



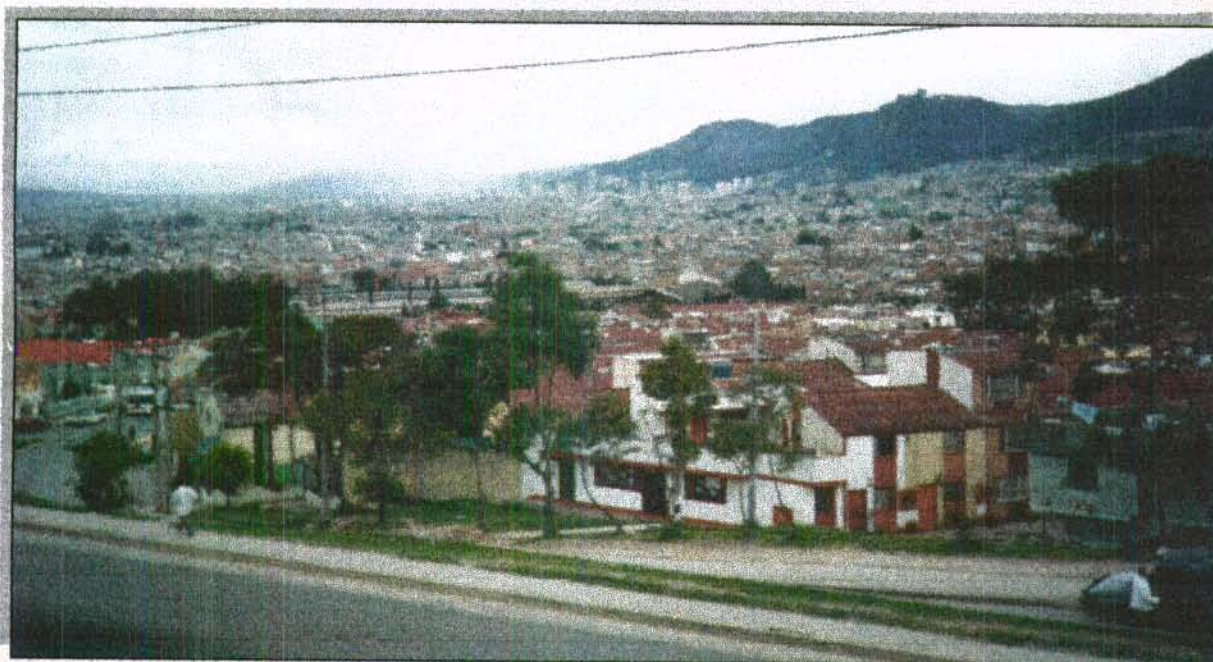
ALCALDIA MAYOR  
SANTA FE DE BOGOTA

E  
331-3

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DE DE BOGOTA  
- DPAE

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS - FOPAE

## INFORME EJECUTIVO



ESTUDIOS DE AMENAZA Y RIESGOS POR REMOCION  
EN MASA Y LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE  
MITIGACION PARA LA URBANIZACION VILLA DE  
LOS ALPES, EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL



**DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS -  
DPAE**

**FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
DE SANTA FE DE BOGOTA D.C. - FOPAE**

**ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGOS POR REMOCION EN MASA, Y EVALUACION DE  
ALTERNATIVAS DE MITIGACION PARA LA URBANIZACION VILLA DE LOS ALPES, EN  
LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL**

**INFORME EJECUTIVO**

**CONTENIDO**

---

	<i>pag.</i>
1. Introducción	1
2. Objetivos Especificos del Estudio	1
3. Alcance del Estudio	2
4. Antecedentes	2
4.1 Documentación existente empleada	2
5. Problemática Geotécnica del Sector de Estudio	3
5.1 Condiciones Generales	3
5.2 Deslizamiento Activo	4
6. Modelos y Metodología de Análisis	5
6.1 Bases Cartográficas y Levantamiento Topográfico	5
6.2 Geología	5
6.3 Hidrología	6
6.4 Geotecnia	6
6.4.1 Exploración del Subsuelo y Ensayos de Laboratorio	6
6.4.2 Análisis Geotécnico	7
6.5 Inventario de Viviendas	7

GEOINGENIERIA LTDA				CONTENIDO PAG. I	
VERSION:	0	FECHA:	20/03/01	APROBO:	
ELABORO:	DPTO EDICION	REVISO:	CAPS		

6.6	Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa	7
6.7	Vulnerabilidad por Fenómenos de Remoción en Masa	8
6.8	Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa	9
6.9	Planteamiento de Alternativas de Medidas de Mitigación y Riesgo	9
6.9.1	Medidas Preventivas	9
6.9.2	Medidas Correctivas	9
7.	Conclusiones	9
7.1	Condiciones Generales de Estabilidad	10
7.2	Deslizamiento Activo del Sur-occidente del Area	11
7.2.1	Zonas de Amenaza	11
7.3	Amenaza en el Escenario de Condición Máxima Probable (Extrema) por Fenómenos de Remoción en Masa	11
7.4	Amenaza en el Escenario de Condición Probable (Más Factible) por Fenómenos de Remoción en Masa	12
7.5	Vulnerabilidad por Fenómenos de Remoción en Masa	12
7.6	Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa	13
8.	Recomendaciones	13



# DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS - DPAE

## FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DE SANTA FE DE BOGOTA D.C. - FOPAE

### ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGOS POR REMOCION EN MASA, Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION PARA LA URBANIZACION VILLA DE LOS ALPES, EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL

CONTRATO CCS - 093 / 00

### INFORME EJECUTIVO

#### 1 INTRODUCCION

El estudio de amenaza y riesgos por fenómenos de remoción en masa, y evaluación de alternativas de mitigación para la urbanización Villa de los Alpes, ubicado en la localidad de San Cristóbal en Santa Fe de Bogotá D.C. fue desarrollado por Geolingeniería Ltda. entre el 25 de mayo y el 17 de Octubre de 2.000 a través del contrato No. CCS - 093 / 00 para la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá D.C. - DPAE.

La urbanización Villa de los Alpes se localiza al suroriente de la ciudad, aproximadamente a la altura de las calles 34 sur, 36 sur, 36 F sur, 36 G sur con carreras 3, 3 A y 4, según nomenclatura urbana de la ciudad. El área de estudio incluye también un tramo adyacente de la antigua Carretera de Oriente donde también se involucra una pequeña parte del barrio Guacamayas consistente en tres filas de viviendas hacia el interior del barrio a partir del paramento externo paralelo a la antigua Avenida Ciudad de Villavicencio. Tal delimitación fue definida por la DPAE basados en las recomendaciones del estudio realizado por Consultoría Colombiana S.A. para el IDU en febrero del año 2.000 "*Estudios y Diseños para la estabilización de la Avenida Villavicencio en el sector de Villa de los Alpes, 2ª versión*".

La urbanización Villa de los Alpes fue construida hace aproximadamente 15 años por la firma Viviendas Planificadas S.A. perteneciente a la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda (O.L.C.S.A.L), sobre un sector conformado por laderas de mediana pendiente, donde se evidencian áreas específicas sometidas a movimiento lento o reptación, agrietamientos y fisuras en varias viviendas y la destrucción total o parcial en algunas de ellas, localizadas en la parte alta de la urbanización, esto último como consecuencia de un deslizamiento que además afectó 80 metros de la Avenida a Villavicencio.

#### 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO

Siguiendo los Términos de Referencia contenidos en la Invitación a proponer No. 219-01-00, el contrato No. CCS-093/00 suscrito entre la DPAE-FOPAE y Geolingeniería Ltda. y la reunión de inicio de proyecto, se establecieron los objetivos específicos del presente estudio:

- Efectuar la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa (FRM), teniendo en cuenta entre otros los siguientes aspectos:
- Describir y clasificar los procesos locales y regionales de inestabilidad detectados en la zona.

GEOINGENIERIA LTDA				INFORME EJECUTIVO PAG. 1	
VERSION:	1	FECHA:	16/03/01	APROBO:	JM
ELABORO:	CAPS	REVISO:	JARO		



- Determinar la magnitud, estado de actividad y tendencia a la propagación de los procesos actuales y posibles de remoción en masa.
  - Identificar los factores detonantes.
  - Establecer categorías de amenaza.
  - Describir los criterios utilizados en la zonificación.
- 
- Evaluar la vulnerabilidad de viviendas e infraestructura a través de la identificación y localización espacial de los elementos bajo amenaza teniendo en cuenta el grado de exposición frente a la amenaza y a predisposición y resistencia de los elementos amenazados.
  - Evaluar los riesgos por fenómenos de remoción en masa, con el cruce de la información resultante de la zonificación por amenaza y vulnerabilidad
  - Análisis de diferentes medidas de mitigación, entre ellas la relocalización de familias, aplicación de obras de protección y/o control y aprovechamiento de espacio para crear zonas verdes y de recreación, adicionalmente el diseño conceptual de las mismas.

### 3 ALCANCE DEL ESTUDIO

Se realizó la zonificación desde el punto de vista de amenaza, vulnerabilidad y riesgo derivados por fenómenos de remoción en masa que afectan la urbanización Villa de los Alpes y un área aledaña hacia la parte alta de la urbanización que cubre la Avenida Ciudad de Villavicencio y tres filas de viviendas del barrio Guacamayas con un área aproximada de 26.5 Ha. Adicionalmente se plantearon alternativas de mitigación para recomendar los diseños mas adecuados para estabilizar el área.

### 4 ANTECEDENTES

Históricamente el área de estudio y los sectores aledaños han sufrido cambios significativos en su geoforma con el incremento de construcciones desde la parte alta del filo de Guacamayas hasta la planicie de la ciudad, como respuesta al desarrollo urbano del sector y general del Distrito Capital.

En el estudio se tuvieron en cuenta los siguientes escenarios:

- Antes y después de la construcción de la Avenida Ciudad de Villavicencio: Construida hace aproximadamente 33 años.
- Antes y después de la construcción de la urbanización Villa de los Alpes y barrios aledaños a ésta: la urbanización se construyó hace aproximadamente 15 años.

Durante los estudios para la urbanización se comprobó la existencia de depósitos residuales y botaderos producto de la construcción y desarrollo de sectores aledaños, así como zonas húmedas.

- Deslizamiento ocurrido en la parte alta de la urbanización que afecta directamente la Avenida Ciudad de Villavicencio y tres bloques de viviendas de la urbanización: los mayores daños se registraron desde 1998.

#### 4.1 Documentación existente empleada

Se contó con los datos del estudio de suelos realizado por la firma Luis Fernando Orozco en 1983, incluyendo el plano de geología, estabilidad y suelos. Además se analizaron dos estudios recientes que realizaron las firmas Luis Fernando Orozco y Cía en agosto de 1.999 para Viviendas planificadas S.A. de la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda y Consultoría Colombiana S.A. en Febrero de 1.999 para el Instituto de Desarrollo



Urbano IDU. Estos estudios se centraron específicamente en el área del deslizamiento en la parte alta de la urbanización Villa de los Alpes que afecta directamente la Avenida Ciudad de Villavicencio y las manzanas No. 74, 75 y 76 de la urbanización. Adicionalmente la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias - DPAE realizó una serie de diagnósticos técnicos en el área del estudio.

## **5 PROBLEMÁTICA GEOTECNICA DEL SECTOR DE ESTUDIO**

### **5.1 Condiciones Generales**

De forma general las geoformas características del sector son crestas en la parte alta hacia el filo denominado de Guacamayas, de colinas en el sector de piedemonte donde se localiza la urbanización y de planicie más hacia el centro de la ciudad.

En el sector de estudio se identifican las siguientes zonas:

- Zona del deslizamiento activo con daños graves.
- Zonas de las depresiones con rellenos arcillosos naturales y/o antrópicos con algunos procesos locales de reptación, o problemas locales de asentamientos, o expansión de arcillas que han producido daños de leves a graves en otras viviendas.
- Zonas de suelos residuales de la formación Bogotá.

El modelo geológico del sector en su condición anterior a la intervención antrópica muestra una secuencia de rocas de la formación Bogotá con rumbo general noreste y buzamiento al occidente conformada por arcillolitas con algunas intercalaciones de areniscas. La meteorización y erosión diferencial han producido depresiones paralelas al rumbo de los estratos siendo más profundas coincidiendo con las zonas de rocas menos resistentes.

Estas depresiones favorecen la acumulación de agua y en ellas se desarrollaron los drenajes naturales. En su evolución geomorfológica estas depresiones fueron rellenas con depósitos arcillosos de la misma formación originados en antiguos flujos de tierras y deslizamientos ocurridos en tiempos prehistóricos. Las zonas menos deprimidas presentan espesores variables de suelos residuales.

Tres de estas depresiones están bien definidas en el área. La más oriental corresponde a la parte baja que limita con el barrio Atenas en donde hay registros de procesos graves de inestabilidad que se remontan más de quince años y están actualmente activos. La zona intermedia corresponde en parte con la zona verde de la urbanización al sur de los parqueaderos y se extiende hasta el límite de la urbanización hacia el occidente. La otra de menores proporciones se encuentra hacia el límite noroccidental del área.

El espesor de los depósitos necesariamente es variable y depende de la evolución que hayan tenido estos valles incluyendo la intervención antrópica; en general, su espesor es mayor hacia la parte central de las depresiones y aumenta en la dirección aguas abajo. Desde el punto de vista de estabilidad general estas depresiones alcanzaron pendientes de equilibrio y no tienen un potencial significativo de movimiento general. Se pueden presentar deslizamientos grandes si hay cambios sustanciales, particularmente de las condiciones de agua subterránea o grandes excavaciones o sobrecargas. Sin embargo, es posible que se presenten problemas locales superficiales o de alguna extensión de reptación o flujo, especialmente asociado con cambios de humedad estacionales o por fugas de tuberías u otras intervenciones antrópicas locales. Uno de estos problemas se identificó en la zona verde al sur de los parqueaderos donde se aprecia reptación y deslizamientos superficiales. El otro corresponde al deslizamiento de tipo complejo traslacional ubicado en la zona intermedia que afecto la avenida ciudad de Villavicencio.

Desde el punto de vista de su comportamiento geomecánico los suelos derivados de la formación Bogotá corresponden a arcillas plásticas normalmente de consistencia firme a dura. Estas arcillas se reblandecen a una tasa casi exponencial presentando pérdida sustancial de resistencia con pequeños cambios en el contenido de



agua, lo cual las puede hacer muy susceptibles a problemas de estabilidad. La susceptibilidad de estas arcillas a los cambios de humedad también se traducen en un potencial de cambios volumétricos de moderado a alto, por lo que se clasifican como expansivas y con lo cual pueden dar lugar a daños a la infraestructura existente. Estos daños a pesar de no estar relacionados con deslizamientos si pueden tener un efecto grave sobre las estructuras, tal como se identificó en varias de las viviendas de la urbanización Villa de los Alpes.

La morfología natural del terreno ha sido bastante afectada por las condiciones naturales y la acción antrópica, por la construcción de la vía a oriente, por las obras de la urbanización Villa de los Alpes y por la construcción de viviendas cercanas a la urbanización.

## 5.2 Deslizamiento Activo

Las condiciones naturales en el área del deslizamiento dieron lugar a antiguos flujos de tierra (en tiempo geológico) que cubrieron patrones naturales de flujo de agua subterránea configurando una condición de embalse interno con presiones de agua y ablandamiento de los suelos en la base de los depósitos. Esta es la causa principal de la inestabilidad actual del área. Este fenómeno está asociado a la infiltración de agua lluvia proveniente de la parte alta del filo de Guacamayas donde afloran roca de la formación Regadera en contrapendiente estructural. El agua infiltrada en la parte alta del cerro viaja por las fracturas existentes en las rocas de la formación Bogotá y llegan a la base del deslizamiento mencionado. Posteriormente con la construcción de la Avenida a Villavicencio se realizaron excavaciones y rellenos de hasta 6.0 metros de espesor denominados dentro del estudio rellenos antrópicos antiguos (raa). De acuerdo con la fotointerpretación detallada realizada para el presente estudio se evidenciaron movimientos lentos en el sitio del actual deslizamiento activo a partir de las fotografías del año 1.969. Un nuevo cambio morfológico ocurrió con la construcción de la urbanización Villa de los Alpes donde el constructor de la urbanización realizó cortes de menos de 1 metro y rellenos de hasta 3.0 metros para conformar la zona baja donde ocurrió el actual deslizamiento (rellenos antrópicos recientes rar). Entre 1980 y 1991 se generaron nuevos rellenos de hasta 4m a todo lo ancho de la corona del actual deslizamiento con terraplenes, desechos de construcción y basuras en la parte alta de la Avenida a Villavicencio. La variación de la topografía de las restituciones de 1980 y 1991 permitió evaluar los espesores de rellenos que se muestran en el **Plano EARVA008**.

También hubo problemas de aporte de agua desde 1996 de acuerdo con los registros de la EAAB debido al daño de redes de acueducto y alcantarillado que junto con agua de tipo profundo aceleraron el movimiento actual. Sin embargo la rotura de tuberías pudo ser causada por el movimiento lento antes detectado. Algunas de las tuberías afectadas en el área se sacaron de funcionamiento en 1999.

La corona del deslizamiento se localiza en la parte baja del barrio Guacamayas, sobre la parte superior del talud de la vía, deformando la antigua Avenida a Villavicencio y reflejando su actividad en un grupo concentrado de viviendas, localizadas en el talón del deslizamiento, induciendo a movimientos de los suelos de fundación, lo que conlleva que se presenten asentamientos o levantamientos diferenciales produciendo fisuración y agrietamiento sobre todo en los muros transversales en el sentido de las viviendas. Las viviendas de mayor afectación (localizadas en el pata del deslizamiento) fueron prácticamente destruidas o severamente averiadas.

El deslizamiento actual es local y se desarrolla en un sector de pendiente relativamente alta, la geometría del deslizamiento es de aproximadamente 80 m de longitud, 50 m de ancho y 6 m de profundidad máxima.

Los rellenos en la parte alta del talud de la avenida a Villavicencio, han tenido un efecto adverso de sobrecarga en la parte alta de la zona inestable.

El agua superficial en la parte alta del talud, donde cae toda el agua de los corredores peatonales del barrio Guacamayas, incrementa la tasa de infiltración local, el cual es un factor contribuyente a la inestabilidad.

Los análisis de estabilidad realizados para evaluar la causa y el mecanismo del deslizamiento claramente muestran que a pesar de la sobrecarga por el terraplén y los rellenos en la parte alta de la vía, y el posible efecto del agua superficial, la única forma como pudo haberse presentando una falla de las dimensiones y



características de la que ocurrió es por el efecto de ablandamiento y presiones de agua en la base del depósito. Esta situación es lo que predice el modelo geológico del área, y su ocurrencia fue comprobada por la presencia local de agua de origen natural a presión en la base del depósito encontrada en uno de los piezómetros instalados en el área del deslizamiento.

## 6 MODELOS Y METODOLOGIA DE ANALISIS

La información básica del área de influencia que se utilizó para evaluar el riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, fue:

- Bases cartográficas y levantamiento topográfico específico.
- Estudio geológico y geomorfológico del sector.
- Estudio hidrológico y modelo hidrogeológico.
- Exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio.
- Estudio Geotécnico de la zona.
- Inventario de Viviendas.

### 6.1 Bases cartográficas y levantamiento Topográfico

De común acuerdo con la DPAE-FOPAE y la interventoría, se empleó como cartografía básica la información digital existente del Departamento Administrativo de Catastro Distrital, producto de una restitución de fotografías aéreas en el año 1990 a escala 1:1.000. Esta base fue suministrada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá DPAE, en calidad de préstamo con el siguiente contenido: Curvas de nivel cada 5.0 metros, curvas de nivel cada 1.0 metro, manzanas, Linderos de manzanas, Loteo y pozos de alcantarillado.

Adicionalmente se definió como único sector a levantar el localizado al suroriente de la urbanización donde se concentran las áreas de movimiento actual; con una cobertura de 3.5 Ha aproximadamente. Limita al oriente con el barrio el Angulo correspondientes a viviendas de dos (2) pisos construidas hace cinco (5) años aproximadamente, hacia el sur se siguió el límite del estudio definido por la DPAE-FOPAE, hacia el occidente colindando con el paramento de la primera fila de casas del barrio Guacamayas y cubre parte de la antigua Avenida a Villavicencio en el sector del deslizamiento actual que afecta directamente las manzanas 73, 74 y 75 y la misma vía. El levantamiento incluye las manzanas 72, 73, y 74 y 75 y parte de la zona verde aledaña. Esta área es la que presenta el mayor espesor de materiales transportados o dispuestos de acuerdo con la exploración del subsuelo (Pgeo-1) y geología realizada en el presente estudio y en estudios anteriores.

### 6.2 Geología

El sector de la urbanización Villa de los Alpes presenta afloramientos de rocas del terciario correspondientes a las formaciones Bogotá y Regadera, cubiertas por depósitos cuaternarios conformados por: flujos de tierra antiguos, coluviones, depósitos antrópicos antiguos y recientes debidos principalmente a la construcción de la Avenida Ciudad de Villavicencio y la construcción de la Urbanización Villa de los Alpes y barrios aledaños.

La deposición de materiales naturales y antrópicos en el sector ha generado una estratigrafía con espesores variables los cuales fueron estudiados y caracterizados con detalle en el análisis geotécnico.

Se realizó la fotointerpretación del sector empleando fotografías aéreas de cinco épocas diferentes (1.955, 1.969, 1.973, 1986 y 1.998) esta actividad fue adelantada con el nivel de detalle que las fotografías permitieron y con la experiencia del geólogo especialista que participó en el estudio.

Con la geomorfología del sector se estableció que la zona se desarrolla hacia un piedemonte donde existe la transición de procesos erosivos y la generación de un glacis de acumulación. Los procesos han desarrollado



valles y crestas controladas por la estructura y la litología del flanco oriental del sinclinal de Usme y de las Formaciones Bogotá y Regadera.

Los procesos erosivos desarrollados por la lluvia y las redes hidrográficas han dejado en la zona una forma de espinazo de cerdo y colinas suaves, las primeras en la Formación Regadera y las segundas en la Formación Bogotá.

Como procesos agradacionales se destacan los rellenos de los valles antiguos, entre los que se cuentan los coluviones a la base de escarpes y depósitos aluviales de piedemonte de litología arcillosa. En las depresiones que fueron rellenadas de flujos de tierra los materiales son eminentemente arcillosos. Fuera de la zona y hacia el norte de esta se encuentran los rellenos de la Sabana de Bogotá.

### 6.3 Hidrología

Para establecer la incidencia de la precipitación como agente detonante de fenómenos de remoción en masa en la zona del proyecto, se realizó la caracterización hidrológica del área partiendo del análisis del régimen temporal y espacial de la precipitación media anual con la información de las estaciones más cercanas. Para el análisis de la precipitación crítica se trabajó con las ecuaciones establecidas en el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM – UPES, 1998), realizado por la firma INGEOCIM Ltda. para la Unidad de Atención y Prevención de Desastres (UPES) de Santafé de Bogotá.

Por otra parte y con el objeto de tener instrumentos para el diseño de obras de drenaje se determinaron las curvas IDF a partir de la información de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación de Vitelma, la cual cuenta con un registro de 50 años.

### 6.4 Geotecnia

#### 6.4.1 Exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio

La exploración del subsuelo se realizó luego del reconocimiento de campo realizado en la urbanización Villa de los Alpes por el equipo de trabajo y especialmente por el Geólogo y el Geotecnista y basándose en los modelos geológicos planteados por los estudios realizados por las firmas Luis Fernando Orozco y Cía Ltda y Consultoría Colombiana S.A. La planeación tuvo en cuenta también la información obtenida de perforaciones antiguas en el sitio del deslizamiento que afecta la urbanización, luego, en una segunda instancia, después de definida y ejecutada la exploración de subsuelo programada, se obtuvo (a principios del mes de agosto) el registro de 199 perforaciones realizadas por Luis Fernando Orozco para la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda para la construcción de la urbanización Villa de los Alpes, tal exploración se realizó inicialmente de manera global en toda el área con el objeto de caracterizar el sector y posteriormente se detalló manzana por manzana de acuerdo con la cronología de construcción.

Con base en la información con que contaba GeolIngeniería Ltda al inicio del estudio, se plantearon perforaciones estratégicas con el objeto de identificar la estratigrafía en la urbanización en sectores que presentan materiales transportados ya sea flujos de tierras antiguos o material antrópico producto de la construcción de la antigua Avenida a Villavicencio, la urbanización Villa de los Alpes y viviendas aledañas. Con estas perforaciones se buscó comprobar las hipótesis de los posibles procesos de remoción en masa actuantes en el área de acuerdo con los modelos geológicos planteados. En particular era de fundamental importancia evaluar los espesores de depósitos arcillosos y evaluar sus condiciones geomecánicas con el fin de poder evaluar la estabilidad de posibles procesos tanto profundos como superficiales.

Finalmente GeolIngeniería Ltda realizó ochenta y seis metros de perforación de los cuales ochenta y dos se realizaron por el método de percusión y lavado y el excedente por rotación (recuperación de núcleo de roca) Divididos en 8 perforaciones en total. En el laboratorio se efectuaron los siguientes ensayos: 44 humedades



naturales, 33 límites de Atterberg, 13 Lavados sobre tamiz-200, 30 pesos unitarios, 31 compresiones inconfiadas, se realizaron cinco pruebas de expansión a dos diferentes muestras con variación de carga y adicionalmente se realizaron tres ensayos de corte directo.

#### 6.4.2 Análisis Geotécnico

Basados en los resultados de laboratorio obtenidos de la exploración de subsuelo y los disponibles se continuó con el análisis probabilístico donde se calculó el promedio y la desviación estándar de cada parámetro posteriormente se normalizó cada uno de los datos dividiéndolos por el valor promedio correspondiente obteniendo el histograma de frecuencias de acuerdo con la totalidad de los datos de cada material.

La variedad de parámetros están relacionados con diferentes propiedades de interés. En particular los datos de resistencia SPT, Cu, Qu, Rp y veleta, todos miden la variabilidad de la resistencia no drenada que incorpora implícitamente unas condiciones particulares de esfuerzos efectivos propias de cada ensayo. En este sentido se pueden considerar como representativas de la incertidumbre de que el Factor de Seguridad sea menor que 1.0 para los mecanismos de falla propios de cada ensayo. Se puede argumentar que esta distribución sea similar a la de la incertidumbre de una falla general de talud teniendo en cuenta la variabilidad intrínseca de la resistencia en términos de esfuerzos totales, sin tener en cuenta los efectos del agua subterránea y sismo que obviamente son independientes.

Por otra parte se tienen los datos de humedad natural y límites de consistencia. La humedad natural está directamente relacionada con la cohesión efectiva que se refleja en el efecto de ablandamiento y pérdida de resistencia con aumento en el contenido de agua. Por otra parte se tiene la variación del límite líquido el cual en esencia puede considerarse como un ensayo de resistencia al corte con el material en un estado de falla en condición de estado crítico. Por lo tanto la resistencia y la variabilidad obtenida de los datos de este ensayo son representativos del ángulo de fricción interna del material. Por lo tanto se propone utilizar las distribuciones de frecuencia de estos parámetros como representativos de los parámetros efectivos de resistencia de los suelos.

#### 6.5 Inventario de Viviendas

Se realizó el inventario de viviendas con el objeto de evaluar el estado estructural de las mismas. El contenido de la encuesta incluyó la siguiente información: localización general y ubicación espacial del predio encuestado, área de las casas, uso de construcción, información estructural (cubierta, sistema estructural, cimentación), Ingresos mensuales, valor estimado por parte del propietario de sus bienes, valor estimado del inmueble y observaciones generales realizadas de acuerdo con la percepción del evaluador. Esta información está encaminada a establecer la posible afectación por daños en la estructura de las casas relacionados con fenómenos de remoción en masa actuales, definidos con base en la zonificación por amenaza del sector y teniendo en cuenta además las posibles pérdidas de bienes, de acuerdo con la información suministrada por los propietarios.

El inventario abarcó un espacio muestral importante, con el se caracterizó el área de estudio y se identificaron zonas que fueron relacionadas con los fenómenos de remoción en masa presentes y con fenómenos de expansión; durante la inspección se detectaron cambios en la tipología de las viviendas, lo cual es común en la urbanización (ampliaciones, cambios de diseño, nuevas construcciones).

#### 6.6 Amenaza por fenómenos de remoción en masa

Con el propósito de evaluar las probabilidades de falla se obtuvo la distribución de probabilidad de que el factor de seguridad sea menor que uno. La distribución depende de los siguientes parámetros para una geometría de talud determinada:



- Variabilidad de la resistencia, con distribución normal
- Probabilidad de los niveles de agua en el talud, la cual puede estar afectada por la lluvia y por efectos antrópicos (rotura de tuberías). Su probabilidad es desconocida por lo que se consideraron los eventos extremos posibles, es decir se consideró como una variable determinística
- Probabilidad de las cargas de sismo, evaluada a partir del estudio de amenaza sísmica de Bogotá.

Teniendo en cuenta que los parámetros de resistencia de los depósitos del área se caracterizó estadísticamente con una distribución para  $C'$  y una para  $F_i'$ , la zonificación de laderas quedó definida por los factores relacionados únicamente con la geometría de estas para las fallas que se pueden presentar en cada caso. Para establecer esta relación fue necesario considerar la extensión de las fallas que se puedan presentar para una pendiente y un espesor de suelo dado.

Con la geometría para los rangos de pendientes promedio del terreno en el área y espesores característicos de materiales de baja resistencia, se realizaron los respectivos análisis de estabilidad utilizando el método de Janbú para las condiciones posibles de agua y sismo. Para los parámetros de resistencia se consideraron valores de  $c'$  y el ángulo de fricción  $F_i'$  teniendo en cuenta su variabilidad estadística. En total se analizaron 2430 superficies de falla para las cuales se obtuvo el factor de seguridad y la longitud de la zona afectada.

Para el cálculo de la probabilidad del factor de seguridad se construyó un árbol lógico por medio del cual en cada nivel se tienen los parámetros considerados con una calificación de probabilidad relativa o peso. Cada uno de los casos analizados corresponde a una combinación particular de los parámetros considerados. La probabilidad de cada caso se calculó como el producto de las probabilidades relativas asignadas a cada parámetro. Los pesos de probabilidades se asignaron con base en los valores de la función de distribución normal correspondientes a los parámetros de resistencia, y a los valores probables de las variables que definen el efecto del agua y del sismo. Esta metodología permitió evaluar todos los casos posibles en el área y calcular su probabilidad relativa de ocurrencia.

Con base en los resultados obtenidos de los gráficos de distribución de probabilidades para las diferentes alternativas analizadas, se observó que las pendientes de las laderas estudiadas se clasificaron en tres grupos de acuerdo al potencial de deslizamiento. Para cada una de estas pendientes se debía tener en cuenta la profundidad ó el espesor del material débil, de tal forma que la longitud en planta que ocupaba esta pendiente fuera suficiente para que sobre el sector pudiera desarrollarse una superficie de falla.

De esta forma se zonificaron las áreas de Alto, Medio ó Bajo potencial de movimiento, sin embargo con el objeto de tener una descripción más precisa del área se decidió incluir dos zonas adicionales definiendo una condición más probable actual en el área de estudio, estas se definieron de la siguiente manera: Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja.

## 6.7 Vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa

El estudio de vulnerabilidad se realizó utilizando como criterios principales la resistencia y la exposición. Esto quiere decir que se evaluaron las edificaciones con base en su capacidad de resistir la sollicitación impuesta por un movimiento potencial.

La definición de escenarios se realizó con base en el estudio de amenaza y las condiciones estructurales de cada predio involucrado. Cada escenario está definido por las características del mecanismo de falla (geometría) del perfil, para el cual se haya obtenido la máxima probabilidad de ocurrencia relativa.

Sobre las zonas potencialmente afectadas, como resultado de la definición de un escenario particular, se realizó un estudio de la capacidad de los elementos de infraestructura (viviendas) para resistir la sollicitación impuesta por el deslizamiento. El análisis de la vulnerabilidad no se puede separar del deslizamiento que define el escenario ya que la respuesta de la infraestructura depende de su localización, sus características físicas y de su relación con el deslizamiento potencial específico que lo puede afectar.



Como se mencionó, la definición de los niveles de vulnerabilidad se relaciona con la afectación utilizando como criterio la resistencia. Los resultados del estudio de vulnerabilidad se presenta utilizando variables cualitativas como Muy Alta, Alta, Media y Baja. La vulnerabilidad de cada vivienda se estimó con base en cuatro parámetros fundamentales: cimentación, sistema estructural principal, ubicación de la manzana frente al probable fenómeno y localización de cada predio frente a los cortes y rellenos realizados para la construcción de la urbanización. Además se considera la condición actual de la estructura con base en la información recolectada en el inventario de viviendas como parte del trabajo de campo.

El cálculo de la vulnerabilidad se realizó utilizando un análisis de árbol lógico dentro del cual las variables se evaluaron en un rango [0, 1], el resultado de la evaluación de las ramas del árbol definió un valor máximo y un valor mínimo y a partir de estos resultados se normalizaron los resultados y se determinó la calificación de la vulnerabilidad.

## **6.8 Riesgo por fenómenos de remoción en masa**

El riesgo se define como el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla y sus consecuencias en un contexto determinado (Blockley, 1992), con base en los resultados de la evaluación de la amenaza y de la vulnerabilidad se calculó un índice de riesgos con base en el cual se definieron tres categorías de riesgo por fenómenos de remoción en masa para las viviendas de la urbanización, dichas categorías se definieron como Alta, Media y baja.

## **6.9 Planteamiento y evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación de Riesgo**

Se contemplaron medidas preventivas, correctivas y de control, con el propósito de reducir la vulnerabilidad o la amenaza y así mitigar el riesgo. Se consideraron los aspectos generales para toda el área, relacionados con el manejo integral de la problemática, así como recomendaciones particulares para las zonas de mayor riesgo.

### **6.9.1 Medidas Preventivas y Monitoreo**

Las medidas preventivas consisten en aquellas que llevan a evitar o minimizar el riesgo antes de que éste se presente y pueden aplicarse tanto a las amenazas como a los elementos expuestos.

Se tuvieron en cuenta:

- Medidas para Reducir la Amenaza
- Monitoreo del Comportamiento de la Amenaza

### **6.9.2 Medidas Correctivas**

Para los sectores en los que se encontró que el riesgo es muy alto para su mitigación se recomendó la relocalización de familias y la demolición de las viviendas afectadas con un cambio del uso del suelo.

Para las áreas donde no es posible la elusión de la amenaza y que la vulnerabilidad es alta, pero el riesgo es mitigable se recomendaron las medidas de control del agua subterránea y contención para controlar los posibles procesos de inestabilidad.

## **7 CONCLUSIONES**

El estudio realizado permitió evaluar de la forma más objetiva y cuantitativa posible las amenazas y riesgos por fenómenos de remoción en masa en el área cubierta por los trabajos. El equipo de trabajo conformado por especialistas altamente calificados del consultor y la interventoría y los funcionarios de la DPAE que participaron hizo el mejor esfuerzo para evaluar a fondo cada uno de los aspectos relacionados con la problemática de la zona. Como resultado se pudo hacer un diagnóstico bastante preciso y sustentado de las condiciones de estabilidad en el área, incluyendo la zona del deslizamiento activo y otras zonas potencialmente inestables.



Correlativamente además se identificó una problemática relacionada con problemas de suelos expansivos que ha tenido efecto de daños en algunas viviendas del área. Estos problemas no son por fenómenos de remoción en masa y su estudio no formó parte del alcance de los trabajos realizados.

### 7.1 Condiciones Generales de Estabilidad

Los resultados del estudio muestran que la zona está compuesta por rocas arcillosas blandas de la Formación Bogotá y sus suelos residuales, cubiertas por antiguos depósitos de flujos de origen natural, además de rellenos inconsolidados de escombros y rellenos conformados para la construcción de la vía a Villavicencio y las viviendas de la Urbanización, con espesores variables entre 1 y 10 m.

Los depósitos del área son localmente susceptibles a fenómenos de remoción en masa de tipo deslizamiento profundo o superficial, susceptible a presentarse según la influencia relativa de los siguientes factores:

1. Presencia de agua en la masa potencialmente inestable
2. Espesor del depósito susceptible
3. Pendiente de la ladera
4. Efecto del movimiento sísmico de diseño para Bogotá

Salvo el caso del deslizamiento activo que afecta la parte sur-occidental del área de estudio, no se encontró otro fenómeno de remoción en masa importante, y es muy poco probable que se presente algún tipo de fenómeno de remoción en masa en el área si no hay altas presiones de agua, que den lugar al reblandecimiento de los suelos arcillosos potencialmente inestables.

En el área se detectó agua sub-superficial en tres sectores: en el deslizamiento activo citado; en el extremo nor-oriental y en la zona verde al sur contigua al barrio el Angulo. Con base en análisis fisicoquímicos, en el primer sector se identificó agua profunda de origen hidrogeológico, y aguas superficiales y sub-superficiales poco profundas provenientes tanto del acueducto como del alcantarillado. En el segundo caso las aguas son de origen profundo. El otro sector con evidencia de humedad es el área verde del sector norte donde los suelos están húmedos y se observan deformaciones superficiales. Esta humedad es aparentemente de origen natural.

En las áreas donde se ha identificado la presencia de agua se han recomendado obras de control que se presentan en el **Plano EARVA018**. En dicho plano también se muestran obras de recolección y encauzamiento de aguas recomendadas para otras zonas potencialmente inestables. Dichas obras tienen carácter preventivo, pero también exploratorio de las condiciones actuales y futuras de humedad.

En el resto del área de estudio no se encontró agua sub-superficial, pero es posible que en el futuro se pueda encontrar agua. La cual puede estar asociada a aportes de las tuberías de acueducto y alcantarillado del área. Si se presenta una situación de este tipo se pueden disparar procesos de inestabilidad de variadas proporciones. Por lo tanto debe evitar el aporte de aguas que cambien las condiciones de agua subterránea del área y poder tomar a tiempo las medidas de control que sean necesarias.

Los resultados del estudio de amenaza muestran que la mayor parte del corredor de la Avenida a Villavicencio se encuentra en amenaza alta o media. Esto está relacionado en gran medida con los rellenos que se hicieron para la construcción de la vía, en especial los que se hicieron sobre depósitos naturales existentes. Este es el caso del área del deslizamiento activo. Situaciones similares a las de este deslizamiento se pueden presentar en las otras zonas de amenaza alta.

La amenaza por fenómenos de remoción en masa está relacionada con la presencia de agua de cualquier origen en el suelo. Los movimientos que se puedan presentar, pueden afectar las tuberías y estas fugas a su vez acelerar los movimientos.

Los resultados de los ensayos de laboratorio y la evidencia de la evaluación de las viviendas, muestran que los suelos arcillosos del área de estudio son potencialmente expansivos. Pueden desarrollar presiones de expansión superiores a las cargas aplicadas por las viviendas, y desarrollar deformaciones hasta del 5%. Por lo



tanto pueden inducir levantamientos y asentamientos del orden de 1 a 5 cm los cuales han producido daños bajos a altos en algunas viviendas. Estas deformaciones dependen de las condiciones locales de humedad de los suelos, siendo más susceptibles los rellenos antrópicos que los depósitos naturales y que los suelos residuales respectivamente.

## 7.2 Deslizamiento Activo del Sur-occidente del Area

El deslizamiento actualmente activo que afecta la Avenida a Villavicencio y la parte alta de la urbanización Villa de los Alpes (manzanas 74, 75 y 76) es de tipo complejo traslacional y comprometió los suelos de depósito antrópico antiguo y reciente desde el talud arriba de la vía hasta la parte alta de la urbanización, dañando seriamente 40 casas. El estudio del deslizamiento activo del sector sur-occidental muestra que se trataba de una zona de estabilidad marginal en condición natural formada por antiguos flujos de tierras (desde el punto de vista geológico) dispuestos sobre los antiguos drenajes naturales del área. La estabilidad marginal del área resulta de la presencia de agua profunda de origen natural que ablanda y empuja la base del depósito colocándolo en una situación muy cercana al equilibrio límite. Esta situación se vio potenciada por la construcción de la antigua Avenida a Villavicencio conformada mediante rellenos importantes requeridos para alcanzar las cotas de diseño, y por los rellenos para la adecuación del área de la urbanización en la parte baja del área inestable. Adicionalmente el talud afectado fue sobrecargado en su parte alta al occidente de la vía de manera desfavorable con terraplenes, escombros y basuras en la parte baja del barrio Guacamayas. La zona del deslizamiento de acuerdo con la fotointerpretación realizada en este estudio presentaba un movimiento lento identificado en la fotografía del año 1.969, probablemente tal movimiento fue lo que afectó las tuberías de acueducto y alcantarillado en la parte alta del talud que aportaron agua al área y que aceleraron el deslizamiento. Después de ocurrido este, se han dado reparaciones en las tuberías y en la estructura de la vía para mantener el servicio mientras que las viviendas han continuado su deterioro.

Para el control del deslizamiento se requiere una solución integral que garantice la estabilidad de todo el sector afectado y la relocalización de las viviendas afectadas. Para lograr la estabilización sería necesario realizar obras integrales de contención, conformación y drenaje.

En vista del grado de inestabilidad del área afectada por el deslizamiento este sector no se considera apto para viviendas, por lo que será necesario cambiar el uso del suelo a zonas verdes o de protección por riesgo.

Es importante mantener el monitoreo del área inestable para establecer su grado de actividad y evolución temporal.

### 7.2.1 Zonas de amenaza

Se consideraron dos escenarios en el evento de que, se presenten altos niveles de agua en cada zona para la evaluación de la amenaza. El primero es una condición extrema correspondiente al peor escenario posible en cada zona. Este plano se debe utilizar para identificar las zonas donde se debe mantener un control de las condiciones de agua subterránea mediante monitoreo y mantenimiento de las tuberías. El segundo escenario corresponde a una condición más probable. Este plano es el que se debe utilizar para la evaluación del riesgo y para la selección de alternativas de mitigación y medidas correctivas.

Los resultados del estudio de amenaza para la condición más extrema se sintetizan en el **Plano EARVA013**. A continuación se discute el significado de las zonas establecidas:

### 7.3 Amenaza en el Escenario de Condición Máxima probable (Extrema) por fenómenos de remoción en masa

*Alta:* Involucra, tanto la zona del deslizamiento activo, como las zonas donde las condiciones de suelos de resistencia baja sean mayores de 4 metros y pendientes mayores de 14° hacen que haya una alta probabilidad, mayor del 10%, de que se presenten deslizamientos superficiales o profundos en el caso extremo de que haya presencia de altos niveles de agua en el subsuelo.



*Media* : Corresponde a zonas donde por sus condiciones de suelos y pendientes variable entre 6 y 14°, la probabilidad de que se puedan presentar deslizamientos superficiales o profundos en el caso en que haya presencia de altos niveles agua en el subsuelo es media entre el 4% y el 10%.

*Baja* : Zonas donde por sus condiciones de suelos con menos de 4 metros de espesor y pendientes menores de 6° se puedan presentar deslizamientos superficiales en el caso en que haya altos niveles de agua en el subsuelo con una probabilidad baja, menos del 4%.

En el plano Plano EARVA013 se presentan las zonas identificadas.

#### **7.4 Amenaza en el Escenario de Condición Probable (más factible) por fenómenos de remoción en masa**

Los resultados del estudio de amenaza para la condición probable se sintetizan en el **Plano EARVA014**. A continuación se discute el significado de las zonas establecidas:

*Muy Alta*: Corresponde a zonas actualmente inestables con pendiente mayor de 14° y espesor mayor de 4 metros en los que se puede desarrollar un deslizamiento superficial o profundo que afectan directamente a las viviendas e infraestructura de servicios públicos.

*Alta*: Corresponde a zonas donde se tiene suelos con espesor de material de resistencia baja mayor de 4.0 m y con pendiente mayor de 14 grados y que se localizan en una condición media de flujo hidrogeológico, es decir presiones locales de agua debidos a bajos gradientes en la base de depósitos. Estas condiciones hacen que haya una alta probabilidad (mayor del 10%) de que se presenten fenómenos de remoción en masa superficiales o profundos.

*Media*: Corresponde a zonas donde por sus condiciones de pendiente mayor de 14°, y espesor de material de baja resistencia mayor de 4.0 metros que se localizan en una condición baja de amenaza por flujo hidrogeológico, hacen que haya una probabilidad mayor de 10% de que ocurran fenómenos de remoción en masa de carácter profundo.

*Baja*: Zonas estables, de pendiente que varía entre 6 y 14°, y espesor de material de baja resistencia menor de 4.0 metros, que hacen que haya una probabilidad entre el 4 y 10% de que se presenten fenómenos de remoción en masa superficiales en el caso de altos niveles de agua.

*Muy Baja*: Zonas con condiciones de pendiente menor de 6° y espesor de material de baja resistencia menor de 4 metros que hacen que haya una probabilidad menor del 4% de que se presenten fenómenos de remoción en masa.

#### **7.5 Vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa**

Se hizo un análisis de vulnerabilidad teniendo en cuenta que en este caso la vulnerabilidad y la amenaza no son independientes. Por lo tanto al aumentar la amenaza aumenta la vulnerabilidad. Por otra parte se consideraron las condiciones de cimentación incluyendo el escalonamiento, su localización con respecto a la ladera y si se encuentra en corte o relleno. También se consideró el sistema estructural incluyendo su condición actual de daños y las posibles modificaciones estructurales. Con base en la valoración de estos datos para cada vivienda se calculó un índice de vulnerabilidad con base en el cual se identificaron zonas homogéneas y se produjo un mapa con tres categorías que se describen a continuación.

*Muy Alta*: Viviendas ubicadas en zona de amenaza muy alta debido al avanzado daño en su subestructura y superestructura, con una capacidad remanente muy baja de soportar deformaciones por fenómenos de remoción en masa.



*Alta:* Viviendas localizadas en zonas de amenaza alta que presentan debilidad por los daños que han sufrido para soportar los efectos de los movimientos que se puedan presentar.

*Media:* Viviendas localizadas en áreas de amenaza media y alta, que han mostrado un bajo nivel de daños. Cualquier activación de FRM generaría un proceso acelerado de daños en las viviendas.

*Baja:* Viviendas localizadas en zonas de amenaza media a baja por FRM, en buenas condiciones para soportar los posibles movimientos sin que sufran daños importantes antes de tomar medidas de estabilización.

La zonificación final se presenta en el **Plano EARVA015**, teniendo en cuenta la zonificación definida anteriormente. Se debe tener en cuenta que el objeto del estudio fue el efecto de fenómenos de remoción en masa. Por lo tanto la amenaza y la vulnerabilidad por efecto del potencial de expansión de los suelos del área no se tiene en cuenta en los Planos respectivos, aunque hace parte de la problemática de las viviendas de la urbanización. El inventario de viviendas registra todos los daños que se identifican en las viviendas de la urbanización.

## 7.6 Riesgo por fenómenos de remoción en masa

Con base en los resultados de la evaluación de la amenaza y de la vulnerabilidad se calculó un índice de riesgo con base en el cual se definieron tres categorías de riesgo por fenómenos de remoción en masa para las edificaciones como se indica a continuación.

*Alto:* Viviendas afectadas por deslizamientos activos con daños graves en su estructura que hacen necesaria su demolición.

*Medio:* Viviendas que por su grado de amenaza y vulnerabilidad pueden sufrir daños graves en el caso de que se activen los procesos de remoción en masa posibles en el sector.

*Bajo:* Viviendas con una baja probabilidad de sufrir daños por fenómenos de remoción en masa respecto de su localización.

En el **Plano EARVA016** se presentan las zonas identificadas.

## 8 RECOMENDACIONES

Debido al alto riesgo que presentan las viviendas por fenómenos de remoción en masa se recomienda relocalizar las 40 casas de la urbanización Villa de los Alpes, específicamente las que se encuentran en amenaza muy alta (condición más probable).

En el sector antes mencionado, es necesario demoler las 40 viviendas, por su avanzado daño estructural y en el área plantar eucaliptos u otras especies con alto consumo de agua y raíces profundas con el fin de contribuir a la estabilización.

Tramitar el cambio de uso de la zona de alto riesgo y suelo de protección por riesgo para evitar su ocupación en el futuro.

Se recomienda considerar una alternativa de estabilización integral para el área inestable que no solo contemple la banca de la vía sino toda la ladera afectada. De manera preliminar se dimensionó una solución con pantallas ancladas y drenajes. Por lo tanto se recomienda adelantar los diseños y presupuesto detallados de esta alternativa o una equivalente antes de tomar una decisión con respecto a la construcción de obras de estabilización en el área.

Mantener el control de las aguas superficiales y subsuperficiales que se viene realizando en el sector del deslizamiento.



El área inestable se debe monitorear para establecer su grado de actividad y evolución temporal. Se recomienda implementar un sistema de monitoreo topográfico complementado con inclinómetros y piezómetros en el área. El sistema definitivo así como el período de evaluación se debe definir como parte del diseño definitivo de las obras.

Para las zonas de amenaza alta y muy alta se recomienda adelantar la construcción de las obras de drenaje y subdrenaje que se presentan en el **Plano EARVA018**.

Se recomienda realizar un monitoreo del agua subterránea en toda el área de la urbanización, mediante piezómetros localizados como se indica en el Plano EARVA018. Estos piezómetros deberán ser monitoreados por la comunidad para lo cual es necesario impartir la instrucción necesaria creando conciencia de la posible problemática y los riesgos correspondientes.

Se recomienda adelantar un plan de educación para la comunidad de Villas de los Alpes en lo relacionado con los fenómenos de inestabilidad en el área.

Se recomienda realizar una capacitación a la comunidad sobre los riesgos del área a los cuales pueden estar expuestos, con el fin de que puedan mantener un control de las filtraciones y manejo de agua superficial que les ayude a mitigar estos problemas.

Se recomienda evitar ampliaciones y modificaciones de las viviendas que puede aumentar su vulnerabilidad o los fenómenos de inestabilidad en el área.

Las viviendas con daños por efectos de la expansión de los suelos requieren de un análisis particular individual que establezca el origen del problema y las acciones de reparación, rehabilitación o reconstrucción que se requieran.

Se recomienda que la E.A.A.B. mantenga un estricto control de fugas en las redes de acueducto y alcantarillado, principalmente en las zonas de amenazas MUY ALTA, ALTA y MEDIA, dadas sus condiciones de estabilidad; sin embargo, es conveniente extenderlo hacia la parte alta para controlar los posibles aportes de agua de barrios e infraestructura vecina.

La DPAE debe realizar una amplia divulgación de los resultados del estudio con entidades públicas y privadas que aporten para la solución de la problemática definida.