TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....4

1. ANTECEDENTES.....5

1.1 RECOPILACION DE INFORMACIÓN EXISTENTE Y CONCEPTUALIZACIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS:.....5

1.1.1 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE GEOINGENIERÍA, DEL AÑO 2.000:.....6

1.1.1.1 GENERALIDADES:.....6

1.1.1.2. DESLIZAMIENTO SECTOR SUR-OCCIDENTAL:.....7

1.1.1.3 ZONAS DE SUELOS EXPANSIVOS:.....11

1.1.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE INGEORIESGOS , DEL AÑO 2.005:.....12

1.1.3 REVISIÓN DE PROGRAMAS DE MONITOREOS:.....13

1.1.3.1. MONITOREO REALIZADO POR EL INGENIERO ANDRÉS VÁSQUEZ KENNEDY:.....13

1.1.3.2. MONITOREO REALIZADO POR EL INGENIERO EDMUNDO RIVERA:.....14

CAPITULO 2. MONITOREO GEOTÉCNICO.....18

2.1. DIAGNÓSTICO GENERAL......18

2.1.1. Barrio Villa de Los Alpes:.....18

2.1.1.1 Deslizamiento del sector sur-oriental (Zona 4).....19

2.1.1.2 Bloques localizados al oriente de la urbanización entre la calle 35 sur y la calle 36 b sur. y desde la transversal 1 a la carrera 3 (Zona 3), plano 01 y 04......21

2.1.1.3. Bloques de la transversal 4 y carrera 5, entre diagonal 32 A sur y calle 33 b sur (Zona 3).....23

2.1.2. Barrio Atenas 25

2.1.2.1. Problemas puntuales en las viviendas 26

2.2. CONTROL TOPOGRÁFICO 29

2.2.1. Campaña de Topografía 10 29

2.2.2. Líneas de Control y Puntos de Control 30

2.2.3. Resultados de la Campaña de Topografía 10 31

2.2.4. Error de la Campaña de Topografía 10 31

2.2.5. Campaña de Topografía 11 33

2.2.6 Líneas de Control y Puntos de Control 33

2.2.7 Resultados de la Campaña de Topografía 11 34

2.2.8. Error de la Campaña de Topografía 11 34

2.2.9 Calibración de los Equipos 36

2.3. Barrio Villa de los Alpes 36

2.4. Barrio Atenas. 40

2.5. PIEZOMETROS 41

2.5.1 Urbanización Villa de Los Alpes. 42

2.5.2 Barrio Atenas. 43

2.6 INCLINÓMETROS 44

CAPITULO 3. MONITOREO ESTRUCTURAL 46

3.1 Antecedentes. 46

3.2 Objetivo 46

3.3. Localización 46

3.4 Descripción general 47

3.5 Metodología 47

3.5.1 Evaluación de la estabilidad del terreno 48

3.5.2 evaluación de la estabilidad de la edificación 50

3.5.3 Clasificación Global Del Riesgo 53

3.6 . Situación actual 53

3.7. Calificación del riesgo de las viviendas 54

3.8 Viviendas seleccionadas 54

3.9 Interpretación y análisis de resultados 54

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 57

4.1. MONITOREO GEOTÉCNICO 57

4.1.1 Antecedentes 57

4.1.2. Justificación y Alcances 58

4.1.3 Actividades realizadas 59

4.1.4 Resultados: 60

4.1.4.1 Topografía 60

4.1.4.2 Inclinómetros: 62

4.1.4.3 Pozos de Observación: 63

4.1.4.4 Comparación con monitoreos previos: 64

4.1.5 Recomendaciones 65

4.2 MONITOREO ESTRUCTURAL 65

4.3 CONSIDERACIONES SOBRE FUTUROS MONITOREOS 68

4.3.1 Monitoreo Geotécnico 68

4.3.2 Monitoreo Estructural 68

4.3.3 Consideraciones para Las Viviendas a Reubicar..... 69

ANEXOS

	No. Folios
ANEXO 1 – DECIMA Y DECIMA PRIMERA CAMPAÑA DE TOPOGRAFÍA	091
ANEXO 2 – PLANOS DE TOPOGRAFÍA	110
ANEXO 3 – CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	111
ANEXO 4 – LECTURA DE INCLINÓMETROS	115

INTRODUCCIÓN

Se presenta en este documento, los resultados finales del monitoreo geotécnico y estructural realizado durante los meses de Junio a Diciembre; el objeto de este monitoreo consistió en evaluar los problemas de asentamientos y agrietamientos de las viviendas de los Barrios Villa de Los Alpes y Atenas, que se encuentran localizadas al sur-oriente de la ciudad de Bogotá.

A partir de la información recopilada y analizada, se efectuó un análisis conceptual de los problemas geotécnicos de la zona y una interpretación de los resultados del programa de monitoreo adelantado en cada una de las campañas de instrumentación que se realizaron en el periodo de trabajo; se observó el avance sobre el estado de agrietamiento de las casas y su avance, las condiciones de las deformaciones en superficie, el comportamiento del agua en el suelo y posibles relaciones causa - efecto de los problemas de agrietamiento encontrados con los problemas de estabilidad de la zona; toda esta información encaminada a valorar o complementar de ser necesario, la zonificación de amenaza geotécnica planteada en estudios anteriores.

1. ANTECEDENTES

1.1 RECOPILACION DE INFORMACIÓN EXISTENTE Y CONCEPTUALIZACIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS:

Se efectuó la recopilación y posterior análisis de la información disponible como: fotografías aéreas, estudios y monitoreos anteriores en el sector, y en general, toda la información que se consideró representativa para el objeto del monitoreo. La información disponible de estudios y monitoreos es la siguiente:

1) Estudio de Amenaza y Riesgos por Remoción en Masa y la Evaluación de Alternativas de Mitigación para la Urbanización Villa de Los Alpes, Localidad de San Cristóbal; Geoingeniería Ltda., 2000.

2) Monitoreo Estructural A Las Viviendas De La Urbanización "Villa De Los Alpes", Localidad San Cristóbal, Bogotá D.C. Informe Final, Bogotá, Mayo 5 De 2004.

3) Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y compresibilidad del terreno, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las medidas recomendadas para estabilizar un sector del Barrio Atenas de la Localidad San Cristóbal, en Bogotá D.C., Ingeniería y Georiesgos Ltda., 2005.

4) Monitoreos y seguimiento a las viviendas de la Urbanización Villa de Los Alpes realizados en el 2005, Ing. Edmundo Rivera.

De la revisión de los estudios anteriormente mencionados se extrajo la información mas relevante que permitiera entender y evaluar el problema que afecta el sector, de esta evaluación se encontró lo siguiente:

1.1.1 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE GEOINGENIERÍA, DEL AÑO 2.000:

1.1.1.1 GENERALIDADES:

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, FOPAE, contrató en el año 2000 con la firma Geoingeniería Ltda., para la ejecución del citado estudio. El estudio contempló una verificación del estado de las viviendas de la urbanización que abarca una muestra representativa equivalente al 54% del total de las viviendas, clasificándolas en los siguientes niveles de daño, con base en la evaluación realizada como parte del análisis de vulnerabilidad física:

Nivel de daño	Viviendas	
	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	180	12
Ligero	476	31
Moderado	673	44
Fuerte	167	11
Severo	26	2
	1522	100

Dentro del área de estudio se identificaron tres zonas: la primera corresponde al sector afectado por el deslizamiento activo; la segunda zona está conformada por depresiones con rellenos arcillosos naturales y/o antrópicos donde se han evidenciado procesos locales de reptación o problemas locales de asentamientos o expansión de arcillas; y una tercera zona conformada por suelos residuales de la formación Bogotá.

1.1.1.2. DESLIZAMIENTO SECTOR SUR-OCCIDENTAL:

Se trata de un deslizamiento activo que se localiza en la parte baja del barrio Guacamayas comprometiendo la antigua avenida a Villavicencio y reflejando su actividad en un grupo concentrado de viviendas, localizadas en el talón del deslizamiento, al costado sur-occidental del barrio; este proceso conduce a la generación de levantamientos y asentamientos diferenciales generando consigo el agrietamiento en los muros de las viviendas.

Con base en los resultados del estudio presentado por Geoingeniería, en la zona se encuentran rocas de la Formación Bogota, consistente en arcillolitas abigarradas de consistencia firme a dura y rocas permeables de la Formación Regadera. Según la información presentada por GeoIngeniería, los estratos buzan en contrapendiente y están cubiertos por antiguos flujos de tierras y rellenos antrópicos. En la figura anexa se presenta un esquema conceptual del modelo de falla.

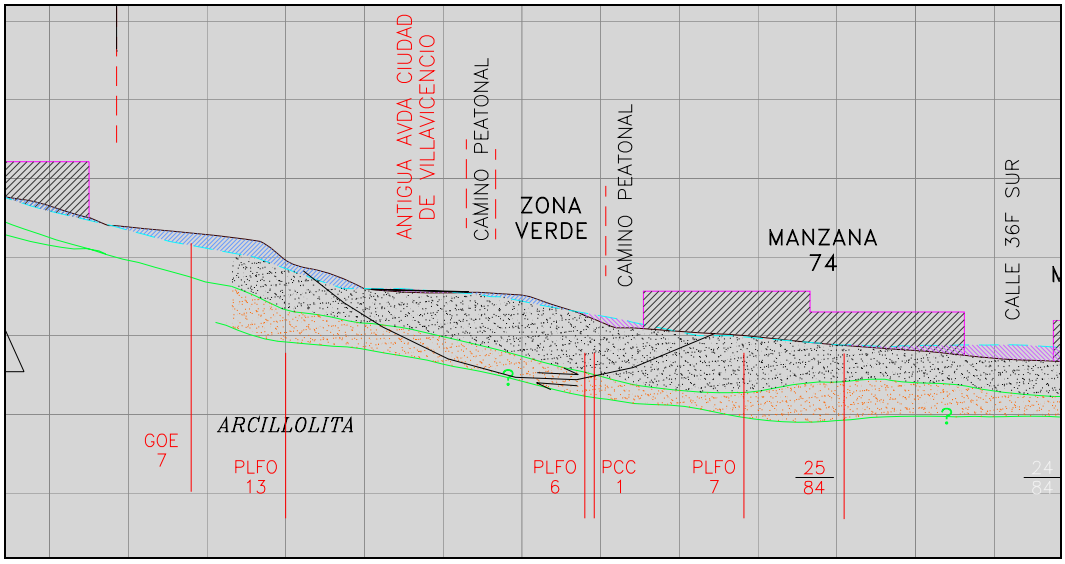

FIGURA 1: PERFIL ESTRATIGRAFICO E INTERPRETACIÓN DE UN POSIBLE MODELO DE FALLA

En el estudio de Amenaza Geotécnica de GeoIngeniería, se menciona también que en los estudios previos efectuados por Luis Fernando Orozco, se reportan la presencia de niveles freáticos altos. En el Estudio Hidrogeológico de GeoIngeniería se hace referencia a la concentración de flujo y la recarga de las areniscas de la formación Regadera y de algunos mantos de areniscas de la formación Bogota; este problema se acentúa en las laderas altas localizadas al sur y occidente del Barrio Villa de Los Alpes, la cual corresponde al área de este estudio contemplada en éste contrato.

Desde hace varios años, siempre se han presentado problemas de ablandamiento de la Subrasante de la antigua vía Bogotá Villavicencio, lo que ha generado daños permanentes sobre este tramo de vía; estos daños están asociados con la presencia de agua en el suelo, posiblemente asociado con la presencia de acuíferos confinados en la roca, por debajo de las capas de relleno y suelos superficiales, y a fugas de agua en los sistemas de acueducto o alcantarillado de la zona[(2)].

De acuerdo con el estudio, se identificaron 41 viviendas, clasificadas en alto riesgo por fenómenos de remoción en masa, las cuales se relacionan a continuación:

ITEM	LOCALIZACIÓN			PROPIETARIO
	MANZANA	PREDIO	DIRECCIÓN	
1	73	1	Calle 36 D sur No. 3ª Bis-77	Morales Ofelia
2	74	1	Calle 36 F sur No. 3A-57	Mora Javier

(2) Es importante señalar algo que hace unos 10 años se construyó un colector de aguas negras sobre la antigua vía a Villavicencio, en donde se pueden estar presentando filtraciones importantes en el subsuelo; hay coincidencia de este escenario con la ocurrencia de la falla del sector sur-occidental.

ITEM	LOCALIZACIÓN			PROPIETARIO
	MANZANA	PREDIO	DIRECCIÓN	
3		2	Calle 36 F sur No. 3A-53	López Ospina Yenny
4		3	Calle 36 F sur No. 3A-51	Bernal Humberto
5		4	Calle 36 F sur No. 3A-47	Ardila Zoraida
6		5	Calle 36 F sur No. 3A-45	Murcia Guantos Luis Emiro
7		6	Calle 36 F sur No. 3A-41	Madera Fernando E.
8		7	Calle 36 F sur No. 3A-39	Amaya Villamizar Gerardo
9		8	Calle 36 F sur No. 3A-35	Vergara Yimmy Alexander
10		9	Calle 36 F sur No. 3A-33	Ríos Castro María Helena
11		10	Calle 36 F sur No. 3A-29	Guarín de Medina Vilma
12		11	Calle 36 F sur No. 3A-27	Solaque Héctor Alejandro
13		12	Calle 36 F sur No. 3A-23	NN
14		13	Calle 36 F sur No. 3A-21	Marín Fernando
15		41	Calle 36 G sur No. 3-36	López Nelson (incluido en el Diagnóstico Técnico No. 979 del 30 de mayo de 2000)
16		44	Calle 36 G sur No. 3-46	Ramirez Quintero Arnulfo
17		45	Calle 36 G sur No. 3-48	Rodríguez Velásquez Rosa María
18		46	Calle 36 G sur No. 3-52	Vidal Vilma Nubia
19		47	Calle 36 G sur No. 3-54	Cortés Dora
20		48	Calle 36 G sur No. 3-58	Villamil María Josefina
21		49	Calle 36 G sur No. 3-60	Robayo Eduardo / Díaz María
22		50	Calle 36 G sur No. 3-64	Gil Acosta Jesús Emilio
23		51	Calle 36 G sur No. 3-66	Cardozo Cardenio
24		52	Calle 36 G sur No. 3-70	Torifio María Consuelo
25		53	Calle 36 G sur No. 3-72	Sandoval Diana Marcela / Losada Diego Said
26		54	Calle 36 G sur No. 3-76	Rubio Cárdenas Clara Inés
27		55	Calle 36 G sur No. 3-78	NN
28	75	1	Calle 36 G sur No. 3-79	Restrepo Fernández Luz Aide
29		2	Calle 36 G sur No. 3-77	Ocampo Gutiérrez Fabio
30		3	Calle 36 G sur No. 3-71	Garzón Olivia
31		4	Calle 36 G sur No. 3-69	Agudelo Uriel
32		5	Calle 36 G sur No. 3-65	Mora de Ospina NN
33		6	Calle 36 G sur No. 3-63	Segura Franco Abelardo
34		7	Calle 36 G sur No. 3-59	Castillo Clara Inés

ITEM	LOCALIZACIÓN			PROPIETARIO
	MANZANA	PREDIO	DIRECCIÓN	
35		8	Calle 36 G sur No. 3-57	Castañeda Rodrigo
36		9	Calle 36 G sur No. 3-53	Sánchez Carlos Julio
37		27	Calle 36 H sur No. 3-70	NN
38		28	Calle 36 H sur No. 3-70	NN
39		29	Calle 36 H sur No. 3-68	Moreno Calixto
40		30	Calle 36 H sur No. 3-60	Toro José Parménides
41		31	Calle 36 H sur No. 3-58	Sánchez Flor Marina

También es importante señalar de los resultados del Estudio de Geoingeniería la instalación de cinco inclinómetros en la zona inestable, por la firma Luis Fernando Orozco.

El inclinómetro 1 tuvo comportamiento estable sin presentar grandes deformaciones con respecto a los demás, en cambio los inclinómetros 2 y 3 presentaron un incremento muy elevado en su deformación con presencia de zonas de falla a una profundidad entre 6.5 y 8.0 m, el inclinómetro 3 presentó ruptura.

Los inclinómetros 4 y 5 tuvieron un comportamiento semejante pero en menor escala del par antes mencionado, pero también evidencia la presencia de una zona de falla entre 6.5 y 8.0 m. La localización de la instrumentación se ilustra en el EARVA003.

Los resultados de las investigaciones de este estudio, muestran con mucha consistencia la profundidad de la roca en el área, entre 7 y 9 m. También muestran la secuencia de rellenos antrópicos recientes (de la época de la construcción de la urbanización y posteriores) de espesor variable entre 1 y 4 m, sobre rellenos antrópicos antiguos producto de la construcción de la vía y estos a su vez sobre depósitos naturales antiguos que superyacen las arcillolitas de la formación Bogotá.

El estudio de LFO menciona filtraciones de agua proveniente de la parte alta del talud y tiene registros de niveles piezométricos altos en las perforaciones realizadas para su estudio y registradas en agosto de 1999.

Finalmente resaltamos la siguiente conclusión del estudio de Geoingeniería, en el cual dice que el deslizamiento desde el punto de vista equilibrio plástico, es solamente viable si existen presiones artesianas en la base; esto hace pensar o bien que el modelo de una falla rotacional continua o planar utilizado no es acertado, o que hay un factor hidrogeológico importante en el problema de estabilidad y de deformaciones. No hay que descuidar el hecho del comportamiento expansivo de estos suelos, los cuales pueden ser un factor importante dentro del problema de estabilidad; de otra parte es curioso encontrar dentro de la virtual zona de falla pequeños árboles derechos sin ninguna evidencia de movimiento o desplome.

1.1.1.3 ZONAS DE SUELOS EXPANSIVOS:

Adicionalmente, el consultor identificó la presencia de suelos arcillosos potencialmente expansivos, los cuales son altamente susceptibles a experimentar cambios volumétricos que pueden inducir levantamientos y asentamientos de las estructuras[1]. Según el estudio de GeoIngeniería se menciona que los suelos expansivos pueden generar presiones de expansión superiores a las transmitidas por las cimentaciones de las viviendas, generando daños potenciales sobre éstas.

[1] Este tipo de problemas a criterio del Especialista de este contrato, puede estar relacionado con la presencia de rellenos de mala calidad, los cuales fueron adecuados durante la construcción de la urbanización, acompañado de problemas locales de filtraciones de agua dentro del relleno, de origen antrópico o natural.

1.1.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE INGEORIESGOS , DEL AÑO 2.005:

En este estudio destacamos los resultados de las investigaciones geológicas y geotécnicas en donde se destaca la presencia de rocas areno-lodosas y lodosas de la Formación Bogotá, y en la zona central corresponde a una geoforma de batea con la presencia de rellenos antrópicos y depósitos fluvioglaciares con matriz de suelo de origen lodoso.

El estudio en mención, definió para la mayor parte del Barrio Atenas un nivel de amenaza medio por fenómenos de remoción en masa, y apenas un pequeño sector en la zona central con nivel de amenaza alto; sin embargo, la DPAE ha realizado varias visitas técnicas al sector y ha emitido diagnósticos y conceptos técnicos por problemas asociados a daños en viviendas. En tales informes se indica la ocurrencia de fallas en algunos muros de contención y el agrietamiento de pisos, muros y tuberías de alcantarillado. Además se menciona el deterioro de las vías y problemas de anegación en casas durante períodos de lluvia.

Con base en la visita de reconocimiento de campo se pudo encontrar lo siguiente:

Se encuentra una gran concentración de agua en la parte baja central del barrio en donde se conforma una gran batea; esta zona puede corresponder a un cauce intermitente antiguo.

Las casas que han presentado problemas locales y que han sido evacuadas, están localizadas en este corredor bajo, en zonas en donde posiblemente se ha emparejado el terreno con rellenos antrópicos.

Las fallas en el interior de las viviendas están relacionadas con deformaciones de las plataformas en rellenos que se saturan y se deforman por la presencia de agua en el sustrato. En el sector no hay evidencias de reptación ni de movimientos en masa profundos. Después de los reconocimientos de causa efectuados durante el monitoreo, hemos encontrado que las casas

con daños severos en sus estructuras están localizadas en el contorno de un deslizamiento antiguo que abarca una zona de depósito en la parte baja central del barrio.

En conclusión consideramos que las casas que presentan daños, obedecen a problemas locales de deformaciones de relleno de baja calidad de construcción y a la presencia de agua que mana muy seguramente del depósito fluvioglaciar, que se localiza en la zona de batea, parte baja central del barrio.

1.1.3 REVISIÓN DE PROGRAMAS DE MONITOREOS:

1.1.3.1. MONITOREO REALIZADO POR EL INGENIERO ANDRÉS VÁSQUEZ KENNEDY:

Se trata de un estudio de monitoreo estructural a algunas de las viviendas de la urbanización Villa de los Alpes, de acuerdo con lo dispuesto en el contrato CONS 360-03 suscrito entre el FOPAE y el Ingeniero Andrés Vásquez Kennedy.

En este estudio se efectuó un monitoreo de las viviendas, basado en una metodología particular de clasificación global de riesgo. De acuerdo con los resultados de las campañas de monitoreo comprendidas entre los meses de diciembre de 2003 a febrero 9 de 2004, se establece que en general se presentó un incremento leve en los niveles de daño de las viviendas seleccionadas. Los resultados demuestran la existencia de un problema, y lo que es mas importante, su evolución destructiva en el tiempo, por lo cual se manifiesta la urgencia de la aplicación de soluciones efectivas y definitivas al problema.

Es de aclarar que esta muestra no es representativa del estado general de la urbanización, toda vez que se monitorearon aquellas viviendas que presentaban mayor nivel de deterioro, ubicadas en zonas con mayor potencial de inestabilidad.

Con respecto a los resultados obtenidos en el estudio realizado por GeoIngeniería Ltda para el FOPAE, es de anotar que aunque éstos no pueden ser comparados con el monitoreo debido a la metodología de evaluación de daños; se pudo correlacionar la información, encontrándose concordante, por lo que se establece pertinente continuar con el monitoreo que contemple una muestra representativa definida con base en los resultados obtenidos.

Las conclusiones presentadas en este informe, dejan entrever que exceptuando el problema del deslizamiento del costado sur-occidental del barrio, los demás problemas localizados son puntuales y se deben a problemas de índole geotécnico local; con base en las observaciones de campo en estos sitios los problemas pueden estar relacionados con la presencia de rellenos expansivos o deformables bajo la fundación de las casas, y la afluencia de agua bajo el relleno.

1.1.3.2. MONITOREO REALIZADO POR EL INGENIERO EDMUNDO RIVERA:

El FOPAE, mediante contrato de consultoría CONS 493 de 2004 adelantó este contrato con el Ingeniero EDMUNDO RIVERA ALVAREZ con el fin de identificar las viviendas del costado sur-occidental con mayor grado de deterioro y que requieran el traslado de las familias de acuerdo con la seguridad y habitabilidad de las edificaciones.

El monitoreo contempló el control topográfico de los movimientos del terreno, el reconocimiento geotécnico periódico y el control estructural de 123 viviendas pertenecientes a las Manzanas 73, 74, 75 y 76, (ver figura 2).

De acuerdo con el monitoreo el 32% de las viviendas presenta un nivel de riesgo bajo, el 29% riesgo medio, el 11% riesgo alto el 21% riesgo crítico y el restante (7%) corresponde a viviendas en las cuales no fue posible inspeccionarlas internamente.

En lo referente al área de geotecnia se delimitó el deslizamiento en la zona de las casas, en donde se identificaron cuatro bloques de falla I, II, III, IV, que se desarrollan lateralmente siguiendo un lineamiento SE-NW; los bloques principales I y II afectan las manzanas 74 y 75 y los bloques satelitales III y IV afectan las manzanas 73 y 76. Ver figura 2. Por el costado nororiental se encuentran algunas casas agrietadas que guardan cierto alineamiento y que insinúa un problema geotécnico asociado con la zona verde del costado nor-oriental que es inestable.

Con respecto a los vectores de desplazamiento medidos con controles topográficos se destaca lo siguiente:

Aun que no hay certeza sobre las velocidades de movimiento, los resultados del monitoreo y las observaciones de campo indican que existe una tendencia clara de levantamiento y desplazamiento en la zona baja del deslizamiento hacia el nor-oriente.

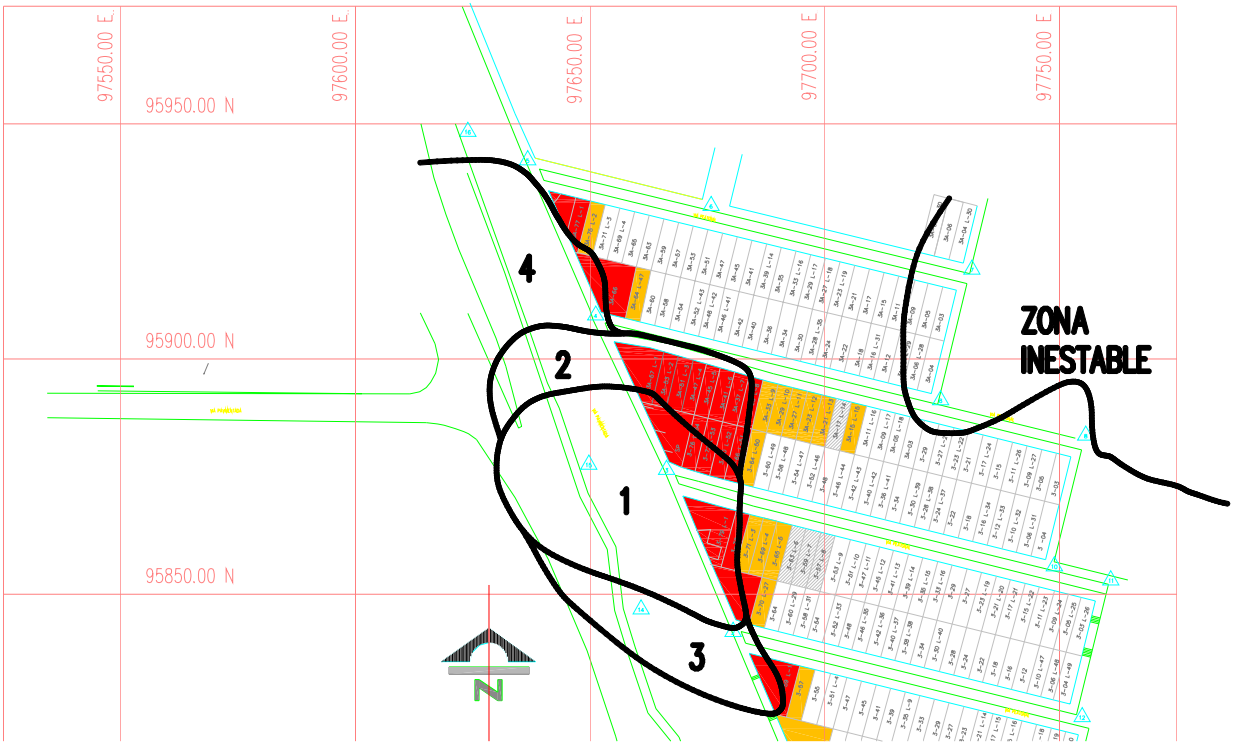

Figura 2: Contornos del deslizamiento –sector SW de Villa de Los Alpes.

Por el sector nor-oriental, se detectó un segundo deslizamiento antiguo de gran magnitud, que compromete varias casas de las Manzanas 73 y 74, por el costado nor-oriental de estas manzanas.

La morfología del deslizamiento es tal, que su flanco izquierdo y corona, compromete al menos dos filas de casas de la manzana 73, y entre 4 y 7 filas de casas de la manzana 74; el movimiento es de tipo complejo y se manifiesta por la presencia de grietas diagonales en las viviendas y en las juntas de dilatación de las casas y abarca prácticamente la totalidad de la zona verde adyacente en el costado oriental de las casas.

A pesar de ser un deslizamiento importante éste corresponde a un problema de estabilidad muy antiguo y de baja tasa de deformación, el cual se percibió desde el momento en que se construyeron las casas; el movimiento lento y estacionario de esta gran masa ha generado daños leves a moderados en los predios mencionados.

CAPITULO 2. MONITOREO GEOTÉCNICO

Para la elaboración de este informe final se consultó y analizó, la siguiente información:

- Resultados de las campañas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 8 9 10 y 11 de control topográfico.
- Resultados de las campañas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 9 10 y 11 de control de niveles de agua libre en pozos de observación.
- Resultados de las campañas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 9 10 y 11 de control de inclinómetros.
- Resultados de las campañas 1, 2, 3, 4 y 5 de control estructural.

2.1. DIAGNÓSTICO GENERAL.

2.1.1. Barrio Villa de Los Alpes:

El barrio Villa de Los Alpes se encuentra localizado en un terreno de pendiente moderada, con la presencia de suelos residuales y rocas de la Formación Bogotá; en las zonas deprimidas se encuentran flujos de tierras, depósitos de gravedad y rellenos, éstos últimos conformados durante la adecuación de las plataformas sobre las cuales se encuentra construida toda la urbanización.

Después de la construcción de la urbanización, se han venido presentando deformaciones y agrietamientos de las casas; las causas de estos problemas han sido objeto de evaluación en estudios geotécnicos anteriores, en los cuales se enuncian varios factores contribuyentes como la construcción de plataformas de cimentación con

rellenos de mala calidad en zonas inestables, o sobre flujos antiguos de tierra desarrollándose deslizamientos lentos y progresivos de las plataformas, problemas locales de estabilidad y aportes de aguas subterráneas asociados con factores hidrológicos locales entre otros.

A continuación se presentan los resultados del reconocimiento de sitios localizados dentro del área de estudio y considerados como relevantes en la evaluación del problema, con el fin de complementar las hipótesis anteriormente descritas.

2.1.1.1 Deslizamiento del sector sur-oriental (Zona 4)

Se encuentra localizado entre la calle 36 D sur y 36 I sur a lo largo de la antigua carretera a Villavicencio. (Ver plano 1, 4 ó 7)

Por el costado occidental de la zona inestable, se observa un deterioro importante en la vía de acceso, los andenes y las estructuras de las viviendas comprendidas entre las calles 36D sur y 36G sur; al efectuar la comparación entre la visita de reconocimiento efectuada en el mes de Junio y la efectuada en el mes de noviembre se percibe un aumento de daños en algunas viviendas y aparición de nuevas fisuras en las fachadas de las casas, principalmente aquellas que se encuentran ubicadas sobre la carrera 3B; en estas viviendas se han prolongado las fisuras, y algunas de las grietas ya existentes presentan mayor amplitud, el ejemplo más claro se encuentra en la casa de la carrera 36 D No 3 A 77, (ver fotografía 1), en donde se aprecian daños principalmente en sus muros de fachada que no eran perceptibles; esto, haciendo referencia a las

observaciones de campo del monitoreo efectuado en el año 2005 por el Ingeniero Edmundo Rivera, en el cual nuestro especialista tuvo participación.



Fotografía 1: (11-10-2006) Vista de la fachada de la casa localizada sobre la carrera 36D No. 3A-77

Entre la campaña del mes de Julio y el mes de Noviembre, se ven en su fachada incrementos de las grietas y daños en el pañete de los muros.

Fotografía2: (20/11/2006). A lo largo de las campañas de monitoreo no se reporto un Aumento significativo de los daños o deterioros de las estructuras de las viviendas

Aunque los daños en las vías de acceso andenes y zonas verdes son visibles pero de difícil control al momento de ver su incremento en el tiempo.



2.1.1.2 Bloques localizados al oriente de la urbanización entre la calle 35 sur y la calle 36 b sur. y desde la transversal 1 a la carrera 3 (Zona 3), plano 01 y 04.

Comprende una fila completa de casas que se encuentran cimentadas detrás de la corona de un talud; en frente de éstas se prolonga un talud inclinado que remata con un muro de concreto en la base; en la parte inferior del muro mana agua en abundancia.

Al observar el estado de las casas ubicadas sobre la calle 35 sur, se observan grietas verticales en los muros internos, estos daños son producto de las deformaciones del talud y problemas locales de expansión del suelo.

Zona de parqueaderos: Ubicada en la parte intermedia entre las casas de la calle 25 sur y la diagonal 32B sur; los parqueaderos están sobre un relleno contenido por un muro de altura variable que da a la diagonal 32B sur la cual presenta grietas longitudinales en casi toda su extensión; la estructura de pavimento tiene fisuras paralelas al muro; y las casas que están en la parte alta del parqueadero no presentan problemas estructurales.

Los problemas de esta manzana se evidencian a partir de la casa de la calle 35 sur No 1B-71 en donde se observan fisuras verticales y agrietamientos en los pisos del andén

frente a ella. Siguiendo hacia el orienta las casas con el No 1B-87 tiene en su fachada grietas diagonales a nivel de piso, y entre vigas.

Sobre la misma calle se observan fisuras verticales sobre la fachada de las casas con los Nos 1B-89, 1B-93 y 1B-95, esta última ubicada en la esquina de la manzana y por el costado de la carrera los andenes se encuentran totalmente separados de los muros de las viviendas (ver fotografía 3).



Fotografía 3:(20-11-2006) Casa esquinera localizada en la calle 35 sur No 1 B 95: Las casas están cimentadas sobre un relleno que ha sufrido deformaciones. Los muros de fachada están separados de los andenes por ambos costados de la casa, y las grietas internas de los muros de las viviendas parecen incrementar en el tiempo, esto según los reportes de los habitantes y de las inspecciones realisadas.

2.1.1.3. Bloques de la transversal 4 y carrera 5, entre diagonal 32 A sur y calle 33 b sur (Zona 3).

En este sitio se encuentran varias casas con grietas diagonales, cimentadas posiblemente sobre rellenos que han sufrido deformaciones. De igual manera las casas correspondientes a las manzanas que dan contra la carrera quinta, y que están localizadas entre las diagonales 32A y 33A sur presentan deformaciones leves en sus fachadas. Encontrando los siguientes problemas a lo largo del monitoreo:

Las casas de la transversal 4 No 32A-49, 32A-43, 32A-33, y 32A-31, presentan grietas diagonales en los muros de fachada, estas grietas van de derecha a izquierda y de abajo hacia arriba.

Siguiendo por la misma cuadra se encuentra la casa con el No 32A-25, esta casa presenta grietas totalmente horizontales en toda su fachada.

Finalmente y continuando el recorrido, las casas con los números 32A-17, 32A-15 y 32A-13 de la misma transversal 4, presenta grietas transversales en sentido contrario a las primeras casas, de derecha a izquierda y de arriba abajo.

Todos los pisos de los andenes frente a estas viviendas están agrietados (ver fotografía 4).

Este tipo de grietas de las viviendas sugiere un hundimiento del relleno en la parte central a la altura de la vivienda identificada con el No 32A-25, producto de un asentamiento del relleno o de un deslizamiento del mismo, en este sector.

En el periodo de Junio a Diciembre de 2006 en el que se efectuó el monitoreo a estas viviendas no se observaron cambios muy grandes en los daños o afectaciones de las mismas, sin embargo en este sector los dueños de las viviendas realizan reparaciones constantemente, las cuales les ayudan a mantener unas condiciones de habitad mejores pero manifiestan que los daños aparecen cada vez mas acentuados. En aquellos predios en donde las grietas no han sido reparadas se presentan condiciones de riesgo alto ya que el deterioro de ellas puede causar daños eventuales a las personas que habitan en el.



Fotografía 4.(20/11/2006) Casa ubicada en la transversal 4 No 32 A 17 sur, los daños en los pisos de anden de todas las casas de esta calle son evidentes, sin embargo al realizar la inspección visual de las casas, la mayoría de ellas se encuentran recién pintadas y reparadas, lo que dificulta el trabajo de comparación con la campaña inicial.

2.1.2. Barrio Atenas

El barrio está localizado sobre un terreno de pendiente moderada, conformado por areniscas y lodolitas de la Formación Bogotá; en la zona central del barrio se define una franja de terreno, en donde se encuentra una depresión cubierta por depósitos de origen fluvioglacial y rellenos antrópicos por donde se concentra el agua, ver figura 1.

A lo largo de esta depresión se encuentra agua en el subsuelo, la cual queda atrapada dentro del depósito y puede generar temporalmente condiciones de saturación y subpresiones excesivas las cuales pueden ser la causa de las fallas locales o la reactivación de fallas generales dentro del depósito.

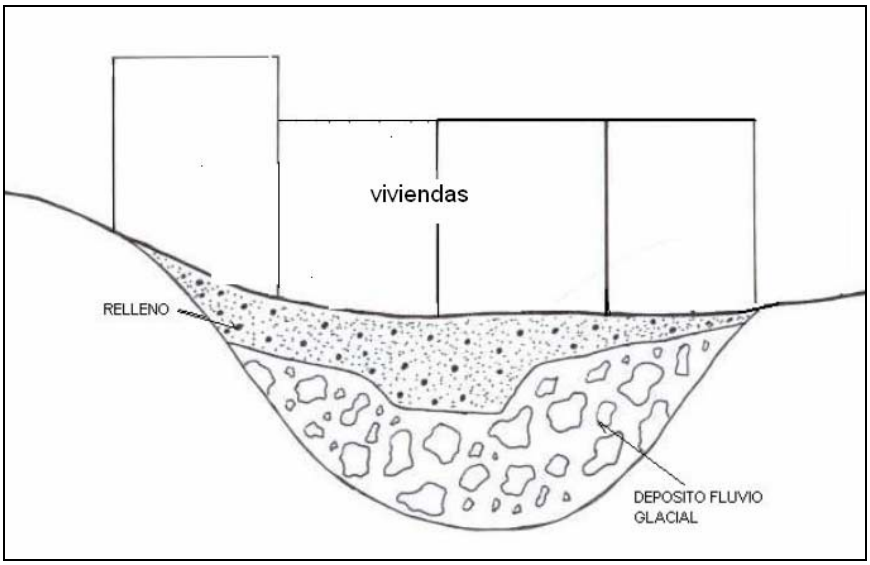

Figura 1: Perfil CONCEPTUAL ZONA 1A sobre los condiciones de cimentación de las casas afectadas en el barrio Atenas

Las casas que han presentado problemas se encuentran dentro de esta franja y se caracterizan por haber presentado fallas generales y locales o deformaciones de las plataformas en donde están cimentadas; estos fenómenos son atribuibles a la presencia de agua en el subsuelo y a procesos de ablandamientos o deformaciones de rellenos de baja calidad estructural.

2.1.2.1. Problemas puntuales en las viviendas

A lo largo del monitoreo entre los meses de Julio y Diciembre se realizaron un total de 6 inspecciones geotécnicas a varias viviendas en condición de riesgo, y que se encuentran sobre el depósito fluvio-glacial, con el fin de cuantificar los problemas presentados en cada una de ellas.

De acuerdo con la información obtenida de las campañas anteriores se identificó el contorno de un deslizamiento antiguo, mostrando que las casas que se encuentran sobre el presentan un grado de afectación mayor.

En las inspecciones visuales se reporto lo siguiente:

Algunas viviendas, principalmente aquellas que se encuentran en el contorno del deslizamiento presentan daños en sus muros, grietas en los pisos, levantamiento de los enchapes, y un problema generalizado de humedad en los muros y en cualquier tipo de grieta o fisura por donde el agua puede drenar.

Entre algunos de los casos podemos numerar los siguientes los cuales son los mas relevantes encontrados a lo largo del monitoreo y sobre los cuales se tiene las siguientes observaciones

Diagonal 34 sur No 2-18 este: En este lote se presenta un escarpe de falla que atraviesa por toda la mitad.

Diagonal 34 sur No 2-10 este: Se presenta una grieta vertical en el muro trasero el cual sirve de lindero con un lote deshabitado.

Diagonal 34 sur No 2-26 este se trata de una vivienda en la que se evidencian grietas y levantamientos en los enchapes de los pisos.

Diagonal 34 sur No 2-04: Se evidencian grietas verticales en la cimentación de la parte posterior de la casa que se encuentra a la vista.

Transversal 1 bis No 33 B 24 sur: Los muros colindantes con la vivienda de la diagonal 34 sur No 2-10, se encuentran totalmente agrietados, grietas profundas, verticales y horizontales y pisos totalmente deteriorados. En los muros internos de la parte frontal de la vivienda se observan fisuras.

Diagonal 34 B sur No 2 – 45 este: Presenta agrietamientos en los muros y pisos de la parte frontal de la vivienda, principalmente en la fachada.

Calle 33 B sur No 2 – 38 (93 en el plano 08): Según los habitantes existían grietas bastante profundas las cuales fueron recientemente rellenadas y enchapadas. Se evidencian fisuras en los pisos nuevos, y bastante humedad en la parte trasera de la vivienda.

Calle 33 B sur No 1 – 59: En la parte delantera de la casa se evidencian grietas horizontales entre la placa de entrepiso.

Calle 33 B sur No 1 – 54: La casa se encuentra totalmente fisurada pero en ninguna campaña pudo ser visitada ante la ausencia de habitantes.

Diagonal 33 A sur No 2 – 11 este: Esta vivienda presenta grietas verticales en los muros y horizontales en los contactos muro placa, en la parte trasera se observan grietas verticales recientes las cuales según sus habitantes son reparadas continuamente sin ningún efecto. Se construyo en el segundo piso hace aproximadamente 1 año un muro de lindero pegado con el lote No 2-17 de la misma calle este muro tiene una separación del orden de 20 cm, y los muros antiguos presentan en todos sus linderos separaciones del orden de 80 cm.

Según se dijo anteriormente todas estas casas presentan grandes problemas referidos con humedad en sus muros.

2.2. CONTROL TOPOGRÁFICO

Para el informe final, se presenta la campaña 10 efectuada el día 17 de Noviembre y la campaña 11 de topografía del día 27 de noviembre de 2006. Las campañas se realizaron teniendo siempre como base la primera campaña, la cual se presentó en el primer informe.

2.2.1. Campaña de Topografía 10

La décima campaña de topografía se realizó el día 17 de noviembre de 2006. El topógrafo encargado de esta campaña fue Gabriel Garzón, quien también había hecho las primeras campañas de topografía. Se utilizaron los mismos equipos de topografía.

La poligonal se mantuvo igual a la de las primeras lecturas. La siguiente figura muestra la ubicación de ésta.

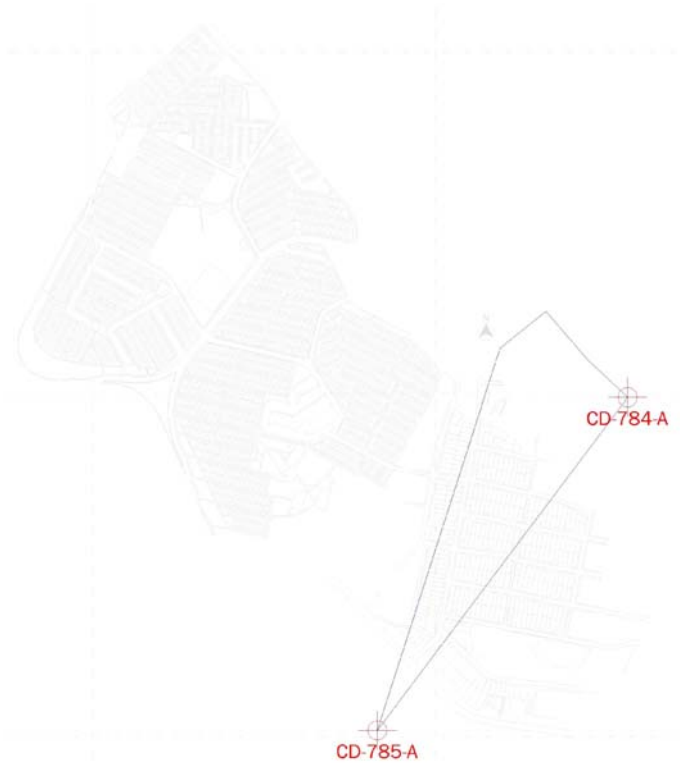

Figura 02: Localización de la poligonal de topografía en el área del proyecto.

La cartera de nivelación, así como toda la información relacionada con la campaña de topografía 10, se anexa a este informe.

2.2.2. Líneas de Control y Puntos de Control

Los puntos de control se materializaron en el sitio con puntillas debidamente numeradas. Las líneas de control, sobre las que se ubican los puntos, se mantuvieron iguales durante el período de monitoreo.

2.2.3. Resultados de la Campaña de Topografía 10

Las diferencias de coordenadas de los puntos de control se midieron tomando como base las coordenadas (este, norte y elevación) de los puntos de la primera campaña de topografía. Para la parte de nivelación, el topógrafo realiza, en campo, la contra-nivelación. Esto se puede ver en los anexos relacionados con la campaña que se entregan en este informe.

En los planos anexos a este informe se presentan las coordenadas, calculadas en los puntos monitoreados en la décima campaña, comparadas con los puntos de la primera campaña. Puesto que el sistema de monitoreo topográfico presenta una aproximación la cual se ha estimado en 1'', sólo se considera la diferencia de cada punto que supere 1''.

Además, se presentan planos en los que se indica la diferencia de altura entre la campaña de topografía 01 y la campaña de topografía 10.

2.2.4. Error de la Campaña de Topografía 10

La tabla No 01 muestra el Cálculo del error de topografía de esta campaña.

MONITOREO GEOTECNICO Y ESTRUCTURAL EN EL SECTOR DE LA URBANIZACION VILLA DE LOS ALPES Y EL BARRIO ATENAS DE LA LOCALIDAD SAN CRITOBAL

CARTERA DE TRANSITO Y CALCULO DE LA POLIGONAL

DELTA	PUNTO	Angulo Horizontal	Azimut	distancia	NORTE	ESTE	DETALLE
D_785	D_785	0°00'00"	197°45'51"	0	95,509,014	97,915,393	
	D_1	87°22'49"	105°08'39"	11,215	95,506,084	97,926,219	D1
D_1	D_784	110°43'35"	35°52'11"	603,982	95,995,522	98,280,114	CD 785A
D_784	D_2	97°02'25"	312°54'35"	78,304	96,048,835	98,222,760	D2
D_2	D_3	186°14'18"	319°08'52"	94,690	96,120,457	98,160,821	D3
D_3	D_4	91°52'51"	231°01'40"	85,992	96,066,374	98,093,966	D4
D_4	D_785	146°44'12"	197°45'53"	585,268	95,509,014	97,915,393	CD 785A
	D5	129°48'10"	180°49'51"	421,481	95,644,936	98,087,854	D5
	D6	232°54'25"	283°56'05"	227,905	96,121,254	97,872,767	p06-L4
	D7	170°51'23"	221°53'04"	288,493	95,851,596	95,851,596	c#24
	D8	239°31'35"	290°33'16"	461,497	96,228,404	97,661,849	p04-L03
	D9	195°05'25"	246°07'06"	534,135	95,850,130	97,605,562	p01-L13
	D11	232°40'23"	283°42'04"	522,133	96,190,045	97,586,690	D11
	Pt 12	194°09'58"	245°11'39"	516,061	95,849,863	97,625,519	p02-L13
	Pt 13	194°10'32"	245°12'13"	516,432	95,849,786	97,625,148	pOZO-P02L1

LONGITUD POLINAL =1459.451
CIERRE 1 : 81080
ERROR = 0.018

Tabla No 01 : Cálculo del error en la campaña de topografía 10

El error es inferior a 1:25.000.

Como puede observarse, como los errores obtenidos son inferiores al error permitido, se puede concluir que el levantamiento topográfico cumple totalmente con los términos de referencia.

Teniendo en cuenta que el control topográfico presenta un umbral de incertidumbre de 1" se evalúan los datos, los cuales se confrontan con la información del reconocimiento visual de campo, esto con el propósito de detectar posibles movimientos en masa en el área de monitoreo.

2.2.5. Campaña de Topografía 11

La undécima campaña de topografía fue realizada el día 27 de noviembre de 2006, por el topógrafo Gabriel Garzón. Hubo un retraso debido a las lluvias que se presentaron durante los levantamientos topográficos de este mes.

La cartera de nivelación, así como toda la información relacionada con la campaña de topografía 11, se anexa a este informe.

Cabe mencionar que para esta campaña, el topógrafo encontró que los puntos P03-L08, P01-L13, P02-L13 y P03-L13 de topografía habían sido arrancados, por lo que procedió a materializar nuevos puntos en campo. Este inconveniente se produjo en la urbanización Villa de los Alpes, donde la línea de control 13 fue la que más problemas tuvo. Estos puntos no se tuvieron en cuenta en la comparación con la primera campaña de topografía.

2.2.6 Líneas de Control y Puntos de Control

Al igual que de la campaña de topografía 10, de la campaña de topografía 11 se presenta un plano con las coordenadas reales de la campaña y sus diferencias con respecto a los puntos de control iniciales. Se presenta entonces un plano para la urbanización Villa de los Alpes (Plano 04) y otro plano para el barrio Atenas (Plano 05).

2.2.7 Resultados de la Campaña de Topografía 11

Las diferencias en coordenadas de los puntos en la campaña de topografía 11 se miden con respecto a las coordenadas de la campaña de topografía 01. Se conserva el umbral de 1'' para analizar aquellos desplazamientos superiores a 1''.

De esta undécima campaña de topografía, se presenta también un plano de las secciones que se definieron en el informe preliminar de este monitoreo (Plano 06). Este plano de secciones contiene información de las diferencias de coordenadas con respecto a la primera campaña de topografía, la cual se complementa con un cuadro resumen de la campaña de topografía 11 que se presenta en este informe.

2.2.8. Error de la Campaña de Topografía 11

La tabla No 02 muestra el cálculo del error de topografía de esta campaña.

MONITOREO GEOTECNICO Y ESTRUCTURAL EN EL SECTOR DE LA URBANIZACION VILLA DE LOS ALPES Y EL BARRIO ATENAS DE LA LOCALIDAD SAN CRITOBAL

CARTERA DE TRANSITO Y CALCULO DE LA POLIGONAL

DELTA	PUNTO	Angulo Horizontal	Azimut	distancia	NORTE	ESTE	DETALLE
D_785	D_785	0°00'00"	197°45'51"	0	95,509,014	97,915,393	
	D_1	87°22'49"	105°08'39"	11,214	95,506,084	97,926,219	D1
D_1	D_784	110°43'35"	35°52'11"	603,981	95,995,522	98,280,114	CD 785A
D_784	D_2	97°02'25"	312°54'35"	78,306	96,048,835	98,222,760	D2
D_2	D_3	186°14'18"	319°08'52"	94,690	96,120,457	98,160,821	D3
D_3	D_4	91°52'51"	231°01'40"	85,992	96,066,374	98,093,966	D4
D_4	D_785	146°44'12"	197°45'53"	585,268	95,509,014	97,915,393	CD 785A
	D5	129°48'10"	180°49'51"	421,481	95,644,936	98,087,854	D5
	D6	232°54'25"	283°56'05"	227,905	96,121,254	97,872,767	p06-L4
	D7	170°51'23"	221°53'04"	288,493	95,851,596	95,851,596	c#24
	D8	239°31'35"	290°33'16"	461,497	96,228,404	97,661,849	p04-L03
	D9	195°05'25"	246°07'06"	534,135	95,850,130	97,605,562	p01-L13
	D11	232°40'23"	283°42'04"	522,133	96,190,045	97,586,690	D11
	Pt 12	194°09'58"	245°11'39"	516,061	95,849,863	97,625,519	p02-L13
	Pt 13	194°10'32"	245°12'13"	516,432	95,849,786	97,625,148	pOZO-P02L1

LONGITUD POLINAL =1459.451
CIERRE 1 : 81.080
ERROR = 0.018

Tabla No 02 : Cálculo del error en la campaña de topografía 09

El error es inferior a 1:25.000.

Como puede observarse, como los errores obtenidos son inferiores al error permitido, se puede concluir que el levantamiento topográfico cumple totalmente con los términos de referencia.

Teniendo en cuenta que el control topográfico presenta un umbral de incertidumbre de 1" a continuación se evalúan los datos, los cuales se confrontan con la información del

reconocimiento visual de campo, esto con el propósito de detectar posibles movimientos en masa en el área de monitoreo.

2.2.9 Calibración de los Equipos

Para este informe, se presenta la calibración de los equipos utilizados en las campañas de topografía, conforme a lo establecido en los términos de referencia.

2.3. Barrio Villa de los Alpes

Tomando como base el mapa geológico local de la urbanización Villa de Los Alpes suministrado por la firma Geoingeniería en el estudio de amenaza y riesgo realizado para esta urbanización se definieron 4 zonas para el control topográfico así (Planos 01 y 04):

La zona 1 abarca puntos localizados sobre depósitos coluviales (Qcl) y deslizamientos someros (Qds), compuestos por arcillas, bloques y cantos en matriz arcillosa. Esta zona esta localizada en la parte nor.- oriental de la zona de estudio.

La zona 2 corresponde a puntos localizados sobre flujos de tierras (Qfti, Qft) de aproximadamente 2.0 metros de espesor, que a su vez descansan sobre arcillolita. Estos suelos atraviesan la parte central de la urbanización Villa de Los Alpes de Norte a Sur.

La zona 3 se trata de puntos localizados sobre material residual, de arcillolitas pertenecientes a la Formación Bogota.

Finalmente se determinó una zona 4, en el sitio sur-oriental de la urbanización sobre suelos conformados por botaderos antiguos de desechos y basuras no tratadas, que reposan sobra la cabecera de un antiguo flujo de tierras en esta zona existe un deslizamiento activo según el estudio de amenaza y riesgo efectuado por la firma Geoingeniería, y monitoreos anteriores.

Teniendo en cuenta estas 4 zonas y las campañas topográficas número 10 y 11 se obtienen los siguientes resultados:

Tabla No: 03 - Zona 1. Deslizamientos y Depósitos.

ZONA 1	PUNTOS	Resultados de Lecturas
Casas cimentadas sobre depósitos coluviales, y deslizamientos someros, compuestos por cantos y bloques embebidos en arcillas	P03-L01	Todos los puntos se encuentran dentro del umbral establecido en este estudio de 1''.
	P05-L01	
	P03-L02	
	P04-L02	
	P05-L02	
	P06-L02	
	P05-L03	

Tabla N° 04 - Zona 2. Flujos de tierra.

ZONA 2	PUNTOS			Resultados de Lecturas
Casas cimentadas sobre flujos de tierras antiguos y recientes, compuestos por arcillas de alta plasticidad	P06-L03	P06-L04	P04-L09	El 92% de los puntos (23 puntos) se encuentran dentro del margen de error de los equipos. Entre el 8% restante tenemos desplazamiento en los puntos, **P01-09**, ubicado en el costado este de la carrera 3 B con calle 36 A sur con sentido N-W (descendiendo) y magnitud de 3.3cm, y con respecto a la campaña anterior no muestra cambios significativos, y el punto **P04-L11** localizado en la calle 36 F con una magnitud de 3.1cm en dirección NE (horizontalmente), paralelo a la pendiente del talud, en una zona de contacto entre depósitos inestables y flujos de tierras.
	P07-L03	P08-L04	P05-L09	
	P08-L03	Pz P05L04	P04-L10	
	P09-L03	P02-L06	P05-L10	
	P01-L04	P03-L06	P06-L10	
	P02-L04	P04-L07	P04-L11	
	P03-L04	P01-L09	P05-L12	
	P04-L04	P02-L09		
	P05-L04	P03-L09		

Tabla Nº 05 - Zona 3. Suelos Residuales.

ZONA 3	PUNTOS			Resultados de Lecturas
Casas cimentadas sobre suelos residuales, de arcillolitas.	P01-L01	P07-L04	P05-L08	Todos los puntos se encuentran dentro del umbral establecido en este estudio.
	P02-L01	P01-L05	P06-L09	
	P04-L01	P02-L05	P07-L09	
	P06-L01	P03-L05	P08-L09	
	P01-L02	P04-L05	P09-L09	
	P02-L02	PZ P04-L05	P010-L09	
	P07-L02	P01-L06	P05-L11	
	P08-L02	P01-L07	P06-L11	
	P09-L02	P02-L07	P04-L12	
	P10-L02	P03-L07	P06-L12	
	P01-L03	P01-L08	P07-L13	
	P02-L03	P02-L08	P08-L13	
	P03-L03	P03-L08		
	P04-L03	P04-L08		

Tabla Nº 06 - Zona 6. (Deslizamiento) Botaderos antiguos.

ZONA 4	PUNTOS		Resultados de Lecturas
Casas cimentadas sobre un deslizamiento activos; esta sobre depósitos o botaderos de desechos antiguos que no tuvieron ningún tipo de tratamiento	P01-L10	P01-L13	Según los reportes de topografía la información arrojada por el 88% de los puntos (14 puntos) se encuentran dentro del margen de error de los equipos. Entre el 12% restante se encuentran los puntos **P02-L11** en dirección NE (hacia abajo) y con magnitud de 2.8cm y el punto **P03-L11** en dirección E (hacia abajo) con magnitud de 2.8 cm, ambos localizados sobre la calle 36 F, en una zona de contacto entre flujos de tierra y depósitos inestables, mostrando el desplazamiento de una de ellas.
	P02-L10	P02-L13	
	P03-L10	P0Z0-P02-L13	
	P01-L11	P03-L13	
	P02-L11	P04-L13	
	P03-L11	P05-L13	
	P01-L12	P06-L13	
	P02-L12		
	P03-L12		

2.4. Barrio Atenas.

Se materializaron las líneas L14 sobre la diagonal 34 sur entre la transversal 1 y 2 este, y la línea L15, sobre la diagonal 33 A y la transversal 1B, de forma tal que se cubriera el sitio donde se detectaron las viviendas con mayor grado de afectación.

Del análisis efectuado sobre los controles topográficos se obtiene:

Tabla No 07. Zonas Barrio Atenas.

ZONA	PUNTOS	Resultados de Lecturas
Diagonal 34sur	P01-L14	El punto **P02-L14** reporta un movimiento en sentido S-W, y con una magnitud de 3.80cm, este movimiento se reportó en las campañas anteriores, y según la campaña anterior no se presenta ningún cambio. Esta diferencia es un error de la primera campaña de topografía. Los otros 3 puntos presentan diferencias inferiores a 2.54cm, por lo que se encuentran dentro del umbral establecido.
	P02-L14	
	P03-L14	
	PZP03L14	
Diagonal 33 A sur	P01-L15	Según los reportes de topografía, las diferencias de coordenadas arrojadas se encuentran dentro del umbral de 2.54cm establecido por este estudio.
	P02-L15	
	P03-L15	
	PZ P01-L15	

2.5. PIEZOMETROS

Se continuó con la metodología propuesta en el informe No 2, efectuándose un total de 11 lecturas entre el día 3 de agosto y el 27 de noviembre.

Los piezómetros se encuentran ubicados en la urbanización Villa de los Alpes y el Barrio Atenas.

Se instalaron 4 pozos entre 4 y 8 metros de profundidad en el sector de Villa de los Alpes; el pozo 1 y 2, esta localizado en la zona de deslizamiento, el pozo 3 sobre suelo residual y el pozo 4 sobre el flujo de tierras en la parte centro oriental del área de estudio.

En el barrio Atenas se instalaron dos pozos de 4m y uno de 8 m de profundidad, localizados dentro de la franja baja de terreno con presencia de suelos fluvioglaciares donde se materializaron las líneas de control.

El objeto de estos instrumentos consiste en medir el comportamiento del agua dentro del depósito, y si ésta es de carácter permanente o transitorio.

2.5.1 Urbanización Villa de Los Alpes.



Fig. 03. Localización de piezómetros en la Urbanización de Villa de los Alpes

BARRIO VILLA DE LOS ALPES												
Pozos	Localización	Pofundidad (mts)	Profundidad del N.F (m)									
			03-Ago	09-Ago	17-Ago	31-Ago	11-Sep	28-Sep	11-Oct	26-Oct	08-Nov	15-Nov	27-Nov
1	Cra 3 B	8	-	-	3,65	3,65	3,37	2,82	2,58	1,42	0,50	0.5	0.5
2	Cll 36 D con Cra 3 B	8	2,00	1,10	1,10	2,10	2,21	2,21	2,46	1,52	1,29	1.29	1.44
3	Cra 4 Con Cll 36	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	3.93
4	Cra 3 No 35-04	4	1,70	1,70	1,70	1,40	1,43	1,42	1,47	1,39	1,35	1.35	1.4

Tabla No 08. Lecturas de piezómetros (Villa de los Alpes).

En el pozo 1 localizado en la calle 36 H con carrera 3 B se ha venido presentando una elevación del nivel de agua, la cual ha sido progresiva desde el mes de agosto y hasta la fecha ya se localiza a 0.50m desde la superficie En el pozo 2 ubicado en la calle 36 D sur con carrera 3 B, el nivel de aguas con respecto a la campaña inicial ascendió una distancia de 60cm desde la campaña inicial teniendo fluctuaciones de estabilización en los períodos de agosto y progresivos en los meses restantes; el pozo 3 que se encuentra sobre la carrera 4 con calle 36 sur no reportó agua a lo largo del monitoreo; solo en la última campaña aparecieron 6 cm de agua desde el fondo ya que es suelo residual y no es muy susceptible a cambios ante la presencia de variaciones hídricas, finalmente, el pozo 4 en la carrera 3 No 35 – 04, aumenta progresivamente el nivel de 1.70m de profundidad a 1.40m medidos desde la superficie.

Los aumentos reportados en los últimos meses están sustentados en algunas lluvias que se viene presentando en el sector.

2.5.2 Barrio Atenas.



Fig 04. Localización piezómetros Barrio Atenas

BARRIO ATENAS													
Pozos	Localización	Pofundidad (mts)	Profundidad del N.F (m)										
			03-Ago	09-Ago	17-Ago	31-Ago	11-Sep	28-Sep	11-Oct	26-Oct	08-Nov	15-Nov	27-Nov
1	Dig 34 A Sur No 1-53	4	-	1,48	1,48	1,34	1,28	1,27	1,27	1,24	1,24	1.24	1.38
2	Diag. 34 sur No 2-10	8	6,15	5,82	1,82	2,80	2,81	2,81	2,81	2,81	2,50	2.5	2.82
3	Diag. 34 sur No 2-76	4	2,00	1,99	1,99	2,50	2,63	2,81	1,11	1,11	0,41	0.41	0.9

Tabla No 09. Lectura de piezómetros. (Barrio Atenas)

En el pozo 3 localizado en la diagonal 34 sur No 2 - 76 el nivel freático subió una distancia del orden de 1.10m con respecto a la lectura inicial; en el pozo 2 el nivel freático aumento considerablemente en los primeros meses, finalmente el pozo 1 se encuentra estable.

2.6 INCLINÓMETROS

Desde el comienzo hasta el final de este monitoreo se cuenta con 11 lecturas efectuadas entre el 9 de agosto y el 27 de noviembre. Los siguientes resultados corresponden a la última campaña.

El inclinómetro 1 se encuentra ubicado en la línea de topografía L10 ubicada en la calle 36 D sur, con una profundidad de 8.0m. El sentido A(+): Azimut 120º, y B(+):Azimut 210º.

El inclinómetro 2 se encuentra ubicado en la línea de topografía L13 localizada en la calle 36 H sur; tiene una profundidad de 10m, y el sentido A(+) tiene un Azimut 70º y B(+) Azimut 160º[1].

Inclinómetro 1:

Las lecturas muestran en la corona un desplazamiento acumulado de 4.7mm azimut de 30°, esta dirección de movimiento coincide con la línea de pendiente del sitio donde se encuentra instalado, y con la reportada en la campaña anterior. Se puede apreciar que el desplazamiento se esta generando en la corona ya que los demás desplazamientos reportados se encuentran dentro del margen de error del equipo.

Inclinómetro 2:

En la corona del talud se reporta un desplazamiento acumulado de 1.0 mm en dirección azimut de 70°, se presenta en dirección opuesta al reportado en la campaña anterior, de igual manera se encuentra dentro del rango de error del equipo utilizado. de otro lado se reporta un desplazamiento de 3.8 cm a una profundidad de 1 m. los demás valores reportados como acumulados caben en el margen de error del equipo.

[1] Con base en el tipo de servoacelerómetro utilizado (Slope Indicador – inclinómetro vertical) se encuentra que la precisión del sistema de medición es de 0.43 milímetros por cada metro de longitud.

CAPITULO 3. MONITOREO ESTRUCTURAL

3.1 Antecedentes.

El presente informe corresponde a las campañas de control estructural, durante los meses de Julio a Noviembre de 2006 a varias casas de uno, dos y tres pisos ubicadas en el barrio Atenas y Villa de los Alpes en el la localidad de san Cristóbal en la ciudad de Bogotá D.C.

3.2 Objetivo

La determinación el estado de habitabilidad de las diferentes viviendas, y elaborar un monitoreo sobre las diferentes afectaciones existentes en las diferentes estructuras dado que estas se encuentran cimentadas sobre un terreno

El presente informe corresponde a la visita de reconocimiento del estado actual de las viviendas como parte del permanente monitoreo que se ha venido efectuando en la zona desde varios años atrás,

3.3. Localización

Las casas objeto de esta evaluación, se encuentran localizadas el barrio Atenas y en la agrupación de viviendas de Villa de los Alpes, localidad de San Cristóbal – Bogotá

La ubicación de las casas que se encuentran en observación se ilustra en un esquema anexo de localización de las viviendas del presente informe. (Plano de Riesgos – Planos 06 y 07)

3.4 Descripción general

Las casas propias de este estudio se han construido con diferentes características

Barrio Atenas.
Se caracterizan por una gran variedad de construcciones edificadas de manera tradicional, de diferentes edades y con bajas especificaciones de materiales de construcción.

La urbanización villa de los Alpes esta construida en base a mampostería reforzada y placas prefabricadas en concreto reforzado, cubierta en teja asbesto cemento con cielo raso en adobe. Construida aproximadamente hace 20 años.

3.5 Metodología

Se continúa con la metodología adoptada por Geoingenieria para el monitoreo estructural, la cual de describe a continuación:

Los indicadores de selección de las viviendas son los siguientes:
Viviendas que han sido objeto de estudios anteriores.
Viviendas que presenten fisuras en sus fachadas.

Viviendas que se encuentren vecinas a viviendas que en estudios anteriores se calificaron en riesgo crítico o alto y según criterio del consultor las aledañas a las viviendas calificadas en riesgo medio.

Viviendas que por ubicación pueden encontrarse en zonas de riesgo alto.

3.5.1 Evaluación de la estabilidad del terreno

Teniendo en cuenta los criterios de clasificación global del riesgo de la cartilla, en la estabilidad del terreno se tendrá en consideración tres criterios:

Movimientos Globales(0.4)
Agrietamiento del Suelo(0.3)
Agrietamiento de Muros(0.3)

El criterio de agrietamiento en la cimentación no se tendrá en cuenta, puesto que requiere demasiada intervención por vivienda para hacer este tipo de observación.

Movimientos Globales:

Factor de ponderación relativa de 0.40

Se tienen tres criterios básicos, a cada uno de los cuales se le dio su peso específico, tendiendo en cuenta su importancia de cada uno de ellos. La calificación oscila entre cero y tres, de la siguiente manera:

Levantamiento o hundimientos alrededor de la vivienda (40%)

No se presentan: 0

Leves: 1

Apreciables: 2

Grandes: 3

Fisuras o separación entre el terreno y la vivienda (40%)

No se presentan: 0

Menores que 5 mm: 1

Entre 5 y 30 mm: 2

Mayores que 30 mm: 3

Vivienda ubicada donde ha habido desplazamientos (20%)

Se continúo con la clasificación de los estudios anteriores clasificando de acuerdo con el indicativo de riesgo, así:

Bajo (verde): 1

Medio (amarillo): 2

Alto (Naranja): 3

Crítico (Rojo) 4

Agrietamiento del Suelo en los Alrededores:

Factor de ponderación relativa de 0.30

Se verifica la aparición de fisuras o grietas en el andén, zona verde o vecinos inmediatos. Calificándola de la siguiente manera:

No se presentan: 0

Menores que 5 mm: 1

Entre 5 y 30 mm:	2
Mayores que 30 mm:	3

Fisuras o Agrietamiento de Mampostería:

Factor de ponderación relativa de 0.30

Se verifica el aspecto exterior de las viviendas, buscando fisuras en las unidades de mampostería y en le mortero que evidencien algún tipo de falla. Calificándola de la siguiente manera:

No se presentan:	0
Leve (menores a 6 mm):	1
Apreciables (entre 6 y 13 mm):	2
Grandes (mayores a 13 mm):	3

3.5.2 evaluación de la estabilidad de la edificación

La estabilidad Global de la edificación de acuerdo con la Cartilla para Clasificación Global de Riesgos se califica de acuerdo con tres criterios:

Calidad y estado de la edificación:

Se tomará como factor de preponderancia igual a 0.10, teniendo en cuenta los estudios anteriores ya que por tratarse de una urbanización las viviendas son similares, con sistemas estructurales y constructivos iguales. Calificándola de la siguiente manera:

Baja:	1
Intermedia:	2
Alta:	3

Estabilidad de Mampostería:

Para tener en cuenta la mampostería estructural y no-estructural, se procede de la siguiente manera:

Muros Estructurales: El Factor de ponderación igual a 0.40. Son los muros laterales que soportan las placas de entrepiso y cubierta. Calificándola de la siguiente manera:

No fisuras, no pandeo, no desplazamiento:	0
Fisuras, no pandeo, no desplazamiento:	1
Grietas, no pandeo, desplazamiento:	2
Grietas excesivas, pandeo y/o desplazamiento:	3

Prevalece la mayor calificación dada a cualquiera

Muros no Estructurales: Factor de ponderación igual a 0.25. Son los muros transversales laterales que no soportan las placas de entrepiso y cubierta. Calificándola de la siguiente manera:

No fisuras, no pandeo, no desplazamiento:	0
Fisuras, no pandeo, no desplazamiento:	1
Grietas, no pandeo, desplazamiento:	2
Grietas excesivas, pandeo y/o desplazamiento:	3

Para este caso se promedian las calificaciones.

Estabilidad de Placa de Entrepiso:

Factor de ponderación igual a 0.15. se tiene como indicadores los siguientes:

Aberturas(grietas) entre muros de soporte y placa
Aberturas en los elementos prefabricados(viguetas o cajones)
Aberturas en la superficie de la placa

Calificándolas de la siguiente manera:

Sin aberturas	0
Menores de 1 mm	1
Entre 1 y 3 mm	2
Mayores que 3 mm	3

Estabilidad de Cubierta:

Factor de ponderación igual a 0.10. se tiene como indicadores los siguientes:

Aberturas(grietas) entre muros de soporte
Pandeos o curvaturas de la cubierta
Aberturas en el cielo raso

Calificándolas de la siguiente manera:

Sin aberturas	0
Menores de 1 mm	1
Entre 1 y 3 mm	2
Mayores que 3 mm	3

3.5.3 Clasificación Global Del Riesgo

La calificación definitiva se obtiene promediando al valor obtenido para la estabilidad del terreno (50%) y la estabilidad de la edificación (50%).

A continuación se muestra la matriz de clasificación global de riesgo. En esta matriz la calificación de 1.0 hasta 1.4 inclusive, representa las viviendas en riesgo bajo con recomendación de mantener observaciones; la calificación de 1.5 a 1.9 inclusive representa las viviendas en riesgo medio, con recomendación de realizar reparaciones y seguir observando; la calificación de 2.0 a 2.4 inclusive representa las viviendas en riesgo alto, con recomendaciones que fluctúan entre evaluar evacuación hasta evacuación preventiva, con reparaciones urgentes en los dos casos; la calificación de 2.5 a 3.0 representa las viviendas en riesgo crítico, con recomendación de evacuación inmediata.

3.6 . Situación actual

A lo largo de las campañas de control estructural se reportaron algunos testigos rotos, sin embargo y como se ha informado anteriormente no se deben a falencias o a

movimientos del terreno sobre el cual se han cimentado las viviendas. Ver informes anteriores al respecto.

3.7. Calificación del riesgo de las viviendas

Se incorporan los planos No 7 y 8 correspondientes de calificación de riesgo de las campañas ejecutadas hasta la fecha.

3.8 Viviendas seleccionadas

Ya que no se han reportado fallo de testigos en la totalidad de las viviendas monitoreadas se determinó la realización de visitas en algunas de las viviendas afectadas donde anteriormente no se había tenido acceso pudiéndose así verificar el estado de la construcción de las viviendas.

3.9 Interpretación y análisis de resultados

Durante las visita de inspección a las viviendas, se pudo verificar la baja calidad de las construcciones sumado con la edad de las viviendas lo cual incide en el deterioro causado hasta la fecha.

Según información de los propietarios de las viviendas visitadas, el origen de los agrietamientos no radica propiamente en el movimiento en el terreno, según se informa, han sufrido cambios y se generaron agrietamientos solamente desde que se realizaron construcciones anexas como vías o acueductos.

En la urbanización Villa de los Alpes se pudo constatar que el sistema constructivo ha sido uno de los factores determinantes en el deterioro de estas viviendas. A continuación se enumeran algunos de los detalles detectados en la visita.

- No hay confinamiento ni amarre adecuado de muros, conduciendo a la aparición de grietas verticales en esquinas e intersecciones entre estos. Adicionalmente se encontraron antepechos con agrietamiento horizontal en el nivel de conexión con la placa de entrepiso y en la unión con los muros adyacentes.

- Dado que las casas se construyeron en grupos de a dos, separándose de las vecinas, se puede determinar que la cimentación central en cada unidad de construcción (dos casas adyacentes) comparten un muro y una cimentación que no es competente con las cargas que se le incluyen, generando un asentamiento diferencial y originando un mismo patrón de agrietamiento en gran número de viviendas.

- Deficiente estructura de cubierta. La construcción del cielo raso en vigas de madera con adobe y pañete no tiene adecuadas especificaciones, conduciendo en algunos casos a un desprendimiento del cielo raso y un agrietamiento general y continuo en las uniones techo-muro.

- Agrietamiento general en apoyos de escaleras prefabricadas.

- En dos zonas de la urbanización, donde las viviendas se encuentran construidas sobre un relleno y un muro de contención se evidencia un asentamiento general prueba de

una mala construcción, compactación y un deficiente sistema de contención. Es probable que se incremente el deterioro para estas viviendas en épocas de lluvias.

En contraste se observan viviendas de este mismo tipo en buen estado e incluso con ampliaciones bien ejecutadas, tal es el caso de casas que con su geometría inicial fueron ampliadas hasta en 4 pisos y se mantienen en óptimas condiciones.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. MONITOREO GEOTÉCNICO

4.1.1 Antecedentes

Ante la aparición e incremento de daños en las estructuras de las viviendas, los deterioros avanzados de las vías e infraestructuras, y las fallas geotécnicas encontradas del sector de Villa de los Alpes y el barrio Atenas se efectuaron en los últimos años, los estudios de amenaza vulnerabilidad y riesgo, y monitoreos que han permitido esclarecer las causas del problema, cuantificar las zonas que se encuentran en riesgo y tomar las medidas necesarias para evitar emergencias que puedan poner en riesgo la vida de las personas que habitan estos sectores.

Es por ello que desde el año 2000 se efectuaron los siguientes estudios:

1) Estudio de Amenaza y Riesgos por Remoción en Masa y la Evaluación de Alternativas de Mitigación para la Urbanización Villa de Los Alpes, Localidad de San Cristóbal; Geoingeniería Ltda., 2000.

2) Monitoreo Estructural A Las Viviendas De La Urbanización "Villa De Los Alpes", Localidad San Cristóbal, Bogotá D.C. Informe Final, Bogotá, Mayo 5 De 2004.

3) Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa y compresibilidad del terreno, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las medidas recomendadas para estabilizar un sector del Barrio Atenas de la Localidad San Cristóbal, en Bogotá D.C., Ingeniería y Georiesgos Ltda., 2005.

4) Monitoreo y seguimiento a las viviendas de la Urbanización Villa de Los Alpes realizados en el 2005, Ing. Edmundo Rivera.

Como complemento a estos estudios se desarrolla en este trabajo, los resultados deln programa de monitoreo geotécnico y estructural, efectuado en el periodo comprendido entre los meses de Junio y Noviembre de 2006.

4.1.2. Justificación y Alcances

En este programa de monitoreo se han evaluado las condiciones del agua sub-superficial y las deformaciones del terreno en sus condiciones normales; estas variables fueron evaluadas en un periodo de cinco meses, que abarcó el periodo de verano comprendido entre los meses de agosto y octubre y el periodo de lluvias del mes de noviembre.

Es importante destacar que en este trabajo de monitoreo NO se ha medido la influencia de otros factores detonantes de inestabilidad como lo es la ocurrencia de sismos, y la influencia de lluvias persistentes, los cuales pueden llegar ser determinantes en los problemas de estabilidad y deformabilidad de la zona.

Los resultados de los estudios de Amenaza Vulnerabilidad riesgo obtenido de estudios anteriores, reflejan con suficiente profundidad la problemática de la zona y los resultados que se derivan de ellos, e indican en un contexto integral, las condiciones de riesgo a las que se encuentran expuestas los dos barrios ya que considera la influencia de todos los factores contribuyentes y detonantes de procesos en masa. En consecuencia consideramos que los estudios de AVR efectuados por las firmas de Geoingeniería Ltda, e Ingeniería y Georiesgos Ltda, son una buena referencia en la toma de decisiones para la mitigación de daños ocurridos y daños potenciales sobre la comunidad. Los resultados de este trabo se consideran un complemento a los estudios previos realizados.

4.1.3 Actividades realizadas

Para el desarrollo de este trabajo se efectuaron las siguientes actividades:

Topografía: Se efectuaron 11 campañas de topografía, a lo largo de los 5 meses de monitoreo, campañas quincenales.

Se instalaron 7 pozos de observación con el propósito de monitorear el comportamiento de los niveles de agua libre en las zonas, con tal fin se efectuaron 11 lecturas quincenales a lo largo del monitoreo.

Inclinómetros: Al comienzo del monitoreo de instalaron 2 inclinómetros en el sector de deslizamiento del barrio Villa de los Alpes y sobre los cuales se efectuaron un total de 11 campañas de control.

Finalmente se realizaron del orden de 7 visitas para inspeccionar e identificar los problemas de las zonas y su evolución en el tiempo, adicionalmente se efectuó un seguimiento detallado a las viviendas mas afectadas con el fin de observar la evolución de los daños en el tiempo.

4.1.4 Resultados:

4.1.4.1 Topografía

Según las campañas de topografía e inspección visual efectuadas a lo largo del monitoreo en la urbanización Villa de los Alpes y el barrio Atenas se tienen los siguientes resultados:

En la etapa inicial del monitoreo correspondiente al periodo entre julio y septiembre los datos de topografía e inclinómetros no indican una tendencia clara de movimiento en la zona, ya que mas del 97% de los datos arrojados se encontraban dentro de los márgenes de error de los equipos; para las ultimas campañas tenemos que el 91% de los puntos se encuentran dentro del margen de error y el 9 %, de los puntos reportan movimientos que se van incrementando con el tiempo. Estas lecturas se encuentran dentro del margen de incertidumbre de los equipos por esta razón no se hace una interpretación de las mismas ya que se puede incurrir en el riesgo de especular al

intentar obtener una interpretación de estos resultados, que de hecho presentan un comportamiento aleatorio.

En este tipo de trabajos es normal encontrar movimientos aleatorios que en el caso particular del presente monitoreo, está relacionado con la incertidumbre normal en el proceso de lectura y apreciación de los equipos utilizados, los cuales oscilan en un intervalo de aproximadamente 2,5 cm.

La interpretación de los resultados del monitoreo topográfico se indican en la tabla 03 del informe, paginas 37, 38, 39 y 40, en donde se indican los puntos que presentan comportamientos especiales y las respectivas zonas de estudio establecidas bajo un criterio geotécnico, en las cuales no se refleja una tendencia clara de movimiento por las razones previamente expuestas.

También es posible encontrar movimientos ascendentes del terreno, los cuales se han medido en trabajos de monitoreo similares, los cuales se relacionan con procesos normales de dilatación y retracción del suelo que se pueden explicar probablemente a cambios térmicos locales o a variaciones en sus condiciones de humedad.

Con base en los resultados de este monitoreo se encuentra que los desplazamientos que se producen en el barrio Villa de los Alpes son muy lentos y en lapsos de tiempo muy cortos no pueden ser detectados.

Según datos reportados en la literatura, las tasas de desplazamiento clasifican entre lentos y muy lentos; los desplazamientos horizontales y verticales acumulados en el

periodo de monitoreo de cinco meses fueron menores a los 3 cm, manteniéndose en la mayoría de los casos dentro de la margen de precisión del sistema de medición del orden de 2,5 cm; para obtener una tendencia mas definida, se requiere entonces de por lo menos un monitoreo continuo de por lo menos 2 años, en donde se puedan encontrar valores acumulados que permitan evaluar y predecir en forma mas acertada el comportamiento y su relación con el contexto geológico y geotécnico de la zona.

Aunque la condición del desplazamiento es muy lenta, estos desplazamientos han generado o pueden llegar a generar daños apreciables en las viviendas en el largo plazo; esto se pudo constatar en las campañas de reconocimiento visual, en donde se observan daños severos en la estructura de algunas casas tanto en la urbanización de Villa de los Alpes como en el barrio Atenas; muchas de estas grietas son antiguas y algunas de ellas presentan en la actualidad movimientos muy leves y casi imperceptibles; en lapsos de tiempo largo se aprecia con mayor claridad los daños de las viviendas, esta observación se deduce también al comparar las resultados de este monitoreo, de inspecciones efectuadas en algunas viviendas del Barrio Villa de Los Alpes con las inspecciones que se efectuaron en el monitoreo anterior del año 2005, en donde se observa con claridad un incremento notable en los daños en su estructura.

4.1.4.2 Inclinómetros:

Con base en los registros de los inclinómetros se pueden destacar los siguientes resultados:

Las deformaciones medidas en los dos instrumentos inclinómetros 1 y 2 se muestran dentro del margen de incertidumbre del sistema de lectura, por lo tanto los resultados que de ellos se derivan no permiten efectuar una interpretación confiable sobre algún comportamiento especifico.

Con el riesgo de especular y basados en experiencias similares se puede decir que en el inclinómetro 1 localizado en la parte alta del deslizamiento del barrio Villa de Los Alpes, se encuentra una capa de suelo en condición de desplazamiento potencial del orden de 6 m de espesor y en el inclinómetro 2 puede existir una primera superficie de movimiento relativo a 3 m y otra a 7 m. Una posible interpretación bajo la anterior premisa indicaría una tendencia de movimiento relativo den la interfase suelo – roca; sin embargo resaltamos, que esta interpretación no es confiable a la luz de los niveles bajos de deformación obtenidos en el monitoreo del orden de los 4 mm en 10 m.

4.1.4.3 Pozos de Observación:

En lo referente a los pozos de observación instalados en los dos sitios de estudio, se encuentra que en las zonas de flujos antiguos y rellenos, se encuentra agua en el suelo; en las partes bajas, los niveles de agua se mantienen muy cerca de la superficie del terreno, mientras que en las partes altas se presentan fluctuaciones hasta de 4 m las cuales pueden estar relacionadas con las condiciones climáticas del sitio o también por influencia de factores antrópicos locales.

Basados en los resultados de los estudios de amenaza vulnerabilidad riesgo y dado que en las zonas de depósitos se encuentra agua en el suelo, ante la ocurrencia de un sismo

de mediana intensidad, las viviendas que se encuentran localizadas sobre estos depósitos antiguos pueden llegar a inestabilizarse generando afectaciones sobre las viviendas allí localizadas y riesgo sobre sus residentes. Esto se puede corroborar en los estudios de AVR efectuados tanto en el Barrio Villa de Los Alpes como en el Barrio Atenas, en donde se obtienen factores de seguridad muy cercanos o inclusive menores a FS=1,0 para condiciones de sismo, o combinaciones de sismo y lluvia.

4.1.4.4 Comparación con monitoreos previos:

Los monitoreos guardan bastante relación con monitoreos anteriores e indican que si hay susceptibilidad de movimiento en las zonas correspondientes a depósitos o flujos antiguos, asociado con la presencia de agua, sin embargo estos movimientos son lentos y no perceptibles en el corto plazo. Consideramos que los estudios de AVR incluyen otros elementos y factores que son importantes en los procesos de inestabilidad y que por limitaciones propias del alcance de este estudio no es posible analizarlas sobre la base de los resultados de la instrumentación.

Preocupa de manera especial la influencia de sismos en las condiciones de estabilidad de estas zonas de depósito. En cuanto a las condiciones de lluvia si puede existir alguna relación dada que el aumento de los niveles freáticos en las partes altas coincidió con la entrada del invierno en el mes de noviembre/06. Sin embargo, se requiere de un periodo de monitoreo más largo para obtener resultados más concluyentes.

4.1.5 Recomendaciones

De acuerdo con estas observaciones se recomienda lo siguiente:

Proyectar el monitoreo continuo por lo menos a un tiempo de 2 años que permita evaluar con mayor certeza la evolución de los problemas que afectan tanto la urbanización de Villa de los Alpes como el barrio Atenas.

Enfatizar en el monitoreo visual, llevando un control de los problemas, daños y avance en cada una de las viviendas afectadas, ya que esta es la forma mas eficiente de ver el avance de los mismos y su comportamiento en el tiempo. Se propone llevar un control de la longitud de las grietas con marcas en los muros, y la instalación de puntos de referencia a cada lado de las grietas en los que se lleve un control de medida mas exacto que permita evaluar la variación de la apertura de grietas en el tiempo.

Se recomienda tener en cuenta los informes de Amenaza Vulnerabilidad y Riesgo efectuados por las firmas de Geoingenieria Ltda., e Ingenieria y Georiesgos Ltda., con el fin de efectuar las obras de mitigación propuestas en ellos de forma tal que se reduzcan los riesgos que ante eventos tales como sismos y grandes periodos de lluvia puedan suceder y afectar la vida de los habitantes en ambos sectores.

4.2 MONITOREO ESTRUCTURAL

Durante el proceso del monitoreo se tuvo principalmente un clima seco y permanente durante el proceso; ya en su última fase se presentó un cambio incrementándose el nivel de lluvias.

Se encontraron algunos pocos testigos quebrados, sin embargo, las causas radican básicamente en la forma como fueron instalados y la manera como estos quedaron expuestos para que fueran rotos accidentalmente o intencionalmente por los habitantes de las viviendas. La estabilidad de las viviendas y la existencia de fallas en tan solo unos pocos de los testigos de manera anormal descartan la posibilidad de un deterioro progresivo existente en las viviendas. Adicionalmente las mediciones de fisuras hechas en varias de las viviendas no mostraron un cambio sustancial, lo cual hace concluir que se mantienen las condiciones iniciales del proceso.

Ciertamente fue necesario revaluar el nivel de afectabilidad de algunas de las viviendas, dado que la imposibilidad de acceder a las casas imposibilitaba determinar el grado de afectación de las mismas. Además se menciona el caso de algunas de las viviendas en las que los mismos dueños de las viviendas han realizado reparaciones locativas con el fin de embellecer, mejorar o corregir las señales de afectaciones estimadas en pasadas visitas o estudios.

Es necesario entender que las características de construcción y de los materiales utilizados no ha sido el más apropiado y que parte de la responsabilidad de su deterioro radica en la edad y en la falta de mantenimiento, y otros factores como la humedad y un leve cambio en las condiciones del terreno que en un leve movimiento conduce a que se presenten fallas en las estructuras.

Las siguientes tablas muestran las viviendas con nivel de riesgo más alto (a reubicar) y las viviendas consideradas críticas (las cuales deben seguir siendo monitoreadas), según los resultados del monitoreo.

Viviendas en nivel de riesgo muy crítico.

Número de Vivienda	Dirección	Localización
015	Diagonal 34 sur #2-22 este	Barrio Atenas
023	Diagonal 33B sur #2-11 este	Barrio Atenas
024	Diagonal 33B sur #2-03 este	Barrio Atenas

Viviendas en nivel de riesgo crítico

Número de Vivienda	Dirección	Localización
010	Transversal 1 Bis #33B-24 sur	Barrio Atenas
019	Diagonal 33B sur #2-46 este	Barrio Atenas
039	Diagonal 33A sur #1-32	Barrio Atenas
055	Diagonal 33 Bis sur #1-66 este	Barrio Atenas
006	Calle 36 H sur #3-59	Urbanización Villa de los Alpes
030	Calle 36 G sur #3-10	Urbanización Villa de los Alpes
033	Calle 36 G sur #3-29	Urbanización Villa de los Alpes
056	Calle 36 G sur #3-77	Urbanización Villa de los Alpes
057	Calle 36 G sur #3-79	Urbanización Villa de los Alpes
058	Calle 36 G sur #3-64	Urbanización Villa de los Alpes
068	Calle 36 F sur #3A-16	Urbanización Villa de los Alpes
099	Calle 36 D sur #3A-77	Urbanización Villa de los Alpes
195	Transversal 4 #32A-13 sur	Urbanización Villa de los Alpes
196	Transversal 4 #32A-15 sur	Urbanización Villa de los Alpes
197	Transversal 4 #32A-17 sur	Urbanización Villa de los Alpes

4.3 CONSIDERACIONES SOBRE FUTUROS MONITOREOS

Con respecto a futuros monitoreos se debe tener en cuenta lo siguiente:

Dado que en las dos zonas de estudio se presenta un proceso de deformaciones muy lento que puede llegar a afectaciones sobre las viviendas en el largo plazo, se debe contemplar un programa de monitoreo no menor a dos años que incluya lo siguiente:

4.3.1 Monitoreo Geotécnico

Este monitoreo debe incluir dos puntos que se explican a continuación.
Monitoreo topográfico de posibles deformaciones: se requiere el monitoreo de las diferencias de coordenadas verticales y laterales, tomando lecturas, de campañas de topografía, cada dos meses.

Monitoreo de las condiciones de drenaje en aquellas zonas donde se encuentren lagos de tierra o deslizamientos con la presencia de agua en el subsuelo. Este control se debe efectuar mediante la instalación de piezómetros de tubo abierto de mínimo 5 metros de profundidad. La localización de estos instrumentos se debe tomar de la información geológico técnica de los sitios de interés basada en los estudios de amenaza donde haya riesgo.

4.3.2 Monitoreo Estructural

Se recomienda la ejecución de un monitoreo estructural cualitativo y cuantitativo que contemple una inspección visual con fotografías de las grietas de las casas afectadas y un monitoreo cuantitativo que incluya la instalación de grietómetros de superficie con una precisión no menor a la décima del milímetro para la medición de las deformaciones transversales. El monitoreo debe incluir la instalación de testigos o puntos de referencia en los extremos de grietas potencialmente activas con el fin de controlar su variación con respecto al tiempo. Todo este sistema de monitoreo estructural será la base para determinar la actividad de grietas en un mediano y largo plazo.

4.3.3 Consideraciones para Las Viviendas a Reubicar

Con base en los resultados del monitoreo geotécnico y estructural efectuado durante este trabajo, se consideran los siguientes puntos como críticos; en ellos se puede considerar las siguientes viviendas que están dentro de los sectores críticos identificados por el monitoreo efectuado.

Urbanización Villa de los Alpes:

En lo que corresponde al barrio Villa de los Alpes, se mantiene el mismo esquema de amenaza planteado en el monitoreo geotécnico y estructural efectuado por Geoingeniería durante el año 2005. En este, se han identificado 4 bloques en movimiento que forman parte del deslizamiento del costado sur oriental aledaño a la antigua vía Villavicencio. La inspección visual indica que existe una tendencia de progresión de deslizamiento hacia los costados en lo que respecta a los bloques

laterales 1 y 4 en los cuales se están generando daños sobre las viviendas que se encuentran sobre dicho sector.

Barrio Atenas:

En lo referente al barrio Atenas, se considera que hay una zona crítica de viviendas que se encuentran en el la interfase de un deposito - rocas localizado en la zona central alta del barrio. Las viviendas que se encuentran en la zona 1A, en los planos 02 y 05 entregados con este documento, allí se encuentran varias casas con señales de grietas antiguas o daños severos en su estructura producto de la ocurrencia de movimientos diferenciales del terreno relacionados posiblemente con la presencia de un gran deslizamiento antiguo. Estas casas se considera que están en una zona de gran amenaza y por lo tanto deberían ser evacuadas. Para este sector, hay temor ya que se pueden reactivar muchos flujos de tierra y deslizamientos que pueden ser detonados no sólo por lluvias sino también por sismos; por esta razón consideramos que deben tener una atención especial.

ANEXOS

ANEXO 1

DECIMA Y DECIMA PRIMERA CAMPAÑA DE TOPOGRAFIA

ANEXO 2

PLANOS DE TOPOGRAFIA

ANEXO 3

CALIBRACION DE EQUIPOS DE TOPOGRAFIA

ANEXO 4

LECTURA DE INCLINOMETROS