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

CAPITULO 1.0

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

A través de la invitación a proponer No. 219-01-00 el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá D.C. - FOPAE, adjudicó el 05 de abril de 2.000 a **GeoIngeniería Ltda** el "*Estudio de Amenaza y Riesgo por remoción en masa, y evaluación de alternativas para la Urbanización Villa de los Alpes, en la Localidad de San Cristóbal*". El contrato No. CCS-093/00 fue suscrito el 2 de mayo de 2.000 y el inicio de actividades se oficializó el 25 de mayo de 2.000 en reunión en la DPAE, donde se firmó el acta de iniciación, a partir de la fecha, el estudio se ejecutó durante cien (100) días calendario con una adición posterior de cuarenta y cinco (45) días contados a partir del 02 de septiembre y finalizando el 17 de octubre de 2.000.

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. En general el porcentaje de afectación por movimientos por remoción en masa activos en el área de estudio corresponde a un 4%, y entre estos se resalta el sector alto de la urbanización de Villa de los Alpes donde a mediados del año pasado se aceleró un antiguo deslizamiento.

El citado movimiento ha sido estudiado detalladamente por la firma Luis Fernando Orozco & Cía Ltda, la misma empresa que realizó los estudios de suelos para la construcción de las viviendas y recientemente por la firma Consultoría Colombiana S.A. en atención a una solicitud del Instituto de Desarrollo Urbano IDU; este último estudio relacionado concretamente con la estabilización del sector afectado de la Avenida.

A raíz del estudio de Consultoría Colombiana S.A. se planteó la necesidad de realizar un estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo que involucra la Urbanización Villa de los Alpes y un sector muy reducido del barrio Guacamayas.

A causa del deslizamiento y de otros posibles indicios de inestabilidad detectados, el FOPAE contrató, el estudio de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa, con base en el cual, se puedan evaluar las medidas de mitigación que se estimen convenientes.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Teniendo en cuenta 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 GeoIngeniería 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:

1. Describir y clasificar de procesos locales y regionales de inestabilidad detectados en la zona.
2. Determinar la magnitud, estado de actividad y tendencia a la propagación de los procesos actuales y posibles de remoción en masa.
3. Identificar los factores detonantes.
4. Establecer categorías de amenaza.
5. Describir de 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.

- Plantear Alternativas de mitigación y análisis costo/beneficio para cada una de las alternativas de mitigación definidas de acuerdo con la problemática encontrada.

1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO

Con este estudio, se pretende hacer una zonificación desde el punto de vista de amenaza, vulnerabilidad y riesgos 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 cobija la Avenida Ciudad de Villavicencio y tres filas de viviendas del barrio Guacamayas con un área aproximada de 26.5 Ha. Adicionalmente se evaluaron las áreas con riesgo y se plantearon alternativas de mitigación.

1.4. ESTRATEGIA DE CONTROL

Como medida de control para alcanzar los objetivos mencionados se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento de interacción:

- Reuniones periódicas para el control y entrega de informes parciales en las instalaciones de la Dirección de prevención y Atención de Emergencias DPAE-FOPAE, se llevaron a cabo reuniones con personal del Area de Análisis de Riesgos y la interventoría designada por la Dirección (Civiles Ltda) con el propósito de presentar los productos, revisar las actividades y cronograma programados y discutir sobre las metodologías de zonificación y alternativas de mitigación.

- Presentación del Informe final, como producto del estudio

1.5. LOCALIZACION DEL ESTUDIO

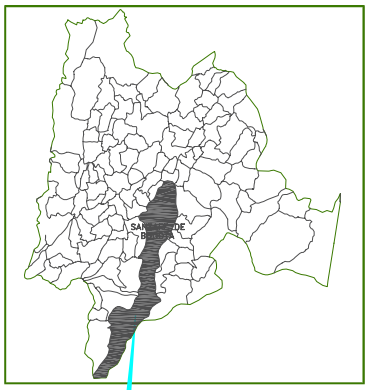
La urbanización Villa de los Alpes se localiza al suroriente de Santa Fe de Bogotá D.C. en la localidad de San Cristóbal, aproximadamente a la altura de las calles 34 sur, 36 sur, 36 F sur, 36 G sur con carreras 3, 3 A y 4, según nomenclatura urbana de la ciudad.

Adicionalmente se encuentra, el tramo adyacente de la antigua Carretera de Oriente donde también se involucra una pequeña parte del barrio Guacamayas consistente tres filas de viviendas hacia el interior del barrio a partir del paramento externo paralelo a la antigua Avenida Ciudad de Villavicencio. La localización y el área objeto de estudio se identifica en la Figura 1.1.

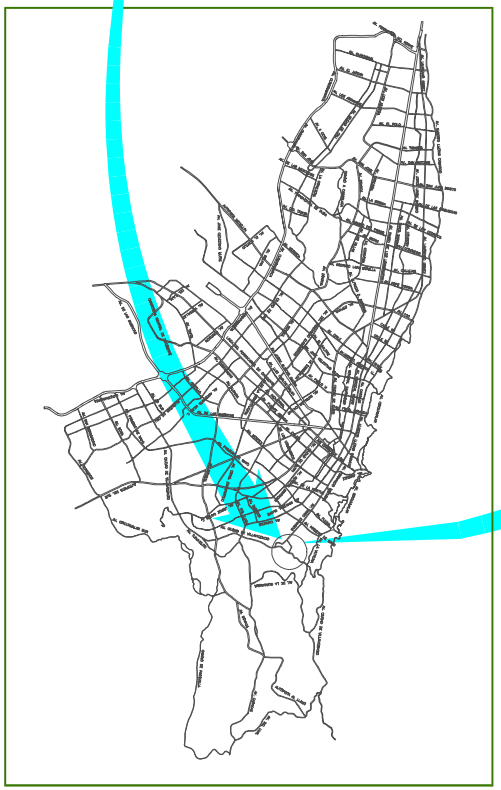
1.6. RECOPILACION Y ANALISIS DE INFORMACION

La recopilación y análisis de la información existente fue una actividad fundamental para el desarrollo del estudio, por cuanto permitió revalidar la propuesta, debido a la existencia de gran cantidad de información relacionada directa o indirectamente con la urbanización proveniente de entidades públicas y entidades privadas.

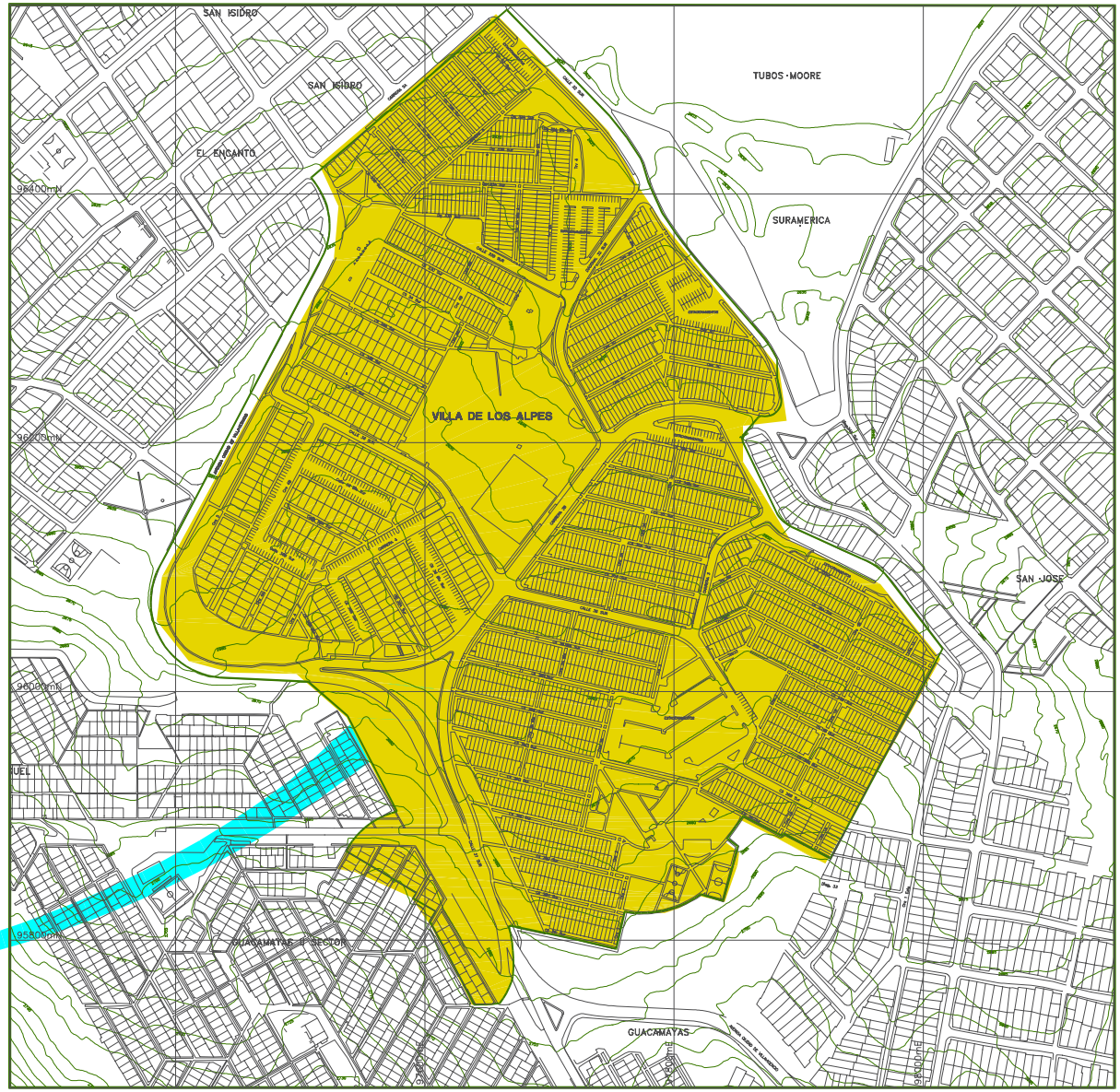
La información recopilada para el presente estudio es la siguiente:



DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA



SANTAFE DE BOGOTA



ZONA DE LOS ALPES

Secretaría GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ELABORO:
GEOINGENIERIA LTDA

INTERVENTORIA:
CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES

FUENTE:

- BASE CARTOGRAFICA: BASE DIGITAL DE SANTAFE DE BOGOTA DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO DISTRITAL / 1990.
- BASE CARTOGRAFICA IGAC 1981 ESC: 1:2000.

CONVENCIONES GENERALES:

- CURVAS DE NIVEL CADA 5m
- VIAS
- LOTEO
- LIMITE AREA DE ESTUDIO

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

CONTRATO No. CCS-093/00

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

FIGURA No. 1.1

ELABORO:	ARCHIVO ACAD:	
GEOINGENIERIA LTDA.	650/FIGURAS/650-FD01.GWG	
REVISO: GEOINGENIERIA LTDA.	FECHA: OCTUBRE - 00	ESCALA: SIN

1.6.1. Estudio y Diagnósticos

1.6.1.1 Estudios generales relacionados con el tema

- Estudio de riesgo por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseño detallado de obras recomendadas para estabilizar la ladera donde se encuentran los Barrio Altos del Virrey y Moralba, Localidad de San Cristóbal. Informe Final, Anexo 1 a 8 y anexo 9 a 11. Unión Temporal Geocing Ltda. y Bateman Ingeniería Ltda. (DPAE 404-4)

- Estudio Geotécnico, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de obras recomendadas para estabilizar la cuenca del Quebrada La Carbonera en la localidad de Ciudad Bolívar. Informe final Volumen I y Volumen II. Ingeniería y Geotecnia Ltda. (DPAE-399-3).

De este conjunto de documentos se extractaron ideas básicas aplicadas, junto con interesantes innovaciones en la metodología establecida para el estudio.

1.6.1.2 Estudios Específicos

- Diagnósticos técnicos que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE-FOPAE desarrolló en el área de interés. (1.999)

- Estudio de suelos ejecutados por la firma consultora Luis Fernando Orozco & Cía. Ltda. para Viviendas Planificadas S.A. perteneciente a la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda (O.LC.S.A.L) para la construcción de la Urbanización, consistente en 199 perforaciones realizadas a cada manzana de acuerdo con la construcción cronológica de las mismas, desde el año 1.983 a 1.991 (información disponible en GeoIngeniería Ltda a partir del 02 de agosto de 2000) y estudios particulares posteriores en el sitio del deslizamiento de Agosto de 1999.

- Información estructural de los tipos de viviendas existentes en la urbanización.

- Instrumentación realizada por LFO en el sitio del deslizamiento, que incluye piezómetros e inclinómetros.

- Documento “Estudios y diseños para la estabilización de la AV. Villavicencio en Villa de los Alpes” preparado por Consultoría Colombiana. (Febrero/99).

Se ha verificado que la información geológica contenida en los estudios para la construcción de la urbanización (Luis Fernando Orozco, año 83/84) y los posteriores (Consultoría Colombiana, año 2000), coinciden en la cartografía de unidades; sin embargo presentan algunas diferencias en el detalle y en la interpretación de esta información.

Tal información fue tomada como base para este estudio y complementada con base en fotointerpretación multitemporal del sector y reconocimientos de tallados de campo.

1.6.2. Cartografía

- Planchas IGAC en escala 1:2.000 del año 1981 y escala 1:25.000 del 94.

- “Manual de normas para la adquisición de información cartográfica digital” en la DPAE.

- Planos de redes de acueducto y alcantarillado de la urbanización recopilada en la E.A.A.B.

- Planos de redes de Gas de la urbanización recopilados en Gas Natural.

- Cartografía del estudio adelantado por Consultoría Colombiana S.A..

- Plano Catastral del área de interés en escala 1:1.000 del año 1.990 con curvas de nivel cada metro.

- Plano de Geología, Estabilidad y Suelos incluido dentro de los primeros estudios de suelos de la firma Luis Fernando Orozco & Cia del año 1.983.

1.6.3 Fotografías

- Fotografías aéreas de diferentes décadas.

- Vuelo C743, Fotografías 001, 000 y 999 a escala aproximada 1:9.000 del 20 de enero de 1.955.
- Vuelo C743, Fotografías 170, 169 y 168 a escala aproximada 1:9.000 del 20 de enero de 1.955.
- Vuelo C 1438, Fotografías 36 y 37 a escala aproximada 1:10.500 del 20 de enero de 1973.
- Vuelo C 2265, Fotografías 50, 51 y 52 a escala aproximada 1:20.800 del 27 de diciembre de 1986.
- Vuelo SAV 415, Fotografías 104 y 105 ampliada a escala aproximada 1:4.000 de Febrero de 1.998, estas fotografías para su venta en el IGAC, deben ser autorizadas en el SISE (catastro) por los propietarios de la información y

solicitar un permiso especial al Comandante General de Fuerzas Militares en el CAN por tener restricción militar.

1.6.4. Otros

- Información general del área de estudio facilitada por los constructores de la urbanización consistente en un plano topográfico antes de la construcción de las viviendas, esquema cronológico para la construcción de las manzanas de Villa de los Alpes, resultados de análisis a muestras de agua captadas en el área del deslizamiento.

1.7. ORGANIZACION DEL INFORME

El Estudio consta de 12 Capítulos y los anexos que se describen a continuación:

Capítulo 1: Generalidades
Capítulo 2: Diagnóstico Conceptual
Capítulo 3: Levantamiento Topográfico
Capítulo 4: Estudio Geológico
Capítulo 5: Estudio Hidrológico
Capítulo 6: Estudio Geotécnico
Capítulo 7: Evaluación y análisis de Amenaza por FRM
Capítulo 8: Evaluación y análisis de Vulnerabilidad por FRM
Capítulo 9: Evaluación y análisis de Riesgo por FRM
Capítulo 10: Alternativas de Mitigación
Conclusiones
Recomendaciones

Anexos: Cartografía
- Planta General del estudio, contiene un ortofotomapa y la base cartográfica del área de estudio a escala 1:2.000.
- Plano topográfico del sector suroriental levantado a escala 1:500 con curvas de nivel cada 0.5 metros.
- Plano de información general, contiene las etapas de construcción, el área de levantamiento topográfico realizado, la exploración del subsuelo realizada por GeoIngeniería Ltda, Luis Fernando Orozco y Consultoría Colombiana, a escala 1:1.000.
- Mapa Geológico Regional a escala 1:5.000.
- Mapa Geológico local a escala 1:1.000.
- Mapa Geomorfológico a escala 1:1.000.
- Plano de Pendientes (años 1.981 y 1.990) a escala 1:2.000.
- Plano de cortes y rellenos para la construcción de la urbanización a escala 1:1.000.
- Secciones litológicas en la escala indicada.
- Plano de espesores de materiales con resistencia baja, a escala 1:1.000.
- Mapas de zonificación de Amenaza por FRM, a escala 1:1.000, teniendo en cuenta la condición extrema y la condición mas probable.
- Mapa de zonificación de Vulnerabilidad por FRM, a escala 1:1.000.
- Mapa de zonificación de Riesgo por FRM, a escala 1:1.000.
- Plano de tipología de viviendas en la urbanización Villa de los Alpes.
- Plano de localización general de las Alternativas de Mitigación planteadas, a escala 1:1.000.

Anexo 1: Topografía
1.1 certificados IGAC
1.2 Registros obtenidos con los GPS
1.3 Cartera electrónica de campo
1.4 Resumen de coordenadas y cotas por punto levantado.
1.5 Esquemas de Campo
Anexo 2: Hidrología
2.1 Registros Hidrológicos
2.2 Información E.A.A.B.
Anexo 3: Geotecnia
3.1 Resultados de ensayos de laboratorio de GeoIngeniería Ltda.
3.2 Resultados de ensayos de laboratorio de Consultoría Colombiana S.A.
3.3 Resumen de resultados e laboratorio de Luis Fernando Orozco y Cia Ltda.
Anexo 4: Amenaza
4.1 Gráficas de distribución de frecuencias
Anexo 5: Resumen de Resultados
5.1 Tabla resumen de información obtenida del inventario de viviendas y información secundaria (solo se presenta en el documento original).
Anexo 6: Tráfico
6.1: Análisis de Tráfico
Anexo 7: Formularios de Inventario de Viviendas, esto se presenta en dos volúmenes originales únicamente adjunto al informe final original.

En el desarrollo de cada capítulo se relacionarán los anexos respectivos.

1.8. DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

El estudio se estructuró en dos etapas básicas, la primera denominada PLANEACION donde se aplica el sistema de calidad implantando en GeoIngeniería Ltda, para garantizar la ejecución del proyecto con parámetros internos de calidad. En esta etapa se desarrolló el Plan de Aseguramiento de la calidad

(PAC) donde el objetivo principal es compilar las necesidades plasmadas en los términos de referencia y el contrato y focalizar cada actividad del proyecto para garantizar su correcta ejecución en todas las fases del avance del estudio.

El PAC contiene el organigrama del proyecto y el cronograma de actividades ajustado.

Durante esta etapa se realizarán las siguientes actividades:

Recopilación y análisis de Información: Esta actividad fue fundamental para el desarrollo del Estudio, debido a que en el área, se han adelantado varios diagnóstico y diseños puntuales producto de modificaciones en la topografía y estado estructural actual de las viviendas. La información obtenida se especifica claramente en el numeral 1.6.

Definición del Problema: Con la información secundaria recopilada y analizada se efectuó la inspección a la Urbanización, donde se analizó conceptualmente el problema desde el punto de vista geológico, geotécnico, hidrológico y estructural.

Definidos los criterios de calidad para el estudio se prepara al equipo de trabajo en este tema y se adentra en la problemática del estudio, para posteriormente iniciar la segunda etapa denominada EJECUCION.

Dentro de la ejecución se realizarán las siguientes actividades:

Bases cartográficas y Levantamiento topográfico: Como base cartográfica del presente estudio, se empleó la restitución realizada por Catastro en 1.990, empleando fotografías aéreas del año 1.989, esta información fue suministrada por la DPAE a GeoIngeniería Ltda en medio magnético a escala 1:1.000 con curvas de nivel cada metro, con el loteo y las manzanas correspondientes; esta información fue complementada con el plano catastral realizado por la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda donde se relacionan las direcciones de cada vivienda perteneciente a la urbanización villa de los Alpes y la nomenclatura de cada vía vehicular y peatonal existente, adicionalmente se realizó un chequeo de verificación en campo de la información resultante, con el objeto de precisar la cartografía empleada. También se realizó un levantamiento topográfico de 3.5 Ha que involucró el sector actualmente inestable, las manzanas 73, 74, 75 y 76 y la zona verde de recreación a espaldas de las manzanas antes mencionadas, este levantamiento se realizó sobre las áreas de mayor movimiento aparente en toda la urbanización y se determinó sobre el plano resultante las obras preventivas y correctivas planteadas en este estudio.

Geología y Geomorfología: Se realizó la respectiva fotointerpretación con el nivel de detalle que las fotografías lo permitieron. Las fotografías aéreas empleadas son de cinco épocas diferentes: año 1955 a escala 1:9.000 aproximadamente, año 1969 a escala 1:6.000 aproximadamente, año 1973 a escala 1:10500 aproximadamente, año1986 a escala 1:20.000 aproximadamente y año 1998 las fotografías se encuentran a escala 1:20.000 pero se ampliarán a escala aproximada 1:4.000. Esta actividad contempló el estudio detallado de cada uno de los modelos esteroscópios. Posteriormente se identificaron las geoformas y se estudio su evolución morfodinámica. Con los datos de campo y la exploración del subsuelo, se procedió a la elaboración cartográfica geológica y morfológica, la cual se acompaña de perfiles representativos con los datos obtenidos sobre las bases cartográficas. También se elaborarán diagramas en bloque ilustrando la situación geomorfológica.

Hidrología: Se realizó la inspección detallada de campo tratando de identificar evidencias de antiguos cauces, esta actividad fue complementada y detallada en el estudio geológico empleando las fotografías aéreas antes mencionadas, adicionalmente se realizó un estudio pluviométrico de la zona con el empleo de la información de tres estaciones “cercanas” al área de estudio.

Exploración del subsuelo y Laboratorio: Se realizaron aproximadamente 86 metros de perforación distribuidos en ocho sondeos de profundidad variable entre 6.5 y 20.0 m con el criterio principal de encontrar el contacto con la arcillolita, la distribución de estos se fundamentó en el modelo geológico y geomorfológico de estudios anteriores. Adicionalmente se adelantaron 4 apiques en el sitio del deslizamiento específicamente en la parte alta de al antigua Avenida Ciudad de Villavicencio con el objeto de definir un área probable de aporte de agua superficial a raíz de un continuo afloramiento de agua en la perforación No. 14 de LFO (inclinómetro No. 4) donde se instaló un piezómetro y un inclinómetro para instrumentar el sector. También se emplearon los resultados de las perforaciones ya realizadas por Viviendas Planificadas S.A. de la organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda y reciente por Consultoría Colombiana en el sitio del deslizamiento.

De la exploración realizada en el desarrollo del presente estudio se hicieron ensayos In-Situ (Veleta

de campo, penetrómetro y SPT) y de laboratorio se hicieron pruebas de clasificación 44 Humedades naturales, 33 Límites de Atterberg, 30 Pesos Unitarios, 14 lavados pasa tamiz 200. De Pruebas de Resistencia 31 Compresiones Inconfinadas, 5 pruebas de expansión controlada y 3 cortes directos.

- **Amenaza por fenómenos de remoción en masa**

La amenaza se define como la probabilidad de que un parámetro que describe el modelo de comportamiento del fenómeno sea excedido en un periodo de tiempo determinado, el modelo propuesto se concentró en la identificación y el análisis de las zonas potencialmente deslizables.

Con base en la exploración del subsuelo realizada por GeoIngeniería ltda, Consultoría Colombiana S.A. y Luis Fernando Orozco & Cia Ltda en el área de estudio y los respectivos resultados del laboratorio, se determinó la distribución de frecuencias para cada parámetro analizado, luego se conjugo con los resultados de los ensayos de corte directo existentes y los factores desencadenantes, el agua y el sismo.

La anterior información fue empleada para la definición del mecanismo de falla característico en la urbanización, dada la homogeneidad en las características físicas de los materiales encontrados en el área; posteriormente se realizó el análisis de estabilidad utilizando el método de Janbú donde se desarrollaron cerca de 2430 superficies de falla para los cuales se obtuvo el factor de seguridad y la longitud de la zona afectada.

Estos resultados se agruparon en nueve grupos producto de las posibles combinaciones entre tres rangos de pendiente y tres rangos de espesor de materiales de baja resistencia.

Para el cálculo de la probabilidad relativa del factor de seguridad se construyó un árbol de eventos asociados teniendo en cuenta la pendiente, el espesor de materiales, la cohesión, el ángulo de fricción la aceleración y el Ru; los pesos fueron asignados con base en la función de distribución normal correspondiente a los parámetros de resistencia.

Con lo anterior y de acuerdo con la experiencia del experto, se zonificó el área de estudio teniendo en cuenta que para cada uno de los rangos de pendiente asociado con el espesor de material encontrado existe la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento, 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.

Con este análisis, la amenaza se definió en términos cualitativos bajo dos escenarios, el primero determinando los eventos extremos posibles (*Alta*, *Media* y *Baja*) como función del factor de seguridad y el segundo escenario determinado por la condición mas probable posible ampliando la clasificación anterior en cinco aspectos a saber: Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo, basados en el evento extremo y definidos de común acuerdo con la interventoría y la DPAE.

- **Vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa**

Para la evaluación de la vulnerabilidad fue necesario la realización de un inventario de viviendas en el cual se tuvo en cuenta información de localización general, información técnica e información social necesaria para el análisis. Dentro de la información técnica se resalta el estado actual de la estructura de la vivienda y sus posibles modificaciones y ampliaciones.

Toda la información recopilada en el inventario de viviendas, fue plasmada en una base de datos y complementada con información secundaria recolectada al inicio del estudio, adicionalmente se incluyó buena parte de la documentación suministrada por la firma constructora Viviendas Planificadas S.A. de la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda. Este volumen de datos fue el punto de partida para la evaluación de la vulnerabilidad de viviendas en la urbanización Villa de los Alpes.

La evaluación de vulnerabilidad tuvo en cuenta dos escenarios básicos, el primero denominado como condición esperada donde involucra el estado de la cimentación (Escalonada, Direccionamiento y suelo de fundación) y el sistema estructural (modificaciones o ampliaciones y el inventario de viviendas), el segundo llamado Valoración de la amenaza dada la localización del predio dentro de la zona de afectación del evento amenazante.

Empleando un árbol lógico de secuencia de eventos diseñado por GeoIngeniería Ltda. para el área de estudio el cual contiene las anteriores variables descritas, se evaluó la vulnerabilidad predio a predio, identificando cuatro rangos de calificación a saber: *Muy Alta*, *Alta*, *Media* y *Baja*.

♦ **Riesgo por fenómenos de remoción en masa**

Riesgo es el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla y sus consecuencias en un contexto determinado. La evaluación del riesgo involucra el cálculo de la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento definido en el cálculo de la amenaza y las pérdidas potenciales estimadas a través de la evaluación de la vulnerabilidad. Se utilizó como criterio de análisis la resistencia y como escenario dominante la ocurrencia del deslizamiento con mayor probabilidad. Se realizó un mapa de riesgo relativo en función de la amenaza y la vulnerabilidad. El riesgo relativo se evaluó con base en las características de la zona y no en función de valores de pérdidas calculados en zonas similares.

Como complemento, se desarrollaran las siguientes actividades:

Dinámica del Paisaje: Empleando mapas de la época anterior a la construcción de la urbanización y actuales, se realizó un análisis comparativo con el fin de localizar las áreas de mayor intervención por rellenos. Esta dio elementos al geotecnista para el análisis de estabilidad

Inventario de Viviendas: El inventario de viviendas realizado a partir del análisis conceptual del problema, se centró inicialmente en las zonas de avanzado daño estructural de acuerdo con el estudio geológico y algunos análisis geotécnicos realizados, adicionalmente se visitaron aleatoriamente una serie de viviendas con un aparente grado de daño estructural bajo; durante la realización de las labores de campo, se determinó la necesidad de ampliar el inventario debido a que los daños ocurridos no solamente obedecían a fenómenos de remoción en masa por lo cual se prolongó la actividad. El inventario se realizó con dos ingenieros civiles con criterio estructural que valoraron el nivel de daños en las viviendas.

Sistemas de Información Geográfica: La información geográfica y de zonificación involucrada en este estudio se entregó a la DPAE en formato E00 correspondiente a coberturas Arc/info. Del inventario de viviendas se generó una base de datos en MS Access, con identificadores que permitan ser conectados a las bases de datos gráficas georeferenciadas y generadas en un SIG.

Trabajo de oficina: En la oficina se realizó el estudio geológico y geomorfológico, fotointerpretación, elaboración de registros de perforación, estudio Hidrológico y todos los análisis que conllevan al desarrollo integro del estudio. También se desarrollaron actividades propias del departamento de cartografía, edición y SIG

Todo el estudio se basará en las actividades anteriormente mencionadas.

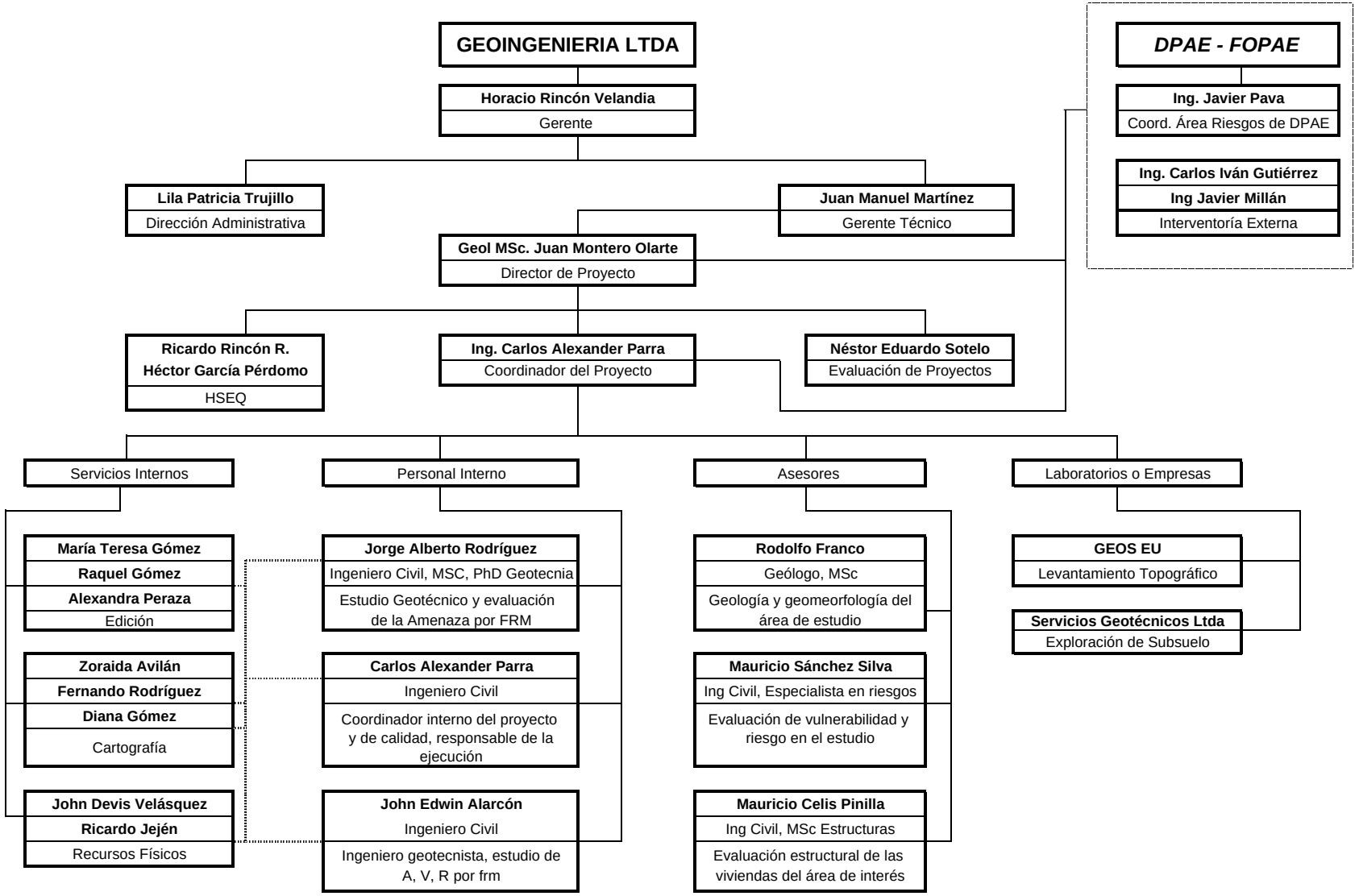
1.9. PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

En la realización del estudio se contó con la participación de los siguientes profesionales:

- Ing. M. sc. Juan Manuel Martínez, Gerente Técnico GeoIngeniería Ltda.
- Geól. M. sc. Juan Montero Olarte, Geotecnista, Director del Estudio.
- Ing. Civil Carlos Parra Sierra, Coordinador del Estudio.
- Ing. PhD. Jorge Alberto Rodríguez, Geotecnista.
- Geól. Msc Rodolfo Franco Latorre, Geólogo, Geomorfólogo.
- Ing. PhD Mauricio Sánchez Silva, Especialista en Riesgos.
- Ing. Civil John Edwin Alarcón
- Auxiliares de Ingeniería, Departamento de Cartografía, Edición y SIG.

La organización del equipo de trabajo se presenta en la Figura 1.2, Organigrama para el desarrollo del Estudio.

FIGURA 1.2
ORGANIGRAMA
ESTUDIO DE AMENAZA Y RIESGOS POR REMOCION EN MASA Y LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION PARA LA URBANIZACION VILLA DE LOS ALPES Y SECTORES ALEDAÑOS, EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL



CAPITULO 2.0

DIAGNOSTICO CONCEPTUAL

2.1 DESCRIPCION DE LOS PROBLEMAS Y SUS POSIBLES CAUSAS

La urbanización Villa de los Alpes, donde se realizó el estudio de amenaza y riesgo por remoción en masa, se localiza al suroriente de Santa Fe de Bogotá D.C. en la localidad de San Cristóbal. A continuación se presentan los antecedentes del sector.

2.1.1 Antecedentes

Históricamente el área de estudio y los sectores aledaños han evolucionado, con cambios significativos en su geoforma con el incremento no planeado 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.

El estudio se enfocó teniendo 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 que ameritaron medidas preventivas.

- 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: algunos meses antes de ocurrido el deslizamiento se presentaron daños en un sector de la red de alcantarillado localizado en la corona del actual deslizamiento.

Dentro de los estudios iniciales realizados por la firma Luis Fernando Orozco & Cia Ltda. para la firma constructora, antes de la construcción de la Urbanización (año 1.983), se realizó un análisis a partir de un plano de Geología, Estabilidad y Suelos, elaborado en ese momento, para definir sectores en los cuales no era factible la construcción de viviendas, estos sectores corresponden a las dos grandes zonas verdes localizadas dentro del área de estudio (sector donde se localiza el polideportivo y el sector sur-oriental de la urbanización que colinda con el barrio el Angulo).

Sobreponiendo la información geológica relacionada con problemática del sector descrita en el estudio de Luis Fernando Orozco y Cia Ltda y el estudio de Consultoría Colombiana S.A. se encuentra coincidencia de conceptos, lo que se refleja en la Figura 2.1 Problemática conceptual de sector.

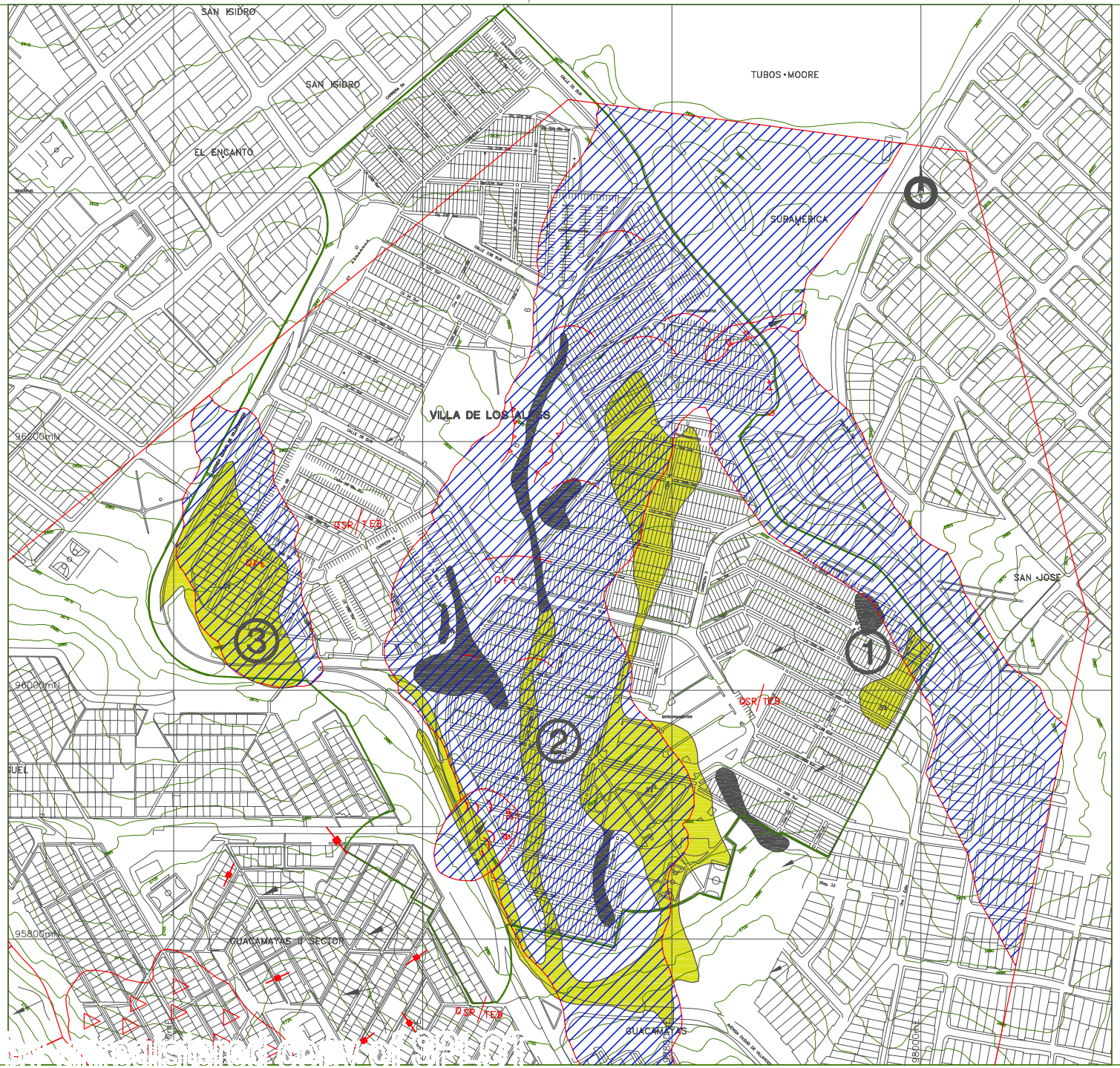
2.1.2 Información empleada de otros estudios

Dentro de la recopilación de información, se analizaron dos estudios recientes, que realizaron las firmas: Luis Fernando Orozco y Cia 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 donde se tuvo en cuenta para el presente diagnóstico la información a nivel regional y la específica del sitio del deslizamiento que afecta directamente la Avenida Ciudad de Villavicencio y las manzanas No. 74, 75 y 76 de la urbanización.

Dentro del análisis respectivo, se consideró el empleo de la siguiente información concerniente a cada estudio específico:

- "Diagnóstico Geotécnico y Planteamiento de Obras de Estabilización al Deslizamiento que afecta la Urbanización Villa de los Alpes" Elaborado por Luis Fernando Orozco y Cia. en Agosto de 1.999:

La exploración del subsuelo realizada en este estudio, consiste en cinco nuevas perforaciones que alcanzaron una profundidad de 12.0 m bajo la superficie y fueron realizadas con equipo de percusión y lavado cuyos resultados se



Secretaría GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ELABORO:

GEOINGENIERIA LTDA

INTERVENTORIA:

CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES

FUENTE:

- *BASE CARTOGRAFICA: BASE DIGITAL DE CANTAFE DE BOGOTA DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO DISTRITAL / 1990.*
- *BASE CARTOGRAFICA IGAC 1981 ESC: 1:5000*

CONVENCIONES TEMATICAS:

RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO POR CONSULTORIA COLOMBIANA SA. - NOV./90

LEYENDA

- Qsp — Zona Potencial de deslizamiento
- Qfs — Flujo de tierra – Arcilla
- Qal — Deposito coluvial
- Qsr — Suelo residual
- Tgr — Formacion Regadera
- Tgb — Formacion Bogota

CONVENCIONES

- Drenaje
- Limite Litologico
- Buzamiento fotogeologico
- Escarpe
- Diaclasas
- Lobulos de Deformacion
- Sentido del deslizamiento
- CONSULTORIA COLOMBIANA S.A.

RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO POR LUIS FERNANDO OROZCO Y CIA.

- SUELOS RESIDUALES HUMEDOS
- SUELOS TRANSPORTADOS. BASICAMENTE MATERIAL DE EXCAVACION, REDEPOSITADO
- CONTACTO ESTRATIGRAFICO APROX.

CONVENCIONES GENERALES:

- 2580 — CURVAS DE NIVEL CADA 5m
- VIAS
- LOTEO
- LIMITE AREA DE ESTUDIO

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

CONTRATO No. CCS-093/00

PROBLEMATICA CONCEPTUAL DEL SECTOR

FIGURA No. 2.1

ELABORO:	ARCHIVO ACAD:	
GEOINGENIERIA LTDA.	650/FIGURAS/650-FD02.GWG	
REVISO:	FECHA:	ESCALA:
GEOINGENIERIA LTDA.	OCTUBRE - 00	SIN

complementaron con ensayos de resistencia a la penetración estándar SPT. Se obtuvo buen número de muestras remoldeadas para su clasificación visual y para efectuar en el laboratorio ensayos de clasificación y humedad. Sobre algunas muestras inalteradas se efectuaron ensayos de compresión inconfinada y corte directo.

El perfil estratigráfico se puede describir de la siguiente manera:

Entre 0 y 4.6 m: Rellenos de composición arcillosa con espesores que varían entre 2.0 y 4.0 m cuyo origen se asocia a las excavaciones del barrio Guacamayas y cortes y rellenos de las vías de acceso del sector. Los mayores espesores de relleno se localizan sobre el costado occidental de la Av. Villavicencio, con espesores cercanos a 5.0 m, mientras que al costado oriental se encontraron espesores de 1.0 a 3.5 metros.

Entre 4.6 y 7.6 m: Arcillas de color gris y amarillo muy oxidadas, de plasticidad media, con una consistencia media. Estas arcillas son de origen residual, derivadas de la alteración de los niveles de arcillolitas del subsuelo. Cerca a las construcciones del barrio Guacamayas, este horizonte de suelos solo alcanza un espesor de 2.5 m bajo los materiales de relleno y en la parte baja de la zona se presentan espesores de 3.0 a 7.0 m

Entre 7.6 y la profundidad de exploración: Arcillolitas de color rojo, fisuradas y parcialmente meteorizadas. Estas son rocas de la formación Bogotá.

Adicionalmente se instalaron piezómetros en cada una de las perforaciones, se observaron niveles de agua, en las lecturas tomadas el día 5 de agosto de 1.999, superficiales en los sondeos No. 11 y 14, es decir en el nivel 0.0 y a profundidades de 2.5, 3.1 y 4.0 m en las perforaciones No. 10, 12 y 13 respectivamente. En las lecturas tomadas el día 12 de Agosto siguen existiendo niveles superficiales de agua en las perforaciones No. 11 y 14 y niveles de 3.0, 3.3 y 4.0 m en las perforaciones No. 10, 12 y 13 respectivamente.

En sitios paralelos a las perforaciones se instalaron cinco inclinómetros

El estudio menciona que el problema de estabilidad que amenaza la infraestructura de la urbanización, ha sido generado por deficiencias y fallas del sistema de alcantarillado y tuberías de agua potable de la casa del costado occidental, estos flujos de lodos han generado una condición de saturación, ablandamiento y reptación de los suelos arcillosos (rellenos y arcillas de origen residual) que configuran la superficie de terreno, con un plano de movimiento localizado a una profundidad de 6.0 a 7.0 m bajo la superficie del terreno en la zona de contacto con las rocas arcillosas del subsuelo.

Para la estabilización del movimiento se plantean dos etapas de obras: la primera que contempla el manejo y captación de agua en la parte alta y baja del sector y la segunda se realizará en caso de que realizada la primera etapa y transcurrido un lapso de seis meses, el suelo continúe presentando movimientos residuales del terreno se plantea el diseño y construcción de un sistema de anclajes en la zona del deslizamiento. Sin embargo el estudio considera muy improbable la segunda etapa.

- "*Informe Final "Estudios y Diseños para la Estabilización de la Avenida Villavicencio en el Sector de Villa de los Alpes*" Elaborado por Consultoría Colombiana S.A. en febrero de 2.000 2ª Versión:

Como elementos claves de este documento, para la elaboración del estudio de Amenaza Vulnerabilidad y Riesgo, se tomará como base el estudio Geológico y la exploración del subsuelo.

Dentro del estudio geológico se presenta una descripción clara de las unidades del sector descritas desde la más antigua hasta la mas reciente y representadas por las formaciones Terciarias Bogotá y Regadera, las cuales están cubiertas por depósitos cuaternarios principalmente flujos de tierra, coluviones y aluviones.

Desde el punto de vista de geología estructural la zona se encuentra ubicada en el flanco oriental de una estructura regional de plegamiento conocida como el Sinclinal de Usme. Esta estructura es asimétrica y debido a los esfuerzos de plegamiento, los flancos se encuentran plegados y ocasionalmente fallados, pero en el área de estudio los estratos están en posición normal, destacándose en los estratos rocosos la presencia de una superficie estructural que conforma la ladera occidental del filo de guacamayas.

Aparte de los planos de estratificación, existen otras discontinuidades formadas por los sistemas de diaclasas que no es posible medir y que pueden

estar alimentando a través de estas las masas arcillosas en la parte media y baja de la loma.

En lo referente a Geomorfología se mencionan la génesis y los patrones y adaptación de drenaje en el área de influencia del estudio, las geoformas presentes diferenciadas en tres tipos: Zona de cresta (filo del cerro), Zona de colina (piedemonte) y zona de planicie (Sabana de Bogotá) y los fenómenos de remoción en masa teniendo en cuenta la caída de rocas, los flujos de tierra y los deslizamientos rotacionales.

En este estudio se realizó fotointerpretación a nivel regional empleando fotografías aéreas de tres épocas diferentes a saber: 1968 donde se observó la existencia de un antiguo flujo de tierras desarrollado en un valle de tipo subsecuente con alguna actividad antrópica, tal como la construcción de pocetas para la industria extractiva de arcillas; en la fotografía se observa la vía antigua Bogotá Villavicencio y existía un pequeño relleno en el talud exterior, seguramente producto de los cortes de la construcción de la misma vía. También se consultaron fotografías de los años 1.994 y 1.997 donde se evidencia la urbanización y existen rellenos parciales donde han desaparecido los patrones de drenaje natural y el patrón de las pocetas, subsistiendo la geoforma del antiguo flujo de tierras detectado en las fotografías del año 1.968. De acuerdo con el análisis, existen antiguos flujos de tierra donde quedó fundada la vía Bogotá - Villavicencio, posteriormente se hizo la reconformación de todo el valle, con rellenos y cortes para fundar ahí el costado occidental de la urbanización Villa de los Alpes. Estas reconformaciones y rellenos adicionales han sufrido un proceso de deformación lento, haciéndose visible en los agrietamientos existentes en el muro del cerramiento de la ladrillera Moore y en algunas casa hacia el costado norte de la urbanización; las dislocaciones en las placas de las vías peatonales y la inclinación en postes del alumbrado público y en árboles.

Debido a los rellenos realizados y a la saturación con agua por obstrucción del drenaje natural, la depresión antigua sufrió un desplazamiento, que involucró tanto los materiales de la banca de la vía como los rellenos y flujos de tierra antiguos lo cual generó un deslizamiento de tipo rotacional, que deformó la vía con escarpes y destruyó algunas casas de la urbanización.

En este estudio se realizaron tres perforaciones (Pcc-1, Pcc-2 y Pcc-3), efectuadas combinadamente por percusión y rotación; dos apiques (Apcc-1 y Apcc-2) y un pozo de observación (Pocc-1). La profundidad de perforación varió entre 12 y 15 m, los apiques se realizaron a 5 metros y el pozo se profundizó a 9.70 m; en las perforaciones y el pozo se encontró el material rocoso (arcillolita abigarrada de la formación Bogotá).

Donde fue posible se tomaron muestras inalteradas de los rellenos, flujos de tierra, suelos residuales (roca alterada) y de la roca; con el fin de hacer la respectiva caracterización. En el laboratorio se realizaron los siguientes ensayos: Humedad natural, peso unitario, granulometría por tamizado e hidrómetro, límites de consistencia, corte directo “drenado” sobre muestras “inalteradas”, compresión inconfinada sobre muestras de suelo “inalteradas” y compresión uniaxial sobre núcleos de roca.

Las medidas recomendadas por Consultoría Colombiana S.A. son parecidas a las descritas en el estudio anterior (Luis Fernando Orozco) en el sentido que se plantean dos etapas, la primera donde se realizarán obras de manejo de aguas y la segunda la construcción de una pantalla anclada al costado de la urbanización que favorezca la Avenida Ciudad de Villavicencio.

Se dispone de un estudio geológico preliminar de LFO, correspondiente al estudio inicial de suelos de la urbanización Villa de los Alpes, el cual coincide con la adelantada en el estudio de Consultoría Colombiana S.A. en cuanto a cartografía de depósitos húmedos y reptantes, tal como se aprecia en la superposición de planos correspondientes (la figura 2.1 del presente estudio). En el estudio de LFO se delimitan zonas inestables dentro e las cuales no se debe construir o se deben adoptar medidas de reemplazo y drenaje.

Adicionalmente la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias - DPAE ha realizado una serie de diagnósticos técnicos en el área de del estudio los cuales se resumen en la Tabla 2.1**.**

2.1.3 Problemática

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

TABLA 2.1

DIAGNOSTICOS TECNICOS ADELANTADOS POR LA DPAE A FEBRERO DE 2000

DIAGNOSTICO	DIRECCION	FECHA VISITA	SOLICITANTE	ANTECEDENTES	DESCRIPCION
653, mayo 21/99	Calle 36F Sur 3A-41	28-10-99	Subsecretaria del control de vivienda	Viviendas Calle 36F Sur No. 3A-39, 3A-41 y 3A-45 Afectadas, habitables, si no progresa el grado de afectación. Relocalización para la familia de la Calle 36G No. 3-76 clasificada como alta afectación, condición crítica no habitable.	Se recomendó el permanente monitoreo de la viviendas. Por petición del juzgado 28 penal del circuito, se efectuó un reconocimiento a las viviendas mencionadas hallándose en condición crítica no habitable.
653 del 99	Calle 36 Sur No. 4-14/13/36/40/48/72	21-5-99	Subsecretaria del control de vivienda	Descripción detallada. Calle 36 Sur No. 44-40 habitable, Alta afectación. Propietaria Ana Paulina Gamba. Calle 36 Sur No.4-13, 4-36. Afectada. Habitable si no progresa el grado de afectación Calle 36 Sur No. 4-48 Alta afectación, condición crítica no habitable. Calle 36G Sur No. 3-76, 3-72, 3-66, 3-71, 3-77. alta afectación, no habitables. Calle 36G Sur 3-71, 3-77 Alta afectación, no habitable Calle 36F Sur No. 3A-57 Alta afectación Calle 36F Sur No. 3A-53 Afectada, habitable Calle 36F Sur No. 3A-39, 3A-41, 3A-45, 3A-35 Afectadas, habitables	Viviendas: Calle 36 Sur No. 4-13, 4-36, 4-40, 4-48, 4-72 no se encontró la No. 4-14 Calle 36G Sur No. 3-76, 3-72, 3-66, 3-71 no se encontró la No. 3-74 Calle 36F Sur No. 3A-57, 3A-53, 3A-45, 3A-41, 3A-39, 3A-35
816	Calle 36F Sur 3A-29	24-11-99	Juzgado 54 Penal del Circuito		Presentó el mismo agrietamiento de las viviendas ubicadas en la Calles 36F Sur y 36G Sur
510 de 1998	Calle 34 Sur con carreras 4 y 4B	4-11-98	Luis Alberto Monrroy	En julio de 1998, la UPES emitió el oficio No AR-645, el cual se envió a la subsecretaría de control de vivienda, en el que se describe la problemática regional	El sector se encuentra conformado por laderas de mediana a alta pendiente, el cual está sometido a movimiento lento o reptación, en donde se construyeron las diferentes manzanas de la ubicación mencionada. Según el oficio 645, las viviendas presentan un patrón de agrietamiento, se apreció la insuficiencia, deformación y agrietamiento en las obras exteriores
716 de 1999	Calle 36F Sur No. 3A-57	24-8-99	Esperanza Navas Camargo. Juzgado 48 Penal del Circuito		Durante las visitas realizadas a ésta vivienda se definió un riesgo estructural medio a alto, su afectación es alta y no habitable
713	Calle 36G Sur No. 3-70 Calle 34 Sur No. 4B/44/38/29/33/40 Calle 33C Sur No. 4B-04/48/55/75 Calle 35A Sur No. 3-39	14-9-99	Subsecretaria del control de vivienda		Calle 36G Sur No. 3-70 Alta afectación. Condición crítica no habitable Calle 33C Sur, 34 Sur, 35A Sur, (Calle 34 Sur No. 4B-44/38/29/33/40), (Calle 33C Sur No. 4B-04/48/55/75), (Calle 35A Sur No. 3-39) Alta afectación progresiva, Monitorear
763	Calle 36F Sur No. 3A-39, 3A-45	21/05/99 28/10/99	Subsecretaria del control de vivienda	En el diagnóstico 653, las viviendas de las calles 36F Sur No. 3A-39 y 3A-45 Afectadas, habitables al no progresar el grado de afectación	El 28/04/99 se visitaron las viviendas en la Calle 36F Sur No. 3A-39/45 en donde la afectación estructural es muy alta, su condición es crítica no habitable.
764	Calle 36F Sur No. 3A-51	26-10-99	Juzgado 28 Penal del Circuito		En la vivienda ubicada en la Calle 36F No. 3A-51, grietas en los muros de todos lo pisos, las losas de entrepisos se han separado de los muros de carga. Existe una amenaza de colapso.
	Calle 36F Sur No. 3A-28	17-2-00	Junta de Acción Comunal de Villas de los Alpes		La casa 28 es habitable, presenta fisuras en los muros del segundo piso y en el techo.

intercalaciones de areniscas. La meteorización y erosión diferencial probablemente ha 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. 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 procesos activos de inestabilidad.

La zona intermedia corresponde en parte con una zona verde, húmeda y deficientemente drenada de la urbanización donde se aprecia reptamiento y deslizamientos superficiales y se extiende hasta el límite de la urbanización hacia el occidente donde se presentó un deslizamiento de tipo complejo traslacional que afectó la Avenida Ciudad de Villavicencio (Fotografía 2.1) y parte de la urbanización (Fotografía 2.2). La otra de menores proporciones se encuentra hacia el límite noroccidental del área. Tal como se numera en la figura 2.1.

El espesor de estos 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.



FOTOGRAFIA 2.1 ***(R2936/F25)***



FOTOGRAFIA 2.2 ***(R2935/F5)***

Desde el punto de vista de estabilidad general estas depresiones han alcanzado pendientes de equilibrio para las condiciones de humedad prevalentes y no tienen un potencial significativo de movimiento general a menos que haya cambios sustanciales particularmente de las condiciones de agua subterránea. Sin embargo, es posible que se presenten problemas locales 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.

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 hace 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 pueden dar lugar a problemas con infraestructura existente.

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, por la

construcción de viviendas cercanas a la urbanización y por la rotura de la tubería de alcantarillado en la parte baja del barrio Guacamayas.

Los cambios morfológicos debidos a las condiciones naturales obedecen a antiguos flujos de tierra (tiempo geológico) y al agua subterránea en embalse interno, siendo esta la causa principal de inestabilidad local actual del área; 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 realizada se evidenció movimientos lentos específicamente 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 realizó cortes y rellenos de hasta 5.0 metros para conformar el diseño escalonado progresivo en el área de la urbanización (rellenos antrópicos recientes rar). Después de la construcción de la urbanización Villa de los Alpes se generaron nuevos rellenos con desechos de construcción y basuras en la parte alta de la Avenida a Villavicencio depositados allí probablemente por habitantes del barrio Guacamayas sobrecargando el talud.

También hubo problemas de aporte de agua 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.

Es claro que el deslizamiento actual que afecta la vía a Villavicencio y la parte alta de la urbanización Villa de los Alpes 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.

El deslizamiento inicia en la parte baja del barrio Guacamayas sin afectarlo, sobre la parte superior del talud, deformando la antigua Avenida a Villavicencio sin llegar a afectar su operación normal 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 a 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.

Este fenómeno puede estar asociado a la infiltración de agua desde la parte alta del filo de Guacamayas donde aflora roca de la formación Regadera en contrapendiente estructural, viajando por el diaclasamiento existente en la estructura de la formación Bogotá y llegando a la base del deslizamiento mencionado.

Es claro el escaso control de agua superficial en la parte alta del talud, donde cae toda el agua de los corredores peatonales (tienen pendiente alta) del barrio Guacamayas, incrementando la tasa de infiltración.

La avenida está delimitada actualmente hacia el costado sur por un talud de 6.0 a 8.0 metros de altura conformado principalmente por material producto del depósito de escombros de construcción, el cual ha presentado problemas de estabilidad local.

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 la fotointerpretación realizada en el estudio de Consultoría Colombiana S.A. para el IDU, se evidencia en una fotografía del año 1968 la existencia de la vía a oriente en el piedemonte, soportada en rellenos sobre antiguos flujos de tierra. Posteriormente, se hizo la reconformación del valle con rellenos para fundar allí la Urbanización Villa de los Alpes a comienzos de la década de los ochenta.

En conclusión en el sector de estudio se identifican las siguientes zonas:

- Zona del deslizamiento activo con daños graves a las viviendas afectada.
- 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 con daños leves a las viviendas afectadas.
- Zonas de suelos residuales de la formación Bogotá estables.

2.2 REQUERIMIENTOS DE TOPOGRAFIA Y EXPLORACION DEL SUBSUELO

Del diagnóstico y con base en la información topográfica disponible se planteó la necesidad de realizar un levantamiento topográfico de aproximadamente 3.5 Ha tal como se limita en la Figura 2.2 realizando Altimetría y planimetría del sector, esto debe incluir localización de viviendas, vías, infraestructura urbanística y de servicios públicos, accidentes topográficos y en general todo detalle que sea de interés para el estudio.

El levantamiento se realizará con curvas de nivel cada 0.50 m amarrado a placas IGAC.

En cuanto a la exploración del subsuelo se realizaron 86 m de sondeos y cuatro apiques adicionales de verificación localizados en la Figura 2.3 en total se hicieron 8 perforaciones supervisadas por un ingeniero civil de la firma con experiencia en este tipo de labor. Esto con el fin de verificar las hipótesis planteadas con relación a los depósitos de las depresiones naturales del terreno y verificar su espesor y sus condiciones de humedad y resistencia. Mediante los ensayos de laboratorio se caracterizó la variación de la resistencia de estos suelos con la humedad y de esta manera se pudo evaluar la estabilidad general de las laderas del área con el fin de verificar las hipótesis de comportamiento planteadas. La localización de las perforaciones se hizo con base en el modelo geológico y geomorfológico existente de estudios anteriores.

2.3 MODELOS Y METODOLOGIA DE ANALISIS

Como base fundamental en el desarrollo de un estudio para evaluar el riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa, debe tenerse información básica del área de influencia relacionada con:

- Levantamiento topográfico específico.
- Estudio geológico y geomorfológico del sector.
- Estudio hidrológico.
- Exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio.
- Estudio Geotécnico de la zona.
- Inventario de Viviendas.

Retomando todos estos resultados se realizará una zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa de la siguiente manera:

2.3.1 Amenaza por fenómenos de remoción en masa

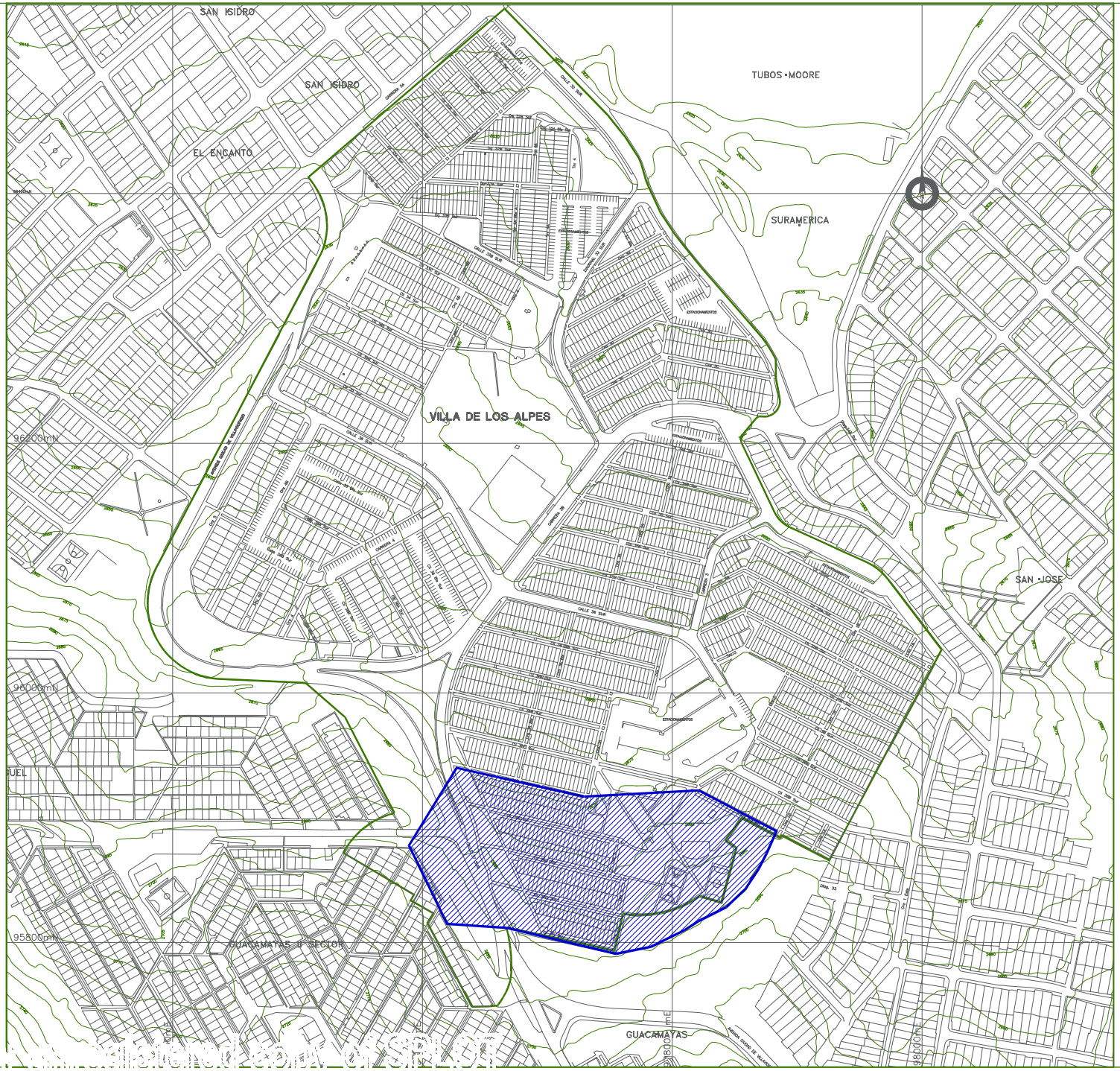
Con el propósito de evaluar las probabilidades de falla de los taludes es necesario obtener la distribución de frecuencias de que el factor de seguridad sea menor que uno. Esta distribución depende de los siguientes parámetros para una geometría de talud determinada:

- 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.

El área de estudio se caracterizó empleando la documentación secundaria existente (CC y LFO) y el análisis geotécnico realizado para este trabajo, con esto se identificaron hipótesis de falla con el objeto de definir el modelo empleado. Las consideraciones evaluadas tuvieron en cuenta: la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos en términos de esfuerzos totales, determinando que la falla no puede ocurrir bajo esta condición; También se consideró la posibilidad de ocurrencia del movimiento en términos de esfuerzos efectivos definiendo una situación mas real donde se tuvo en cuenta la variedad de posibles materiales presentes en el área de estudio.

El resultado del análisis determinó que la superficie de falla es definida por cuñas que forman bloques limitados por la estratigrafía característica del sector analizado.

Con la geometría para unos rangos de pendientes promedio del terreno predeterminados 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 Fi' 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.



Secretaría GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ELABORO:

GEOINGENIERIA LTDA

INTERVENTORIA:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

FUENTE:

- *BASE CARTOGRAFICA: BASE DIGITAL DE SANTAFE DE BOGOTA DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO DISTRITAL / 1990.*
- *BASE CARTOGRAFICA IGAC 1981 ESC: 1:8000*

CONVENCIONES TEMATICAS:

AREA PROPUESTA PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

CONVENCIONES GENERALES:

2680 CURVAS DE NIVEL CADA 5m

VIAS

LOTEO

LIMITE AREA DE ESTUDIO

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

CONTRATO No. CCS-093/00

AREA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

FIGURA No. 2.2

ELABORO:	ARCHIVO ACAD:
GEOINGENIERIA LTDA.	650/FIGURAS/650-FD03.GWG
REVISO:	FECHA: / ESCALA:
GEOINGENIERIA LTDA.	OCTUBRE - 00 / SIN



Secretaría GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ELABORO:

GEOINGENIERIA LTDA

INTERVENTORIA:

CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

FUENTE:

- *BASE CARTOGRAFICA: BASE DIGITAL DE CATAFE DE BOGOTA DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO DISTRITAL / 1990.*
- *BASE CARTOGRAFICA IGAC 1981 ESC: 1:8000*

CONVENCIONES GENERALES:

- 2680 — CURVAS DE NIVEL CADA 5m
- VIAS
- LOTEO
- LIMITE AREA DE ESTUDIO

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

CONTRATO No. CCS-093/00

EXPLORACION DEL SUBSUELO REALIZADA POR GEOINGENIERIA LTDA

FIGURA No. 2.3

ELABORO:	ARCHIVO ACAD:
GEOINGENIERIA LTDA.	650/FIGURAS/650-FD02.DWG
REVISO:	FECHA: / ESCALA:
GEOINGENIERIA LTDA.	OCTUBRE - 00 / SIN

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.

Con base en los gráficos de distribución de probabilidades para las diferentes alternativas analizadas, se definió las pendientes de las laderas estudiadas 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.

2.3.2 Vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa

El estudio de vulnerabilidad se realizó utilizando como criterio principal la resistencia de las viviendas ante posibles daños por desplazamientos verticales o empujes horizontales asociados a fenómenos de remoción en masa. Esto quiere decir que se evaluó las edificaciones con base en su capacidad de resistir la solicitación 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 se definió 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 solicitación antes mencionadas, impuesta por el deslizamiento. El análisis de la vulnerabilidad no se puede separar del deslizamiento que define el escenario. 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 relacionó con la afectación utilizando como criterio la resistencia. Los resultados del estudio de vulnerabilidad se definieron 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 consideró 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 de secuencia de eventos 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.

Los resultados se calibraron cuidadosamente y se sensibilizó el producto obtenido.

2.3.3 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.

2.3.4 Planteamiento de Alternativas de Medidas de Mitigación y Riesgo Reducido por las Medidas de Mitigación

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.

2.3.4.1 Medidas Preventivas

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 principalmente en el sector del deslizamiento activo y lograr su estabilización, para esto se planteó una alternativa integral de contención que tiene en cuenta la avenida a Villavicencio y la parte alta de la urbanización Villa de los Alpes, adicionalmente se propuso la construcción de obras de drenaje superficial y sub-superficial en las zonas clasificadas como de amenaza alta teniendo en cuenta el escenario de evento extremo.

- Medidas para Observación del Comportamiento de la Amenaza, las medidas adoptadas se dispusieron con el ánimo de realizar monitoreos periódicos y con base en ellos tomar medidas preventivas acordes con el comportamiento futuro, posible registrado.

2.3.4.2 Medidas Correctivas

Para los sectores en los que se encontró que el riesgo es muy alto, 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 superficial y sub-superficial y contención para controlar los posibles procesos de inestabilidad.

CAPITULO 3.0

BASE CARTOGRAFICA Y LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

3.1 LOCALIZACION GENERAL

El área de estudio se localiza al suroriente de Santa Fe de Bogotá, específicamente en la urbanización Villa de los Alpes perteneciente a la localidad de San Cristóbal (04) del Distrito Capital.

3.2 BASE CARTOGRAFICA

Debido a la extensión del área de estudio, no se realizó levantamiento topográfico total de la urbanización Villa de los Alpes y sectores aledaños tal como se establece en los términos de referencia. 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.

En el **plano EARVA001,** se presenta la base cartográfica suministrada por la DPAE-FOPAE, la cual fue ajustada principalmente en el loteo, zonas verdes, definición del área de estudio y direcciones de calles y carreras en toda la urbanización. Dentro de este mismo plano se incorporó un ortofotomapa extractado de una fotografía aérea ampliada a escala 1:4.000, tomada en Febrero de 1.998 (Vuelo SAV-415) la cual se relaciona en el capítulo 4 “Estudio geológico y geomorfológico”. Dicha fotografía aérea fue copiada empleando un scanner de alta resolución y a la imagen obtenida se superpuso las curvas de nivel del plano base (Catastro), la relación entre los dos archivos se hizo tomando como referencia doce puntos de clara visualización e identificación entre sí, con el objeto de obtener un producto confiable del área. El plano base y el ortofotomapa se presentan a escala 1:2.000, lo cual permite una asociación confiable de la urbanización en dos épocas diferentes.
Adicionalmente, se adquirió en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) cartografía en papel a escala 1:2.000 del área de estudio antes de construir la urbanización, estos planos son el producto de la restitución de fotografías aéreas del año 1.977. Se emplearon las planchas L-49 y L-39 (año 1.981) las cuales presentan dos cotas diferentes en cada curva de nivel, correspondientes a la del IGAC referida al nivel medio del mar y las del acueducto que están elevadas 29.86 metros con respecto a las del Instituto Geográfico. Esta información fue digitalizada en oficina con el objeto de comparar los cambios morfológicos en el sitio de la urbanización antes y después de su construcción.

Después de verificar la coincidencia de las dos bases cartográficas, se generaron modelos digitales del terreno de manera independiente en ER Mapper dando como resultado la Figura 3.1 donde se evidencia los cambios en el relieve que sufrió el sitio donde se localiza la urbanización hoy en día.

El área se localiza en el cuadrángulo que tiene como coordenadas planas N 96553.483 m y E 97367.859 m en el extremo noroccidental, y N 95731.219 m y E 98020.974 m. en el extremo suroriental. Todos los datos están referenciados a las coordenadas cartesianas con origen en la intersección del meridiano 74° 09’ con el paralelo 4° 41’ al cual se le asignaron las coordenadas planas: N 109320.965 metros y E 92334.879. Las cotas referenciadas al nivel medio del mar.

3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico se precisó de acuerdo con los análisis del estado de daños aparente de las viviendas en la urbanización y la geología realizada en estudios anteriores, definiendo como principal sector a levantar el localizado al suroriente de la urbanización; 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

VILLA DE LOS ALPES

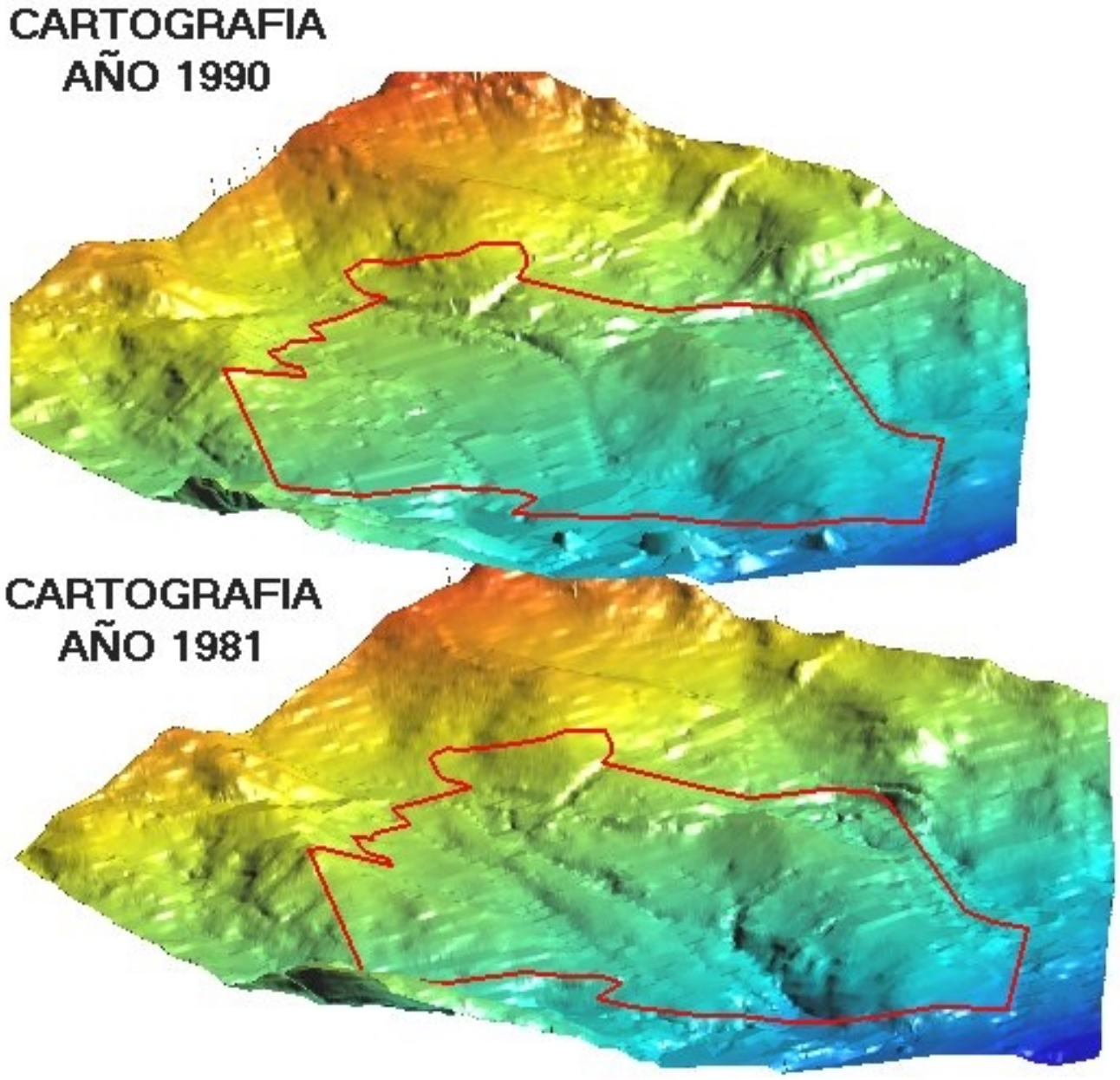


FIGURA No. 3.1
MODELOS DEL TERRENO

parte de la antigua Avenida a Villavicencio en el sector del deslizamiento rotacional 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 tal como se indicó en la Figura 2.2 del capítulo 2 "Requerimientos de topografía y exploración del subsuelo". 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.

El objetivo principal durante esta actividad, fue realizar el levantamiento topográfico en planimetría y altimetría del área antes señalada donde se tuvo en cuenta el detalle urbanístico de la zona, las redes existentes, patrones de drenaje, vías y en general todo accidente topográfico que sea de interés para el estudio; obteniendo un plano con curvas de nivel cada 0.50 metros.

3.3.1 Actividades a Realizar

A continuación se presenta una relación general de las actividades a realizar durante el levantamiento.

- Se identificaron las placas de referencia de la red del distrito con sus coordenadas IGAC cercanos a la urbanización Villa de los Alpes, mediante una inspección detallada del área a los cuales se amarró el presente levantamiento.
- Se seleccionaron tres sitios para puntos o placas de referencia con base en una evaluación geotécnica del área, buscando que queden lo mas cerca posible a la zona de estudio en sitios estables y visibles entre sí. Se colocaron placas de bronce debidamente identificadas.
- Para el transporte de coordenadas IGAC, se utilizó el sistema GPS con equipos de doble frecuencia con precisión geodésica, operando en modo diferencial en postproceso.
- Se asignaron coordenadas de los puntos de control y referencia mediante poligonales realizadas con estación total y cartera electrónica y en un todo de acuerdo con lo establecido en los términos de referencia.
- Levantamiento planimétrico y altimétrico detallado del sitio de interés.
- Procesamiento de información de campo en oficina por un ingeniero especialista en este tipo de actividades.
- Generación de producto final.

3.3.2 Método de Trabajo

Con el fin de realizar los levantamientos plani-altimétricos detallados del área en estudio amarrados al sistema oficial de coordenadas del IGAC, se programó el transporte de coordenadas con equipos GPS de doble frecuencia y precisión milimétrica a partir del vértice CD 855 y vértice monserrate iglesia (en el **Anexo 1.1** se presenta el certificado IGAC de este punto), a dos puntos de control (R3VA y D1VA) de la urbanización, donde se instaló el segundo receptor operando en modo diferencial. La información recolectada por los equipos GPS para cada punto, fue calculada por el sistema en post proceso utilizando el programa AOS (Ashtech Office Suite), que dio como resultado los datos de coordenadas geográficas WGS84 que fueron transformadas a planas cartesianas con origen Bogotá.

Se seleccionaron tres sitios y se localizaron en sardineles de concreto y pozo de inspección, tres (3) placas de bronce identificadas con la leyenda FOPAE, V. A., Ref 1, 2 y 3, Junio 2000. A cada uno de estos tres puntos de referencia para futuros levantamientos, se les asignaron coordenadas IGAC utilizando estación total de resolución al segundo.

Con base en los puntos de coordenadas IGAC, se realizó el levantamiento planimétrico y altimétrico detallado, utilizando dos estaciones totales marca Leica dotadas de cartera electrónica externa y programa de calculo topográfico TDS (Tripod Data Sistem), con las cuales se realizaron las diferentes series de lecturas de ángulos y distancias.

El levantamiento planialtimétrico del área, se realizó en forma detallada y con la captura de una nube de puntos y una intensidad cercana a 2500 puntos, para reflejar lo mejor posible las condiciones actuales que presenta la zona en estudio.

Con los datos obtenidos con los GPS se actualizaron las coordenadas de partida de los archivos RW5 (Cartera Electrónica) y se procedió a calcular toda la información, dando como resultado la nube de puntos para la posterior interpretación en AutoCad y generación de curvas de nivel utilizando el programa Eagle point.

La información levantada en campo se procesó en oficina, bajo la responsabilidad de un ingeniero especializado en el análisis de este tipo de información.

3.3.3 Transporte de Coordenadas

El amarre de coordenadas en la zona de estudio al sistema distrital, se realizó a partir del vértice geodésico del IGAC CD 855 localizado en la carrera 6 con calle 20 sur aprox. De acuerdo con la División de Geodesia del Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- los datos certificados de coordenadas y su localización espacial se presentan en la Figura 3.2.

Las coordenadas de los puntos de referencia instalados en la urbanización corresponden a los siguientes:

Referencia 1
Norte: 95907.002 m
Este: 97574.675 m
Cota: 2686.091 m.s.n.m

Referencia 2
Norte: 96224.605 m
Este: 97735.689 m
Cota: 2634.877 m.s.n.m.

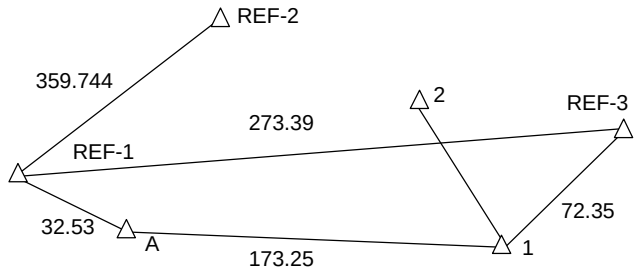
Referencia 3
Norte: 95937.938 m
Este: 97846.310 m
Cota: 2671.796 m.s.n.m.

El error de cierre obtenido con el empleo de los GPS, se registra en la Tabla 3.1.

En el **Anexo 1.2** se presentan los registros obtenidos de las lecturas realizadas con los GPS para el traslado de coordenadas.

Planimétricamente el error de cierre es el siguiente:

POLIGONAL DE AMARRE SECTOR BARRIO VILLA DE LOS ALPES



Coordenadas: Este -0.0039 m; Norte -0.0116 m
Cota: 0.018 m
Precisión del levantamiento 1: 45.065

3.3.4 Equipos Empleados

Como fue anteriormente mencionado, el amarre a coordenadas oficiales IGAC, se realizo utilizando el sistema de posicionamiento global GPS con dos receptores de doble frecuencia marca Ashtech Z-12 de precisión milimétrica y operando por el método diferencial, entre el punto CD 855 del Distrito, la Referencia # 3 instalada y un delta de la poligonal.

Los puntos de referencia se localizaron con el mejor criterio posible en sitios donde el terreno se muestre estable. Sin embargo, debido a que los fenómenos de remoción en masa del sector son de carácter disperso en la urbanización, existe la posibilidad de que presenten movimientos de los puntos de referencia.

Un problema grave de los levantamientos en este tipo de estudios, es la pérdida de los puntos de referencia. En este caso se utilizarán placas de bronce debidamente marcados.

Para el levantamiento topográfico, se utilizaron 2 estaciones totales marca Leica, dotadas de cartera electrónica externa y software de topografía TDS.

TABLA 3.1
AMARRE CON EQUIPOS GPS DOBLE FRECUENCIA

BASE	ROVER	VECTOR (m)	TIEMPO (segundo)	SATELITES (#)	DIF X, Y, Z (m.m.)	RMS (m.m.)
CD 855	**R3VA**	2180.717	2680	5	+-1.3/+-2.8/+-2.5	12.9
(IGAC)	**D1VA**	2235.969	2820	6	+-1.6/+-2.2/+-0.6	9.6

FIGURA 3.2
DESCRIPCION GENERAL DE LAS ESTACIONES GPS

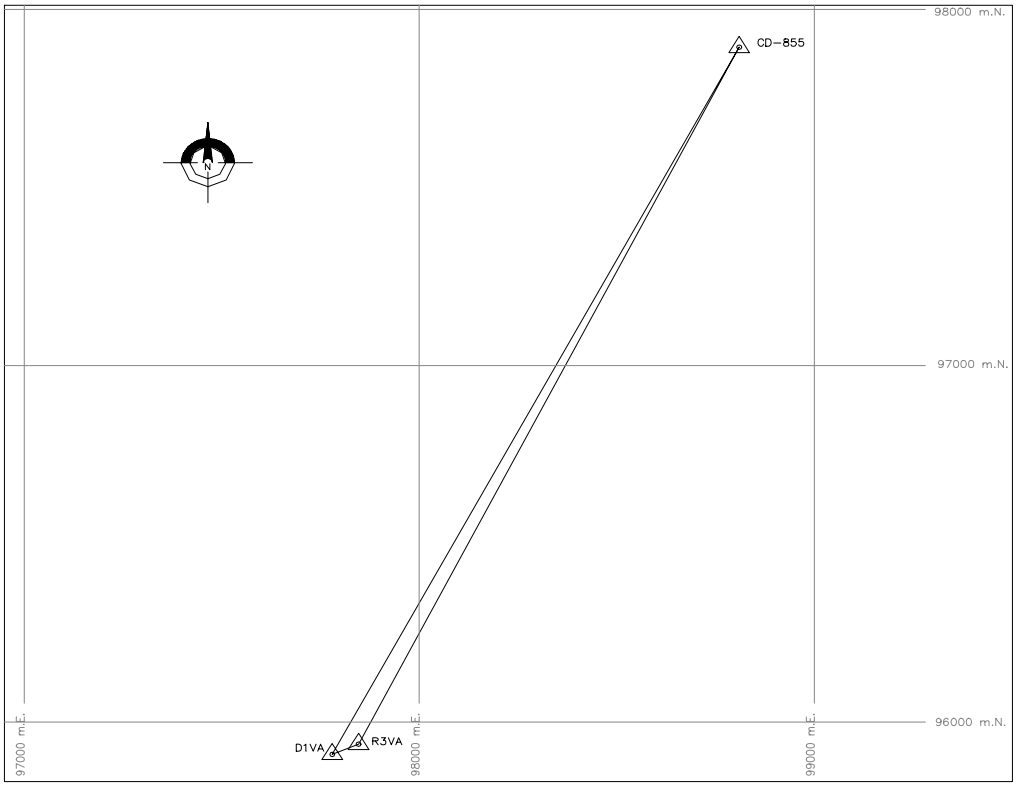
PAIS: Colombia **FECHA:** Junio de 2000

COORDENADAS EN DATUM LOCAL

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	ELEVACION
CD 855	04° 34' 48.14300" N	74° 05' 30.02300" W	97894.129	98810.052	2592.620 m.s.n.m.
R3VA	04° 33' 44.48755" N	74° 06' 01.28002" W	95937.933	97846.298	2671.808 m.s.n.m.
D1VA	04° 33' 43.56962" N	74° 06' 03.44049" W	95909.720	97779.675	2675.210 m.s.n.m.

DATUM :	Bogotá	LATITUD ORIGEN :	04° 41' 00,000 N	FALSO N :	109 320,965
PROYECCION :	2550 Metros sobre el nivel del mar	LONGITUD ORIGEN:	74° 09' 00,000 W	FALSO E :	92 334,879
ELIPSOIDE :	Local	UNIDADES :	Metros Int.	FAC. ESC:	1,0004015810
ZONA :	Origen Bogotá				

LOCALIZACION GENERAL



3.3.5 Producto Final

Como producto final se presenta el **plano EARVA002** a escala 1:500, correspondiente al levantamiento topográfico efectuado al área descrita en el numeral 3.3. y marcada en el **plano EARVA003**

El levantamiento no será vinculado a la base digital cartográfica, suministrada por la DPAE a GeoIngeniería y que es de propiedad de Catastro y se trabajarán los archivos de manera independiente.

En el **Anexo 1.3** se incluye la cartera electrónica resultado del levantamiento topográfico con estación total. En el **Anexo 1.4** se presenta un cuadro resumen donde se identifican las coordenadas de cada punto levantado y su correspondiente elevación, adicionalmente, se presenta en **el Anexo 1.5** fotocopia de los esquemas gráficos realizados en campo durante el levantamiento.

En el costado sur oriental de la urbanización fuera del área de estudio se localiza un serie de viviendas entre Villa de los Alpes y la antigua Avenida Ciudad de Villavicencio, Dichas casas fueron construidas hace aproximadamente cinco años, por lo tanto no aparecen dentro de la base cartográfica empleada para el presente estudio, sin embargo esta sobrecarga conjugada con agua en el subsuelo y la pendiente fuerte puede delimitar un sector de posible amenaza alta, esta hipótesis será verificada en el capítulo 7.

CAPITULO 4.0

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO

4.1 METODO DE TRABAJO

Teniendo en cuenta los antecedentes descritos en el capítulo 2 Diagnóstico Conceptual del Problema, se inició el estudio geológico y geomorfológico correspondiente, con la realización de varias actividades que contemplaron trabajos de oficina y reconocimiento de campo.

Los trabajos de oficina se llevaron a cabo en las instalaciones de GeoIngeniería Ltda. con el fin de determinar las estrategias para llevar a cabo los trabajos de geología. Después de estas reuniones se ejecutaron visitas de campo con el fin de conocer mas de cerca las dificultades que se han venido presentando en la urbanización Villa de los Alpes y sus sectores aledaños. Los trabajos de oficina también contemplaron las lecturas de informes existentes así como la elaboración de la fotointerpretación multitemporal de fotografías aéreas de los años 1.955, 1.969, 1.973, 1.986 y 1.998.

Después de ejecutar los trabajos de oficina y de campo se procedió a la planeación de la exploración del subsuelo, con base en el modelo geológico elaborado.

A continuación se hace una descripción de la geología de la zona.

4.2 GEOLÓGIA REGIONAL

El sur de la sabana de Bogotá (cuenca del río Tunjuelito) está conformado por estructuras regionales desarrolladas sobre rocas sedimentarias (lutitas, arcillolitas y areniscas) que van desde el cretáceo superior hasta fines del terciario y son visibles sobre imágenes de Land Sat y de radar contrastando con los depósitos de la parte plana de la sabana de Santa Fe de Bogotá, conformados por depósitos fluvio lacustres. Al sur de la zona se han reportado depósitos fluvioglaciales.

El área se caracteriza por una tectónica de tipo compresivo desarrollada en el Orogeno Andino como un producto de la interacción entre las placas de Nazca y Suramérica. Los estratos presentan rumbo N30W y una inclinación de 30° hacia el suroeste, es de notar que esos estratos están muy cerca de donde se inicia el cierre del sinclinal de Usme. Algunos trenes de fallas (tipo inverso) son subparalelas al plegamiento, pero debido a la diferente concentración de los esfuerzos se han generado algunas fallas de rumbo.

La zona de estudio estratigráficamente está conformada por la Formación Bogotá sin embargo para efectos descriptivos a continuación se hace una síntesis de las formaciones aflorantes en los alrededores:

- **Formación Cacho**

Al oriente de la zona y estratigráficamente bajo la Formación Bogotá se ha cartografiado una unidad de areniscas friables que dejan en algunos casos un relieve positivo y que corresponde a la Formación Cacho. En las fotografías interpretadas, dicha formación no aparece y según observaciones regionales esta se encuentra en las urbanizaciones de Altos de Cazucá y queda sepultada por depósitos fluvioglaciales en las inmediaciones del Barrio Juan Rey. Esta formación es considerada regionalmente como un horizonte de rocas permeables con buenas posibilidades de acuíferos; pero dada la lejanía del sector de Villa de Los Alpes esto no tiene ninguna influencia para el movimiento de las aguas subterráneas en dicho barrio.

- **Formación Bogotá (Tb)**

Como ya se dijo sobre la formación Cacho reposa la Formación Bogotá cuyo detalle aparece en la geología local ya que es la formación sobre la cual se encuentra desarrollado el paisaje de Villa de Los Alpes y constituye la formación de tipo arcillosa, más importante para este estudio.

- **Formación Regadera (Tr)**

Esta formación fue definida por Hubach (1957) en el Valle del río Tunjuelito, considerándola como la base de la Formación Usme, y Julivert (1963) la elevó a la categoría de formación. La característica principal de esta formación es el desarrollo de crestas continuas muy conspicuas y que comprende en la zona el conocido filo de Guacamayas. La unidad es principalmente arenosa y conglomerática con

algunas intercalaciones de caolinitas todas de tipo lenticular y con estratificación cruzada.

En ella se han reconocido tres elementos, el primero de los cuales corresponde a bancos de arenisca conglomerática de selección mala a regular de colores amarillo y violáceos con intraclastos arcillosos y fragmentos líticos, tiene un espesor aproximadamente de 67 metros. Sobre este se depositó un segundo segmento de composición lodolítica; se han reportado fragmentos líticos e ichnofósiles; el espesor es de 65 metros. Seguidamente se depositó una secuencia de areniscas y lodolitas de espesor variable presentándose en algunos sitios láminas de carbón; su espesor es de 86 metros.

- **Formación Usme**

Esta se encuentra más al occidente de la zona de estudio reposando sobre la Formación Regadera según los reportes geológicos existentes el contacto es discordante; no es necesario su levantamiento detallado para este proyecto.

– **Depósitos Cuaternarios**

En la zona se pueden reconocer fundamentalmente tres unidades cuaternarias así:

- **Rellenos de la Sabana de Bogotá (Qs)**

Corresponde a depósitos fluvio-lacustres localizados fuera de los límites del área de estudio y no se describen por esta misma razón.

- **Flujos de Tierra (Qft)**

Corresponden a franjas que siguen la redes de drenaje antigua y que fueron rellenadas por depósitos principalmente arcillosos los cuales son analizados con más detalles en la geología local.

En el mapa de geología regional que se acompaña tan solo aparecen las unidades de las formaciones Bogotá y Regadera así como los flujos de tierra. Las otras unidades se describe para ilustrar el modelo geológico regional.

- **Coluviones (Qcl)**

Corresponden a depósitos de ladera conformados por bloques de arenisca y una matriz limoarcillosa. La descripción se detalla en el numeral 4.3.1. "*Estratigrafía*".
Como análisis complementario se presenta el **mapa EARVA004**, denominado Geología Regional a escala 1:5.000 del área de influencia del presente estudio donde se analiza el sector por medio de tres secciones geológicas.

- **Rellenos Antrópicos**

Este tipo de materiales se describe en la Geología Local en el numeral 4.3.1 "*Estratigrafía".*

4.2.1 Geología Estructural

En cuanto al desarrollo estructural de las zonas como se mencionó inicialmente el área se encuentra dentro del plegamiento del conocido sinclinal de Usme y más exactamente en el flanco oriental. Este sinclinal en algunos puntos presenta inversiones locales y repetición de las secuencias por efectos de fallas inversas, pero en la zona de estudio los estratos hacen parte de un monoclinal en donde sus buzamientos están variando entre 30 y 40 grados de inclinación hacia el Occidente.

Debido a que la zona está prácticamente cubierta por patrones de urbanizaciones las mediciones de los sistemas universales de diaclasas no fueron posibles, sin embargo es de esperarse que se presenten diaclasas prácticamente verticales y perpendiculares a los valle locales así como otros sistemas con rumbo perpendicular a este y con tendencia a formar bloques romboédricos. Debido a esta circunstancias las aguas de infiltración desde el Alto de Guacamayas pueden fluir a través de estos planos de discontinuidad y llegar a recargar la base de los flujos de tierra ya descritos en la parte estratigráfica.

Las depresiones de la zona se han interpretado en este estudio como un efecto de erosión diferencial, pues la formación Bogotá es arcillosa y las adyacentes son de tipo arenoso. Al hacer una revisión fotogeológica, las depresiones vecinas a Villa de los Alpes, pueden interpretarse eventualmente como zonas de posibles fallas, sin embargo, existen criterios suficientes para interpretar estos valles como drenajes inadaptados desarrollados por antecedencia y hoy cubiertos con depósitos cuaternarios, estos patrones son muy frecuentes a lo largo de todos los ríos que drenan el piedemonte oriental de Bogotá. Sin embargo pueden existir algunas sugerencias de que esto se trata de una zona de debilidad por lo cual se deja cartografiado como un lineamiento en el mapa de geología regional, pero su investigación está fuera del alcance de este estudio.

4.3 GEOLOGIA LOCAL

En la zona de interés afloran variados tipos de rocas, todas de origen sedimentario. A continuación se hace una descripción de la estratigrafía y geología estructural captada por la información existente y la interpretación de varios juegos de fotografías aéreas (Tabla 4.1).

En el **mapa EARVA005** se plasma la geología Local del área de estudio

TABLA 4.1
FOTOGRAFIAS AEREAS

VUELO	FECHA	FOTOGRAFIA No.	ESCALA APROXIMADA
C723	20 ene/55	001, 000, 999	1:9000
C1244	21 mar/69	31, 32, 33	1:6000
C1438	20 ene/73	36 y 37	1:10500
C2265	27 dic/86	50 y 51	1:20800
SAV 415	feb/98	Ampliación 104 y 105	1:4000

4.3.1 Estratigrafía

El sector de la urbanización Villa de los Alpes presenta afloramiento de rocas del terciario correspondientes a las Formaciones Bogotá y Regadera, cubiertas por depósitos cuaternarios (flujos de tierra antiguos y coluviones) con espesores variables; para efectos de la descripción litológica, la bibliografía reporta las siguientes descripciones:

- **Formación Bogotá (Tb)**

Este término inicialmente fue descrito por Hettner (1892 en Julivert, 1968), para la parte superior de la Formación Guaduas y fue separado por Hubach (1945, en de Porta 1974), para ser elevado a la categoría de Formación por Julivert (1963, en Julivert, 1968). Está constituida esencialmente por arcillolitas rojizas a grises en bancos intercalados de areniscas de color blanco a marrón, de grano grueso a conglomerático en las capas inferiores.

Van der Hamen da una edad del Paleoceno (1958) y Villarroel (1987) le asignó una edad del Paleoceno Medio a los restos de un mamífero fósil hallado en la formación.

El límite de esta formación en la parte inferior (con la Formación Cacho) es Transicional y el superior (con la Formación Regadera es erosivo).

Esta formación está presente en la zona de estudio y además del recubrimiento de los depósitos cuaternarios está ampliamente intervenida por edificaciones, por lo cual levantar una columna estratigráfica en el sector será dispendioso y se requiere la ayuda de equipos de exploración profunda lo cual no es el objetivo de estudio.

En cuanto a los perfiles de meteorización en la actualidad es imposible presentar un perfil completo pues tan solo existe un afloramiento muy pequeño que pueda considerarse como representativo de la zona, sin embargo por observaciones de áreas cercanas y la recuperación de algunos núcleos de perforaciones ejecutadas hasta el nivel de la formación se puede decir que el horizonte de meteorización da como resultado un suelo de tonalidad rojiza generalmente y de composición limoarcillosa.

Algunos de lo núcleos recuperados en las perforaciones ejecutadas (Ver figuras 6.2 a 6.8 en el capítulo 6 “Estudio Geotécnico”) se puede observar que presentan un aspecto plástico y su tonalidad en algunos sitios es de aspecto moteado.

En la perforación ejecutada en la zona mas septentrional de la urbanización bajo los flujos de tierra se logro detectar un horizonte delgado con contenido de materia orgánica, raíces en proceso de carbonización y pequeños fragmentos de turba que indican que sobre este suelo residual se desarrollo una capa vegetal y que quedo como un pleosuelo bajo los rellenos antrópicos.

Es de anotar que los suelos residuales de la formación Bogotá (limoarcillosos) pueden presentar en algunos casos lentes de arena producto de la alteración de algunas grawacas líticas que eventualmente pueden tener un mayor contenido de humedad por ser estas mas porosas y por ende generar presiones de poros localmente y originar deslizamientos. Así mismo en los horizontes de suelos residuales de la Formación Bogotá se ha reconocido un carácter expansivo y que debido a los cambios del contenido de humedad se pueden generar fenómenos de inestabilidad por cambio de volumen.

- **Flujos de Tierra (Qft)**

Por los procesos de erosión hídrica y la acción gravitacional se acumularon en el pasado los escombros de las formaciones preexistentes en las depresiones. Estos materiales son principalmente arcillosos y muestran una influencia marcada en las primeras redes de drenaje. En la zona están

presentes los terrenos que conforman la Urbanización Villa de Los Alpes.

De por si los flujos de tierra corresponden a suelos residuales transportados de la Formación Bogotá y en general se muestran como unidades blandas con contenido de humedad importante especialmente en las vecindades entre el flujo y el suelo residual.

Como se menciona más adelante estos flujos de tierra han sufrido movimiento y dentro de su estructura se presentan discontinuidades heredadas de los antiguos movimientos. El color de estos flujos generalmente son de rojo oscuro y en algunos casos de aspecto moteados heredados de los suelos residuales.

En cuanto a los procesos morfodinámicos se destacan los deslizamientos lentos y que como resultado han desarrollado un patrón lobulado .

- **Coluviones (Qcl)**

Estos se han desarrollado fundamentalmente hacia la base de la contrapendiente estructural de la Formación Regadera y hoy están enmascarado por las viviendas del barrio Guacamayas. También se ubican hacia el costado occidental de la Urbanización Villa de Los Alpes.

Los perfiles de estos depósitos no se conoce en la actualidad debido a que fueron cubiertos por los patrones de vivienda y la calles pavimentadas, pero por su contorno geológico se espera que su perfil corresponda a un suelo limoarcilloso con cantos “fantasmas” (fragmentos de arenisca meteorizados) de arena.

La superficie de contacto con los suelos residuales constituyó una zona de debilidad, con la posibilidad de generar deslizamientos traslacionales como los que se lograron identificar antes de que las viviendas fueran implantadas en el sector noroccidental de la urbanización.

Consultando con la cartografía de Ingeominas, se ubicaron cuerpos coluviales en otras urbanizaciones que no eran objeto del presente estudio. Por experiencia en la zona los coluviones pueden dividirse en dos grupos como a continuación se describen:

Coluviones dispuestos sobre las contrapendientes estructurales del flanco oriental del sinclinal de Usme, los cuales corresponden a grandes masas conformadas por bloques angulares de areniscas friables embebidos en una matriz limo-arcillosa y según la cartografía regional corresponden a una franja mas o menos continua que se extiende hacia el sur y corresponden a zonas de alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, en la zona de Guacamayas el coluvión identificado es relativamente somero y no parece tener grandes implicaciones para dicho barrio.

Los otros depósitos coluviales de la zona corresponden a grandes masas dispuestas en la parte distal de depósitos originados en eventos torrenciales provenientes de la desintegración de los frentes fluvioglaciares del pleistoceno, estos coluviones presentan una litología donde los clastos y bloques son mas de composición asociada a la formación Guadalupe, la matriz es arcillosa y el tamaño de los clastos y los bloques decrece de oriente a occidente en la zona más occidental de la Urbanización Villa de los Alpes, el mapa geológico muestra la presencia de un coluvión que corresponde a la parte distal de estos eventos fluviotorrenciales.

- **Depósitos Antrópicos (Qr y Qb)**

Como se desprende del análisis de las fotografías aéreas la zona presenta rellenos conformados por la actividad urbanizadora y hoy son difíciles de identificar pues están sepultados debido al desarrollo urbano. Se lograron diferenciar los conformados sobre los valles y los de media ladera.

Estos depósitos han sido investigados con sondeos y apiques; el más representativo corresponde a la zona suroccidental de la urbanización donde se ha presentado un hundimiento de la antigua vía al Llano.

En el informe de Consultoría Colombiana se presenta una descripción detallada de un apique ejecutado en este relleno en donde se puede observar en un comienzo restos de basura y en su mayor parte un suelo arcilloso blando afectado por fisuras y planos de deslizamientos con cavidades hasta de 10 centímetros y una zona de desplazamiento de corte a una profundidad de 9 metros el cual está en posición horizontal. Para mayor detalle se puede consultar el informe de la compañía consultora mencionada.

Sobre las fotografías aéreas resulta difícil diferenciar el límite entre los rellenos arcillosos actuales realizados para la construcción de la urbanización sobre los flujos de tierra, los antiguos botaderos, los

coluviones, cuerpos de agua antiguos, suelos residuales y materiales deslizados como se aprecia en los **mapas EARV004** y **EARV005**, sin embargo, se superpuso las topografías de los años 1.981 y 1.990 determinando con un buen grado de precisión las zonas de cortes y relleno, identificando los espesores con colores diferentes tal como se aprecia en el **plano EARV008**

En el **mapa EARVA006**, se incluye la geología actual de la urbanización donde se presentan cinco zonas que tienen evidencia de procesos después de la construcción de la urbanización. La descripción de cada una de las zonas se detalla en el capítulo 6, numeral 6.2 inventario de procesos.

4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Como se ha dicho en el sur de Santa Fe de Bogotá se presentan estructuras regionales. La estructura más importante en este caso el gran sinclinal de Usme, corresponde a un plegamiento complejo y asimétrico en muchos sectores. En la zona de estudio se puede reconocer sobre las fotografías aéreas una superficie estructural bien definida y una contrapendiente dejada por la erosión subsecuente.

Al analizar las fotos aéreas (1955) cuando el patrón de la ciudad no estaba tan avanzado al NW de la zona se pueden reconocer algunas regmitas que podrían ser de tipo sismogénico; su comprobación hoy en día es difícil de llevar a cabo por el alto grado de desarrollo urbano pero por fortuna existe este documento que permite plantear esta posibilidad y su comprobación es motivo de investigaciones más avanzadas ya que se localiza fuera del área de estudio.

En cuanto a la presencia de fallas en la zona no se lograron detectar este tipo de estructuras en la zona pero según la información cartográfica consultada existe hacia el norte de la urbanización una traza de falla que coincide con la regmita identificada en al fotografía de 1955.

Por las observaciones de la cartografía existente y las fotografías áreas el buzamiento en la formación Regadera es del orden de 40 grados y en la zona de la urbanización puede estar variando entre 30 y 45 grados, ya que el carácter tectónico compresivo hace que se desarrolle una inversión más hacia el oriente del área y por esta razón es posible que los buzamientos sean más fuertes en la zona de urbanización comparado con la superficie de la Formación Regadera.

4.5 GEOMORFOLOGIA

Para efectos de la descripción geomorfológica se plantea 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.

El **mapa EARVA006**, mapa geomorfológico, corresponde a los procesos recientes después de la construcción de la urbanización Villa de los Alpes, dicho plano es el producto de la superposición de la geología local antes de la construcción de la urbanización con el plano de cortes y rellenos para la construcción de la misma donde se involucró los fenómenos actuales detectados, al realizar el cruce de planos temáticos se encontró una variedad de materiales en el área de estudio consistentes en:

Depósitos de Antiguos deslizamientos (Qd): localizados al norte de la urbanización Villa de los Alpes donde hoy día se localizan las manzanas 1, 3, 4 y 5 ubicados sobre un depósito coluvial.

Coluvión (Qcl), Antiguo flujo de tierra (Qft): en el numeral 4.3.1. “estratigrafía” de este mismo capítulo se realiza la descripción.

Rellenos por construcción de urbanización (Qru): se define como los sectores que por motivos de diseño fue necesario rellenar sobre antiguos flujos de tierra, suelo residual o rellenos para la construcción de la vía, para tener los niveles deseados de construcción, con espesores que varían entre 0 a 5 metros en los sectores donde se localizan viviendas en la urbanización con excepción de las manzanas 24,

34, 35, 48 y 49 donde el espesor varía de 6 a 10 metros. Este material es arcilloso y presenta baja resistencia en el ensayo de SPT (5 – 10 golpes/pie), humedad entre el 15 y el 20% y resistencia Cu variable entre 6 y 15 ton/m^2 , este material presenta características geotécnicas mas desfavorables de los encontrados.

Rellenos por construcción de la Avenida Villavicencio (Qrv): Estos corresponden a terraplenes y botaderos compactados y presencia de bloques de arenisca asociados a la construcción de la Avenida en mención con espesores que varían entre 2 y 8 metros, depositados sobre antiguos flujos de tierra o sobre suelo residual. La resistencia es muy variable entre 5 y 40 golpes/pie y resistencia Cu entre 5 y 7 ton/m^2.

Zonas de corte (Zc): Se define como los sectores que por motivo de diseño fue necesario el corte de material superficial para conseguir los niveles deseados de construcción, con espesores que varían entre 0 y 4 metros. El material excavado corresponde a antiguos flujos de tierra o en su defecto suelo residual de acuerdo con la disposición de estos materiales en el plano de geología local EARVA005.

Suelo Residual (Qsr): Se encuentran en el contacto con las arcillolitas de la formación Bogotá, con espesores que varían entre 1 y 3 metros.

Depósito de Deslizamiento activo (Qdr): Se trata de una masa movilizada correspondiente a un deslizamiento que inicialmente se consideró como rotacional pero que debido a su evolución puede tornarse como complejo, siendo el resultado de movimientos de rellenos antrópicos de material de construcción en la parte alta de la vía, rellenos antrópicos debidos a la construcción de la avenida y rellenos arcillosos debidos a la construcción de la urbanización Villa de los Alpes, este fenómeno afecta las manzanas 73, 74, 75 y 76 de la urbanización Villa de los Alpes.

4.5.1 Análisis de la Red de Drenaje

a) Génesis

El drenaje presenta una gama variada en cuanto a la génesis así:

- **Consecuentes**: Se desarrollan sobre la superficie estructural del flanco oriental del sinclinal de Usme específicamente en la pendiente estructural hacia el occidente del filo de Guacamayas, localizándose fuera del área de estudio. Las implicaciones geotécnicas de este tipo de drenaje son básicamente los procesos de socavación lateral y de fondo que puedan afectar futuros desarrollos urbanísticos.

- **Resecuentes:** Presentan la misma posición que los anteriores pero con mayor grado de profundización alcanzando niveles rocosos.

- **Subsecuentes:** Subparalelos al rumbo de la estructura donde se han depositado la mayor parte de los flujos de tierra. En el mapa EARVA005 aparecen controlando las depresiones donde se ubica donde se ubica Villa de los Alpes. Sus implicaciones geotécnicas son las asociadas a los rellenos por flujos de tierra durante el proceso de entallamiento y acumulación.

- **Obsecuentes:** Canales cortos siguiendo rumbos perpendiculares a la contrapendiente estructural, la mayoría de ellos están hoy enmascarados por las edificaciones del barrio Guacamayas y se encuentran fuera de la zona de investigación de geología local. Geotécnicamente la zona está asociada con depósitos torrenciales provenientes de la parte alta del filo de Guacamayas y que posiblemente hoy están sepultados bajo la urbanización

b) Integración

La red de drenaje en los tiempos previos a la construcción era bien integrada en la parte alta, pero debido a la actividad humana esto ha venido cambiando así:
En las fotografías de 1955 (Figura 4.1 y 4.2) la única zona que presentaba mala integración corresponde a los lagos artificiales y depresiones próximas al costado sur de la Ladrillera Moore como se aprecia en la fotografía C-743-1, esta falta de integración también se aprecia en las fotografías C-1244-32 de 1969 (Figura 4.3) y en la fotografía C-1438-36 de 1973 (Figura 4.4), en tanto que en la fotografía C-2265-51 (Figura 4.5) se puede apreciar que el avance de la urbanización ha rellenado estas depresiones.

En las fotografías ampliadas de 1998 (Figura 4.6) esta zona ha quedado intervenida por la construcción de viviendas desapareciendo por completo las antiguas depresiones.

c) Homogeneidad

La red de drenaje no es homogénea, debido principalmente a los cambios de litología e influencia estructural.

d) Patrón

En la zona el patrón más representativo corresponde al subdendrítico presentando las mayores elongaciones en los canales de tipo subsecuente, es de anotar que en la contrapendiente estructural (fuera del área del estudio) el patrón es principalmente paralelo.

e) Adaptación

La red de drenaje es localmente adaptada a la estructura y los cauces obsecuentes y consecuentes no han evolucionado hasta llegar a formar depresiones conspicuas que corten perpendicularmente la estructura.

Un poco mas hacia el sur de la zona (La Quebrada Chiguaza) si corresponde a un drenaje inadaptado por antecedencia.

Los cauces intervenidos por la urbanización Villa de los Alpes tienden dejar canales localmente inadaptados por sobreimposición.

4.5.2 Erosión Hídrica

Analizando las fotografías del vuelo C-747 de 1985 se puede reconocer en la zona dos tipos de erosión hídrica así: Al occidente hay una intensa actividad con formación de cárcavas y en la zona de los estudios la erosión es principalmente de pequeños canales y algunos indicios de erosión laminar.

Conviene recordar que la erosión hídrica ha tenido dos etapas así:

Los cauces originales desarrollados durante el proceso de levantamiento se entallaron en la forma como se describió en el capítulo de Génesis de la Red de Drenaje. Algunos de ellos hoy no se pueden percibir debido a que fueron sepultados por flujos de tierra y rellenos antrópicos. En una segunda etapa y sobre los flujos de tierra se pueden observar sobre las fotografías aéreas cauces sobreimpuestos en los flujos de tierra que formaron cárcavas localmente. Hoy en día estos no se observan debido a los rellenos antrópicos.

4.5.3 Fenómeno de Remoción en Masa

Los fenómenos de remoción en masa se presentan varios tipos los cuales varían con la época así:

Para las fotos tomadas en 1955 del vuelo C743 (Figuras 4.1 y 4.2), se destacan algunos flujos de tierra y deslizamientos localizados en la cuenca donde hoy se desarrolla la urbanización Villa de los Alpes, el criterio para identificarla se basa en que los suelos residuales dejan una textura fina y continua con tonalidades grises claras en tanto que los flujos de tierra muestran una textura lisa y morfología lobulada (Hummocky) de tonalidad oscura. Hacia el centro de estas franjas los canales más recientes llegaron a jerarquizarse y localmente se presentan erosión concentrada formando pequeños escarpes como se aprecia principalmente en la fotografía C-743 (copia a láser). Adicionalmente se encuentra una zona de lagos hacia el norte en el límite de Ladrilleras Moore y la urbanización.

El vuelo C-1244 de 1969 (Figura 4.3) se conserva el mismo tipo de morfología indicado en la interpretación anterior pero en ella ya parece construida la vía al Llano y en uno de los taludes de la parte inferior del barrio Guacamayas aparece un escarpe que se podría asociar con un deslizamiento en donde se aprecia la corona y la base de este. En este sector se marca con la letra de símbolo Qb una área de posibles rellenos y que se extiende en lóbulo cercano hasta el fondo de la depresión. También en esta fotografía se destaca la presencia de un flujo lobulado al occidente de la urbanización y donde la



VUELO: C 743 FOTOGRAFIAS No.: 001, 000, 999 FECHA: 20 ENE/55

ESCALA: 1 : 9000 SOBRE IGAC No.: 2858

LEYENDA		CONVENCIONES
Qft:	Flujos de tierra. Masas predominantemente arcillosas	Drenaje Natural
QA/tl:	Depósitos fluviolacustres de la Sabana de Bogotá	Límite Litológico
QSR/TB:	Suelos residuales ubicando la Formación Bogotá	Buzamiento Fotogeológico
TR:	Formación Regadera	Escarpe de masas deslizantes
TB:	Formación Bogotá	Zonas de erosión en surcos y cárcavas
		Regmitas posiblemente sismogénicas

FIGURA 4.1
FOTOGRAFIA AEREA AÑO 1955

GeoIngeniería Ltda.



VUELO: C 743 FOTOGRAFIAS No.: 170, 169 FECHA: 20 ENE/55

ESCALA: 1 : 9000 SOBRE IGAC No.: 2852

LEYENDA	
Qft:	Flujos de tierra. Masas predominantemente arcillosas
QA/tl:	Depósitos fluviolacustres de la Sabana de Bogotá
QSR/TB:	Suelos residuales ubicando la Formación Bogotá
TR:	Formación Regadera
TB:	Formación Bogotá

CONVENCIONES	
	Drenaje Natural
	Límite Litológico
	Buzamiento Fotogeológico
	Escarpe de masas deslizantes
	Zonas de erosión en surcos y cárcavas
	Regmitas posiblemente sismogénicas

FIGURA 4.2
FOTOGRAFIA AEREA AÑO 1955

GEOINGENIERIA LTDA



VUELO: C 1244 FOTOGRAFIAS No.: 31, 32, 33 FECHA: 21 MAR/69

ESCALA: 1 : 6000 SOBRE IGAC No.: -

LEYENDA		CONVENCIONES
Qft:	Flujos de tierra. Masas predominantemente arcillosas	Drenaje Natural
QA/fl:	Depósitos fluviolacustres de la Sabana de Bogotá	Límite Litológico
QSR/TB:	Suelos residuales ubicando la Formación Bogotá	Buzamiento Fotogeológico
TR:	Formación Regadera	Escarpe de masas deslizantes
TB:	Formación Bogotá	Zonas de erosión en surcos y cárcavas
		Regmitas posiblemente sismogénicas

FIGURA 4.3
FOTOGRAFIA AEREA AÑO 1969

GEOINGENIERIA LTDA

vía pasaba en un terraplén. Hacia el norte de la zona se aprecia algunos escarpes indicativos de fenómenos de remoción; es de destacar que las depresiones del oriente ya están invadidas por los patrones de vivienda. Hacia el costado occidental (en el coluvión) se aprecian tres deslizamientos someros **(Qds).**

En la Fotografía C 1438 (Figura 4.4) las variaciones de patrones, texturas y geoformas no son notoriamente diferentes de las fotos anteriores.

En la Fotografía C-2265 (Figura 4.5) la urbanización esta presente y hacia el costado norte ya se puede apreciar que los lagos artificiales han desaparecido por efectos de rellenos.

Para la ampliación de las Fotografías de 1998 correspondientes al vuelo SAV 415 (Figura 4.6) se hizo una cuidadosa observación estereoscópica y se delimitaron las zonas de relleno que cubren antiguos flujos de tierra. Así mismo sobre esta ampliación se presenta un pequeño resalto en las cubiertas de las viviendas de la urbanización en la zona que hoy se ha identificado como un deslizamiento probablemente rotacional (Qdr). También el costado oriental de la urbanización muestra una diferenciación entre suelos residuales y rellenos ejecutados durante los procesos de ejecución.

Como complemento de la información obtenida en la fotointerpretación, se presentan dos diagramas en bloque que ilustran la geología de la zona antes y después de la construcción de la urbanización (Figuras 4.7 y 4.8 respectivamente), que son complementadas con copia en acetato para asociar los hechos derivados después de la construcción.

En cuanto a los fenómenos que persisten en la actualidad se destacan el deslizamiento probablemente rotacional de la antigua vía al Llano que afecta también parte de la urbanización y es el de mayor incidencia en el área. Los otros deslizamientos detectados, tales como los escarpes erosivos en la zona del parque en la actualidad están cicatrizados.

Los flujos de tierra con sus respectivos movimientos que fueron detectados en las fotografías aéreas mas antiguas, hoy se manifiestan como fenómenos de reptación a los cuales debe adicionarse algunos movimientos locales que involucran procesos de deformación del suelo residual todos ellos aparecen en el mapa morfodinámico como se ilustra con sus respectivas convenciones (**mapa EARVA006**).

4.6 MODELO HIDROGEOLOGICO

Para la realización del modelo hidrogeológico general se identificaron inicialmente los posibles estratos acuíferos conformados por areniscas de la formación Regadera y por intercalaciones de arenisca presentes en la formación Bogotá. Posteriormente se analizaron los posibles patrones de drenaje los cuales se pueden clasificar en los que ocurren a lo largo de los acuíferos, y los que ocurren a lo largo de las fracturas, discontinuidades y zonas de falla.

Las areniscas de la formación Regadera tienen permeabilidad primaria moderada a alta y secundaria alta por efecto del alto grado de fracturación de estas rocas. A lo largo de los principales sistemas de discontinuidades se pueden producir canales preferenciales de flujo en donde también se pueden presentar altas presiones debido a la cabeza hidráulica del agua en la parte alta del cerro donde se produce la recarga.

Las intercalaciones de areniscas en la formación Bogotá normalmente son de poco espesor pero pueden estar agrupadas en secuencias que producen zonas de mayor resistencia relativa en la formación que tiene un efecto sobre la denudación diferencial de las rocas en el área. Correspondientemente las capas de la formación más arcillosas son más débiles y normalmente producen zonas más deprimidas donde posteriormente se produce depositación de material deslizado y de la denudación de la ladera en las partes más altas, o rellenos antrópicos. La permeabilidad primaria de las areniscas es moderada y la secundaria moderada a alta, pero limitada al plano mismo de la intercalación ya que las discontinuidades normalmente no son continuas entre los estratos arenosos y los de arcilla.

Los patrones de flujo ocurren desde las áreas de recarga, hacia las partes bajas. En este caso las zonas de recarga son las laderas altas al sur y occidente del área, donde el cubrimiento del terreno no es completo y las pendientes escarpadas favorecen la apertura de grietas, la concentración de flujo y la recarga de las areniscas de la formación Regadera. Las zonas de descarga pueden ser en el piedemonte, básicamente a lo largo de la vía al llano,



VUELO: C 1438 FOTOGRAFIAS No.: 36, 37 FECHA: 20 ENE/73

ESCALA: 1 : 10500 SOBRE IGAC No.: 26459

LEYENDA		CONVENCIONES
Qft:	Flujos de tierra. Masas predominantemente arcillosas	Drenaje Natural
QA/fl:	Depósitos fluviolacustres de la Sabana de Bogotá	Límite Litológico
QSR/TB:	Suelos residuales ubicando la Formación Bogotá	Buzamiento Fotogeológico
TR:	Formación Regadera	Escarpe de masas deslizantes
TB:	Formación Bogotá	Zonas de erosión en surcos y cárcavas
		Regmitas posiblemente sismogénicas

FIGURA 4.4
FOTOGRAFIA AEREA AÑO 1973

GEOINGENIERIA LTDA



VUELO: C 2265 FOTOGRAFIAS No.: 50, 51 FECHA: 27 DIC/86

ESCALA: 1 : 20800 SOBRE IGAC No.: 33684

LEYENDA		CONVENCIONES
Qft:	Flujos de tierra. Masas predominantemente arcillosas	Drenaje Natural
QA/fl:	Depósitos fluviolacustres de la Sabana de Bogotá	Límite Litológico
QSR/TB:	Suelos residuales ubicando la Formación Bogotá	Buzamiento Fotogeológico
TR:	Formación Regadera	Escarpe de masas deslizantes
TB:	Formación Bogotá	Zonas de erosión en surcos y cárcavas
		Regmitas posiblemente sismogénicas

FIGURA 4.5
FOTOGRAFIA AEREA AÑO 1986

GEOINGENIERIA LTDA



VUELO: SAV-415 FOTOGRAFIAS No.: Ampliadas 104, 105 FECHA: FEB/98

ESCALA: 1 : 4000 SOBRE IGAC No.: 8789

LEYENDA		CONVENCIONES
Qft:	Flujos de tierra. Masas predominantemente arcillosas	Drenaje Natural
QA/tl:	Depósitos fluviolacustres de la Sabana de Bogotá	Límite Litológico
QSR/TB:	Suelos residuales ubicando la Formación Bogotá	Buzamiento Fotogeológico
TR:	Formación Regadera	Escarpe de masas deslizantes
TB:	Formación Bogotá	Zonas de erosión en surcos y cárcavas
		Regmitas posiblemente sismogénicas

FIGURA 4.6
FOTOGRAFIA AEREA AÑO 1998

GEOINGENIERIA LTDA

o donde hay cambios de pendiente que conforman laderas cóncavas o con taludes de corte. El sector de la zona verde donde hay constante humedad, y el corte del muro de contención del parqueadero de los colectivos al nororiente del área, corresponden con estas condiciones.

Las altas laderas también hacen que los niveles piezométricos en los acuíferos o a lo largo de las discontinuidades puedan ser bastante altos en la parte baja. A pesar de que las presiones no ocurren a todo lo largo de la base de los depósitos sino que se concentran en la zona de las discontinuidades o estratos que transmiten el agua, su efecto de todas maneras puede ser muy importante. Esta situación es la de máxima peligrosidad para el caso de fenómenos de remoción en masa ya que las altas presiones en la base de los depósitos arcillosos ablandan la arcilla y reducen significativamente los esfuerzos efectivos produciendo un embalse interno que reduce la estabilidad de los depósitos.

La recarga a los estratos de intercalaciones de areniscas de la formación Bogotá es mucho menor, debido a la menor pendiente, a la cobertura más impermeable de los suelos naturales y al mayor aprovechamiento antrópico que también tiende a impermeabilizar el suelo por el cubrimiento con vías y edificaciones. Además los gradientes del terreno son menores y la posibilidad de que se produzcan altas presiones por niveles piezométricos altos en los acuíferos es mucho menor.

Teniendo en cuenta una localización aproximada de los estratos acuíferos y los posibles patrones de flujo y la topografía se delimitaron las cuencas de drenaje hidrogeológico y se indicaron los patrones de flujo principales y secundarios los cuales se presentan en el plano EARVA004 Geología Regional.

El análisis del plano EARVA004 muestra que en la zona del proyecto se pueden delimitar tres zonas con características similares de flujo hidrogeológico. La primera corresponde al sector inestable del extremo sur-occidental del área, en donde el modelo muestra el mayor potencial de flujo de agua subterránea debido a la cercanía con los acuíferos de la formación regadera que en el sector tiene su mayor espesor y que pueden drenar por gravedad y a lo largo de fracturas hacia el sector inestable. También confluyen hacia este sector posibles estratos acuíferos de la formación Bogotá desde el sur. Estos estratos a su vez pueden actuar como interceptores de flujos de la ladera al occidente y conducirlos hacia el área del deslizamiento. Estas condiciones son consistentes con el comportamiento observado de agua en el sector el cual indica que ha habido presiones muy altas capaces de inestabilizar el sector; que estos flujos han sido concentrados, y que aparentemente han provenido principalmente del sector sur del área.

La siguiente zona corresponde al borde sur-oriental del área de estudio. A lo largo de este tramo se interceptan los posibles acuíferos de intercalaciones de la formación Bogotá, los cuales como ya se indicó tienen un menor potencial de flujo. También se intercepta, o bordea la zona de lineamiento descrito en este capítulo y se presenta en el plano EARVA005 Geología local, el cual seguramente corresponde a una zona de alta permeabilidad. Esta zona es a su vez un cauce que puede dar lugar a flujos de agua desde las partes más altas del sur-oriente hacia la parte baja de la urbanización.

El resto del área corresponde a zonas de bajo gradiente topográfico con espesores variables de depósitos que cubren posibles estratos acuíferos de la formación Bogotá. Estas zonas están bastante alejadas de las zonas de recarga y no hay evidencia de que en estos sectores haya flujos de agua subterránea. Por lo tanto aún si se presenta el flujo y pueda haber agua en los acuíferos en la base de los depósitos, las presiones que se pueden presentar son muy bajas y no representan una situación de riesgo para la estabilidad.

De acuerdo con estas observaciones, en el Plano EARVA004 Se presenta la zonificación correspondiente a las condiciones de flujo de aguas subterránea identificadas, las cuales tienen injerencia sobre la evaluación de la amenaza que se hace mas adelante.

Al analizar las fotografías áreas donde están los flujos de tierra antes de la construcción de las viviendas, las depresiones de los flujos de tierra mostraban tonos más oscuros que indican un mayor contenido de humedad concluyéndose que en la zona de cambio de suelos residuales a flujos de tierra se pueden presentar algunos manantiales.

En cuanto a la presencia de agua subterránea esta se supone de la observación de las fotografías aéreas antes de la construcción ya que los flujos de tierra presentan una tonalidad oscura que indican un mayor grado de humedad que los suelos residuales y así mismo en este tipo de morfologías en el contacto suelo residual - flujos de tierra normalmente se presentan acumulaciones de agua en profundidad y que durante las épocas invernales pueden llegar a formar manantiales en superficie. En la actualidad

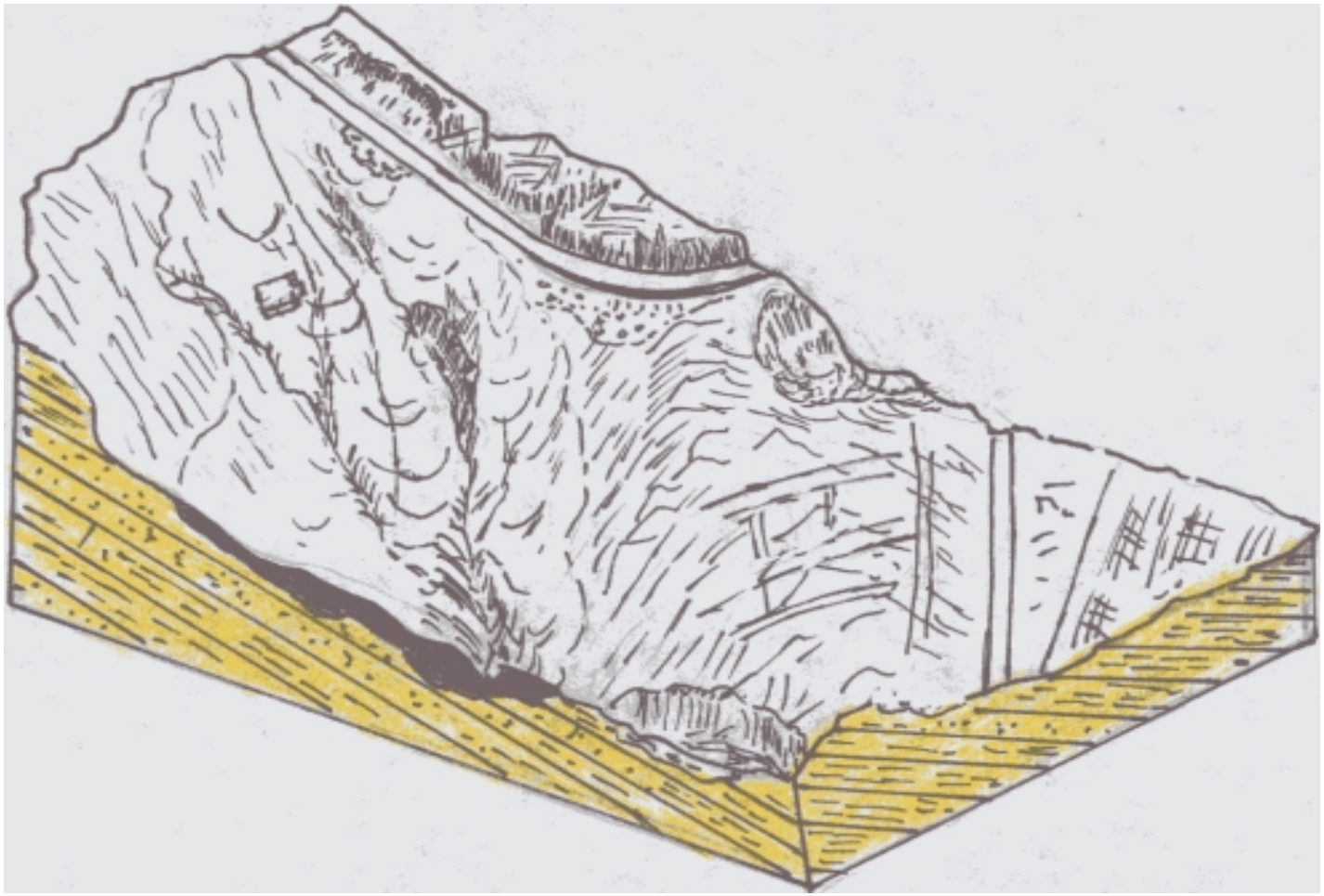


FIGURA 4.7
DIAGRAMA EN BLOQUE ANTES DE CONSTRUIDA LA URBANIZACION
BASADO EN FOTO C-1244-32

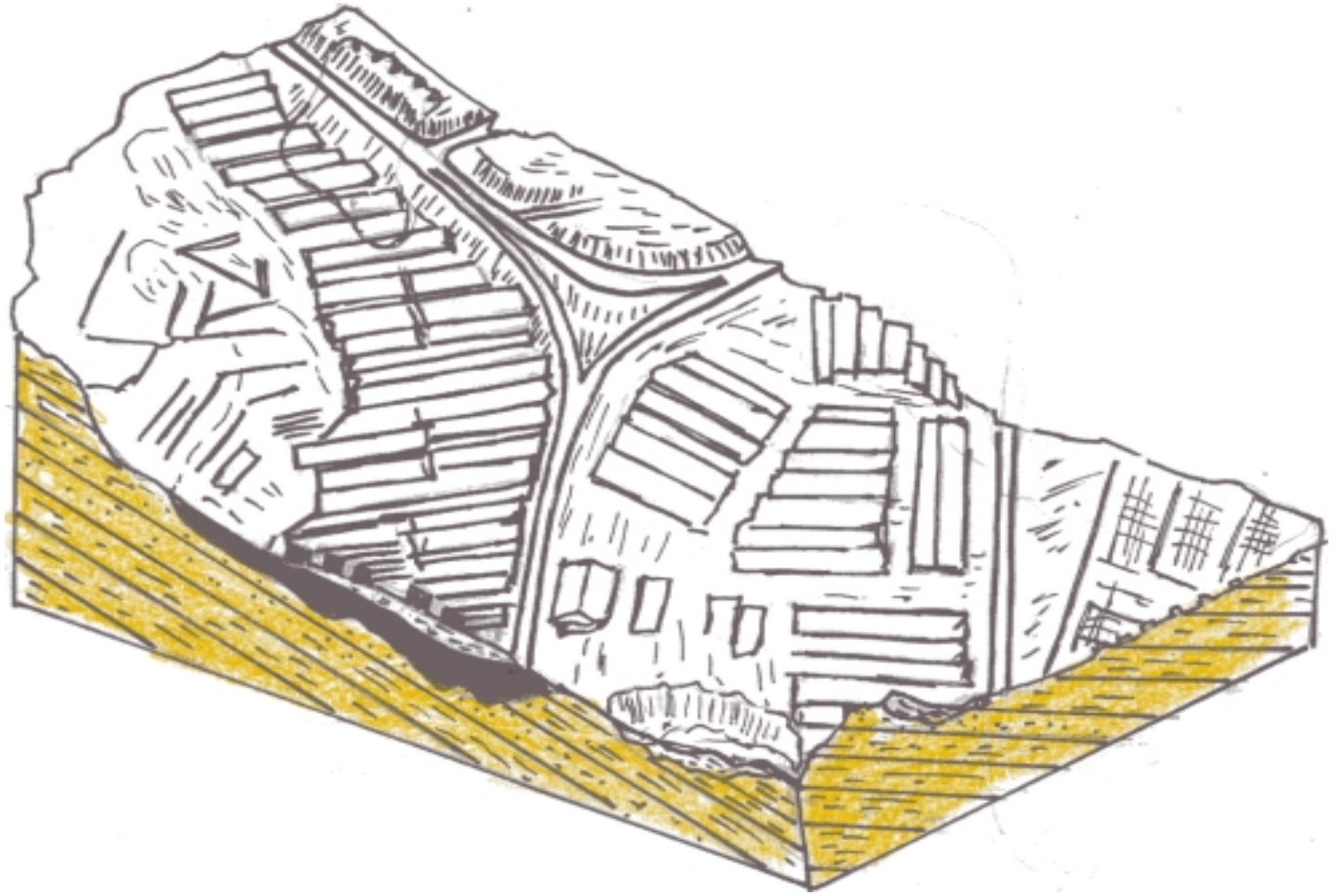


FIGURA 4.8
DIAGRAMA EN BLOQUE ANTES DE CONSTRUIDA LA URBANIZACION
BASADO EN FOTOS 1998

algunas zonas presentan un alto contenido de humedad principalmente se evidencia en el área verde donde se localiza el parque vecino al Barrio el Angulo, allí en la parte baja de la ladera hay un encharcamiento que contribuye con el movimiento del sector. Cerca de esta zona, en el parqueadero aledaño se ubica un sitio puntual de afloramiento continuo de agua el cual ha sido controlado por los habitantes, mitigando los daños periódicos en la estructura de la vía y empleándolo como fuente "natural" de agua con diversos usos. De acuerdo con la información suministrada por la Organización Luis Carlos Sarmiento Angulo Ltda existe un sector perteneciente al cuerpo del deslizamiento donde en junio de 1.999 la firma Luis Fernando Orozco Cia Ltda. instaló cinco piezómetros y cinco inclinómetros los cuales reportaban un afloramiento de agua continuo en las perforaciones 13 y 14 hacia el costado suroriental del deslizamiento, actualmente el sondeo 13 aún presenta agua en el sitio del inclinómentro mientras el 14 fue cubierto por las obras de drenaje que recientemente se realizaron para la estabilización del sector. Adicionalmente hay evidencia puntual en algunas viviendas de presencia de agua que los habitantes han considerado como aljibes.

4.7 CONCLUSIONES

- La zona de estudio corresponde al piedemonte suroriental de la antigua vía al Llano donde afloran las formaciones Bogotá y Regadera.

- La zona hace parte del flanco oriental del sinclinal de Usme.

- La urbanización Villa de los Alpes se halla sobre una contrapendiente estructural donde se desarrollan corrientes subsecuentes que colectan algunos cauces obsecuentes. En el pasado la depresión en su costado oriental pudo estar formada por una superficie estructural pero hoy en día no se conoce este paleorelieve, pues fue cubierto por flujos de tierra y depósitos antrópicos.

- El estudiog comparativo de fotografías desde 1955 a 1973 muestra la presencia de flujos de tierra rellenando paleorelieves.
- En la fotografía C-743 (Copia láser) se aprecia una regmita probablemente sismogénica.

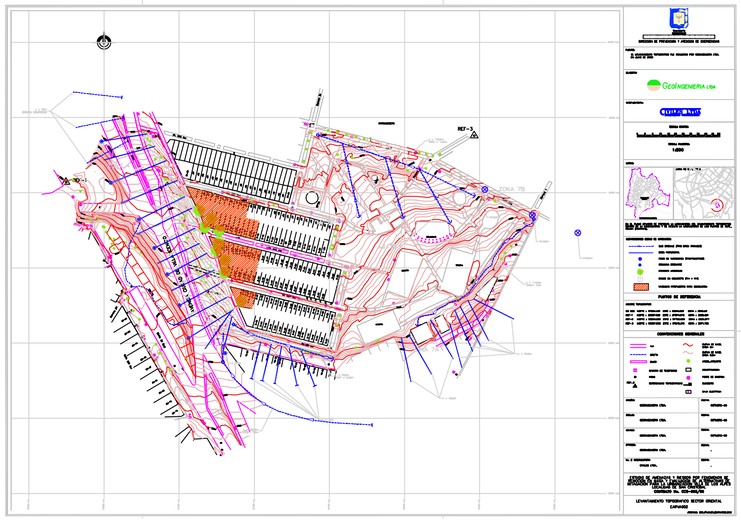
- Las fotografías de 1986 y 1998 muestran un patrón de urbanizaciones que han enmascarado la morfología antigua.

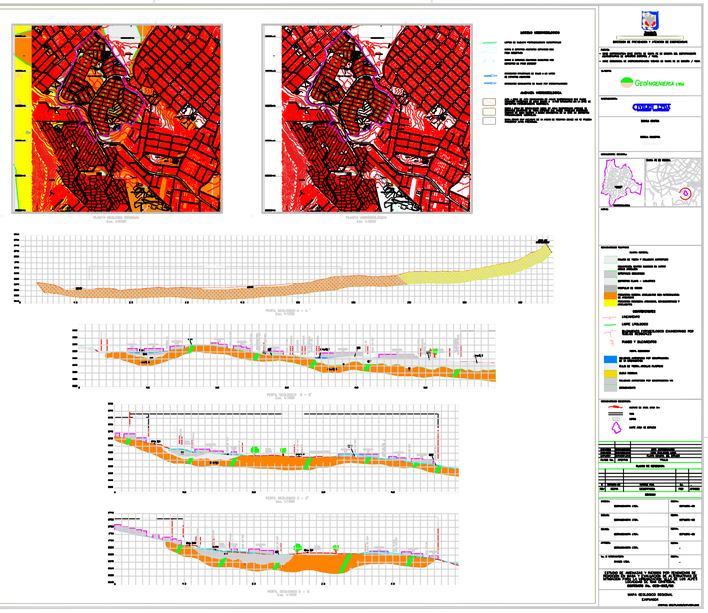
- Según los estudios de fotografías aéreas en los flujos de tierra identificados había una mayor concentración de humedad que en los suelos residuales, condición que generó un proceso de inestabilidad en forma de movimientos lentos superficiales que fueron identificados antes de los procesos de construcción.

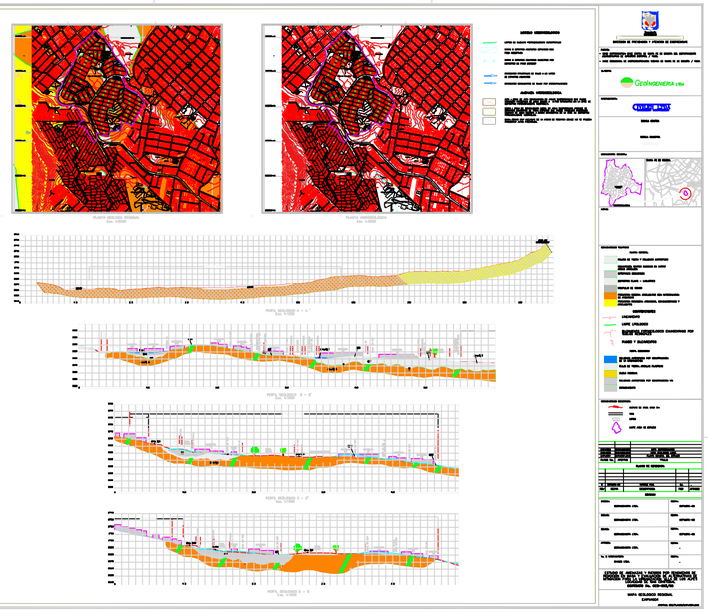
- La acumulación de agua en el contacto suelo residual – flujo de tierra puede desarrollar zonas de debilidad por las cuales se desarrollan superficies de deslizamiento con mayor facilidad.

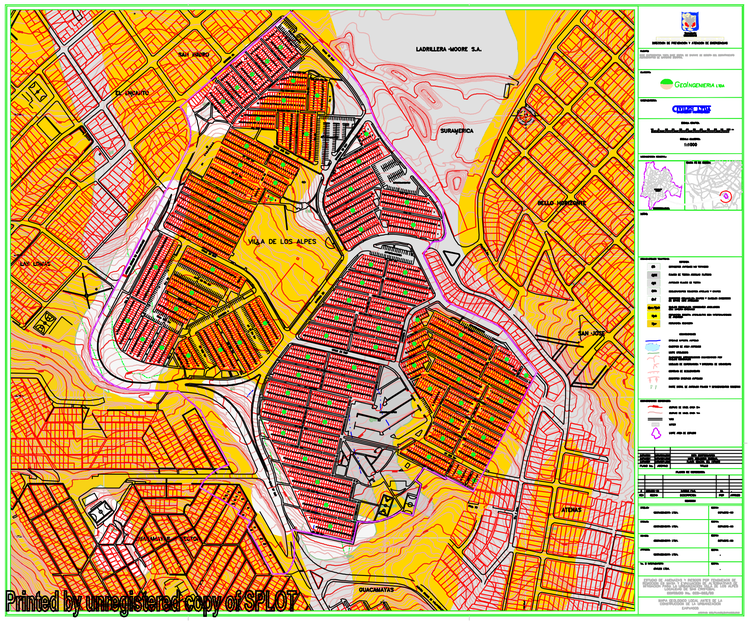
- La fotointerpretación detallada de la zona del deslizamiento en las fotos de 1969 y 1973 muestran algunas señales de movimiento lento en el área.

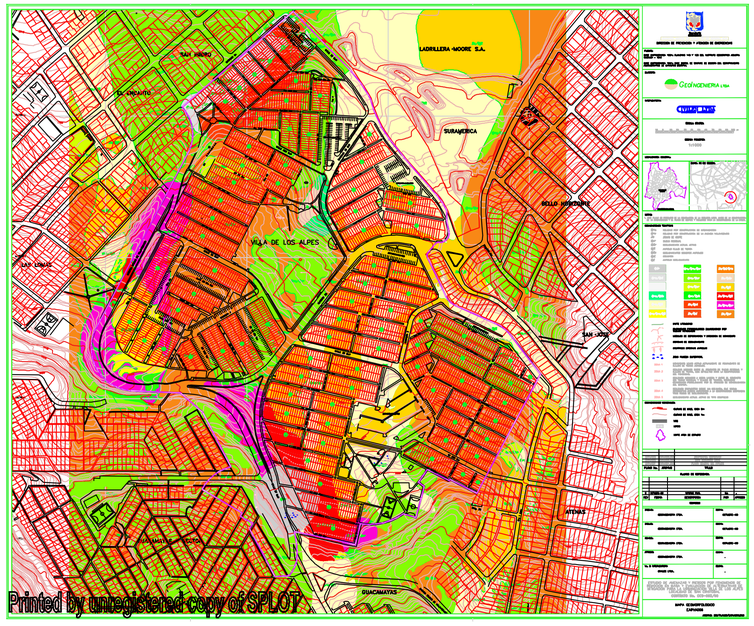

VILLA DE LOS ALPES
LOCALIZACIÓN GENERAL




PLANTA GEOLÓGICA TRAMO I
Escala 1:10000
PLANTA GEOLÓGICA TRAMO II
Escala 1:10000
LEYENDA GEOLÓGICA
PERFIL GEOLÓGICO 0 + 0 - 0 + 400
Escala 1:1000/1000
PERFIL GEOLÓGICO 0 + 400 - 0 + 800
Escala 1:1000/1000
PERFIL GEOLÓGICO 0 + 800 - 1 + 200
Escala 1:1000/1000
PERFIL GEOLÓGICO 1 + 200 - 1 + 600
Escala 1:1000/1000


PLANTA GEOLÓGICA TRAMO I
Escala 1:10000
PLANTA GEOLÓGICA TRAMO II
Escala 1:10000
LEYENDA GEOLÓGICA
PERFIL GEOLÓGICO 0 + 0 - 0 + 400
Escala 1:1000/1000
PERFIL GEOLÓGICO 0 + 400 - 0 + 800
Escala 1:1000/1000
PERFIL GEOLÓGICO 0 + 800 - 1 + 200
Escala 1:1000/1000
PERFIL GEOLÓGICO 1 + 200 - 1 + 600
Escala 1:1000/1000


LADRILLERA MOORE S.A.
SAN PEDRO
EL UMBRAITO
SURAMERICA
BELLO HORIZONTE
VILLA DE LOS ALPES
LAS LOMAS
SAN JOSE
ATENAS
GUACAMAYAS
Printed by unregistered copy of SPLOT



Printed by unregistered copy of SPLOT