ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS DE RIESGO IMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE CHAPINERO, SANTAFÉ, SAN CRISTÓBAL Y RAFAEL URIBE DE LA CIUDAD DEBOGOTÁ D.C.

SITIO 5 – URBANIZACIÓN ZARAZOTA
LOCALIDAD RAFAEL URIBE
INFORME FINAL

Consorcio PI-LAMBDA
(Conformado por GEOCING LIMITADA y el Ing. MIGUEL ANGEL RABA M.)

CONSULTORIA

CONTRATO: No. 453 de 2005

FONDO PARA PREVENCIÓN Y ATENCION DE EMERGENCIAS - FOPAE

BOGOTA AGOSTO 2006

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

TITULO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE CHAPINERO, SANTAFÉ, SAN CRISTÓBAL Y RAFAEL URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

SITIO 3 – URBANIZACIÓN ZARAZOTA

LOCALIDAD RAFAEL URIBE

AUTORES: Consorcio PI-LAMBDA (conformado por GEOCING LIMITADA y el Ing. MIGUEL ANGEL RABA M.)

RESUMEN: En este informe se presentan los diseños de obras, presupuesto y especificaciones técnicas en el sitio ubicado en la antigua carrera 5 J No 47-30 sur, hoy calle 48 bis sur No 9-24 Urbanización Zarazota en la localidad de Rafael Uribe, Bogotá D.C.,

PALABRAS CLAVE: Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Fenómenos de Remoción en Masa, Deslizamientos, Urbanización Zarazota, Localidad de Rafael Uribe.

TÉRMINOS PARA GLOSARIO E ÍNDICE:

Fenómenos de remoción en masa: Deslizamientos de tierra,

Amenaza: Probabilidad de excedencia de un fenómeno dado.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD:	CONTRATO:	IDIOMA:	NÚMERO DE PÁGINAS:	NÚMERO DE COPIAS:
Clasificado	No. 453 de 2005	Español	36	4

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

CLASE DE DOCUMENTO:	CODIGO:	FECHA:
Informe Final	GE-131-4	06/10/2006

LISTA DE DESTINATARIOS

DESTINATARIO DEL INFORME	IDENTIFICACION
FOPAE	ORIGINAL
FOPAE	COPIA 1
FOPAE	COPIA 2
FOPAE	COPIA 3
Consorcio PI-LAMBDA	COPIA 4

CONTROL DE MODIFICACIONES

INDICE REVISIÓN	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACION	OBSERVACIONES	APROBADO

GLOSARIO

Amenaza
Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso en un periodo de tiempo, en un sitio dado.

Antropico
Se refiere a todas las actividades mediante las cuales el hombre transforma el medio natural, tales como obras civiles, Deforestación, Minería, Actividades Agrícolas, Sobrepastoreo, Uso del suelo.

Cuenca
Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones

Deslizamientos
Son movimientos en masa que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies de falla ó a través de una franja relativamente estrecha del material. Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles o pueden deducirse razonablemente.

Deslizamientos Rotacionales
Tienen lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna, de forma aproximadamente circular y cóncava.

Deslizamientos Traslacionales
En este tipo de deslizamientos la masa de terreno se desplaza hacia fuera y abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada, con pequeños movimientos de rotación.

Escarpe
Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia de área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla

Geomorfología
En pocas palabras, la geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre; pues, según las partículas que componen el término, "geo" es tierra, "morfo" es forma y "logía" es tratado o estudio. Por lo tanto, esta ciencia se remite sólo al estudio de la topografía terrestre. En otras circunstancias, en el estudio de los paisajes de otros astros deberá omitirse el término "geo", y se podrá decir, por ejemplo, morfología de la luna, morfología de marte, etc. En esos casos, se supone, que habrá toda otra serie de factores muy diferentes a los de la tierra que han dado lugar a la fisonomía de los paisajes en dichos astros.

Riesgo
Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una fusión de la amenaza y la vulnerabilidad.

Superficie De Falla
Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

Vulnerabilidad
Es el grado de perdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultados de la probable ocurrencia de un suceso desastroso.

FOPAE

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE CHAPINERO, SANTAFÉ, SAN CRISTÓBAL Y RAFAEL URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Contrato de Consultoría No. 453 de 2005

CONSORCIO PI - LAMBDA
Informe Sitio No. 4
Urbanización Zarazota
Trabajo No. 190 - 06

1. INTRODUCCIÓN:

1.1. Generalidades:

En cumplimiento del Contrato de Consultoría No. 453/05, suscrito entre el FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE) y el CONSORCIO PI – LAMBDA (constituido por Geocing Limitada y el Ingeniero Miguel Ángel Raba M.), cuyo objeto es la "Elaboración de diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios de riesgo inminente por remoción en masa en las localidades de Chapinero, Santa fe, San Cristóbal y Rafael Uribe de la Ciudad de Bogotá D.C.", se presenta este documento que contiene el Informe del Sitio No. 4, localizado en la Urbanización de Zarazota, de la localidad de Rafael Uribe.

Por medio de este estudio se pretenden determinar las causas de los problemas de estabilidad que se están presentando actualmente en un sector de la Urbanización Zarazota, y efectuar los respectivos diseños geotécnicos para las obras de mitigación. Con el fin de cumplir con este objeto, se realizó un reconocimiento del sitio por parte de los especialistas en Geología y Geotecnia, y se desarrolló un programa de exploración geotécnica del subsuelo con base en trincheras, apiques, y perforaciones distribuidas en el sitio de estudio.

Basados en los resultados de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio, se efectuaron los análisis de ingeniería, tendientes a determinar las causas del problema y a efectuar el planteamiento de las posibles alternativas de solución.

1.2. Descripción del problema:

El sitio de estudio se encuentra localizado en la antigua carrera 5 J No 47– 30 sur, hoy calle 48 B bis sur No 9 - 24, de la Urbanización Zarazota en la localidad de Rafael Uribe, al suroriente de la ciudad de Bogotá.

1.2.1. Diagnóstico Preliminar:

En el mes de Enero del año de 1997 la firma de INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA (IGL) presento el informe "Asesoria Geotecnica para el tratamiento de la zona inestable en un sector del borde sur de la urbanización Zarazota" donde describe con detalles los estudios efectuados y las obras realizadas para la mitigación del riesgo por deslizamiento en el mencionado talud sur.

Luego, tras un diagnostico técnico para la firma SOLUCIONES URBANAS, COMPAÑÍA CONSTRUCTORA LTDA. (IGL) dio un concepto sobre los problemas que estuvieran presentándose en el área sur oriental, concluyendo los siguientes aspectos sobre el sitio de estudio de este informe:

- En el pasadizo del sector sur oriental se halla un muro el cual presenta varias fisuras y manchas de humedad los cuales se atribuyen al drenaje inoperante ya que las tuberías instaladas para tal fin se encuentran tapadas.

- Advierten además de un riesgo serio de la ocurrencia de fenómenos de erosión, flujos de tierra y lodos y deslizamientos masivos locales.

- Por ultimo recomiendan mejorar las condiciones de drenaje de la zona, creando nuevos sistemas y realizando el mantenimiento a los existentes; adecuar un sistema de protección de taludes con revegetalización.

Finalmente en mayo 10 de 2006 la dirección de prevención y atención de desastres emitió el diagnostico técnico No DI-2854, efectuado por causa de la reactivación de desprendimientos y movimientos del terreno, que afectaron la estructura de la vivienda ubicada en la calle 48Bis B sur # 9 – 24, recomendando finalmente entre otras:

- Incluir el sector del presente diagnostico en la base de datos de sitios críticos por fenómenos de remoción en masa de la DPAE, para intervención con medidas de mitigación de riesgo; lo cual dependerá de una priorización técnica que se le asigne al sitio y a la disponibilidad de recursos tanto del Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias, FOPAE, como del fondo de desarrollo local.

1.2.2. Situación actual:

Se realizo una visita de reconocimiento el mes de junio de 2006 encontrándose los siguientes aspectos:

- Las viviendas de la urbanización Zarazota fueron construidas 12 años atrás sobre suelo residual y roca, en la parte alta de un talud de corte; en la parte baja del talud se encuentra un paso peatonal.

- El tipo de cimentación, consiste en una viga de amarre continua entre las viviendas, sobre un relleno de poco espesor o roca, según el punto de localización.

- La casa identificada con el No 9-24 presenta problemas en la zona de patio, (ver fotografía 1), debido a que los cimientos en este lugar están sobre un relleno muy suelto, que colapsó por acción de cargas de los muros y la presencia del agua en el suelo; la casa con el No 9-28, continua a la anterior, está cimentada en su parte trasera sobre suelo limoso residual de no muy buen buenas condiciones geotécnicas, sin embargo tiene una cubierta en teja improvisada por el propietario del predio que no permite el ingreso de agua al suelo, lo cual ha permitido que se mantenga en perfecto estado.

- Las restantes cinco (5) viviendas que componen la manzana en estudio se encuentran en buenas condiciones estructurales y cimentadas sobre material rocoso de la zona.



Fotografía 1. Daños producidos en el patio de la casa No 9-24.

- Al sur, en la parte baja del talud que colinda con el paso peatonal, se tiene un muro de gavión de dos cuerpos que sirve como contención de un relleno limo

arenoso blando, este muro de gavión se encuentra cimentado sobre arcillolitas que debido a procesos erosivos por causa del agua, se han venido derrumbando y provocando un leve basculamiento del muro hacia el paso peatonal.

- Siguiendo por el paso peatonal hacia el norte y bajo la casa con el numero 9-24, y 9-28, se encuentra un muro de piedra pegada pañetado, el pañete está fracturado por los efectos del empuje del agua ya que los filtros instalados están totalmente colmatados y no permiten el drenaje del talud provocando así un abombamiento leve del pañete.
- Continuando el ascenso por el paso peatonal se encuentra una zona verde con pequeñas cicatrices de fallas o desprendimientos de material proveniente de la parte alta del talud, entre los patios de las casas No 9-32 y No 9-36 y el paso peatonal (ver fotografía 2); estos desprendimientos se han generado por la afluencia de agua de escorrentía de las casas localizadas en la parte alta y por la ausencia de sistemas de drenaje superficial.



Fotografía 2. En esta zona se han presentado derrumbes obstruyendo el paso peatonal.

- Finalmente se encontró una escalera de acceso a la parte alta del talud desnivelada por acción de un problema de reptación superficial del suelo, y una

segunda zona en la parte norte donde según testimonios de los habitantes hace unos 8 años se realizó un corte verticalizado y fue protegido con un muro de piedra pegada y ladrillo; este recubrimiento está recargado contra un suelo residual limo-arenoso muy suelto y con evidencias superficiales de deformación y en condición de estabilidad marginal (ver fotografía 3).

- En la zona de estudio de la Urbanización Zarazota no se cuenta con un sistema adecuado de captación y evacuación de aguas lluvias.



Fotografía 3. Talud existente en la zona norte de las casas, presenta deformaciones en la estructura de la escalera, y se observan fallas locales que pueden afectar el parque infantil en la parte alta.

1.3. Diagnóstico de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa, situación actual.

1.3.1. Evaluación cualitativa de la amenaza

Para la evaluación cualitativa de la amenaza se utilizó la valoración de expertos, utilizando la escala de valores presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorización de la amenaza cualitativa

CATEGORÍA DE LA AMENAZA	NIVEL

Muy alta	Significativa posibilidad de ocurrencia. Sucede algunas veces (período de retorno de aproximadamente 5 años)
Alta	Limitada posibilidad de ocurrencia. Puede suceder en forma esporádica (período de retorno de unos 10 años)
Media	Baja posibilidad de ocurrencia. Sucede muy raramente (período de retorno del orden de 25 años)
Baja	Muy baja posibilidad de ocurrencia. Sucedería en forma excepcional (período de retorno de 100 años)
Muy baja	Muy difícil que ocurra (ocurre cada 1000 años)

De acuerdo con el problema planteado, los diagnósticos previos emitidos por la DPAE y el diagnostico de emergencia, junto con la visita de reconocimiento, se estimó que la categoría de amenaza es MUY ALTA, esto se sustenta en los problemas de fracturamiento en pisos y muros de la casa con el No 9-24 y los recientes derrumbes que se vienen dando por las calles adyacentes a la pata del talud (ver fotografía 4).



Fotografía 4. Derrumbe presentado en el costado occidental del paso peatonal, se observa el fracturamiento de los recubrimientos en cemento.

1.3.2. Evaluación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad se valorará según la magnitud de las consecuencias, utilizando las siguientes variables lingüísticas:

- **Insignificante:** Pérdidas o daños despreciables.
- **Marginal:** Pérdidas o daños moderados.
- **Crítica:** Pérdidas o daños considerables.
- **Catastrófica:** Pérdidas o daños de gran magnitud.

En el caso del barrio Urbanización de Zarazota, los daños o pérdidas están representados en la afectación por daños de muros, pisos y cimentaciones de una vivienda y adicionalmente existe una potencial falla del talud en la parte norte que afectaría una zona recreativa en el lugar y un acceso peatonal; el hecho de contemplar el riesgo de la integridad de personas es motivo suficiente para considerar la vulnerabilidad como Catastróficas.

1.3.3. Determinación del riesgo:

Teniendo en cuenta la categorización de amenaza y vulnerabilidad previamente descrita, se presenta en la Tabla 2 la matriz de aceptabilidad del riesgo.

Tabla 2. Matriz de aceptabilidad del riesgo

Amenaza relativa					
	Muy Alta	Tolerable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
	Alta	Tolerable	Tolerable	Inaceptable	Inaceptable
	Media	Aceptable	Tolerable	Tolerable	Inaceptable
	Baja	Aceptable	Aceptable	Tolerable	Tolerable
	Muy Baja	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Tolerable
		Insignificante	Marginal	Critica	Catastrófica
		Vulnerabilidad relativa			

Como se puede ver en dicha figura, se identificaron tres (3) zonas o niveles de riesgo, los cuales se describen a continuación:

- Nivel de riesgo aceptable (nivel de riesgo menor del 15%)

  Un escenario situado en esta región de la matriz, significa que la amenaza - vulnerabilidad no representa un peligro significativo, por lo que no amerita la inversión inmediata en acciones específicas para la gestión sobre el riesgo.

- Nivel de riesgo tolerable (nivel de riesgo entre el 15% y el 30%)

Un escenario situado en esta región de la matriz, significa que aunque deben desarrollarse actividades para la gestión sobre el riesgo, esta tiene una prioridad de segundo nivel. Se deben ahondar los esfuerzos para disminuir la incertidumbre en la evaluación.

- Nivel de riesgo inaceptable (mayor al 30%)

Un escenario situado en esta región de la matriz, significa que se requiere siempre desarrollar acciones prioritarias e inmediatas para su gestión debida al acto impacto que tendría sobre la empresa.

Ya que la amenaza se calificó como MUY ALTA y la vulnerabilidad (consecuencias) como CATASTRÓFICA, de acuerdo con la matriz presentada se califica el riesgo como INACEPTABLE, recomendándose llevar a cabo obras de mitigación de amenaza para disminuir el riesgo.

2. TOPOGRAFÍA

2.1. Generalidades

Se efectuó un levantamiento altimétrico y planimétrico del sector de estudio que abarca un área aproximada de 1 Ha. El terreno presenta una topografía suave a inclinada, modificada por taludes altos y verticalizados como producto de adecuaciones constructivas; el sitio del levantamiento esta enmarcado entre las cotas 2.618 y 2.656 msnm.

Para la ejecución de los trabajos se utilizó una estación TOPCON GTS-235W, y una estación Total Electrónica.

Este instrumento cuenta con su respectivo Certificado de verificación Óptico- Mecánico y Electrónico, suministrado por la empresa TOPO-ESTAR, el cual se encuentra en el anexo I del informe.

2.2. Descripción de actividades

Los trabajos de campo se realizaron el día 7 de julio de 2006; desarrollándose en las siguientes etapas:

Amarre de coordenadas reales utilizando el punto CD-608-A con señal azimut a Monserrate.

Información topográfica tomada para cada punto, levantado en las 3 dimensiones: X (Este), Y (Norte), Z (Cota).

Se materializaron dos (2) puntos en la zona de estudio para la futura localización de las obras diseñadas en este estudio. Las coordenadas de estos puntos son:

Tabla 3. Mojones materializados en campo

MOJON	BARRIO	LOCALIDAD
D-1	ZARAZOTA	RAFAEL URIBE URIBE
D-2		

Para realizar el traslado de coordenadas del levantamiento topográfico se empleó la información del punto certificado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (IGAC), CD-608-A, con azimut al punto Monserrate, con el fin de amarrar dos vértices amojonados a coordenadas reales. A continuación se presenta en la Tabla 2 las coordenadas de cada uno de los puntos de amarre. Y en los Anexos se presenta la Certificación de IGAC, del punto CD-608-A.

Tabla 4. Listado de coordenadas de los puntos de amarre

MOJON	NORTE	ESTE	COTA
D-1	96190.394	95979.005	2662.664
D-2	96241.667	96083.723	2654.638

Se realizó el levantamiento de todos los detalles por radiación para la elaboración del plano respectivo utilizando una estación total TOPCON GTS-235W, estos detalles fueron: vías, paramentos, postes, pozos, y puntos de topografía para generar curvas de nivel cada 0.5 m, el total de puntos levantados fue de 839. Los detalles del levantamiento fueron almacenados en cartera electrónica, lo cual garantiza su veracidad. Las cotas fueron calculadas por nivelación trigonométrica a partir de los datos de la estación, mediante el software SURFACE MODELING.

Los datos del levantamiento topográfico realizado, se bajaron directamente desde el colector de datos de la estación total al computador, evitando así errores de trascripción y agilizando este proceso; en el Anexo I se presentan los datos crudos de la estación, y el listado de coordenadas del levantamiento topográfico.

Los puntos topográficos fueron interpolados utilizando el software SURFACE MODELING, hallando las curvas de nivel, y con las carteras de campo y se realizó la planimetría del sitio, obteniendo como resultado el Plano ZAR-PL-001 Topografía.

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Para conocer la estratigrafía del sector, determinar las características geomecánicas de los materiales que conforman el subsuelo de la zona de estudio, se llevó a cabo un programa de investigación del subsuelo, detallado a continuación.

3.1. Exploración del subsuelo

Con el fin de determinar las características del suelo del área de estudio, se efectuaron tres (3) trincheras, dos de cuatro metros de longitud y una de dos, efectuadas a lo largo del talud de corte a un costado del paso peatonal; tres (3) apiques con el fin de explorar la cimentación de las viviendas, dos de los apiques fueron realizados en la casa de mayor afectación identificada con el numero 9-24 y otra entre la cimentación de las casas 9-36 y 9-40, adicionalmente se efectuaron dos (2) perforaciones entre dos y tres metros de profundidad en los alrededores de las viviendas y otra en la parte baja del talud norte.

En las trincheras y apiques se recuperaron muestras inalteradas de suelo en bolsa y en bloque para ensayos de laboratorio.

En las perforaciones se efectuó el ensayo de penetración estándar, y se recuperaron muestras alteradas con el sistema de cuchara partida.
En el Anexo II se presentan los registros de las perforaciones y trincheras realizados.

3.2. Ensayos de laboratorio

En el laboratorio se efectuaron ensayos de clasificación de suelos y propiedades índice; al igual que ensayos de resistencia al corte. En suelos se programaron ensayos de corte directo, consolidados y fallados a baja tasa de deformación.

En el Anexo III se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

4. GEOLOGÍA Y MORFOLOGÍA

Los fenómenos de inestabilidad evidenciados en agrietamientos de algunas paredes de la casa con No 9-24 y en el desprendimiento de material de un talud en un sendero peatonal han hecho que para esta zona ubicada en el sur oriente de la ciudad de Bogotá se produzcan los estudios geológicos correspondientes a ver problemas de la zona.

Para obtener la mayor y más fiel información se realizó un exhaustivo reconocimiento geológico – morfológico del sitio y de la zona complementado con la información de afloramientos en trincheras, apiques y barrenos, y se evaluaron e interpretaron las manifestaciones de inestabilidad obteniendo las siguientes características:

4.1. Geología local:

Regionalmente, el macizo rocoso al cual pertenece la zona de estudio está integrado por material estratificado; areniscas arcillosas, arcillolitas arenosas, arcillolitas masivas grises, arcillolitas arenosas de colores rosado–rojizo. La estratificación es horizontalizada a suavemente inclinada hacia el sur. Esta unidad litológica puede corresponder a la formación Usme (T) con capas de diferentes espesores (Ta), (Tc), y (Td), (VER PLANO GEOLOGICO ZAR-PL-002)

La secuencia sedimentaria presenta alto grado de desintegración favoreciendo el desarrollo de fenómenos de erosión.

En la zona alta del área de estudio, incluyendo el sendero peatonal, la secuencia sedimentaria consiste de estratos de 0.1 a 0.6 metros de espesor de areniscas arcillosas de color amarillo, a amarillo rojizo, friables (ver fotografía 5), cuya posición estructural es 225 / 10 (dirección y magnitud de inclinación, respectivamente). Sobre estas areniscas aflora un material de carácter residual proveniente de areniscas arcillosas. Estos suelos son dominantemente arenosos de color café oscuro (ver fotografía 6), las arenas son de grano medio, angulares, de cuarzo. Aunque no se conserva la estructura estratificada hay expresión morfológica que refleja esa estructura compatible con la de las areniscas infrayacentes (ver fotografía 6). Este material residual conforma los taludes de corte del sendero peatonal y los taludes de corte adyacentes a él; en estos sitios se presentan resurgencias de aguas, evidenciándose la alta permeabilidad del material.

	
Fotografía 5. Perfil estructural del macizo estratificado, en la trinchera T1, estratos de areniscas en espesores de 0.1 a 0.6m suavemente inclinados.	*Fotografía 6. Perfil lito-estructural del macizo rocoso estratificado en la trinchera dos. Se observan estratos de areniscas de color marron y café.*

En el extremo nor-este hay presencia de suelos antrópicos de 4 metros de espesor apique 3, (ver fotografía 7).

En la zona baja el macizo rocoso está conformado por una secuencia de areniscas amarillas y arcillolitas grises en estratos de 0.2 y 0.1 metros respectivamente; esta secuencia esta en posición horizontalizada (ver fotografía 8) y aflora en el extremo sur del sendero peatonal. Adyacente a este afloramiento se presentan depósitos antrópicos de 0.8 metros de espesor cubriendo material lutítico estratificado.



Fotografía 7. Aspecto morfologico de la zona Norte (posterior del area de estudio, talud de corte verticalizado parcialmente protegido.



Fotografía 8. Macizo rocoso estratificado, capas de arenisca y arcillolita

Hacia el extremo sur del sendero peatonal y cubierto por la pared forrada en concreto se encuentra el contacto formado entre las dos secuencias de estratos, la una de estratificación gruesa y la otra de estratificación delgada. Este contacto puede corresponder a una estructura de tipo falla o de tipo discordancia. La falta de afloramientos en este sitio impide caracterizar con precisión la estructura presente (ver fotografía 9).



Fotografía 9. Pared revestida de concreto parcialmente fracturada.

Las unidades sedimentarias estratificadas tanto las de estratificación gruesa como delgada generan taludes naturales y/o de cortes estables y su posición horizontalizada contribuye a su alta resistencia a la carga aplicada sobre ella.

Los suelos de carácter residual suprayacentes a la unidad de areniscas con estratificación gruesa son muy permeables, esto puede ser un factor determinante en el grado de susceptibilidad del suelo a los procesos de erosión, socavación y colapso. La socavación puede generarse como erosión retrogresiva en sitios de resurgencias de aguas subsuperficiales. (ver fotografía 6).

En ninguna de las excavaciones se encontró el nivel freático.

4.2. Morfología:

El sitio de estudio corresponde a la zona media alta de la vertiente de un relieve abrupto, conformado por superficies de suave a fuertemente inclinadas; modificado inicialmente por taludes de corte altos y verticalizados como resultado de extracción de material de construcción. Posteriormente se ha modificado el sistema de escorrentía superficial con el desarrollo urbanístico de la región.

La morfología del sitio de estudio corresponde a un relieve acolinado parcialmente desarrollado urbanisticamente quedando muy pequeñas zonas verdes.

En la parte baja o inferior a la edificación con manifestaciones de inestabilidad la morfología es acolinada sobre un plano inclinado, con pendientes fuertes. (ver fotografía 10).



Fotografía 10. Morfología acolinada en el extremo sur del área de estudio.

La parte alta de la zona, área libre de edificaciones, corresponde a un talud conformado por superficies cóncavas y convexas de poca profundidad y de pendientes moderadas (ver fotografía 11). Esta morfología original ha sido modificada en la parte superior por la explanación hecha para un campo deportivo y en la parte inferior con

taludes de corte altos y verticalizados que limitan una explanación amplia, construida con propósitos indeterminados. El drenaje en esta zona y hacia su extremo oriental es de carácter laminar y difuso, y hacia su extremo occidental es concentrado a lo largo de una vía pavimentada que entrega la escorrentía, generada por precipitación directa, a la zona verde por donde transita, continuando luego por un sendero peatonal encajonado (ver fotografía 12), angosto y rectilíneo, limitado por el occidente por un talud de corte alto y verticalizado y por el oriente por viviendas continuas y alineadas. Este sector comunica las zonas alta y baja del área de estudio.



Fotografía 11. Talud conformado por zonas concavas y convexas



Fotografía 12. En el talud se presenta precipitación directa. Y se encamina por el camino peatonal y zonas pavimentadas.

El macizo rocoso en la zona de estudio esta conformado por dos secuencias sedimentarias una aflorante en la parte alta y la otra en la parte baja. La primera con estratificación gruesa e inclinada hacia el sur oeste (225 / 10) y la segunda con estratificación fina y horizontalizada. El contacto entre estas dos secuencias no es claramente definido, pudiendo ser por fallamiento o por discordancia. No hay evidencias de brechamiento ni rasgos morfológicos especiales.

El material de cobertura dominante en la zona alta corresponde a suelos de carácter residual, arenosos, sueltos de alta permeabilidad, de espesor superior a 2 metros.

El material de cobertura de la zona baja es delgado, de 0.5 a 1.0 metros de espesor. En el sitio de la edificación ligeramente agrietada los suelos, de carácter antrópico, son de 0.5m de espesor, aflorando luego roca estratificada horizontalizada.
Los rasgos de inestabilidad de los taludes en la zona alta corresponde a desplazamientos (escurrimientos) del material arenoso de carácter residual.

La edificación ligeramente agrietada esta localizada sobre el contacto de las dos secuencias sedimentarias descritas; las dos ofrecen alta capacidad portante. No hay evidenciadas de inestabilidad.

5. ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

5.1. Características geotécnicas del subsuelo

El subsuelo de la zona de estudio de la urbanización Zarazota consiste en suelos de carácter residual, arenosos sueltos de alta permeabilidad, localizados sobre un macizo rocoso.

Con base en los resultados del programa de exploración se definió el siguiente perfil estratigrafico:

Superficialmente se encuentra un RELLENO arcillo arenoso de color amarillo quemado con manchas grices y de consistencia media; este material tiene un espesor variable ente 0.3 y hasta 1.00m, contiguo a él se localiza un estrato LIMO-ARENOSO de color café, con manchas rojizas, la consistencia de este material varia entre media y firme y alcanza profundidades variables entre 1.00m y 2.50 de profundidad. De 2.50m en adelante y con un espesor promedio de 0.80m se localiza ARCILLA ARENOSA de color gris, con manchas amarillas de consistencia blanda.

Finalmente se encuentra el estrato rocoso, compuesto por dos unidades, ARCILLOLITA de color gris y roja de consistencia dura, del orden de 1.00m de espesor y ARENISCAS fracturadas de color amarillo rojizo y consistencia dura.

Las siguientes son las propiedades geotécnicas de cada uno de los materiales encontrados, estos datos fueron obtenidos de ensayos de laboratorio y correlaciones:

En el Anexo XI. Parámetros Geotécnicos se presentan los criterios de obtención de los parámetros.

RELLENO

Humedad natural:	Wn = 27 %
Límite líquido:	Wl = 44
Límite plástico:	Wp = 28
Peso unitario:	γt = 19.7 KN/m³
Resistencia al corte no drenado	Cu = 4.0 ton/m²
Cohesión	c′ = 27.6 KN/m²
Angulo de fricción	ϕ' = 22.9°

LIMO ARENOSO

Humedad natural:	Wn = 20 %
Límite líquido:	Wl = 26
Límite plástico:	Wp = 14
Peso unitario:	γt = 20 KN/m³
Ensayo de Penetración Estándar SPT	N= 20 golpes/pie
Cohesión	c' = 10 KN/m²
Angulo de fricción	ϕ' = 24.8°

ARCILLA ARENOSA GRIS Y ROJA

Humedad natural:	Wn = 17 %
Límite líquido:	Wl = 47
Límite plástico:	Wp = 19
Peso unitario:	γt = 20 KN/m³
Contenido de Finos	PT200 = 53%
Ensayo de Penetración Estándar SPT	N= 2 golpes/pie
Cohesión	c' = 7.7 KN/m²
Angulo de fricción	ϕ' = 18.8°

ARCILLOLITA GRIS Y ROJA

Humedad natural:	Wn = 18 %
Límite líquido:	Wl = 37 - 44
Límite plástico:	Wp = 14 - 19
Peso unitario:	γt = 22 KN/m³
Ensayo de Penetración Estándar SPT	N= 26 golpes/pie
Cohesión	c' = 20.4 KN/m²
Angulo de fricción	ϕ' = 22°

ARENISCAS

Límite líquido:	Wl = 33
Límite plástico:	Wp = 17
Peso unitario:	γt = 21.3 KN/m³
Ensayo de Penetración Estándar SPT	N= 23 golpes/pie
Cohesión	c' = 25.6 KN/m²
Angulo de fricción	ϕ' = 27°

Los datos de c´y ϕ' para suelos y rellenos se determinaron siguiendo los criterios de Bjerrum y Simons, 1960, en función de la resistencia al corte no drenado y del indice de plasticidad del suelo, y ajustadas por retroanálisis (ver sección 3-3, falla local, Anexo de Estabilidad actual y resultados de la tabla 8, sección 3-3, correspondiente a la misma sección, talud saturado, condición estática).

Los datos de c' y ϕ' para los macizos rocosos se obtuvieron a partir de Hoek y Brown, en función de la resistencia a la compresión simple del macizo rocoso, y del grado de fracturamiento representado por el indice geológico del material GSI..

Los resultados se presentan en el Anexo III de Laboratorio.

5.2. Análisis de Estabilidad

5.2.1. Generalidades

Para el análisis de las condiciones de estabilidad del talud se utilizó el programa P.C. Stable Versión 5, el cual permite analizar las condiciones de estabilidad del talud basados en modelos de equilibrio límite; se analizaron aleatoriomente numerosas superficies de falla circular por el método de Janbú Simplificado, y se determinaron aquellas que definen las condiciones de estabilidad más críticas.

Para los análisis de estabilidad se adoptaron los parámetros de resistencia presentados en el numeral 5.2, estos fueron obtenidos de ensayos de laboratorio, correlaciones y criterios ingenieriles siempre aplicando criterios que están por el lado de la seguridad.

Con respecto a las condiciones de presiones de poros en el suelo se analizaron tres posibles escenarios:

a) TALUD SATURADO. En un primer escenario existe un nivel freático saturado por encima de los estratos de suelo, condición que se presenta por la imposibilidad de drenaje natural presentado en el sitio a causa del taponamiento por los muros y el daño de los drenajes existentes.

b) NIVEL FREATICO ABATIDO. Un segundo escenario de nivel abatido justificado en la acción de las obras de drenaje proyectadas.

c) TALUD SECO. Por último se presenta un nivel freático seco, el cual se espera en temporadas de verano y la acción de las obras de drenaje.

Para tener en cuenta la influencia de sismo, se acogieron los valores indicados en el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, correspondientes a la Zona 1 (Cerros), en el cual se define un coeficiente de aceleración máxima Am=0.24 g, para un periodo de recurrencia de 475 años. Para fines de efectuar un análisis de sensibilidad, y como criterio de diseño de las obras geotécnicas de mitigación, se adoptaron en los modelos la mitad de la aceleración máxima que equivale a un valor de a=0,12 g (esto basado en el criterio de Hynes –Grifin y Franklin, 1984); esta aceleración corresponde a un periodo de recurrencia de 100 años aproximadamente.

5.2.2. Análisis de estabilidad de la situación actual

5.2.2.1. Secciones de análisis

Se seleccionaron seis (6) secciones de análisis localizadas de forma tal que se evaluaran todos los escenarios tanto actuales, como con obras.

Se estudian principalmente dos zonas, la zona de las casas (secciones 1, 2, 3 y 4) en condiciones actuales y con obras de mitigacion y una segunda zona (secciones 6, y 4) en la zona Norte que comprende el talud en proceso de deformación.

En el caso de análisis con obras se efectuaron los análisis teniendo en cuenta dos posibles escenarios. El primero tiene que ver con la posible falla del suelo por encima de las obras de contención tales como muros de gaviones y piedra pegada, la segunda tiene que ver con una eventual falla por debajo de las estructuras contempladas como solución.

5.2.2.2. Factores de seguridad

En la zona donde se encuentran las casas, los resultados de los análisis de estabilidad no muestran grandes problemas de falla, teniéndose para este lugar unos problemas muy locales y superficiales.

Para la zona Norte las condiciones de estabilidad indican que el talud se encuentra en estos momentos en condición cercana a la falla, situación que es evidente en el sitio, por las deformaciones excesivas del talud.

Una posible eventualidad de sismo en la zona de estudio de la urbanización, detonaría las fallas del talud que puede desencadenar un deslizamiento que afectaría las viviendas de la parte baja y zonas comunes de la parte alta, entre ellos un parque infantil.

Los resultados de los análisis se presentan en el Anexo IV, y se resumen a continuación:

Tabla 5. Sección 1-1 Situación Actual, Falla General.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud saturado	1.57	1.23	1.00

Tabla 5. Sección 1-1 Situación Actual, Falla Local.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud saturado	1.19	0.89	0.72

Tabla 7. Sección 2-2 Situación Actual.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g

Talud saturado	1.34	1.18	1.04

Tabla 8. Sección 3-3 Situación Actual

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud saturado	1.04	0.88	0.76

Tabla 9. Sección 4-4 Situación Actual.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud saturado	1.32	1.07	0.88

Tabla 10. Sección 5-5 Situación Actual.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud saturado	1.11	0.86	0.69

Tabla 11. Sección 6-6 Situación Actual.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud saturado	0.99	0.82	0.68

Para las condiciones de sismo se obtuvieron factores de seguridad menores de 1.0, que indican una condición de falla potencial de los taludes ante esta situación; las fallas se presentan en la capa de suelo residual depositado en la superficie del talud.

5.2.3. Condiciones de estabilidad general con obras de mitigación

Con los resultados obtenidos a partir de los análisis de estabilidad a las condiciones actuales del sitio de estudio se concluyen las obras a realizar en función de mitigar el problema erosión que afecta el talud bajo el cual están cimentadas las viviendas de la Urbanización Zarazota y que esta generando los problemas locales.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales del sitio, los estudios de campo y laboratorio, y los análisis efectuados, se tienen en cuenta los siguientes escenarios y sus correspondientes obras de mitigación:

Tramo 1. Talud en la parte sur de la Urbanización (Sección 1-1).

- En este lugar se localiza el muro de gaviones de dos cuerpos cimentado sobre roca muy fracturada y erosionada, la cual esta permitiendo que se de un leve basculamiento del mismo, para solucionar dicha condición se requiere realizar un recalce en piedra pegada con mortero de 30cm de ancho, y que va desde la base del muro de gavión hasta la cota -0.30 del nivel peatonal actual. Para permitir el drenaje de esta zona se instalaran lloraderos en tubería perforada de PVC de ½" y quedaran introducidos 0.50m en el suelo; adicionalmente se instalaran 3 chimeneas con el fin de drenar todos los estratos allí localizados.

Tramo 2. Zona de falla (Seccion 2-2).

- Comprende la zona donde esta el pañete de muro fisurado, y el muro de piedra pegada bajo la casa No 9-24, con el fin de proteger el suelo de cimentación de la casa sobre este suelo, se propone retirar el muro de piedra pegada, los pañetes existentes y fracturados, y conformar un muro de gaviones de 5 cuerpos de altura, el cual debe ser construido en tres etapas sucesivas de 4m de ancho, dejando un talud vertical en la zona posterior del muro; en campo se debe revisar la calidad de la roca y verificar por parte de un geotecnista experimentado si es necesario construir los tres tramos proyectados; este muro permite el drenaje del talud, y contiene la capa superficial de limo arenoso, que se encuentra en la zona de patios de las casas, para generar mayor estabilidad de los cuerpos de gavión mas bajos, se recomienda sujetar las mallas al macizo por medio de ganchos en forma de U incrustados en el suelo por lo menos 50cm (ver plano de detalles ZAR-PL-004). Para poder realizar las obras de protección del talud del tramo 2 es necesario alquilar el predio No 9-24 e intervenir el patio.

Tramo 3. Zona bajo la casa No 9-28 y parte de la 9-32 (Sección 3-3).

- Actualmente Se encuentra en este sitio un pañete, delgado, algo fisurado por acción de empuje del agua; en esta zona se han producido deslizamientos anteriormente debido a que el terreno es de pendiente alta, y esta conformado en su parte alta por limo arenoso.
- Con el fin de realizar una protección del talud y contener el estrato de limo que presenta fallas superficiales, se propone la construcción de un muro en piedra pegada con sus respectivos lloraderos y chimeneas, para drenaje del suelo y en la parte alta un cuerpo de gavión para la contención del limo en cuestión (ver sección 3-3 del plano de obras ZAR-PL-003), adicionalmente se debe perfilar y cubrir la superficie en la parte alta del talud, con una malla de gallinero y mortero.

Tramo 4. Zona bajo las casas No 9-36 y 9-40 (Sección 4-4).

- Actualmente se encuentra la cara del talud cubierta por un pañete de poco espesor, y solo se requiere una obra de protección del talud, que consiste en un muro de piedra pegada con cemento con sus respectivos lloraderos y chimeneas para permitir el libre drenaje del talud.

Tramo 5. Zona en la parte Norte (Sección 5-5 y 6-6)

- Aunque esta zona se encuentra fuera del alcance de las casas, según las evidencias encontradas en el sitio, se viene presentando un proceso lento de deformación del talud allí conformado; teniendo en cuenta que este lugar es paso comunal, y en la parte alta alberga una zona recreativa se recomienda realizar una obra consistente drenes de penetración de 6 m de longitud sobre el muro de piedra que se encuentra en la parte baja, con el fin de drenar el suelo y evitar presiones por acción del agua.

Al realizar las obras de protección y contención se encuentran los siguientes factores de seguridad para las secciones anteriormente expuestas.

Tabla 12. Sección 1-1 Situación Con Obras Falla Superficial.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	1.65	1.33	1.11
N.F. Abatido	1.33	1.11	1.54

Tabla 13. Sección 1-1 Situación con Obras, Falla Profunda.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	1.86	1.48	1.21
N.F. Abatido	1.69	1.33	1.08

Tabla 14. Sección 2-2 Situación Con Obras Falla Superficial.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	2.85	2.57	2.34
N.F. Abatido	2.85	2.57	2.34

Tabla 15. Sección 2-2 Situación con Obras, Falla Profunda.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	3.60	3.05	2.63
N.F. Abatido	3.58	3.03	2.56

Tabla 16. Sección 3-3 Situación Con Obras Falla Superficial.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	3.06	2.38	1.94
N.F. Abatido	3.01	2.30	1.83

Tabla 17. Sección 3-3 Situación con Obras, Falla Profunda.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	1.67	1.42	1.23
N.F. Abatido	2.31	1.72	1.32

Tabla 18. Sección 4-4 Situación Con Obras Falla Superficial.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	3.07	2.37	1.78
N.F. Abatido	2.52	1.94	1.45

Tabla 19. Sección 4-4 Situación con Obras, Falla Profunda.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g

Talud Seco	2.55	1.98	1.59
N.F. Abatido	1.99	1.54	1.22

Tabla 20. Sección 5-5 Situación Con Obras Falla Superficial.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	1.21	0.99	0.84

Tabla 22.. Sección 6-6 Situación Con Obras Falla Superficial.

Condición de drenaje	Condición Estática	Condición de sismo	
		a_h = 0,12 g	a_h = 0,24 g
Talud Seco	1.13	0.96	0.84

Los análisis indican que con las obras de protección, reconformación, contención y drenaje efectuadas en la zona se mejoran notablemente las condiciones de estabilidad y seguridad del sector de estudio, y cumplen para el sismo de diseño de 0.5max, y 2/3max

El drenaje es parte importante en las condiciones de estabilidad por tal razón se propone la conformación de un sistema de evacuación y trasporte de aguas por medio de una cuneta superficial localizada en el perímetro del talud norte, (ver plano de obras ZAR-PL-003).

Los resultados de los análisis de estabilidad para las obras de conformación del talud se presentan en el Anexo V).

5.3. Diseños de obras propuestas:

5.3.1. Diseño de muro de Gaviones :

El diseño consiste en un muro de 5 niveles en la zona sur del sitio de estudio; los tres primeros niveles tienen como objetivo la protección del talud y el drenaje de las aguas subsuperficiales; los dos últimos cuerpos tiene como objeto contener una capa de limo arenoso no muy estable que se encuentra en la corona del talud.

Con el objeto de generar mayor estabilidad interna del muro se disponen de ganchos de amarre de la malla que quedaran empotrados 0.50cm en el material de suelo en contacto. (Ver plano de detalles ZAR-PL-004).

5.3.1.1. Análisis por volcamiento y deslizamiento

Se determinaron los factores de seguridad por deslizamiento y volcamiento en condición de sismo obteniendo los siguientes resultados:

Muro de Gavión Zona Sur

FS Deslizamiento = 1,48
FS Volcamiento = 1,91

5.3.1.2. Análisis por capacidad portante

Los muros de gaviones quedarán emplazados sobre el macizo rocoso que se encuentra en el sitio el cual aporta condiciones de estabilidad óptimas.

La capacidad portante del suelo de fundación se efectuó por el método de Hansen y Vesic, teniendo en cuenta efectos de excentricidad, inclinación de cargas e inclinación del terreno; con base en estas condiciones se obtuvo una capacidad portante última al nivel de fundación de los muros igual a

Muro Zona Sur CP = 1046,4 KN/m²

Teniendo en cuenta que la presión máxima es de 79 KN/m² respectivamente, se obtiene un factor de seguridad de

Muro Zona sur FS = 13,1

En el Anexo VI, se presentan las memorias de cálculo del muro de gavión con sus análisis de estabilidad.

6. HIDROLOGIA E HIDRAULICA

6.1. Generalidades

El estudio hidrológico e hidráulico tiene como objetivo describir el régimen temporal y espacial de la precipitación media anual y determinar los aguaceros de corta duración para calcular los caudales y niveles máximos esperados, con el fin de diseñar las obras de drenaje necesarias para el transporte y evacuación de aguas que afectan la zona.

La zona de estudio está ubicada al suroriente de la ciudad de Bogotá.

En la zona de estudio se refleja un alto contenido de humedad en los muros que estan en contacto directo con los suelos; para evitar el daño tanto de edificaciones como del suelo de fundación se proponen obras de drenaje.

Para el análisis hidrológico se estudiará el elemento climatológico precipitación, ya que es el principal agente de producción de aguas y uno de los factores desencadenantes de los fenómenos de remoción en masa.

Sobre la cartografía escala 1:10.000 se delimito la cuencas vertiente al sitio de estudio (ver Figura 1).

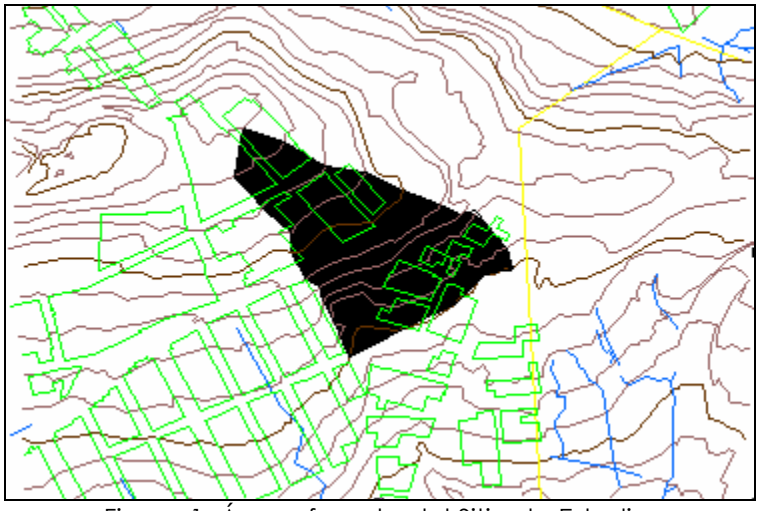


Figura 1. Área aferente del Sitio de Estudio.

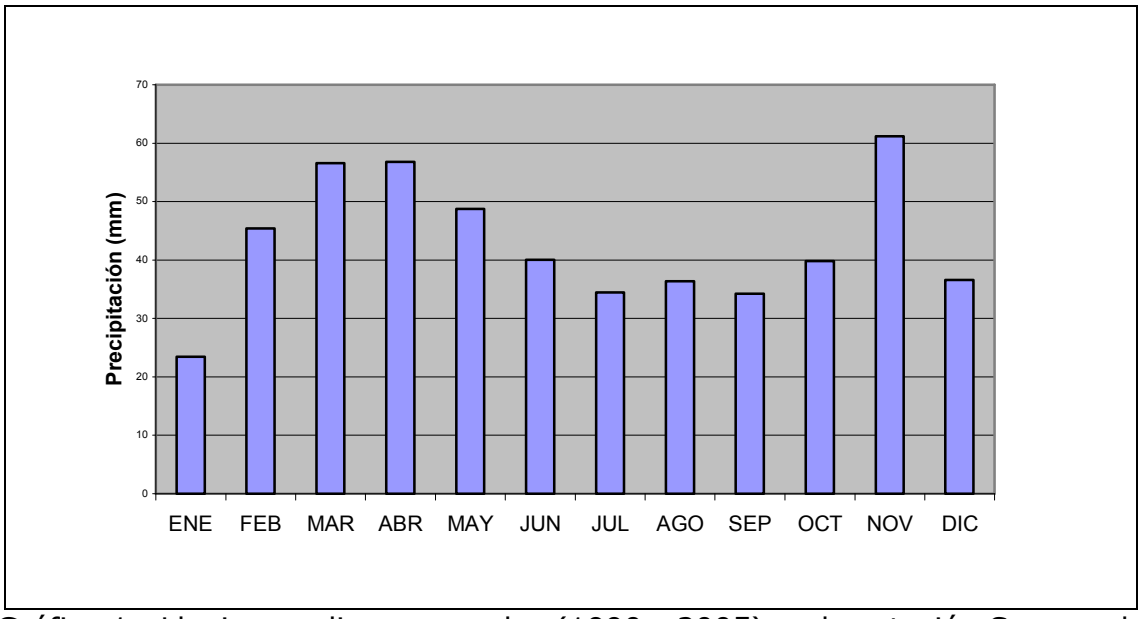
6.2. Precipitación

Los fenómenos de erosión y remoción están generalmente asociados a los períodos lluviosos. Por ello es necesario conocer el régimen pluviométrico de la precipitación, para identificar los meses más lluviosos y los sectores donde se concentran los valores más altos de la precipitación en la zona de estudio.
Los siguientes son los resultados de los análisis.

6.2.1. Precipitación totales mensuales

Para establecer el régimen pluviométrico en el barrio Urbanización de Zarazota, se utilizaron los registros históricos de precipitaciones totales mensuales de la estación La Picota (2120156) operada por la Corporación Autonoma Regional de Cundinamarca CAR, Latitud 0434, Longitud 7408 y Elevación 2580 m.s.n.m. que esta muy cercana a la zona de estudio y esta ubicada en la cuenca del río Bogotá.

La distribución temporal de la precipitación se presenta en forma bimodal o ecuatorial con dos períodos lluviosos entre los meses de febrero a mayo y octubre a diciembre y un período seco entre los meses de junio a septiembre, como se observa en la Gráfica 1.

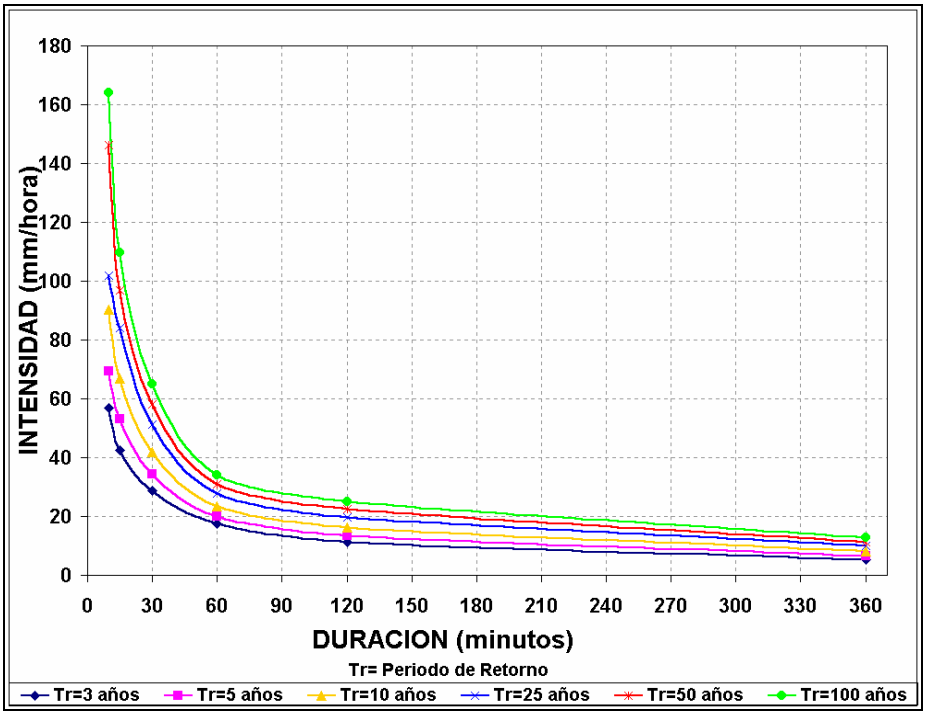


Gráfica 1. Lluvias medias mensuales (1990 - 2005) en la estación Serrezuela

La precipitación media multianual es de 850mm (ver Figura 3) y el mes con mayor precipitación es noviembre con un promedio mensual multianual de 101.2mm.

6.2.2. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Para el análisis de los aguaceros de corta duración, que son los que generan los caudales máximos, se utilizó el informe "Estudio para el Análisis y Caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá", realizado por la firma consultora IRH para la E.A.A.B. - E.S.P. En este estudio se dividió a la ciudad de Bogotá en 7 zonas pluviográficas y, para cada zona se definió una curva IDF característica. El sector de análisis está ubicado en la Zona 7, cuya estación representativa de la ley de frecuencias es El Bosque (2120085); operada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB; la curva IDF característica para esta zona se presentan en la Gráfica 2, y los datos puntuales en la Tabla 24.



Gráfica 2. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) para la zona de estudio.

Tabla 24. Intensidad (mm/hora) para diferentes duraciones y periodos de retorno, para la estación El Bosque.

Duración minutos	Periodo de retorno (años)					
	3	5	10	25	50	100
10	57	70	90	102	145	164
30	28	34	41	51	58	65
60	17	20	23	29	32	35
120	11	13	16	20	23	25
360	6	7	9	11	12	14

Con las curvas presentadas en la Gráfica 2, se obtienen las intensidades máximas para diferentes períodos de retorno, con una duración dada (tiempo de concentración); estos valores son fundamentales para la generación de caudales máximos en la zona.

6.2.3. Lluvia crítica

Para determinar la relación precipitación crítica - duración, se utilizó el "Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM - UPES, 1998). En este estudio se encontró que la ciudad de Bogotá se puede dividir a partir de la lluvia crítica y de la duración en dos zonas, con las siguientes ecuaciones:

Tabla 25. Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para la ciudad de Santafé de Bogotá (INGEOCIM – UPES, 1998).

Zona	Lluvia crítica (mm)	Duración (dias)
Suroccidental	0.3609 x Lluvia Anual (mm)	3.2829 * LLcrit $^{0.4157}$
Cerros orientales	12.6325 + 0.3609 x Lluvia anual (mm)	3.2829 * LLcrit $^{0.4157}$

El sitio de la Urbanización Zarazota se encuentra ubicado dentro de la zona de los Cerros Orientales; a partir de los valores de lluvia anual de la estación La Picota se obtuvo una precipitación crítica de 198 mm (que coincide con lo reportado en el estudio de Ingeocim-Upes, 1998, tal como se puede ver en la Figura 4 y un período de retorno del orden de 34 años (ver Figura 5).

6.3. Caudales máximos por escorrentía

6.3.1. Metodología

Para la estimación o el cálculo de los caudales máximos esperados en los diferentes sitios de la zona en estudio, se utilizó el Método Racional, aceptado para cuencas con superficies inferiores a 1.0 Km2.

Este planteamiento o modelo de estimación de caudales máximos generados por escorrentía, se identifica con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde Q es el caudal pico (m3/s); C el coeficiente de escorrentía, que depende de las características fisiográficas del área de drenaje y la cobertura del suelo, I la intensidad máxima para la frecuencia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca vertiente (mm/hr); y A el área aferente (ha).

6.3.2. Determinación de áreas de drenaje

En primer lugar se definió el área de drenaje, donde se requiere de la evaluación de los caudales máximos generados por escorrentía.

6.3.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta. Este valor es difícil de determinar directamente, pero se puede inferir satisfactoriamente considerando: el relieve, la permeabilidad, la vegetación y la capacidad de almacenaje en la zona de estudio. De acuerdo con las recomendaciones del MOPT, para este caso se obtiene un valor de 0,65, teniendo en cuenta las características morfométricas y de cobertura del suelo del sitio de estudio.

6.3.4. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración, o tiempo requerido para que el agua caída en el punto más alejado de la cuenca hidrográfica fluya a una sección específica de análisis en el drenaje, es función de las características topográficas de la cuenca. En este caso, por tratarse de microcuencas de pendiente media a alta, el tiempo de concentración se pudo evaluar gracias a la formula de Kirpich:

$$Tc = 0.0663 \, (L / S^{0.5})^{0.77}$$

En donde:

Tc: tiempo de concentración en horas
L: Longitud en kilómetros
S: la pendiente en m/m

$$Tc = 0.0663\ (0.7 / 0.33^{0.5})^{0.77}$$
$$Tc = 0.077 \text{ horas} = 4.63\text{min.}$$

Los tiempos de concentración menores de 10 minutos se aproximan a 10 minutos.

6.3.5. Intensidad

Para la aplicación del método racional la intensidad de diseño se deduce de las curvas de intensidad-duración-frecuencia. La frecuencia se determina con base en el riesgo de que el evento de diseño sea igualado o excedido por lo menos una vez.
La duración del aguacero de diseño es igual al tiempo de concentración.

Con base en los parámetros anteriormente enunciados, se estiman los caudales máximos con áreas de drenaje iguales a 0,2Ha, 0.4 Ha, 0.6 Ha, 0.8 Ha y 1,0 Ha aplicando el método racional (ver Tabla 26).

Tabla 26. Estimación de Caudales Vs. Periodo de retorno Vs. Áreas de drenaje.

			PERODO DE RETORNO					
			3	5	10	25	50	100
			Intensidad (mm/hr)					
Área (ha)	C	Tc (min)	65,4	70	90	102	145	164
			CAUDALES (m3 / seg)					
1	0,7	10	0,13	0,14	0,18	0,20	0,28	0,32
1,5	0,65	10	0,18	0,19	0,24	0,28	0,39	0,44
2	0,65	10	0,24	0,25	0,33	0,37	0,52	0,59
2,5	0,65	10	0,30	0,32	0,41	0,46	0,65	0,74
3	0,65	10	0,35	0,38	0,49	0,55	0,79	0,89

6.4. Diseño de Obras Hidraulicas.

Las cunetas son canales colectores que transportan las aguas de escorrentia procedentes de las partes altas de las laderas, esto con el fin de evitar la erosión y la infiltración y/o saturación de los taludes.

Como el sitio tiene graves problemas de humedad en sus casas y saturación de taludes a tal punto de fracturar los muros, se diseño una cuneta rectangular con

una pendiente variable entre 1 y 10% según terreno para el trasporte de las aguas de escorrentia, en los cambios de dirección se instalaron cajas.

Los principales criterios de diseño de las cunetas son los siguientes:

Las frecuencias de las crecientes de diseño para las cunetas se calcularon para un periodo de retorno de 10 años.

Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo IX y el diseño en el plano de detalles ZAR-PL-003.

7. CANTIDADES DE OBRA, PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES

En el Anexo VII se presentan el cálculo de las cantidades de obra, los precios unitarios y el presupuesto estimado de las obras propuestas.

Tabla 27. Presupuesto estimado de la alternativa planteada

Descripción	Valor
Subtotal	53.472.786
A.I.U (20%)	10.694.557
TOTAL	**64.167.343**

En el Anexo VIII se presentan las especificaciones técnicas de construcción.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Los fenómenos de inestabilidad evidenciados en agrietamientos de algunas paredes de la casa No 9-42, y la falla de los muros parte del patio de la misma edificación, junto con el desprendimiento de material de un talud en un sendero peatonal, han hecho que esta zona sea objeto de un estudio de estabilidad para diseñar obras de emergencia tendientes a estabilizar los taludes del sector.

El macizo rocoso en la zona de estudio esta conformado por dos secuencias sedimentarias, una aflorante en la parte alta y la otra en la parte baja. La primera con estratificación gruesa e inclinada hacia el sur oeste (225/10) y la segunda con estratificación fina y horizontalizada.

El contacto entre estas dos secuencias no es claramente definido, pudiendo ser por fallamiento o por discordancia, sin embargo se anota también que no se presenta en el sitio evidencia de brechamiento ni rasgos morfológicos especiales.

El material de cobertura dominante en la zona norte corresponde a suelos de carácter residual, arenosos, sueltos de alta permeabilidad, de espesor superior a 2 metros, mientras que el material de cobertura de la zona sur es delgado, de 0.5 a 1.0 metros de espesor.

La casa identificada con el numero 9-42 esta localizada sobre el contacto de las dos secuencias sedimentarias descritas; las dos ofrecen alta capacidad portante. Lo cual indica que el agrietamiento se debe a que la cimentación del patio esta sobre un relleno mal compactado y fallado, es en consecuencia un problema local. Las otras casas ubicadas en la misma manzana están cimentadas en el suelo residual, por lo tanto no presentan problemas de cimentación.

Los problemas de fracturamiento de pañetes se deben a que los filtros o lloraderos instalados en el talud se encuentran colmatados, impidiendo que el suelo drene naturalmente, generando empujes sobre las estructuras encontradas a su paso.

Los rasgos de inestabilidad de los taludes en la zona norte corresponde a desplazamientos del material arenoso de carácter residual, teniendo en cuenta que esta zona es comunitaria y además contiene parques y zonas recreativas se considera importante realizar obras de drenaje consistentes en drenes de penetración instalados en la pata del talud y un filtro en la parte alta con el fin de captar las aguas sub-superficiales y disminuir la posibilidad de un deslizamiento.

8.2. Recomendaciones:

Con el fin de mitigar posibles problemas de inestabilidad en las viviendas generado por causa de la erosión de los suelos, producida por efectos del agua, se propone una serie de obras de protección de talud consistentes en muros de gaviones y piedra pegada, incluidas obras de drenaje contra el talud.

Se contemplan dentro de las obras de mitigación sistemas de drenaje superficial para controlar la escorrentía superficial la infiltración de agua al suelo; esto es mediante la construcción de una cuneta para encausar y trasportar las aguas provenientes de la escorrentia proveniente de las calles de la parte alta del barrio y que llegan a la zona de las casas donde se encuentran suelos arenosos susceptibles a la erosión y a fallas superficiales ante la acción del agua.

Para la zona norte e contempla también una serie de drenes de penetración en la parte baja del talud de corte, y un filtro localizado bajo la cuneta en la parte alta; esto con el fin de controlar posibles deslizamientos de la capa superficial del suelo residual arenoso.

9. LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones realizadas en el presente informe se basan en los resultados de los trabajos de investigación del subsuelo realizados por el Consorcio durante la elaboración de los trabajos; si durante la construcción de las obras se llegaren a presentar condiciones diferentes del subsuelo diferentes a las típicas planteadas en el presente trabajo, se deberá dar aviso al Consorcio para llevar a cabo las aclaraciones o ampliaciones del caso.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA DE BOGOTÁ FOPAE

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE CHAPINERO, SANTAFÉ, SAN CRISTÓBAL Y RAFAEL URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Contrato de Consultoría No. 453 de 2005

CONSORCIO PI - LAMBDA
Informe Sitio No. 4
Urbanización Zarazota
Trabajo No. 190 - 06

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN: 5
1.1. Generalidades: 5
1.2. Descripción del problema: 5
1.2.1. Diagnóstico Preliminar: 6
1.2.2. Situación actual: 6
1.3. Diagnóstico de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa, situación actual 9
1.3.1. Evaluación cualitativa de la amenaza 9
1.3.2. Evaluación de la vulnerabilidad 10
1.3.3. Determinación del riesgo: 11

2. TOPOGRAFÍA 12
2.1. Generalidades 12
2.2. Descripción de actividades 12

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 13
3.1. Exploración del subsuelo 14
3.2. Ensayos de laboratorio 14

4. GEOLOGÍA Y MORFOLOGÍA 14
4.1. Geología local: 14
4.2. Morfología: 18

5. ANÁLISIS GEOTÉCNICOS 20
5.1. Características geotécnicas del subsuelo 20
5.2. Análisis de Estabilidad 22
5.2.1. Generalidades 22
5.2.2. Análisis de estabilidad de la situación actual 22
5.2.2.1. Secciones de análisis 22
5.2.2.2. Factores de seguridad 23
5.2.3. Condiciones de estabilidad general con obras de mitigación 24
5.3. Diseños de obras propuestas: 27
5.3.1. Diseño de muro de Gaviones : 27
5.3.1.1. Análisis por volcamiento y deslizamiento 27
5.3.1.2. Análisis por capacidad portante 28

6. HIDROLOGIA E HIDRAULICA 28
6.1. Generalidades 28
6.2. Precipitación 29
6.2.1. Precipitación totales mensuales 29
6.2.2. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) 32
6.2.3. Lluvia crítica 33
6.3. Caudales máximos por escorrentía 36
6.3.1. Metodología 36
6.3.2. Determinación de áreas de drenaje 36
6.3.3. Coeficiente de escorrentía 36
6.3.4. Tiempo de concentración 36
6.3.5. Intensidad 37
6.4. Diseño de Obras Hidraulicas 37

7. CANTIDADES DE OBRA, PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES 38

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 38
8.1. Conclusiones 38
8.2. Recomendaciones: 39

9. LIMITACIONES 40

INDICE DE FOTOGRAFIA.

Fotografía 1. Daños producidos en el patio de la casa No 9-24. 7
Fotografía 2. En esta zona se han presentado derrumbes obstruyendo el paso peatonal. ...8
Fotografía 3. Talud existente en la zona norte de las casas, presenta deformaciones en la estructura de la escalera, y se observan fallas locales que pueden afectar el parque infantil en la parte alta. 9
Fotografía 4. Derrumbe presentado en el costado occidental del paso peatonal, se observa el fracturamiento de los recubrimientos en cemento. 10
Fotografía 5. Perfil estructural del macizo estratificado, en la trinchera T1, estratos de areniscas en espesores de 0.1 a 0.6m suavemente inclinados. 16
Fotografía 6. Perfil lito-estructural del macizo rocoso estratificado en la trinchera dos. Se observan estratos de areniscas de color marron y café. 16
Fotografía 7. Aspecto morfologico de la zona Norte (posterior del area de estudio, talud de corte verticalizado parcialmente protegido. 17
Fotografía 8. Macizo rocoso estratificado, capas de arenisca y arcillolita 17
Fotografía 9. Pared revestida de concreto parcialmente fracturada. 17
Fotografía 10. Morfología acolinada en el extremo sur del área de estudio. 18
Fotografía 11. Talud conformado por zonas concavas y convexas....19
Fotografía 12. En el talud se presenta precipitación directa. Y se encamina por el camino peatonal y zonas pavimentadas. 19

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Categorización de la amenaza cualitativa 9
Tabla 2. Matriz de aceptabilidad del riesgo 11
Tabla 3. Mojones materializados en campo 13
Tabla 4. Listado de coordenadas de los puntos de amarre 13
Tabla 5. Sección 1-1 Situación Actual, Falla General.....23
Tabla 5. Sección 1-1 Situación Actual, Falla Local. 23
Tabla 7. Sección 2-2 Situación Actual. 23
Tabla 8. Sección 3-3 Situación Actual 24
Tabla 9. Sección 4-4 Situación Actual. 24
Tabla 10. Sección 5-5 Situación Actual. 24
Tabla 11. Sección 6-6 Situación Actual. 24
Tabla 12. Sección 1-1 Situación Con Obras Falla Superficial. 26
Tabla 13. Sección 1-1 Situación con Obras, Falla Profunda. 26
Tabla 14. Sección 2-2 Situación Con Obras Falla Superficial. 26
Tabla 15. Sección 2-2 Situación con Obras, Falla Profunda. 26
Tabla 16. Sección 3-3 Situación Con Obras Falla Superficial. 26
Tabla 17. Sección 3-3 Situación con Obras, Falla Profunda. 26
Tabla 18. Sección 4-4 Situación Con Obras Falla Superficial. 26
Tabla 19. Sección 4-4 Situación con Obras, Falla Profunda. 26
Tabla 20. Sección 5-5 Situación Con Obras Falla Superficial. 27
Tabla 22.. Sección 6-6 Situación Con Obras Falla Superficial. 27
Tabla 24. Intensidad (mm/hora) para diferentes duraciones y periodos de retorno, para la estación El Bosque. 32
Tabla 25. Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para la ciudad de Santafé de Bogotá (INGEOCIM – UPES, 1998). 33
Tabla 26. Estimación de Caudales Vs. Periodo de retorno Vs. Áreas de drenaje. 37
Tabla 27. Presupuesto estimado de la alternativa planteada 38