestas 22

9.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL 23

10. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO 23

10.1. Vulnerabilidad ..... ¡Error! Marcador no definido.

10.1.1. Plano de vulnerabilidad ..... **¡Error! Marcador no definido.**

10.2. Riesgo ..... ¡Error! Marcador no definido.

10.2.1. Criterios aplicados y resultados obtenidos . **¡Error! Marcador no definido.**

11. ANÁLISIS DE VIABILIDAD 23

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

13. LIMITACIONES ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Actas de Evacuación para Viviendas del Barrio Moralba 8

Tabla 2 Parámetros de análisis de estabilidad .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3. Análisis de estabilidad de talud condición Actual**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. Categorización de amenaza por FRM.....20

Tabla 5. Factores de seguridad mínimo para estructuras de contención según la NSR-98.....21

Tabla 6. Factores de seguridad condicionales para las alternativas planteadas.....23

Tabla 7 Criterios de categorización de la vulnerabilidad**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 8 Categorización del riesgo .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 9. Listado de predios afectados por las obras de mitigación de riesgo 36

ESTUDIO DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA PARA EL BARRIO MORALBA DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL EN BOGOTÁ D.C.

INFORME FINAL

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 764 de 2009

1. INTRODUCCIÓN

2. En cumplimiento del Contrato de Consultoría No. 761-2009, suscrito entre el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE y GEOCING LIMITADA, cuyo objeto es la "Estudio de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa para El Barrio Moralba de la Localidad de San Cristóbal en Bogotá D.C.", se presenta este documento que contiene el Informe final, del barrio Moralba de la Localidad de San Cristóbal.

3. El objeto del estudio consiste en la realización de la evaluación y zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa, a partir de las condiciones actuales de la zona y de los estudios básicos y análisis de estabilidad realizados en el desarrollo del estudio denominado "Diseños de Obras, presupuestos y especificaciones técnicas en cuatro (4) sitios de las localidades de Santa Fe (Barrio El Dorado), Ciudad Bolívar (Barrio Tres Reyes) y San Cristóbal (Barrios Moralba y Panorama) de Geocing Ltda (UAERMV, 2007), evaluando la vulnerabilidad y el nivel de riesgo actual por inestabilidad de terreno para las viviendas incluidas en el área de estudio .

4. De acuerdo a lo observado en campo y comparando las condiciones presentadas en el estudio de la UAERMV, las características del sitio se han mantenido sin cambios significativos, por tal motivo se mantienen las características en lo referente a Geología y Geomorfología, Geotecnia, Hidrologia, Usos del Suelo,

Sismología, Modelo Geológico-Geotécnico, las cuales se aplican para el desarrollo del presente estudio.

5. MARCO GENERAL

5.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Barrio Moralba se encuentra localizado hacia los cerros Orientales de la Ciudad de Bogotá, ubicado en la Localidad de San Cristóbal, se encuentra sobre una ladera con un área aproximada de 3.5 Ha, entre los cuales se considera la banca de la carrera 17A Este, ubicada en una ladera de pendiente moderada y la Calle 42C Sur. Ver **Figura 1**

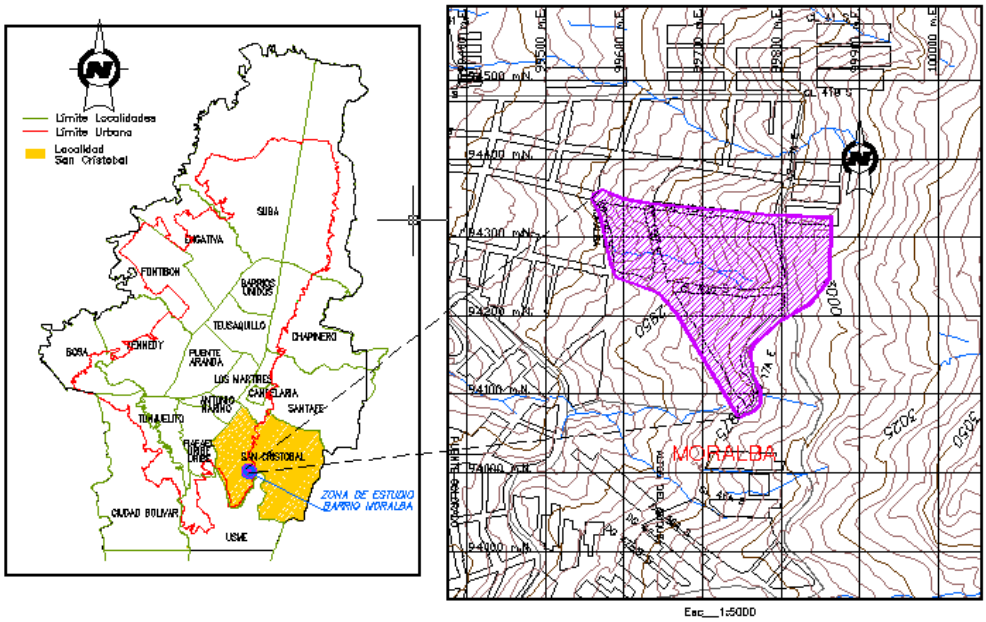


Figura 1 **Localización zona de estudio**

6. ANTECEDENTES [1]

En el sector evaluado se está presentando un deslizamiento rotacional activo de gran tamaño para el cual el 14 de Julio de 2006 la Dirección de Atención y Prevención de Emergencias, DPAE, emitió el Diagnostico Técnico N° DI-2868 recomendando incluir en la base de datos de sitios críticos por fenómenos de remoción en masa para intervención por parte de la DPAE y/o el Fondo de Desarrollo Local de San Cristóbal a través de la realización de diseños y ejecución de obras de mitigación de riesgo a lo largo de la ladera afectada: drenajes, contención y limpieza del material deslizado y adelantar un concepto técnico de riesgo, para evaluar las condiciones del barrio en el marco del proceso de regularización y manejo. El 31 de Julio de 2006, la DPAE emitió el Diagnostico Técnico Nº DI-2913 mediante el cual se incluyeron en el programa de reasentamiento de familias localizadas en zonas de Alto riesgo no mitigable por Fenómenos de Remoción en Masa a (7) familias cuyos predios se encuentran localizados en las inmediaciones del deslizamiento rotacional activo[2].

A la vez se llevó a cabo la elaboración de dos (2) actas de evacuación para las viviendas referenciadas en la **Tabla 1**, puesto que su habitabilidad se encuentra comprometida en el corto plazo, según el Diagnostico Técnico No. DI-3052 que corresponde a las visitas realizadas por personal de la Dirección de Atención de Emergencias DPAE en el mes de Noviembre de 2006.

[1] Según el Diagnostico Técnico No. DI-3052 del FOPAE.

[2] Según el Diagnostico Técnico No. DI-3052 del FOPAE.

Tabla 1. Actas de Evacuación para Viviendas del Barrio Moralba

ID	Nombre (cabeza de hogar)	Dirección	Acta de Evacuación N°
1	Rosa Satoba	Calle 42 C Sur N° 16 B – 50 Este	002162 de noviembre 15 de 2006
2	Luis Alfredo Torres	Calle 42 C Sur N° 16 B – 32 Este	002162 de noviembre 15 de 2006

De acuerdo con el Plano Normativo de Amenaza por Remoción en Masa del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá – POT (Decreto 190 de 2004, por el cual se cumplían los Decretos 619 de 2000 y 469 de 2003), el sector de estudio se encuentra catalogado en Amenaza Media a Alta por Fenómenos de Remoción en Masa (Ver **Figura 2**)

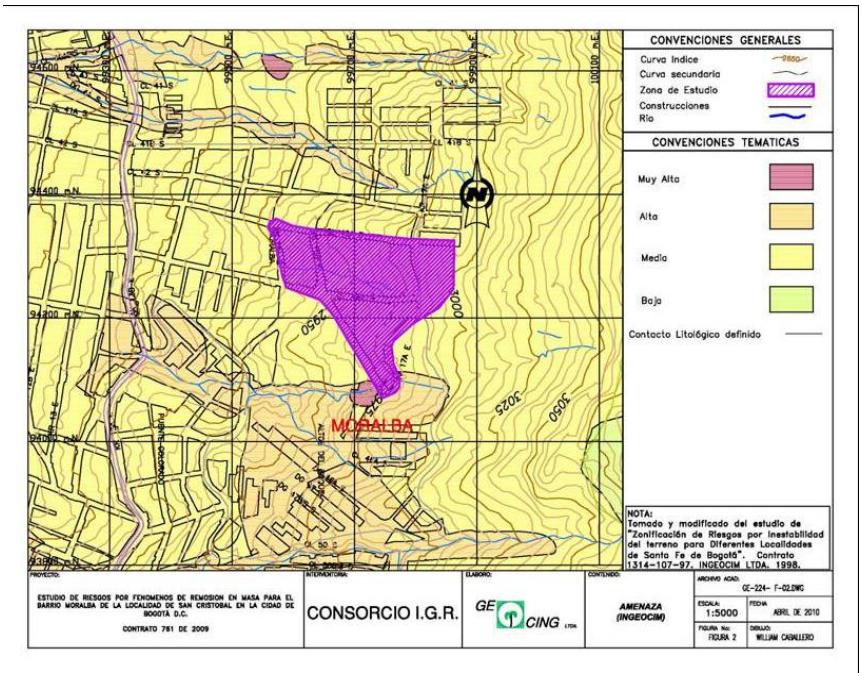


Figura 2. Mapa de amenaza por FRM (Ingeocim – Upes, 1998).

7. JUSTIFICACIÓN

8. En cumplimiento de las medidas cautelares de la acción popular 20006-00045 decretadas por el juzgado (31) administrativo de Bogotá sección tercera del 17 de abril de 2007, que resuelve en el artículo primero." Ordénese a la DPAE establecer una vigilancia permanente y de control sobre la zona, como mínimo realizar visitas semanalmente, a fin de observar e informar los cambios sustanciales que se presenten en las viviendas localizadas entre la carrera 16 B Este y la carrera 17 Este entre las calles 42 A Sur y 42 C sur del barrio Moralba de la localidad de San Cristóbal de esta ciudad, los terrenos donde ella se ubican". En mayo de 2007 se iniciaron las campañas de monitoreo, con el fin de realizar un seguimiento a las condiciones geotécnicas del sector, así como el control de la evolución de los daños estructurales en las edificaciones ubicadas dentro de la zona de influencia directa así mismo. En general, los informes emitidos durante el periodo comprendido entre mayo de 2007 y septiembre de 2009, y de acuerdo con el seguimiento y control del proceso de remoción en masa de la manzana 12 del barrio Moralba; a nivel geotécnico no se advierte cambios significativos que presenten nuevas evidencias de retrogresión del escarpe principal hacia la corona del deslizamiento ubicado sobre la banca de la vía carrera 17A Este, ni cambios en el cuerpo del deslizamiento que evidencie evolución de las condiciones de inestabilidad, ni en los flancos izquierdo y derecho ubicados respectivamente al sur de la zona del deslizamiento, limitado con la calle 42 C sur y al norte localizado en sentido oriente occidente sobre los predios del costado sur de la manzana 12. Por otra parte, el Fondo de Desarrollo de San Cristóbal – FDL y la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial - UAERMV celebraron el convenio 086 de 2007, en desarrollo del cual atendiendo las recomendaciones anteriormente mencionadas la UAERMV celebro con la firma Geocing Ltda. El contrato de consultoría No 206 de 2007 cuyo objeto fue "DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN CUATRO (4) SITIOS DE LAS LOCALIDADES DE SANTA FE (BARRIO EL DORADO), CIUDAD BOLÍVAR (BARRIO TRES REYES) Y

SAN CRISTÓBAL (BARRIOS MORALBA Y PANORAMA), PARA LA INTERVENCIÓN POR RIESGOS ASOCIADOS A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C."

9. Debido al fallo de la Acción popular 2006-00045 del 28 de mayo 2009 del Tribunal Administrativo de Cundinamarca sección primera subsección "A", se ordena entre otros a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE " realizar su respectiva reubicación, en el termino de (6) meses, contados a partir de la fecha, realizar los estudios de riegos por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseño detallado de las obras recomendadas para estabilizar la ladera de los sectores anteriormente mencionados en la demanda, en el término de un (1) año, contados a partir de la fecha y en caso de no ser posible la estabilidad del suelo, tomar las medidas necesarias que impidan el establecimiento de familias, comercio, tráfico peatonal y vehicular por el sector objeto de la presente acción". Teniendo en cuenta lo expuesto, y dado que la UAERMV efectuó parte de los estudios solicitados en el fallo de la Acción (Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseño Detallados de Obras de Mitigación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en masa), se requiere la complementación del estudio, en el sentido de realizar los análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa para la zona. Que de acuerdo a lo expuesto en el artículo 81 del Decreto 2474 de 2008 en su numeral 2 y por lo establecido en la ley 23 de 1982 en sus artículos 2° y 4°, la Firma GEOCING LTDA, es titular de los derechos morales de autor sobre los estudios referidos, en atención al contrato celebrado con la UAERMV tal y como se ha expuesto acá, se verifica que el supuesto de hecho se adecua en la norma tal y como lo establece el Decreto 2474 de 2.008 en el precitado articulo 81 numeral 2°.

10. OBJETIVOS

- ✓ Realizar la complementación del Estudios de Estabilidad de Taludes, Control de Erosión y Manejo de Aguas para garantizar la estabilidad del Sitio No.3 Moralba de la Localidad de San Cristóbal

- ✓ Realizar los análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa para la zona.

11. ALCANCE DEL ESTUDIO

- ✓ Realizar la evaluación y zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa a escala 1:500, siguiendo metodologías de evaluación reconocidas.

- ✓ Evaluar la vulnerabilidad y el nivel de riesgo actuales por inestabilidad del terreno a escala 1:500 para las viviendas incluidas dentro del área de estudio, de acuerdo con los procedimientos y metodologías idóneas y apropiadas al lugar.

- ✓ Evaluar el nivel de riesgo por inestabilidad del terreno a escala 1:500 para las viviendas incluidas dentro del área de estudio, teniendo en cuenta la implementación de la alternativa de mitigación recomendada para la zona, en el estudio ya mencionado, el cual fue elaborado por la firma GEOCING LTDA para la UAERMV

- ✓ Ajustar los modelos geológicos geotécnicos establecidos en desarrollo del estudio que elaboró la firma GEOCING LTDA para la UAERMV, teniendo en cuenta las condiciones actuales de la zona que pudieran llegar a modificarlos.

- ✓ Evaluación de las condiciones de vulnerabilidad física y riesgo por procesos de remoción en masa para los escenarios considerados en la evaluación de amenaza.

12. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

Revisión y análisis de información secundaria y estudio básico realizado por nuestra firma para la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial UAERMV, en cuanto al modelo geotécnico propuesto, los análisis de estabilidad, la zonificación por fenómenos de remoción en masa.

Realizar la evaluación de las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la zona teniendo en cuenta las especificaciones técnicas incluidas en los términos de referencia (Anexo No. 1).

Realizar las encuestas para el inventario de viviendas para el análisis de vulnerabilidad.

Llevar a cabo las correcciones y ajustes al informe, recomendadas por el interventor.

13. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS

Las posibles causas, se presentan por procesos denudativos, y los procesos de inestabilidad actuales y potenciales, está dada principalmente por la acción de saturación de las aguas infiltradas, originadas fundamentalmente por las lluvias, y con la ayuda de la desprotección de los terrenos.

“La zona objeto de estudio se encuentra ubicado en una ladera de pendiente moderada, formando una concavidad típica de una cañada o drenaje natural en la que se presenta un deslizamiento activo de tipo complejo con procesos de flujo de tierras y deslizamientos rotacionales asociados en el cuerpo principal de la masa inestable. El escarpe principal del movimiento, de 2 m de altura por 12 m de longitud aproximadamente, está afectando la banca de la Carrera 17 A Este, vía que conduce a los barrios Molinos de Cafam, Paseito III y Santa Rosa. Como este movimiento se encuentra activo se han venido afectando paulatinamente las

viviendas localizadas en las inmediaciones del deslizamiento, especialmente las habitadas por Rosa Satoba (Calle 42 C Sur N° 16 B – 50 Este)[3] y Luis Alfredo Torres (Calle 42 C Sur N° 16B – 32 Este)[4] en las que se aprecian serios agrietamientos en su estructura comprometiéndose la habitabilidad en el corto plazo (Ver **Foto 1** y **Foto 2)**" [5]

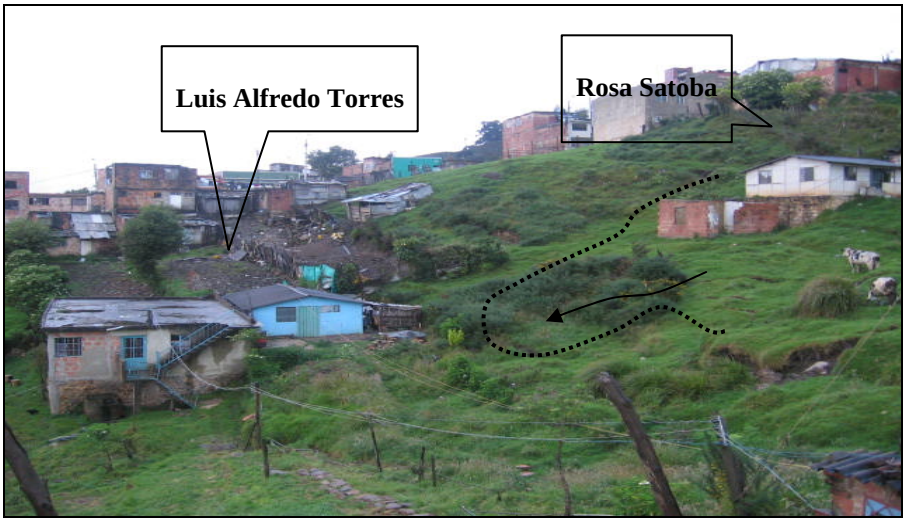


Foto 1 Localización de las viviendas con respecto al deslizamiento rotacional.

[3] Esta vivienda se encuentran en programa de reasentamiento según diagnostico técnico DI-2913, DI-3052 e identificador de reasentamiento SIRE 2006-4-8458

[4] Esta vivienda se encuentran en programa de reasentamiento según diagnostico técnico DI-2913, DI-3052 e identificador de reasentamiento SIRE 2006-4-8460

[5] Texto y Fotos Tomada del Diagnostico Técnico No. DI-3052 del FOPAE.



Foto 2. Localización de las Viviendas con respecto al Deslizamiento Rotacional

14. ANÁLISIS DE AMENAZA

14.1. MÉTODO DE ANÁLISIS

14.1.1. Generalidades

Para resolver un problema se deben tomar en cuenta las ecuaciones de campo y los vínculos constitutivos. Las primeras son de equilibrio, las segundas describen el comportamiento del terreno. Tales ecuaciones son particularmente complejas en cuanto los terrenos son sistemas multifase, que se pueden convertir en sistemas monofase solo en condiciones de terreno seco, o de análisis en condiciones drenadas.

En la mayor parte de los casos se encuentra con materiales que si bien están saturados, es también por lo menos bifase, lo que hace el uso de la ecuación de equilibrio notoriamente complicado. Además es prácticamente imposible definir una ley constitutiva de validez general, en cuanto los terrenos presentan un

comportamiento no-lineal aún en el caso de pequeñas deformaciones. A causa de dichas dificultades se introducen hipótesis simplificativas:

- ✓ Se usan leyes constitutivas simplificadas modelo rígido perfectamente plástico. Se asume que la resistencia del material se expresa únicamente con los parámetros cohesión (*c*) y ángulo de fricción interna (φ), constantes para el terreno y característicos del estado plástico, por lo tanto se supone válido el criterio de rotura de Mohr-Coulomb.
- ✓ En algunos casos se satisfacen solo en parte las ecuaciones de equilibrio.

Estas hipótesis se reflejan en el método del equilibrio límite utilizado para los análisis de estabilidad presentados.

14.1.2. Método del equilibrio límite (LEM)

El método del equilibrio límite consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte (τ) y se comparan con la resistencia disponible (τ_f), valorada según el criterio de rotura de *Coulomb;* de tal comparación se deriva la primera indicación sobre la estabilidad con el coeficiente de seguridad $F = \tau_f / \tau$.

Entre los métodos del equilibrio último, algunos consideran el equilibrio global del cuerpo rígido (*Culman*), otros, por motivos de la ausencia de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas considerando el equilibrio de cada una (*Fellenius, Bishop, Janbu, etc.*); para efectos de los cálculos se utilizó el método propuesto por Gle/Morgenstern-Price, implementado en el software Slide V5.01.

14.1.2.1. Parámetros utilizados en los modelos

Los parámetros geomecánicos utilizados en los modelos bidimensionales de estabilidad para los diferentes materiales se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2 Parámetros de análisis de estabilidad

DESCRIPCIÓN	ɣ KN/m³	mb	s	a
SUELO RESIDUAL	18	0,00266228	9,82 e-07	0,553448
ROCA METEORIZADA	19	0,00798685	9,82 e-07	0,553448
ROCA SANA	20	0,0212983	9,82 e-07	0,553448
ROCA INTACTA	20	Infinite strength	Infinite strength	Infinite strength

Los factores detonantes de deslizamientos utilizados en los modelos son el sismo y el agua freática. Para tener en cuenta el sismo se utilizó el método pseudo-estático, el valor del coeficiente de aceleración pseudo-estático (k_h) para un período de retorno de 475 años es de 0,16. Para el agua, se modelaron varios escenarios, desde el más crítico (talud saturado) hasta el menos crítico (talud seco)

14.1.2.2. Perfiles típicos

Los perfiles típicos de análisis se presentan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

14.2. ESCENARIOS DE ANÁLISIS

Los escenarios de análisis contemplados para las condiciones actuales y proyectadas son los siguientes:

Condición sin sismo y seco (normal): para este escenario se analiza el respectivo perfil en condiciones de terreno sin nivel freático y sin coeficiente sísmico.

Condición sin sismo y saturado (normal): para este escenario se analiza en condiciones con nivel freático saturado del terreno y sin coeficiente sísmico.

Condición sin sismo y nivel freático a 2 metros (normal): para este escenario se analiza en condiciones con nivel freático a 2 metros de profundidad del terreno y sin coeficiente sísmico.

Condición con sismo y sin nivel freático (normal): para este escenario se analiza en condiciones sin nivel freático el terreno y con coeficiente sísmico de 0.16.

Condición con sismo y sin nivel freático (normal): para este escenario se analiza en condiciones sin nivel freático del terreno y coeficiente sísmico de 0.16.

La condición con sismo y saturado (extrema 50 años): para este escenario se analiza en condiciones con nivel freático saturado del terreno y coeficiente sísmico de 0.16, debido a que es muy complejo realizar una proyección del nivel de agua para este periodo se toma conservadoramente el nivel freático como saturado para un periodo de retorno de 50 años.

La condición con sismo y nivel freático a 2 metros (extrema): para este escenario se analiza en condiciones con nivel freático a 2 metros de profundidad del terreno y coeficiente sísmico de 0.16, se realiza el análisis bajo esta condición simulando que el nivel del agua se mantendrá en los próximos 50 años.

14.2.1. Condición actual

Posteriormente se realizó un análisis de la situación actual con los parámetros geomecánicos y la topografía de la Firma GEOCING LIMITADA presentada en la Tabla 3 y el PLANO GE224-PL-01 y el PLANO GE224-PL-01A, condición futura a 50 años sin obras

Tabla 3. Análisis de estabilidad de talud condición Actual

CONDICIÓN	PERFIL	F. S.
SIN SISMO SECO (NORMAL)	Perfil No. 1	1.48
	Perfil No. 2	1.554
	Perfil No. 3	1.767
	Perfil No. 4	1.409
SIN SISMO SATURADO (NORMAL)	Perfil No. 1	0.796
	Perfil No. 2	0.85
	Perfil No. 3	1.01
	Perfil No. 4	0.985
SIN SISMO CON NIVEL FREÁTICO a 2m (NORMAL)	Perfil No. 1	1.276
	Perfil No. 2	1.397
	Perfil No. 3	1.676
	Perfil No. 4	1.412
CON SISMO SECO	Perfil No. 1	1.066
	Perfil No. 2	1.05
	Perfil No. 3	1.282
	Perfil No. 4	0.984
CON SISMO SATURADO (EXTREMA 50 AÑOS)	Perfil No. 1	0.529
	Perfil No. 2	0.671
	Perfil No. 3	0.706
	Perfil No. 4	0.671
CON SISMO CON NIVEL FREÁTICO a 2m (EXTREMA)	Perfil No. 1	0.851
	Perfil No. 2	1.205
	Perfil No. 3	1.205
	Perfil No. 4	0.984

El anterior análisis presenta en condiciones favorables (Sin sismo y seco) un factor de seguridad de 1.409, con agua freática a una profundidad de 2.00m y sin sismo con un factor de seguridad de 1.276; sin embargo en condiciones desfavorables (Talud sin sismo y saturado) alcanza un factor de seguridad de 0.85 y (Talud con sismo y saturado) alcanza un factor de seguridad de 0.529; lo que indica que luego de haber fallado el talud, continuará presentando deterioros en la ladera por efectos hídricos como las altas precipitaciones y el aporte de aguas servidas del alcantarillado en la cara del talud que aun no han sido recogidas; de continuar con lo anterior expuesto, no cesarán los procesos erosivos y de meteorización en la zona objeto de estudio, comprometiendo a mayor grado las viviendas ubicadas en la parte baja del talud. (Ver **ANEXO V**).

14.2.2. Condición proyectada.

Para esta condición se tiene en cuenta las obras de drenaje que se implementaran en el área de estudio, ya que no se tienen obras de infraestructura ni urbanismos proyectadas para este sector, para ello se realizo una modelación con el método de talud infinito, con las condiciones normales y condiciones extremas que se presenta en la Tabla 4 y el **ANEXO A**. PLANO GE-224-PL-01B.

Tabla 4 Análisis de estabilidad de talud condición proyectada

CONDICIÓN	PERFIL	F. S.
SIN SISMO SECO (NORMAL)	PARTE CENTRAL 30,5º	1.48
	COSTADO NORTE 23º	1.88
	COSTADO SUR 27º	1.63
	PARTE MEDIA ÁREA DE ESTUDIO 24º	1.81
SIN SISMO SATURADO (NORMAL)	PARTE CENTRAL 30,5º	1.23
	COSTADO NORTE 23º	1.54
	COSTADO SUR 27º	1.35
	PARTE MEDIA ÁREA DE ESTUDIO 24º	1.49
CON SISMO SECO (EXTREMA)	PARTE CENTRAL 30,5º	1.13
	COSTADO NORTE 23º	1.33
	COSTADO SUR 27º	1.21
	PARTE MEDIA ÁREA DE ESTUDIO 24º	1.30
CON SISMO SATURADO (EXTREMA 50 AÑOS)	PARTE CENTRAL 30,5º	1.00
	COSTADO NORTE 23º	1.09
	COSTADO SUR 27º	1.00
	PARTE MEDIA ÁREA DE ESTUDIO 24º	1.06

Con base a los resultados obtenidos se puede catalogar la amenaza actual del área de estudio en dos zonas la cuales son:

Amenaza alta la cual está localizada entre las calles 42 A sur y la calle 42 C sur entre carreras 16 B y la carrera 17 A y la zona comprendida de los lotes 73 al 78; la amenaza media comprende un 65% del área de estudio en el plano GE-224-PL-001 AMENAZA ACTUAL.

Para la amenaza futura a 50 años, sin implementación de obras la amenaza resulta de Categoría Alta con las condiciones de nivel freático saturado y sismo, lo que se presenta en el Plano GE-224-PL-001A AMENAZA FUTURA 50 AÑOS SIN OBRAS.

Para la condición proyectada con obras, la categorización de la amenaza se presenta como media, manteniéndose la condición para los sectores presentados como amenaza media en el análisis actual y como baja para los sectores donde se implementaran las respectivas obras en el Plano GE-224-PL-001B AMENAZA CON OBRAS, se presenta la categorización de la amenaza.

En el análisis proyectado a 50 años con obras, la amenaza media en la parte central del área de estudio, donde se presenta las obras presenta una retrogresión de unos 8 metros aproximadamente en la parte sobre la carrera 16 de acuerdo a los análisis presentados anteriormente en el numeral 14.2 de este documento, en el plano GE-224-PL-001C AMENAZA FUTURA A 50 AÑOS CON OBRAS, se presenta la categorización de la amenaza.

15. DISEÑO DETALLADO DE OBRAS DE MITIGACIÓN

15.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizará como criterios de categorización los presentados en la Tabla 5, teniendo en cuenta lo expuesto en la Resolución 227 del 13 de julio de 2006.

Tabla 5. Categorización de amenaza por FRM

Categoría de amenaza	FS condiciones normales	FS condiciones extremas
Baja	>1,9	>1,3
Media	1,2 - 1,9	1,0 – 1,3
Alta	<1,2	<1,0

En lo posible, los diseños se realizarán para que la amenaza en la zona sea catalogada como baja, o por lo menos media; si se da el segundo caso, se deberán dar las recomendaciones para que la zona susceptible a deslizamiento (con categoría media) presente un riesgo bajo para las viviendas o edificaciones y servicios públicos existentes.

Adicionalmente, para las estructuras de contención se adoptan los valores mínimos del factor de seguridad para este tipo de construcción estipulados en la norma NSR-98, título H, numeral 4.2.11, y que se resumen en la **Tabla 6.**

Tabla 6. Factores de seguridad mínimo para estructuras de contención según la NSR-98

Solicitación	Factor de seguridad mínimo [6]	
	Suelos cohesivos	Suelos granulares
Deslizamiento	2,0	1,5
Volteo	2,0	3,0
Capacidad portante	2,5	2,5

15.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN

Teniendo en cuenta que el costado oriental presenta actualmente bloques de areniscas de 3m de diámetro aproximadamente, estos bloques se encuentran en una matriz arcillosa, la cual está presentando problemas de lavado, dejando en descubierto estos bloques y permitiendo así el desplazamiento de estos ocasionando riesgo por este fenómeno tanto las viviendas de la parte baja como el acceso a estas, se deberán implementar obras de estabilización de taludes, que en forma general son:

- Obras de drenaje superficial
- Obras de protección contra la erosión y reconformación del talud.

[6] *Para el caso en estudio se adoptan como suelos granulares.*

15.2.1. Alternativa 1

15.2.1.1. Obras Propuestas

1. Localización y replanteo
2. Aislamiento y Protección de la zona a intervenir en repisa y lona verde
3. Descapote
4. Adecuación de las terrazas excavación
5. Empradización con cespedón o similar
6. Suministro y compactación de recebo estabilizado mecánicamente
7. Construcción de cunetas y descoles en sacos de suelo-cemento
8. Suministro en instalación de tubería PVC 12"
9. Trinchera drenante con dren planar
10. Construcción de cajas de inspección
11. Dren horizontal
12. Cuneta en concreto

15.2.2. Alternativa 2

15.2.2.1. Obras Propuestas

1. Localización y replanteo
2. Aislamiento y Protección de la zona a intervenir en repisa y lona verde
3. Descapote
4. Suministro y compactación de recebo estabilizado
5. Construcción de cunetas y descoles en sacos de suelo-cemento
6. Trinchera drenante con dren planar
7. Suministro en instalación de tubería PVC 12"

8. Construcción de cajas de inspección

9. Dren horizontal

10. Cunetas en concreto

15.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GLOBAL

Teniendo en cuenta los análisis de estabilidad global presentados, los factores de seguridad para los escenarios posibles se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores de seguridad condicionales para las alternativas planteadas

Escenario	Factores de Seguridad	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Nivel freático abatido y sin sismo	2.074	2.16
Nivel freático abatido y con sismo	1.421	1.239

Para garantizar la amenaza baja en la zona según los análisis realizados, es necesario además del terraceo mantener el nivel freático por lo menos dos metro por debajo del nivel del terreno reconformado, motivo por el cual es necesario la implementación de un drenaje subsuperficial (estilo trincheras drenantes).

La alternativa recomendada es la Alternativa 1 esta nos brinda un considerable mejoramiento en el factor de seguridad y el valor total de las obras es del orden de $ 226.000.000 (costo directo) el precio del AIU $60.650.000, mas el costo del residente social el cual esta $6.200.000 incluido el iva. Para un gran total de $ 287.000.000.

16. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

En este capítulo se presentan los análisis de vulnerabilidad y riesgo físicos para las estructuras existentes, teniendo como elementos expuestos predominantes de la zona de estudio. Otras estructuras tales como tuberías enterradas deberán

construirse bajo las normas de la EAAB, para las tuberías de acueducto y alcantarillado deben ser de tipo flexible (PVC), y para su cimentación deben contemplar las normas de la EAAB.

Para el análisis de vulnerabilidad se realizaron 93 encuestas a las viviendas del sector del estudio de acuerdo a la ficha presentada en el **Anexo C,** además se realizo un registro fotográfico de los predios encuestados el cual se presenta en el **Anexo D**.

16.1. VULNERABILIDAD

Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante deslizamientos se utiliza el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando, para tal efecto, la metodología propuesta por Leone[7] y modificada por Soler et al[8]. En resumen, el trabajo consiste en calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las solicitaciones y las características del elemento expuesto (viviendas). Debido a que en esta etapa del proyecto (Institucional) no se cuenta con la información suficiente para determinar los movimientos de tierra necesarios para la implantación de las edificaciones ni las características de la cimentación del proyecto, los análisis se realizan bajo la hipótesis de cimentación superficial y teniendo en cuenta que los cortes y/o rellenos no afectan las condiciones de estabilidad de la ladera (se deben proyectar las obras de mitigación necesarias durante la etapa de expedición de la licencia de construcción, teniendo en cuenta las características de los movimientos de tierras) en el **ANEXO C**, se presenta las base de datos y las encuestas realizadas y en el **ANEXO D**, se presenta el registro fotográfico de las casa encuestadas.

[7] *Leone, F. (1999) CONCEPT DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES PAR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERREIN. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.*

[8] *Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN SANTAFÉ DE BOGOTÁ, COLOMBIA. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.*

En resumen, el trabajo consistió en:

- Clasificar la tipología de viviendas. Esta información es tomada de las construcciones existentes.
- Calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las solicitaciones y las características del elemento expuesto (viviendas).

16.1.1. Tipificación de las estructuras

En forma general, la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se tipifican las viviendas en la Tabla 8, teniendo en cuenta los siguientes criterios de resistencia de la estructura.

Tipo de solicitación	Modos de daño	Criterio de resistencia de la estructura
Desplazamientos laterales	Transporte. Deformación. Asentamientos. Ruptura.	Profundidad de la cimentación. Arriostramiento de la estructura.
Empujes laterales	Deformación. Ruptura.	Altura de la estructura. Profundidad de la cimentación. Refuerzo.
Impactos	Deformación. Ruptura.	Refuerzo

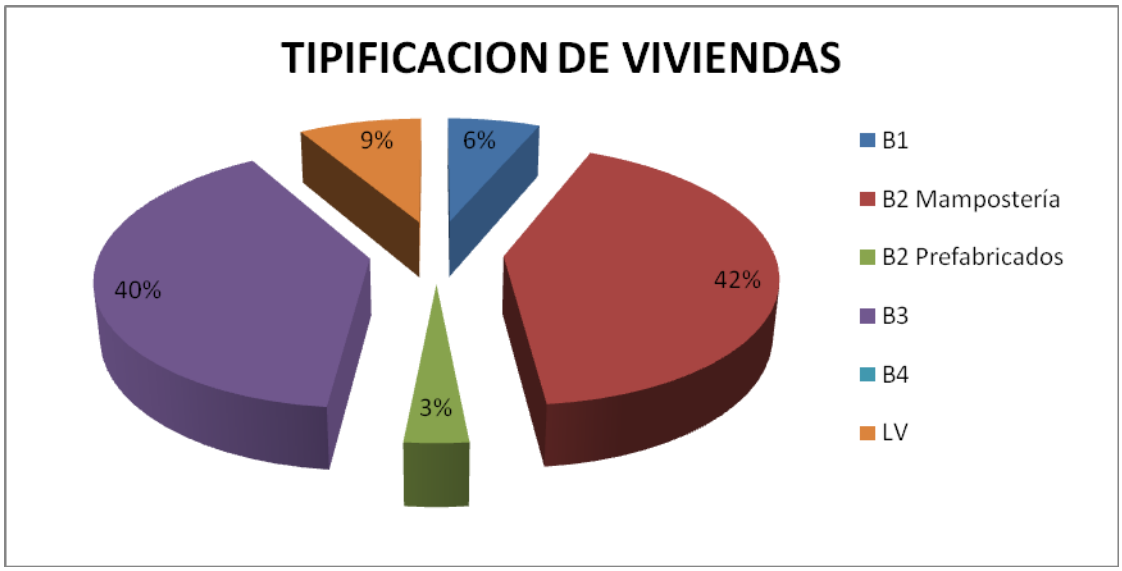
Tabla 8 Criterios de resistencia de la estructura.

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente, para tipificar las viviendas se adopta el criterio de Leone, el cual se resume a continuación en la Tabla 9.

Tipo edificación	Descripción
B1	Viviendas en material de reciclaje
B2 Mampostería	Vivienda en mampostería sin estructura.
B2 Prefabricados	Vivienda prefabricada.
B3	Casas hasta de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructural).
B4	Casas de más de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructural).

Tabla 9 Clasificación de la tipología de vivienda

De acuerdo con las encuestas realizadas las estructuras de la zona se pueden clasificar dentro de la tipología B2 y B3 en la Gráfica 1, se presenta las diferentes tipos de edificaciones que se encuentran en el área de estudio.



Gráfica 1 tipificación de las viviendas del área de estudio

16.1.2. Calificación de los daños

En la metodología propuesta por Leone, para calificar los daños producidos en las viviendas por fenómenos de remoción en masa, se sigue el criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, como se muestra en la Tabla 10:

Índice de daño	Tipo de daño	Porcentaje de daño
1	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	0.0 - 0.1
2	Fisuración de paredes (muros). Reparaciones no urgentes.	0.2 - 0.3
3	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales.	0.4 - 0.6
4	Fracturación de la estructura. Evacuación inmediata.	0.7 - 0.8
5	Derrumbe parcial o total de la estructura.	0.9 - 1.0

Tabla 10 Clasificación de los daños según el DRM

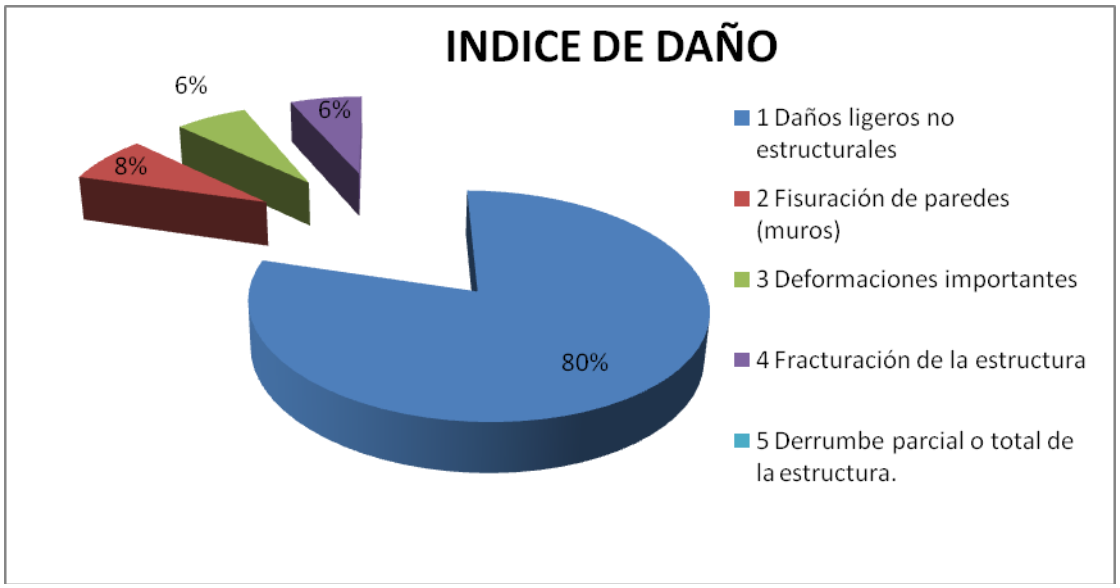
El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone, como:

$$IP = \frac{(Vi - Vf)}{Vi}$$

Donde,

- Vi : Valor inicial del bien (antes del evento).
- Vf : Valor final del bien (después del evento).

Según los trabajos de campo las viviendas se clasifican de acuerdo a la Gráfica 2.



Gráfica 2 Índice de daño evaluado con las encuestas realizadas

16.1.3. Tipos de movimientos y solicitaciones

El tipo de solicitación depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el fenómeno[9], tal como se presenta a continuación.

[9] Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

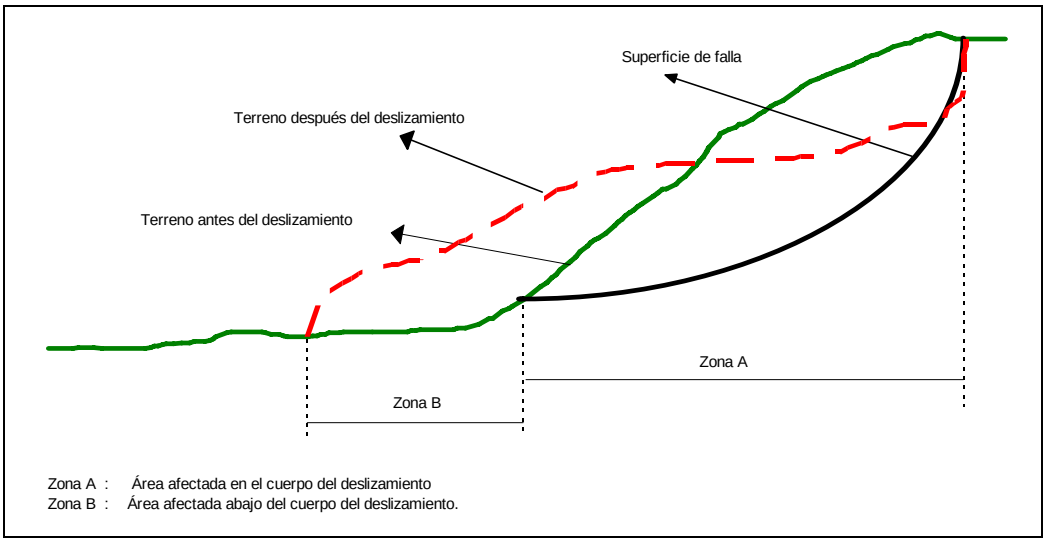


Ilustración 1 Esquema de deslizamiento

Como se puede observar en la Ilustración 1, se distinguen claramente dos (2) zonas.

En la Zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Directa, los daños que sufrirían las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos laterales (DL) que, a su vez, dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utiliza la escala propuesta por Cruden y Varnes10, presentada a continuación (ver Tabla 11).

Descripción	Clase	Velocidad característica
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/seg
Rápido	VM2	Entre 0,5 mm/seg y 50 mm/seg
Moderado	VM3	Entre 0,05 mm/seg y 0,5 mm/seg
Lento	VM4	Entre 0,005 mm/seg y 0,05 mm/seg
Muy lento	VM5	Menor a 0,005 mm/seg

Tabla 11 Rangos de velocidad utilizadas en el estudio

[10] Cruden , D. y Varnes D.(1991). **Landslides types and processes.** Universidad de Alberta.

En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, los daños de las viviendas se pueden relacionar con los empujes laterales (EL) que, igualmente, se pueden asociar con la altura que alcanza la acumulación de material contra la vivienda (ver Tabla 12):

Descripción	Clase	Característica
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

Tabla 12 Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio

Para el caso en estudio, las solicitaciones corresponde a desplazamientos laterales (DL) que a su vez depende de la velocidad del movimiento, de los cuales se pueden identificar dos clases que son VM3 que afectan el predio 111 y la clase VM5 donde se identifican 69 predios, y solicitaciones relacionadas con los empujes laterales (EL) donde se identifica un predio de clase PL1, 11 predios de clase PL2, dos predios de clase PL3.

16.1.4. Matriz de daño

Se asocian los Índices de Daños Potenciales (IDp) ocasionados por un evento dado, de acuerdo tanto al tipo de solicitud (magnitud del evento) como a la tipología de la vivienda (resistencia del elemento expuesto). A continuación se presenta la matriz de daño utilizada (ver Tabla 13).

	CLASE DE SOLICITACIÓN	**TIPOLOGÍA DE VIVIENDA**			
		B1	**B2**	**B3**	**B4**
DESPLAZAMIENTOS LATERALES	VM1	V	V	V	IV
	VM2	V	V	IV	IV
	VM3	V	IV	III	III
	VM4	IV	III	III	II
	VM5	III	II	I	I
EMPUJES LATERALES	PL1	V	IV	III	III
	PL2	V	IV	III	II
	PL3	IV	III	II	I

Tabla 13 Matriz de daño utilizada en el estudio

El análisis de la vulnerabilidad de las viviendas de la zona de estudio se presenta en el **Anexo E.**

16.1.5. Índice de vulnerabilidad física (IVF)

El Índice de Daño se cuantifica por medio de conjuntos difusos (ver Ilustración 2) para hallar el porcentaje de daño o índice de pérdidas; estos porcentajes de pérdidas dependen del nivel de confianza en la valoración; en este caso se adopta, para una confianza de 1.0, los rangos de valores de cada ID propuestos por Leone (1996). En el **Anexo E.**

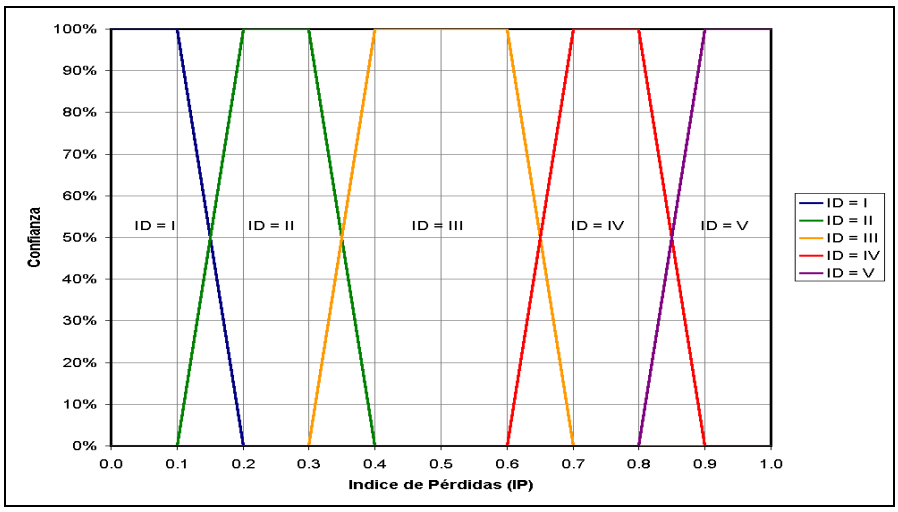


Ilustración 2 Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos

16.1.6. Plano de vulnerabilidad

Con base en los resultados de los análisis de vulnerabilidad presentados, se elabora el Mapa de Vulnerabilidad por Deslizamientos (ver Plano GE-224-PL-002), categorizando el valor del IVF de acuerdo con los criterios establecidos en estudios previos realizados en Bogotá por F. Soler A. J. González y otros, los cuales se presentan en la Tabla 14.

CATEGORÍA VULNERABILIDAD	CRITERIO
ALTA	IVF promedio ≥ 0.65
MEDIA	0.35 ≤ IVF promedio < 0.65
BAJA	IVF promedio < 0.35

Tabla 14 Criterios de categorización de la vulnerabilidad.

De lo anterior se puede concluir que el 73 % de las viviendas del área de estudio tienen vulnerabilidad baja, un 9% de las viviendas presenta una vulnerabilidad media, un 8 % de las viviendas presenta vulnerabilidad de categoría alta y un 10% de las viviendas presenta lotes.

16.2. RIESGO

16.2.1. Método de análisis

El denominado riesgo (económico, social o ambiental, según sea el sector que represente al usuario) se puede simular mediante el modelo dinámico del tipo integral (Rivera, 2001):

$$R_{E,S,A} = \int P(e)\, P_{(E,S,A)}$$

En donde,

$R_{E,}$ Es el riesgo, sea económico (E), social (S) o ambiental (A).

$P(e)$ Es la probabilidad cuantitativa del evento que se pronostica; se denomina también amenaza (H).

$P_{(E,S}$ Es la pérdida en el sector, sea económico (E), social (S) o ambiental (A), que se relaciona con el evento natural que se predice; también se suele denominar vulnerabilidad (V).

Para el caso en estudio, y una vez obtenida la amenaza y la vulnerabilidad, se puede estimar el riesgo físico individual de cada edificación definiendo el índice de riesgo (IR) como:

$$IR = P_f \cdot IVF$$

Teniendo en cuenta que la amenaza se definió como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y la vulnerabilidad como un índice de pérdidas, representado como un conjunto difuso, el índice de riesgo también es un conjunto difuso que, para el caso utilizado de conjuntos difusos trapezoidales, se puede representar por la función presentada en la Ilustración 3.

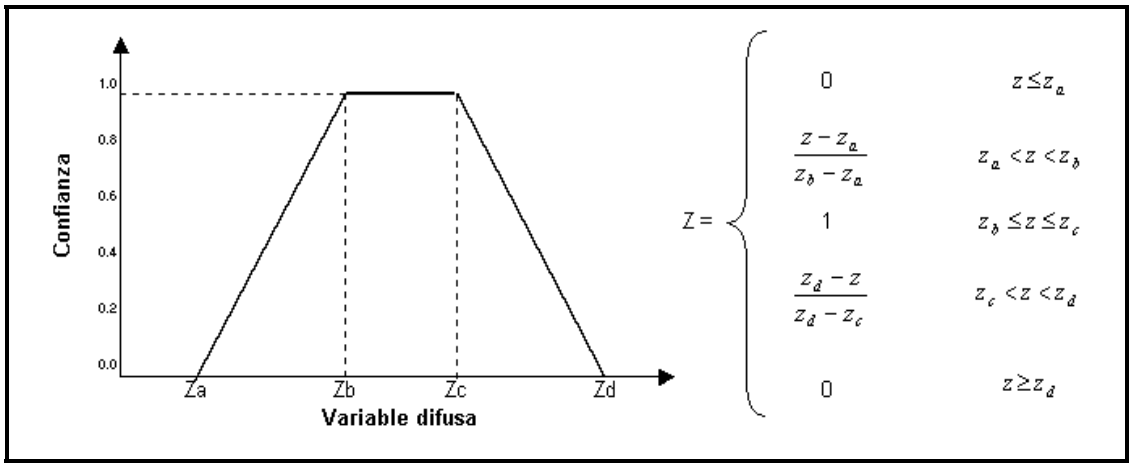


Ilustración 3 Conjuntos difusos trapezoidales

Una vez calculado el índice de riesgo representado como una variable difusa se puede calcular el riesgo como la probabilidad de excedencia de las pérdidas; hay dos (2) posibilidades para calcularla:

Hipótesis 1

En este caso se puede determinar la esperanza y la varianza del factor de seguridad como el primer momento y el radio de giro con respecto a la media de la función difusa, respectivamente; es decir,

Media

$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} z \cdot f(z)\, dz$, para la esperanza o media.

Para el conjunto difuso trapezoidal se tiene que:

$$\mu = z_a + \frac{1}{A}\left[\frac{4A_1^{\,2}}{3} + A_2\left(\frac{A_2}{2} + 2A_1\right) + A_3\left(A_2 + 2A_1 + \frac{2A_3}{3}\right)\right]$$

Donde,

$$A_1 = \frac{z_b - z_a}{2}$$

$$A_2 = z_c - z_b$$

$$A_3 = \frac{z_d - z_c}{2}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

Varianza

$$V(z) = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (z-\mu)^2 \cdot f(z)\, dz$$

Para el conjunto difuso trapezoidal

$$\sigma^2 = \frac{I_\mu}{A} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{A}$$

Donde,

$$I_1 = \frac{(z_b - z_a)^3}{36} + A_1\left[\mu - \left(\frac{2z_b + z_a}{3}\right)\right]^2$$

$$I_2 = \frac{(z_c - z_b)^3}{12} + A_2\left[\mu - \left(\frac{z_c + z_b}{2}\right)\right]^2$$

$$I_3 = \frac{(z_d - z_c)^3}{36} + A_3\left[\mu - \left(\frac{z_d + 2z_c}{3}\right)\right]^2$$

Con la esperanza (o media) y la desviación estándar del IR, se puede calcular la probabilidad de excedencia de cierto valor de referencia (que son las pérdidas admisibles por el propietario, y conocido como el nivel riesgo admisible; este riesgo

aceptado, es denominado en este estudio IRo), que es ajustado a una función de distribución de probabilidad (se debe a la de mejor ajuste, ya bien sea normal, log-normal, beta, etc.).

Hipótesis 2

Se calcula la probabilidad de excedencia de un valor dado como,

$$R = \frac{\int_{IR_0}^{\infty} Z\,dz}{\int_{-\infty}^{\infty} Z\,dz} \qquad Z \equiv IR$$

Para un conjunto difuso trapezoidal, la anterior ecuación da como resultado lo que se presenta en la Ilustración 4.

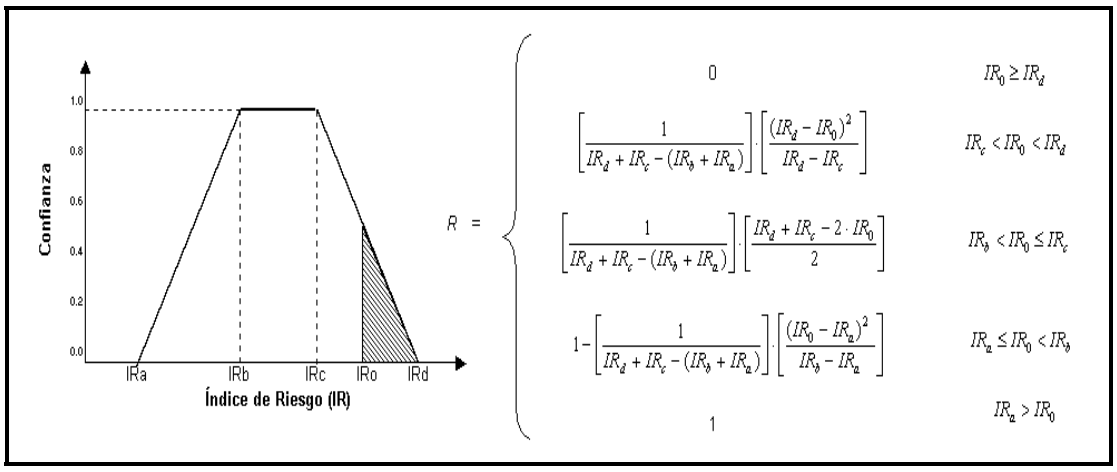


Ilustración 4 Cálculo del riesgo por conjuntos difusos trapezoidales

16.2.2. Criterios aplicados y resultados obtenidos

Para el caso en estudio se aplica la Hipótesis 1, determinando los niveles de riesgo según la probabilidad de excedencia de las pérdidas probables admisibles (IRo), definidas en un 10%, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 15.

Nivel de riesgo	Criterio
Bajo	La probabilidad de excedencia de las pérdidas 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 pérdidas máximas admisibles (definidas como 10%, valor de IRo) es mayor al 10%.

Tabla 15 Categorización del riesgo

Se presentan los resultados de vulnerabilidad y riesgo para las edificaciones existentes, en el ANEXO E, se presenta un cuadro consolidado de la vulnerabilidad y riesgo de las viviendas del área de estudio, teniendo en cuenta las condiciones de las obras de estabilización propuestas y para las dos hipótesis de amenaza planteadas a largo plazo (con condiciones de nivel freático a abatido y condiciones secas). En el PLANO GE-224-PL-002 Vulnerabilidad, el PLANO GE-224-PL-002 B se presenta el riesgo con obras.

17. ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Nota: se consultó el Mapa Interactivo del Acueducto de Bogotá para definir la red de alcantarillado a intervenir, pozos que recogerán las aguas lluvias y negras y el trazado del alcantarillado propuesto. Adicionalmente el diámetro de tubería propuesto para el desarrollo del proyecto es de 12” que comparativamente es superior al existente (ø= 8”) lo cual garantiza el paso normal del caudal por la red.

ANÁLISIS DE VIABILIDAD PREDIAL: De acuerdo con las obras propuestas se localizan sobre espacio público y privado. Localizado entre la Carrera 17 A hasta la Carrera 16 B y entre Calles 42 A sur hasta 42 C sur.

La información predial, fue suministrada por los habitantes del predio al momento de la visita, por lo que al momento de realizar las obras y adquisición de los predios se debe realizar un análisis jurídico respectivo por la entidad competente. La información de los procesos de reasentamiento fue tomada de la base de datos de reasentamiento de la página del SIRE a julio de 2007.

La obra afectara predios los cuales están relacionados en los Planos GE 224-PL-003 LOCALIZACIÓN DE OBRAS PROPUESTAS. Los predios afectados se relacionan en la **Tabla 16**, las fichas prediales se anexan al informe final se presenta la relación actual de los predios Vrs Plano de Planeación **US31/4.**

	CATASTRO		PLANEACIÓN						
CÓDIGO FICHA PREDIAL	Manzana	Lote	Manzana	Lote	Dirección	Nombres y Apellidos	Propietario / Poseedor	Tipo (Promesa de Venta/Escritura/Otra)	Reasentamiento (Si/No)
	12	1	P	15	KR 17AE 42 A 75S				NO
	12	2	P	13	CL 42C SUR 16B 68 ESTE				NO
85	12	4	P	11	CL 42 C SUR 16 B 44 ESTE	Nieto Norelia/Satoba Reinaldo	Propietario		SI
	12	5	P	9	CL 42C SUR 16B 40 ESTE				NO
	12	5A	P	9	Calle 42C Sur # 16B - 50 Este	Satoba Vargas Rosa	Propietario		SI
	12	5 B	P	9	Calle 42C # 16 B - 44	Ardila Ana Milena	Propietario		SI
84	12	5 C	P	9	Calle 42B Sur # 16 B - 40	Tocarruncho Arévalo Jhon Wilson/Tocarruncho Hernández Diana	Propietario		SI
83	12	6	P	7	CL 42C SUR 16B-32 ESTE	Torres Montaño Luis Alfredo/Vargas Ana Beatriz	Propietario		SI
	12	7	P	7	CL 42C SUR 16B 28 ESTE	Avellaneda Francisco	Propietario		SI
	12	8	P	5	CL 42C SUR 16B 22 ESTE				NO
82	12	38A	P	5	Calle 42B Sur # 16B - 18 Este Interior 1	Guarin Cifuentes Yolanda	Propietario		SI
43	12	38B	P	5	CL 42B SUR 16B 18 ESTE Interior 2	Fuentes Romero Maria Teresa	Propietario		SI
	12	9A	P	4	KR 16B ESTE 42A-90 SUR	Bermudez Jorge Raul	Propietario		NO
47	12	9B	P	4	KR 16B ESTE 42A-80 SUR	Bermudez Alcira de Jesus	Propietario		NO
48	12	9C	P	4	KR 16B ESTE 42A-72 SUR	Bermudez Rosa Beatriz de Beltran	Propietario		NO
49	12	10	P	3	KR 16B E 42A 60 S	Bermudez Luis H	Propietario		NO
50	12	11	P	3	KR 16B E 42A 54S	Garavito Eduardo	Propietario		NO
	12	12	P	2	KR 16B ESTE 42A-30 SUR				NO
	12	13	P	1	KR 16B E 42A 12S				NO
	12	14	P	1	CL 42A S 16B 05E				NO
	12	15	P	1	CL 42AS 16B 09E				NO
	12	16	P	1	CL 42AS 16B 13E				NO
	12	17	P	1	CL 42A S 16B 17E				NO
	12	18	P	6	CL 42A SUR 16B-27 ESTE				NO
	12	19	P	6	CL 42AS 16B 33E				NO
	12	20	P	8	CL 42AS 16B 61E				NO
	12	21	P	8	CL 42AS 16B 65E				NO
	12	22	P	10	CL 42A SUR 16B-71 ESTE				NO
	12	23	P	12	CL 42AS 16B 81E				NO
	12	24	P	14	CL 42AS 16B 89E				NO
86	12	40	P	14	CL 42A S 16B 89 E IN 1	Contreras Rubio José Audoro	Propietario		SI
	12	25	P	14	CL 42A SUR 16B-93 ESTE				NO
	12	26	P	18	CL 42A SUR 16B-95 ESTE				NO
	12	27	P	18	CL 42A SUR 16B-97 ESTE				NO
	12	28	P	18	CL 42A SUR 16B-99 ESTE				NO
	12	41	P	18	KR 17A ESTE 42A 13 SUR IN 1				NO
	12	39	P	18	KR 17A ESTE 42A 05 SUR				NO
41	12	29	P	18	KR 17A ESTE 42A-13 SUR				NO

Tabla 16. Listado de predios afectados por las obras de mitigación de riesgo[11]

[11] NOTA: La información fue suministrada por los habitantes del predio al momento de la visita, por lo que al momento de realizar las obras y adquisición de los predios se debe realizar una análisis jurídico respectivo por la entidad competente La información de los procesos de reasentamiento fue tomada de la base de datos de reasentamiento de la pagina del SIRE a julio de 2007

18. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

18.1. GENERALIDADES

La zona estudio está conformada por rocas arcillolitas pertenecientes al Conjunto de la Formación Bogotá, las cuales están cubiertas por suelos arcillosos residuales de la misma formación y rellenos antrópicos constituidos por materiales heterogéneos de composición arcillosa, arenosa y algunos materiales de construcción generados por asentamientos humanos ilegales (presencia de placas en concreto), los cuales contribuyen a la inestabilidad haciéndolo susceptible a fenómenos de remoción en masa, sobre todo en épocas de altas precipitaciones, ya que la zona de estudio carece de obras de contención en la parte alta, para controlar la banca de las vías existentes (carrera 17 A y calle 42 C sur).

Después de revisados los antecedentes y evolución del problema, en el sector donde se presentó Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) tipo rotacional y reptación a nivel superficial con presencia de surcos y cárcavas debidas al mal manejo de las aguas residuales, falta de obras de drenaje que permiten evacuar aguas de escorrentía y fugas en la red de aguas residuales lo cual genera saturación de los materiales sueltos (rellenos antrópicos y suelo residual) que conforman esta zona de ladera, involucrando un área aproximada de 0.5 Ha.

De acuerdo a lo observado en campo y comparando las condiciones presentadas en el estudio de la UAERMV, las características del sitio se han mantenido sin cambios significativos, por tal motivo se mantienen las características geotécnicas las cuales se aplican para el desarrollo del presente estudio.

18.2. ANÁLISIS DE AMENAZA

Para el análisis de estabilidad se presentaron las condiciones normales (sin sismo, nivel freático a dos metros y seco) para los dos escenarios que son actual y

con obras, para la condición extremas (nivel freático Saturado y con sismo) para los dos escenarios sin obras y con obras.

Para las condiciones normales en el escenario actual la amenaza después del análisis realizado, se cataloga como media para las zonas del área de influencia indirecta del proyecto y como amenaza alta para el área directa obteniendo factores de seguridad del orden de 0.79 a 1.01 para el análisis realizado en condiciones de nivel freático saturado. Para el escenario con obras se estableció que el área circundante al sector donde se desarrollaran los trabajos la amenaza que se presenta es baja y en el área de influencia indirecta se presenta la amenaza media con factores de seguridad entre 1.81 a 1.88.

De acuerdo al análisis realizado se estableció que en el escenario actual se presentan dos zonas de amenaza alta, la primera asociada directamente al fenómeno de remoción en masa que se presenta en la zona de la manzana 12 y la segunda a deficientes prácticas constructivas que detonan una inestabilidad local por cortes para la construcción de algunas viviendas en la manzana 11. El área restante presenta amenaza media por remoción en masa. Es de anotar que en condiciones normales y extremas (amenaza futura 50 años) las áreas de amenaza alta son muy semejantes, toda vez que las condiciones geológicas y geomorfológicas de la zona no permiten un mayor desarrollo del movimiento ya presentado

18.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La información Predial, fue suministrada por los habitantes del predio al momento de la visita, por lo que al momento de realizar las obras y adquisición de los predios se debe realizar un análisis jurídico respectivo por la entidad competente. La información de los procesos de reasentamiento fue tomada de la base de datos de reasentamiento de la página del SIRE (julio de 2008).

De acuerdo a las encuestas realizadas se tiene que en el barrio Moralba el 6% de las viviendas están construidas en materia de reciclaje como son tejas de Zinc, madera entre otros; un 42% de las viviendas son de mampostería sin estructura; un 3% son viviendas prefabricadas; el 40% son viviendas de dos pisos de altura con estructura; el 9% son lotes vacios, no se presenta edificaciones de más de dos pisos en el barrio.

El índice de daño que presenta el barrio Moralba es de un 80% de las viviendas con daños ligeros no estructurales, estabilidad no afectada; un 8% presentan Fisuración de paredes (muros), Reparaciones no urgentes; un 6% presentan deformaciones importantes, daños en elementos estructurales; un 6% Fracturación de la estructura, evacuación inmediata.

Con base a lo anterior se realizo el análisis de vulnerabilidad encontrándose que el 73% de las viviendas presentan vulnerabilidad baja, el 9% vulnerabilidad media, el 8% vulnerabilidad alta y el restante 10% corresponde a lotes vacíos.

Los predios con categoría de vulnerabilidad media se relacionados en la Tabla 19; los predios identificados como vulnerabilidad alta se presenta en la Tabla 20. En el plano GE-224-PL-002 VULNERABILIDAD, se presenta la vulnerabilidad del sector.

Vivienda	Propietario
44	Se encuentra deshabitado
45	Raúl Bermúdez
46	Raúl Bermúdez
47	Alcira de Jesús Bermúdez
48	Rosa Beatriz Bermúdez
49	Luis Hernando Bermúdez
50	Eduardo Garavito
51	Ana Rosa Soriano Dueñas
62	Calle 42 C Sur # 16B–49 Este

Tabla 17. Predios que presenta vulnerabilidad media

Vivienda	Propietario
43	Se encuentra deshabitado
74	Luz Ángela Gómez
75	Magnolia Vasco
76	Miriam Castañeda
77	Ana Silva Garnica
78	Martha Isabel Castillo
103	Lilia Elisa Garzón
111	Esperanza Chois

Tabla 18. Predios con vulnerabilidad alta

18.4. ANÁLISIS DE RIESGO

De acuerdo a los resultados de los análisis obtenidos, el riesgo actual se distribuye en un 81% de las viviendas como riesgo bajo, un 9% de las viviendas presenta riesgo y un 10% de las viviendas como riesgo medio.

Del análisis de riesgo se concluye que existe una (1) vivienda en riesgo alto ubicada en la zona del deslizamiento la cual se encuentra dehabitada, seis (6) viviendas en la zona de afectación local de la manzana 11 y una (1) en el costado sur de la zona de estudio. De otra parte se estableció que existen siete (7) viviendas en riesgo medio ubicadas en la zona del deslizamiento y una (1) vivienda en la manzana 11.Finalmente el resto de viviendas presentan riesgo bajo. Es de anotar que al momento de realizar los trabajos de campo (Febrero a marzo de 2010), seis de las 93 viviendas de la zona ya han sido demolidas a causa de los problemas de inestabilidad en la zona.

Los predios con categoría de riego medio se relacionados en la Tabla 19; los predios identificados como riego alto, se presenta en la Tabla 20. En el plano GE-224-PL-002A RIESGO, se presenta el riesgo actual del sector.

Vivienda	Propietario
45	Raúl Bermúdez
46	Raúl Bermúdez
47	Alcira de Jesús Bermúdez
48	Rosa Beatriz Bermúdez
49	Luis Hernando Bermúdez
50	Eduardo Garavito
51	Ana Rosa Soriano Dueñas
62	Calle 42 C Sur # 16B–49 Este

Tabla 19 predios que presenta riesgo medio

Vivienda	Propietario
43	se encuentra deshabitado
74	Luz Ángela Gómez
75	Magnolia Vasco
76	Miriam Castañeda
77	Ana Silva Garnica
78	Martha Isabel Castillo
103	Lilia Elisa Garzón
111	Esperanza Chois

Tabla 20 predios con riesgo alto

18.5. PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN

Como resultado del estudio realizado por la UAERMV se plantearon obras de mitigación, las cuales se ubican en las mismas zonas de amenaza alta definidas en este estudio, las cuales corresponden tal como se describe en el estudio por las siguientes:

Obras Parte superior del movimiento – Manzana 12: Consiste en la limpieza del talud con una pendiente 2H: 1V y la construcción sobre la carrera 17A de un

muro en tierra armada, drenes horizontales, cuneta rectangular de coronación, cajas colectoras y tubería de 12" para conexión al sistema de alcantarillado existente sobre la carrera 42ª y la transversal 17 Este. El valor estimado de estas obras es de $100.860.713 (costo directo), un AIU de $ 30.258.214 para un total de $ 131.118.927. Estos valores corresponden a los costos actualizados al año 2010. Es de anotar que estas obras no contemplan la afectación de ningún predio privado.

Obras cuerpo del movimiento – Manzana 12: Consiste en la reconformación y empradización del cuerpo del deslizamiento, la construcción de obras de manejo de aguas compuesta por trincheras drenantes, cunetas y descoles en sacos de suelo-cemento, así como una cuneta rectangular en concreto a lo largo de la calle 42C sur y, finalmente, la construcción de un muro de gaviones para protección de la calle 42 C sur. Estas obras se realizarán sobre terrenos correspondientes a 13 predios privados (aproximadamente) que se pueden ver afectados por el movimiento, de los cuales uno cuenta con la construcción de una vivienda de un piso. Adicionalmente, las obras requieren de la intervención en el predio identificado con nomenclatura Cra 16 B No. 42A – 60, el cual a pesar de no estar directamente afectado por el movimiento debe ser intervenido para la construcción del paso de la tubería de descole propuesta en las medidas de mitigación. El valor estimado de estas obras, actualizado a 2010, corresponde a $230.988.064 (costo directo, un AIU de $ 69.296.419 para un total de $ 300.284.483. Es de anotar que este valor no incluye el costo por adquisición de predios.

Obras en la manzana 11: Consiste en la construcción de un muro de contención en concreto reforzado de 2 m de altura aproximadamente, y sus obras de drenaje conexas, con el fin de controlar el proceso local de remoción en masa que se generó en este sector y que puede afectar seis (6) viviendas. El valor estimado es de $13.787.250 (costo directo,) un AIU de $ 4.136.175 para un total de $ 17.923.425. Este valor es actualizado a 2010 y no incluye el costo para la adquisición de los dos predios requeridos para la construcción de la obra.

Con base a los análisis de amenaza y riesgo adelantados, la implementación de las medidas de mitigación planteadas por la UAERMV modifica las zonas de amenaza alta pasando a zonas de amenaza baja, lo cual conlleva a que las viviendas existentes queden en riesgo bajo, exceptuando a la vivienda con nomenclatura transversal 16C Este No. 42C-49 Sur, predio que a pesar de no ubicarse en la zona directa del movimiento sino en un área con amenaza media, sigue presentando riesgo alto, toda vez que la categoría de vulnerabilidad de la misma es alta dado que su tipo de construcción (prefabricado) no soporta la posible solicitud ante un movimiento (empujes laterales), que vale la pena resaltar se genera debido al corte que se realizo para la construcción de la vivienda. Para esta vivienda en particular se recomienda que el propietario disminuya la vulnerabilidad de la vivienda construyendo una estructura de contención adecuada en el talud de corte realizado por ellos para la construcción de su vivienda.

Finalmente se concluye que para el resto del área de estudio que fue catalogada como de amenaza media y que no cuenta con un sistema de alcantarillado y tampoco posee un sistema para el manejo de la escorrentía superficial que genera saturación de los materiales sueltos (suelo residual y rellenos antrópicos) y procesos erosivos superficiales que localmente están avanzando formando carcavamiento y surcos hacia la parte media-baja de la zona de estudio, y en la cual no se plantearon obras de mitigación de riesgos, se recomienda realizar obras de mejoramiento integral como son: alcantarillado pluvial y sanitario, pavimentación de vías (incluyendo su obras de drenaje conexas) y mejoramiento integral de viviendas, que indirectamente conlleven a la disminución de la amenaza a una categoría baja. Estas obras no están contempladas ni diseñadas en el estudio realizado por la UAERMV ya que están por fuera de su alcance, pero el consultor recomienda el diseño y construcción de las mismas por la Entidad competente.

En vista de que la zona objeto de estudio se encuentra activa, se recomienda tomar prontas medias para mitigar los fenómenos de lavado de la matriz y así evitar la caída de bloques a las viviendas aledañas a la zona de estudio.

19. LIMITACIONES

La información básica utilizada en el desarrollo de este estudio (Topografía, geología, geotecnia y análisis de estabilidad), fueron tomadas del estudio realizado en agosto de 2008 por Geocing Ltda para UAERMV.

Las recomendaciones dadas en este trabajo se basan en los resultados de los trabajos de investigación del subsuelo, los levantamientos geológicos en superficie; 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.

Geocing Ltda. No se hace responsable de las interpretaciones que personas ajenas a la firma hagan del contenido de este informe ni de las consecuencias que de ello se deriven.