CAPÍTULO

9.0

CONTENIDO

Contenido 1

Conclusiones 2

CAPÍTULO

9.0

CONCLUSIONES

Una vez efectuadas las actividades de investigación y análisis descritas a lo largo del presente estudio se sintetizan a continuación los principales resultados obtenidos.

En lo relacionado con la geología regional, las rocas que afloran en la Localidad de San Cristóbal corresponden al Grupo Guadalupe (Formaciones Arenisca Dura (Ksgd), Nivel Plaeners (Ksgp), Arenisca de labor (Ksgl) y Arenisca Tierna (Ksgt)) del Cretáceo Superior, a la Formación Guaduas del Cretáceo – Terciario (K-Tg) y a las formaciones Cacho (Tpc) y Bogotá (Tpb) del Terciario. Discordantemente sobre las rocas cretáceas y terciarias aparecen importantes depósitos cuaternarios (Depósitos de Pendiente Coluviales (Qdlc) y Depósitos de Pendiente talus (Qdlt)), además de los suelos residuales (Qsr) y los rellenos antrópicos (Qra).

El área de estudio se enmarca en una zona muy compleja desde el punto de vista estructural y según la información secundaria recolectada, se pueden distinguir varios sistemas de estructuras:

- Sistema de estructuras N – S: Sinclinal de Usme – Tunjuelito, anticlinal de Bogotá y falla de Bogotá.
- Sistema de estructuras E – W y NW – SE: Falla El Zuque y Falla de San Cristóbal.

La geología local del área muestra los siguientes materiales que constituyen superficialmente la zona: Formación Bogotá (Tpb), rellenos antrópicos de escombros (Qra-e), rellenos antrópicos terraceados (Qra-t) y depósitos de pendiente (Qdp).

La característica geoestructural más importante en el área estudiada es el alto grado de fisuramiento de las arcillolitas de la Formación Bogotá, que hacen de estas rocas materiales “semipermeables”, y el fracturamiento de los estratos de arenisca interestratificados (dos sistemas de diaclasas principales, con buzamiento relativamente vertical); además esta última también presenta permeabilidad primaria. Bajo estas condiciones y los planos de estratificación, “el macizo en roca blanda” presenta una permeabilidad secundaria y, en términos hidrogeológicos, las rocas clasificarían como un acuicierre (permiten el almacenamiento pero no el flujo del agua subterránea).

El área de recarga es bastante grande, toda vez que las aguas que confluyen en inmediaciones de las manzanas 15 y 16 así como en la Zona de Cesión Tipo A no son solamente las que se infiltran en la ladera, sino las que provienen desde áreas localizadas mucho más arriba de la Urbanización; es de aclarar que las rocas de la Formación Cacho aflorantes en el sector de la Planta Vitelma pueden estar almacenando aguas provenientes del Grupo Guadalupe y la Formación Guaduas que se encuentran topográficamente más arriba, y de la misma forma puede estar aportando aguas a la Formación Bogotá, que se encuentra topográficamente más abajo de la formación Cacho.

Geomorfológicamente, en términos generales, las unidades presentes a nivel local son de dos tipos: Las de origen antrópico, que corresponden básicamente a áreas donde se han efectuado rellenos compactados y sin compactar, botaderos, apilamientos de material y movimientos de tierra en general. Las de origen natural que tienen que ver con los afloramientos de material *in situ* (rocas de la formación Bogotá), donde los procesos morfodinámicos tienen que ver con la erosión diferencial y eventualmente la caída de bloques.

El inventario de procesos morfodinámicos permitió la identificación de los siguientes procesos: Deslizamientos; flujos de tierra; reptación en laderas; erosión diferencial en estratos; erosión laminar y en surcos; afloramientos de agua; apozamientos; cortes en roca; explanaciones, rellenos y terraceos; rellenos a media ladera y apilamiento de materiales; y daños en infraestructura física.

De acuerdo con las investigaciones geotécnicas se identificaron seis tipos de materiales, según el perfil estratigráfico que se registra a continuación:

- Nivel 1: Rellenos Antrópicos en áreas inestables: Material de composición arcillo limosa de consistencia baja a media, humedad natural hasta del 18,3%. Su peso unitario es de 1,87 ton/m³ y clasifica como arcilla limosa a limo arcilloso CL-ML de acuerdo con la USCS. Con respecto al estudio geológico, corresponden a la unidad (Qdp). Estos materiales se encuentran contaminados de material orgánico y escombros de construcción.

- Nivel 2: Rellenos Antrópicos terraceados**:** A diferencia del anterior, este tipo de relleno es clasificado, aunque también es de composición arcillo limosa de consistencia media, humedad natural hasta del 20,1%. Su peso unitario es de 1,87 ton/m³ y clasifica como arcilla limosa a limo arcilloso CL-ML de acuerdo con la USCS. Con respecto al estudio geológico, corresponden a la unidad (Qra-t) del estudio geológico.

- Nivel 3: Suelo Residual en proceso de falla: Arcilla gris clara de consistencia media a dura, su espesor varía entre 2 m y 4 m; clasifica como suelo CL-CH (arcilla de media a alta plasticidad), según la USCS. Su peso unitario es de aproximadamente 2,14 ton/m³ y la humedad natural alcanza valores hasta del 30,2 %.

- Nivel 4: Suelo Residual *in situ*: Arcilla gris clara rojiza, de consistencia blanda a dura, su espesor varía entre 2 m y 3 m; clasifica como suelo CH - CL (arcilla alta a media plasticidad), según la USCS. Su peso unitario es de aproximadamente 2,14 ton/m³ y la humedad natural alcanza valores hasta del 21 %. Los suelos residuales fueron identificados en el estudio geológico con la nomenclatura (Qsr).

- Nivel 5: Saprolito: Arcilla rojiza, con vetas amarillas y óxidos de hierro, de consistencia dura y humedad media a alta. El espesor aproximado es de 3 m a 4 m.

- Nivel 6: Arcillolitas de la fomación Bogotá (Tpb). Arcillolitas fisuradas y duras. Se encuentra a partir de los 8 m de profundidad en la zona de deslizamiento. Su peso unitario puede ser de 2,3 ton/m³. Las arcillolitas se encuentran interestratificadas con areniscas, pero en general la formación Bogotá es de característica blanda, razón por la cual se considera que son las arcillolitas las que gobiernan el comportamiento geotécnico de la ladera en general.

Los análisis de estabilidad efectuados para el talud inestable de la Zona de Cesión tipo A, permiten concluir que el talud se encuentra en estado de falla, con factores de seguridad ligeramente por debajo a la condición de equilibrio (FS=1,0) y que el deslizamiento es de carácter retrogresivo, por lo que puede llegar a involucrar una mayor área a la actualmente afectada en la zona de parqueadero, reduciendo por tanto las condiciones de seguridad de la Urbanización. Bajo la condición pseudoestática se puede producir el colapso de la masa inestable. Se emplearon los parámetros de resistencia mostrados en la **TABLA 9.1**.

TABLA 9.1
PARÁMETROS DE RESISTENCIA EMPLEADOS PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

TIPO DE MATERIAL	PESO UNITARIO HÚMEDO (ton/m^3)	PESO UNITARIO SATURADO (ton/m^3)	Ru	COHESIÓN Kg/cm^2 (ton/m^2)	FRICCIÓN ϕ (°)
RELLENO (NIVEL 1)	1,87	2,0	0,50	0	24
RELLENO (NIVEL 2)	1,87	2,0	0,50	1	26
RESIDUAL (NIVEL 3)	2,14	2,2	0,50	1	20
RESIDUAL (NIVEL 4)	2,14	2,2	0,50	2	26
SAPROLITO (NIVEL 5)	2,2	2,3	0,50	3	28
ROCA (NIVEL 6)	2,3	2,4	0,50	4	30

En términos generales, en la región son comunes los procesos de inestabilidad debido principalmente a sus condiciones geológicas (litológicas y estructurales) y procesos de intervención antrópica.

En el estudio de suelos de la Urbanización, efectuado en 1993, se describió la zona de estudio como un área inestable debido a cortes efectuados en la parte baja del talud para la explotación de arcillas por parte de una fábrica de ladrillos vecina del sector; de acuerdo con las observaciones efectuadas, Constructora Colmena no siguió las recomendaciones del Ingeniero Geotecnista para su estabilización.

Pueden atribuirse las siguientes causas al deslizamiento activo en la zona de cesión tipo A y parqueaderos:

- Causas contribuyentes: Condiciones litológicas y estructurales, presencia de agua permanente, sobrecarga en la corona e inestabilidad del área no tratada oportunamente.

- Causas detonantes: El corte efectuado en la parte baja, en el predio denominado Los Tukanos.

- Causas circunstanciales: Las fuertes lluvias registradas en el período invernal de noviembre de 2003.

No hay evidencias de que exista una relación directa entre el deslizamiento y los agrietamientos en las manzanas 15 y 16. Los daños, en general, son consecuencia de oscilaciones del nivel freático, debido a los cambios climáticos, por lo que se generan subpresiones muy cerca de la interfase rellenos-suelos residuales lo que conlleva a asentamientos diferenciales en los distintos elementos. También pueden estar asociados, aunque en menor grado a cambios volumétricos en el suelo.

El macizo rocoso es cinemáticamente estable; sin embargo como consecuencia de procesos de erosión diferencial se pueden generar caídas de bloque de roca, de menor tamaño (menos de 40 cm), toda vez que las areniscas se encuentran altamente fracturadas.

En cuanto al control topográfico de movimientos, no se observaron desplazamientos en las viviendas durante el período de observación. La masa inestable presentó velocidades aproximadas de 4 cm por mes en el mismo período.

La evaluación de amenaza muestra que en la zona de cesión tipo A y sus respectivas proyecciones en el lote Los Tukanos y la zona de parqueaderos de La Roca se presenta amenaza media y alta, con probabilidades de falla a 10 años entre 0,17 y 1,00; la manzana 16 presenta amenaza media, al igual que el salón comunal; la manzana 15 tiene amenaza entre baja y media. En otros sectores de la zona de estudio se observa amenaza alta por caída de bloques y por flujos de tierra.

En cuanto al inventario de elementos expuestos, cabe decir que los elementos físicos fueron inventariados en su totalidad, aunque en varias viviendas no se obtuvo información sobre daños, número de ocupantes y otros datos, ya que varios miembros de la comunidad se negaron a responder la encuesta.

De los elementos inventariados, 48 se destinan a vivienda, uno a la celebración de reuniones sociales y culturales y el resto corresponde a la dotación urbanística y de servicios de la zona construida del área de estudio.

Todos los apartamentos, de un solo nivel, se localizan en edificios de tres pisos cada uno, construidos en mampostería estructural con placa de entrepiso prefabricada y cimentación de placa con nervaduras (este último dato inferido del estudio de suelos del Ing. Héctor Parra Ferro).

Las principales características en este aspecto son:

- Predomina una familia por predio.

- Es común una ocupación entre 4 y 6 personas por predio. La capacidad del Salón Comunal fue estimada por el Presidente de la JAC en 250 personas.

- El valor típico de familias por predio es de una y de habitantes por predio entre 4 y 6. La mayoría de las familias censadas cuentan entre 4 y 5 miembros.

- La mayoría de cabezas de familia tiene edades entre los 31 y 60 años; debe registrarse que hay una mayor de 60 años. El 70,59% de jefes de hogar son de género masculino y más del 97% se encuentra empleado. Los niveles educativos de los mismos señala que más del 50% cursó hasta bachillerato.

- Respecto al sistema familiar de salud la mayoría se encuentra afiliada a EPS o al Seguro Social.

- El acceso a los medios de comunicación es claramente dominado por la televisión ya que el 100% ve televisión diariamente, seguido de la radio.

- La población tiene ingresos familiares mensuales entre 1 s.m.m.l.v. y 3 s.m.m.l.v.

- 33 familias cuentan con familiares en otras zonas de la ciudad y solo 1 familia no tiene familiares ni amigos en ninguna zona de la ciudad.

- Se estableció que ninguna familia cuenta con discapacitados o personas que no hablen el idioma castellano en su hogar.

Con base en la información recabada se pudo establecer que en el área de estudio se desarrollan las siguientes actividades principales:

- Habitación.

- Recreación.

- Reuniones sociales y culturales.

- Movilidad.

Algunas sustancias pueden generar amenaza tecnológica por fuga, derrame, explosión y/o incendio o pueden agravar una situación originada por otro tipo de evento, pero de acuerdo con la información suministrada por los habitantes, en ninguna de las viviendas se almacenan ese tipo de sustancias, aunque se maneja gas natural, el cual se encuentra instalado en todos los apartamentos del sector.

No se observó que se realizaran procesos industriales o comerciales (Lavanderías, fábricas, etc.) que generen condiciones de riesgo adicional.

En términos generales, la población tiene conciencia de que se encuentra en algún nivel de peligro, aunque no conoce con profundidad el o los fenómenos que pueden llegar a afectarle.

De igual manera, se observa una alta sensibilidad de la comunidad frente a los daños presentados, llegando en casos a magnificarlos, lo que puede estar generando un cierto nivel de angustia colectiva que será necesario, por parte de las autoridades competentes, reducir a través de medidas adecuadas de gestión de riesgos.

El análisis de la vulnerabilidad de elementos físicos muestra que, en general es baja, con excepción de los parqueaderos, la zona de cesión tipo A y las vías carrera 5 este y 6 este. La vulnerabilidad de la población es en general baja, y la actividad más vulnerable es la recreación.

La materialización de la amenaza, bajo las condiciones de vulnerabilidad establecidas, implica unas pérdidas económicas directas por afectación de elementos físicos del orden entre los US$450.000,00 y los US$500.000,00. Debe aclararse que estos datos no constituyen una predicción de las pérdidas, ni un cálculo de las pérdidas de cada predio o zona, sino una estimación aproximada de las potenciales pérdidas que se pueden presentar con el fin de tomar las decisiones de gestión de riesgos más apropiadas.

Al establecer la estimación de la población proyectada total, incluyendo el escenario de ocupación total del salón comunal, y la vulnerabilidad de las personas se pudo determinar la población potencialmente afectada por los eventos estudiados. Según este ejercicio se establece que pueden resultar afectadas 40 personas.

Se plantearon cuatro alternativas relacionadas con obras físicas que permitan la estabilización y control del principal proceso de remoción en masa presente en el área, como es el deslizamiento activo localizado en la zona de cesón tipo A, aunque se requiere una intervención integral considerando diversas medidas de gestión de riesgos.

Considerando los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, se seleccionó una obra que consiste en una cortina con pilotes empotrados en el macizo rocoso, arriostrados con una pantalla anclada en la parte superior, y una pantalla anclada en la parte media del talud inestable, que provee factores de seguridad aceptables, incluso en análisis pseudoestático con sismo de 0,30 g, permite estabilizar y recuperar toda la zona (tanto el parqueadero, como la zona de cesión tipo A), presenta el menor costo relativo y un bajo impacto ambiental y social.