**CLASIFICADO**

**FONDO PARA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**

**FOPAE**

CONSORCIO GEOSTAB

**CALLE 44 No. 14-30 OF. 908**
**BOGOTÁ D.C., COLOMBIA**

**ELABORACIÓN DE DISEÑO DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRITICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE USAQUEN Y RAFAEL URIBE URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**CONTRATO 515-2006**

# BARRIO LA MARQUEZA
# LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

## VOL. 1 - INFORME FINAL

**Mayo 22 de 2007**

**CLASIFICADO**

**FONDO PARA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**

**FOPAE**

CONSORCIO GEOSTAB

**CALLE 44 No. 14-30 OF. 908**
**BOGOTÁ D.C., COLOMBIA**

# ELABORACIÓN DE DISEÑO DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRITICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE USAQUEN Y RAFAEL URIBE URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

**CONTRATO 515-2006**

## BARRIO LA MARQUEZA
## LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

## VOL. 1 - INFORME FINAL

**Mayo 22 de 2007**

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

**TITULO:** ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES USAQUÉN Y RAFAEL URIBE URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Barrio La Marqueza, Localidad Rafael Uribe Uribe

**AUTORES:** Consorcio GEOSTAB

**RESUMEN:** En éste informe se presentan los estudios y análisis necesarios para mitigar los riesgos inminentes por fenómenos de remoción en masa, se evalúan las posibles alternativas de corrección y se diseñan las obras de prevención y/o control seleccionadas, cantidades, presupuesto y especificaciones técnicas de su construcción.

**PALABRAS CLAVE:** Barrio La Marqueza, Deslizamientos, Diseño, Ensayos, Exploración, Localidad Rafael Uribe Uribe, Subsuelo.

**TÉRMINOS PARA GLOSARIO E ÍNDICE:**

**Fenómenos de remoción en masa:** Deslizamiento de tierra.

| CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD: | CONTRATO: | IDIOMA: | NÚMERO DE PÁGINAS: | NÚMERO DE COPIAS: |
|---|---|---|---|---|
| Clasificado | No. 515 de 2006 | Español | 167 | 3 |

**NOTAS/OBSERVACIONES:**
El informe consta de:

- Volumen 1 – Informe Final

## LISTA DE DISTRIBUCIÓN

| CLASE DE DOCUMENTO: | CÓDIGO: | FECHA: |
|---|---|---|
| Informe Final | GEO - 02 | 22/05/2007 |

## LISTA DE DESTINATARIOS

| DESTINATARIO DEL INFORME | IDENTIFICACIÓN |
|---|---|
| FOPAE | ORIGINAL |
| FOPAE | COPIA 1 |
| FOPAE | COPIA 2 |
| FOPAE | COPIA 3 |

## CONTROL DE MODIFICACIONES

| ÍNDICE REVISIÓN | CAPITULO MODIFICADO | FECHA DE MODIFICACIÓN | OBSERVACIONES | APROBADO |
|---|---|---|---|---|
| Rev. 1 | Todos | 16/02/2007 | | |
| Rev. 2 | Diseño | 12/03/2007 | | |
| Rev. 3 | Presentación | 10/08/2007 | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

# CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN
1. GENERALIDADES....17
1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO....17
1.2. ALCANCES....18
1.3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO....19
1.4. ÁREA DE ESTUDIO....20
1.5. ANTECEDENTES....21
1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA....26
2. TOPOGRAFÍA....29
2.1. CARTOGRAFÍA BASE....29
2.1.1. Localización cartográfica del área....29
2.1.2. Puntos topográficos....29
2.2. EQUIPO....30
2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO....30
2.3.1. Etapas del levantamiento topográfico....30
3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA....32
3.1. OBJETIVO....32
3.2. ALCANCES....32
3.3. METODOLOGÍA....32
3.4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL....34
3.4.1. Litoestratigrafía regional....34
3.4.2. Geología estructural regional....35
3.4.3. Hidrogeología regional....36
3.4.4. Geomorfología regional....36
3.5. GEOLOGÍA LOCAL....37
3.5.1. Toma de datos estructurales....37
3.5.2. Levantamiento de columnas estratigráficas....39
3.5.3. Descripción de barrenos manuales....42
3.5.4. Descripción de los apiques....43

3.5.5. Descripción de las trincheras .....44
3.5.6. Elaboración del modelo geológico .....44
3.5.7. Unidades Litológicas del Área de Estudio .....45
3.5.8. Hidrogeología local .....46
3.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL .....46
3.6.1. Caídas .....47
3.6.2. Deslizamientos .....47
4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO .....48
4.1. OBJETIVO .....48
4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS .....48
4.2.1. Experimentación .....48
4.2.2. Análisis de resultados .....53
4.2.3. Análisis Retrospectivo .....54
4.2.4. Determinación de Propiedades .....54
4.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL .....55
5. ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN .....56
5.1. ALTERNATIVA 1 .....56
5.2. ALTERNATIVA 2 .....57
5.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....59
6. DISEÑO DE OBRAS .....60
6.1. OBRAS .....60
6.1.1. Excavación superficial del talud .....60
6.1.2. Cubrimiento del talud con geomalla, cespedón y taches .....61
6.1.3. Muro de gaviones de la corona .....61
6.1.4. Cubrimiento con pañete .....62
6.1.5. Pilotes preexcavados .....62
6.1.6. Enmallado de cabezas de pilotes .....62
6.1.7. Reparación del andén .....63
6.2. PRESUPUESTO .....63
6.3. PROCESO CONSTRUCTIVO .....63
6.4. PLAZO DE CONSTRUCCIÓN .....65
7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....66
7.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO .....66
7.1.1. Descripción .....66
7.1.2. Equipos .....66
7.1.3. PROCEDIMIENTO .....66

7.1.4. Medida y pago .....66
7.1.5. Ítem de pago.....67
7.2. EXCAVACIÓN MANUAL.....67
7.2.1. Descripción .....67
7.2.2. Clasificación .....67
7.2.3. Construcción .....67
7.2.4. Medida y pago .....69
7.2.5. Ítem de pago.....69
7.3. PROTECCIÓN DE TALUDES.....69
7.3.1. Descripción .....69
7.3.2. Materiales .....69
7.3.3. Equipo .....70
7.3.4. Ejecución de los trabajos .....70
7.3.5. Condiciones para el recibo de los trabajos .....71
7.3.6. Medida y pago .....72
7.3.7. Items de pago .....72
7.4. GAVIONES .....72
7.4.1. Descripción .....72
7.4.2. Materiales .....73
7.4.3. Equipo .....73
7.4.4. Ejecución de los trabajos .....74
7.4.5. Condiciones para el recibo de los trabajos .....74
7.4.6. Medida y pago .....75
7.4.7. Ítem de pago.....76
7.5. PILOTES .....76
7.5.1. Descripción .....76
7.5.2. Materiales .....76
7.5.3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....77
7.5.4. Condiciones para el recibo de los trabajos .....78
7.5.5. Medida y pago .....79
7.5.6. Ítem de pago.....80
7.6. TRABAJOS MISCELÁNEOS .....80
7.6.1. Descripción .....80
7.6.2. Materiales .....80
7.6.3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....81
7.6.4. Medida y pago .....81

7.6.5. Ítem de pago.....81
8. CONCLUSIONES .....82
9. RECOMENDACIONES.....83
BIBLIOGRAFÍA .....84

# LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Exploración realizada.....20
Tabla 2. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados.....20
Tabla 3. Coordenadas de puntos materializados.....30
Tabla 4. Resumen datos estructurales.....38
Tabla 5. Resultados de sondeos manuales 1, 2 y 3.....42
Tabla 6. Resultados de sondeos manuales 4 y 5.....43
Tabla 7. Resumen de apiques 1 y 2.....43
Tabla 8. Resumen de apiques 3 y 4.....43
Tabla 9. Resultados de Penetración Estándar.....48
Tabla 10. Resumen ensayos de laboratorio.....51
Tabla 11. Propiedades de los materiales dependiendo de la profundidad.....52
Tabla 12. Presupuesto Alternativa 1.....57
Tabla 13. Presupuesto Alternativa 2.....58
Tabla 14. Presupuesto de obra.....63
Tabla 15. Cronograma de construcción.....65

# LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación general del sitio a estudiar en el Parque La Marqueza.....17
Figura 2. Ubicación específica de la zona de estudio.....18
Figura 3. Mapa Geológico Regional .....35
Figura 4. Diagrama de distribución de sistemas de diaclasas con respecto al talud...39
Figura 5. Esquema de ubicación de los sitios de levantamiento de las columnas .....40
Figura 6. Columna Estratigráfica 1.....41
Figura 7. Columna Estratigráfica 2.....42

# LISTA DE FOTOGRAFÍAS

pág.

Fotografía 1. Vista general de la ladera .....22
Fotografía 2. Aspecto general de la zona inestable.....23
Fotografía 3. Inestabilidad del terreno y vivienda afectada .....27
Fotografía 4. Grietas en andén ubicado en la corona del talud. .....28
Fotografía 5. Toma de datos estructurales en costado este del área de estudio. .....38
Fotografía 6. Sitio de levantamiento de Columna 2. Área de inestabilidad.....40

# LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Certificado de placas IGAC ..... 85
Anexo 2. Cartera de levantamiento ..... 88
Anexo 3. Inventario de estructuras geológicas ..... 91
Anexo 4. Registro de sondeos manuales ..... 93
Anexo 5. Registro de apiques ..... 99
Anexo 6. Registro de trincheras ..... 104
Anexo 7. Inventario de procesos ..... 106
Anexo 8. Inventario de viviendas ..... 113
Anexo 9. Antecedentes ..... 115
Anexo 10. Formatos ensayos de laboratorio ..... 121
Anexo 11. Cálculo de estabilidad ..... 135
Anexo 12. Memorias de cálculo ..... 146
Anexo 13. Planos ..... 164

# GLOSARIO

## Amenaza:

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural con una cierta intensidad y potencialmente nocivo para las personas, bienes, infraestructura y/o medio ambiente, dentro de un periodo especifico de tiempo y en un área delimitada geográficamente.

## Antrópico:

Se refiere a todas las actividades mediante las cuales el hombre transforma el medio natural. Tales como: obras civiles, deforestación, minería, actividades agrícolas, sobre pastoreo, uso del suelo, etc.

## Caídas:

Se refiere a desprendimiento, desplome y derrumbe de fragmentos de roca o suelo (incluyendo en este último término material quebradizo formado de fragmentos de roca, detritos de roca meteorizada y materia orgánica) rápido o extremadamente rápido, que puede estar o no precedido por movimientos menores. Son típicamente fallas en taludes empinados.

## Deluvio:

Es la acumulación de materiales finos sobre las vertientes de montañas y pie de laderas, transportados por escorrentía, arrancados de los suelos residuales y rocas meteorizadas.

## Deslizamiento:

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 delgada de material.

## Deslizamiento Rotacional:

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

## Deslizamiento Traslacional:

En este tipo de deslizamientos la masa de terreno se desplaza hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada de una ladera.

## Eluvio:

Es el producto de la meteorización de rocas parentales, que no han tenido transporte alguno. Es sinónimo de suelo residual, que se produce bajo efecto de meteorización química o física, o de ambos al mismo tiempo.

## Escarpe:

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

## Riesgo:

Es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad para determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos en las áreas ocupadas.

## Superficie de falla:

Corresponde al área inferior del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El terreno debajo de la superficie de falla permanece estable.

## Vulnerabilidad:

Entendida como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, es función de la exposición y de la resistencia.

# RESUMEN

En éste informe se presentan los estudios y análisis necesarios para mitigar los riesgos inminentes por fenómenos de remoción en masa, y se proponen las posibles alternativas de corrección complementados con el diseño de las obras de prevención y/o control propuestas, cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas que permitan realizar una correcta ejecución de la construcción.

# INTRODUCCIÓN

El proyecto de análisis y evaluación de riesgos en el Distrito Capital hace parte del plan de inversión del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias "FOPAE", cuya administración está a cargo de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias "DPAE", dependencia de la Secretaría de Gobierno.

En el Distrito Capital se registran situaciones de emergencia en sitios que presentan evidencias de condiciones de riesgo inminente, para las cuales el personal de la DPAE recomienda (mediante diagnósticos técnicos) su inclusión en la Base de Datos de Sitios Críticos por Fenómenos de Remoción en Masa, para intervención con medidas de mitigación de riesgo. Por tal motivo, se requiere disponer de los servicios de ingeniería que garanticen la aplicación de criterios técnicos y el apoyo logístico adecuado para realizar el diseño de las obras en forma rápida, y poder así adelantar su construcción en corto tiempo.

Con base en lo anterior se celebró el Contrato de Consultoría No. 515 de 2006, suscrito entre el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ – FOPAE y el CONSORCIO GEOSTAB, cuyo objeto es: "Elaboración de diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en las localidades de Usaquén y Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá, D.C." Uno de estos sitios es el Barrio La Marqueza, ubicado en la localidad de Rafael Uribe Uribe.

El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos de un área de 0.21Ha, el diseño detallado de las obras necesarias para estabilizar el talud, junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas. El diseño realizado protegerá una vivienda, habitada por una familia de 4 personas y la vía (Calle 49 C Sur).

# 1. GENERALIDADES

## 1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El talud a estudiar se encuentra ubicado en la Localidad Rafael Uribe Uribe, Barrio La Marqueza, UPZ 55 Diana Turbay. Según nomenclatura urbana, está localizado en la Diagonal 49B Bis A con Transversal 1A Este. El acceso se puede hacer por la Avenida Caracas y por la Calle 49 B Sur hasta la Carrera 1, por la cual se asciende una cuadra hasta la Calle 49C BIS S, donde se encuentra la zona inestable, por vías pavimentadas. En las figuras 1 y 2 se indica la ubicación de la zona de estudio, la cual corresponde al extremo noroccidental del Parque de La Marqueza.

Figura 1. Ubicación general del sitio a estudiar en el Parque La Marqueza

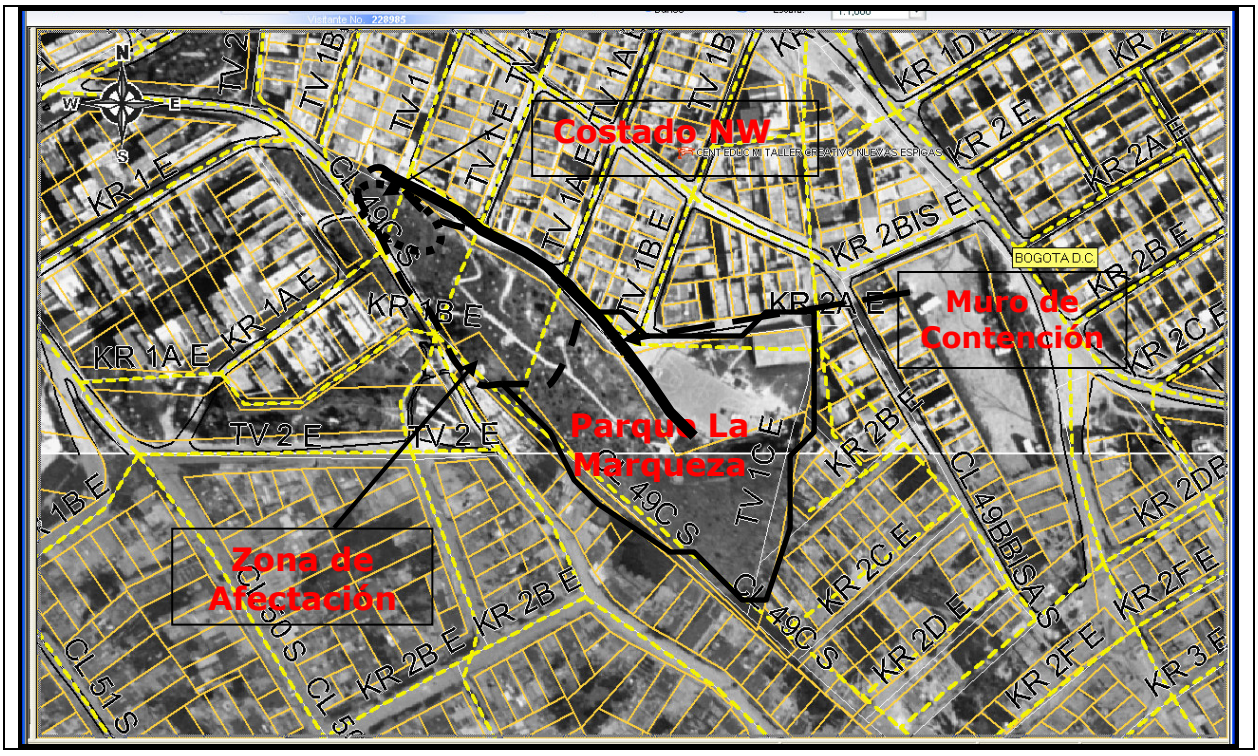
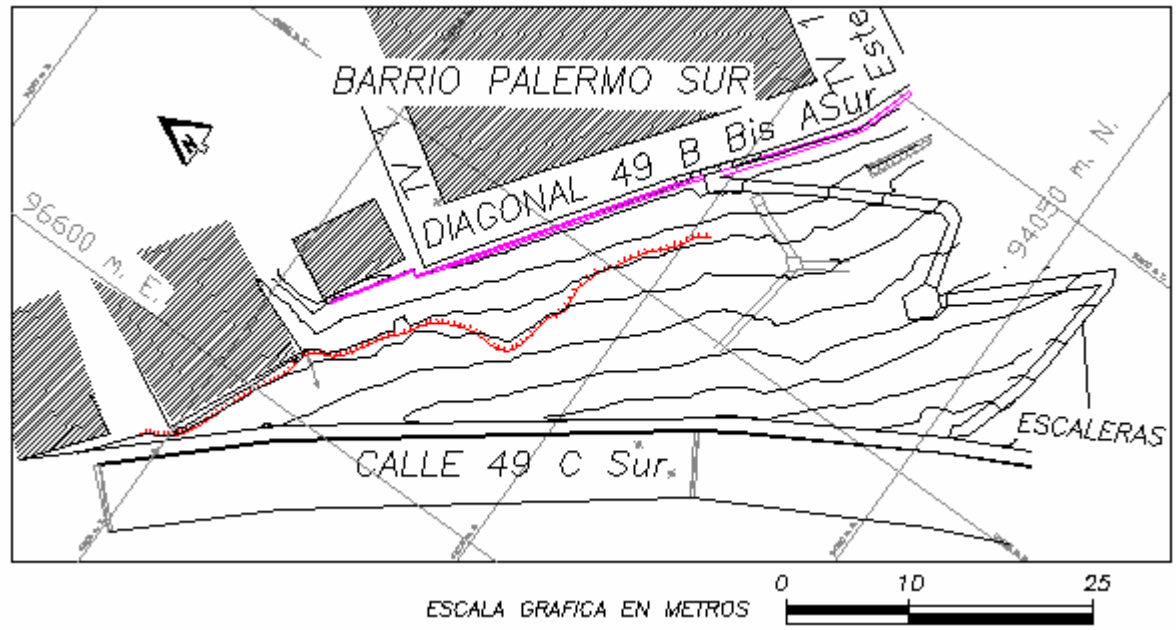


Figura 2. Ubicación específica de la zona de estudio




## 1.2. ALCANCES

El estudio se enmarcó en los siguientes alcances, los cuales fueron suficientes para entender el proceso, conformar modelos, plantear alternativas de solución y elaborar el diseño más apropiado.

- ***Recopilación y análisis de información secundaria disponible:*** obteniendo y evaluando la información disponible relacionada con el área problema para conformar las primeras ideas del proceso.

- ***Levantamiento topográfico detallado:*** altimetría y planimetría a escala 1:250 amarrados a las placas IGAC, con curvas de nivel cada 0.25 m, plasmados en el plano topográfico.

- ***Recopilación de información primaria:*** levantamiento geológico, inventario y caracterización de los procesos morfodinámicos, inventario de daños de las viviendas, investigación del subsuelo y realización de ensayos de laboratorio.

- ***Análisis geotécnico:*** identificación de sitios inestables; análisis de estabilidad global y local para condiciones estáticas y dinámicas, tanto en condición actual como con las respectivas obras recomendadas.

- ***Análisis de alternativas:*** identificación de las medidas con las que se podía mitigar el fenómeno y selección de la alternativa más apropiada.

- ***Diseño de las obras:*** elaboración de los planos con sus detalles para construir las obras, de acuerdo con la alternativa seleccionada. Incluyeron memorias de cálculo, cantidades de obra, presupuesto, especificaciones técnicas de construcción.

## 1.3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

Los trabajos de consultoría se desarrollaron ajustados a los Términos de Referencia, siguiendo los métodos que se emplean comúnmente en estudio de zonas inestables y que comprenden fundamentalmente:

- Exploración
- Experimentación
- Análisis teóricos
- Diseños

En desarrollo de estos métodos fue necesario seguir la siguiente metodología en materia de exploración y experimentación:

- ***Recopilación y análisis de la información existente:*** Este trabajo comprendió la búsqueda, ordenamiento y análisis de la información disponible en diferentes entidades. Para tal efecto fue necesario consultar información que comprende: cartografía, planchas geológicas, fotografías aéreas, estudios geotécnicos anteriores hechos en la zona, conceptos elaborados por DPAE, normas de EAAB.

- ***Levantamiento topográfico:*** Altimetría y Planimetría del sector mediante uso de una estación total, realizando el barrido con nube de puntos y 5 secciones transversales al talud. Se incluyó: localización de viviendas, infraestructura visible de servicios públicos (energía, alcantarillado, teléfonos, etc.), vías, drenajes, accidentes topográficos y en general todo detalle que era de interés para el estudio y que se podía levantar.

El trabajo topográfico se amarró a placas del IGAC, con referencias materializadas para el replanteo posterior de las obras con 2 mojones. El producto del levantamiento topográfico fue el plano detallado, elaborado en escala 1:250.

- ***Levantamiento Geológico y Geotécnico de la zona:*** Comprendió este trabajo el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento geológico que permitió conocer la litología, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca, depósitos no consolidados y demás detalles de utilidad que sirvieron para crear el modelo geológico local (escala 1:250). Con el fin de conocer en detalle la naturaleza del

subsuelo, se realizó la exploración requerida, la cual se encuentra reseñada en la Tabla 1 y en el Anexo 2 los correspondientes registros.

Tabla 1. Exploración realizada.

| TIPO DE EXPLORACIÓN | UNIDAD | TOTAL (ml) |
|---|---|---|
| Sondeo manual (Sm) | ml | 20 |
| Apiques (Ap) | Unid | 4 |
| Trincheras (Tr) | ml | 9 |

- ***Ensayos:*** Estuvieron constituidos por las pruebas de campo y laboratorio necesarias para conocer cuantitativamente las propiedades geotécnicas de los materiales que conforma el talud. Para tal efecto se procedió a realizar los ensayos resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|
| Humedad | Unid | 6 |
| Peso unitario | Unid | 3 |
| Peso especifico de sólidos | Unid | 3 |
| Limites de Atterberg (líquido y plástico) | Unid | 4 |
| Compresión inconfinada en suelos | Unid | 3 |
| Corte directo en suelos - 3 puntos | Unid | 4 |

En condiciones de campo se realizó el ensayo de Penetración estándar en sondeos.

- ***Inventario de viviendas:*** Se numeraron las viviendas afectadas y que potencialmente podrían sufrir alguna afectación por la inestabilidad o por la ejecución de las obras. Para esto se procedió a visitar las casas y consignar la información en formatos especiales elaborados para tal fin, los cuales pueden verse en el Anexo 2.

## 1.4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio directo es de 0.21 Ha, la cual se ubica en el extremo noroccidental del Parque de La Marqueza, comprendida principalmente por la vía urbana ubicada en las parte superior del talud afectado por la inestabilidad y las viviendas localizadas en la parte baja del mismo.

## 1.5. ANTECEDENTES

El estudio de antecedentes sobre la problemática del sector se hizo sobre la información existente en los archivos de la DPAE, específicamente:

- DIAGNOSTICO TÉCNICO No. 663 "MEDIDAS CORRECTIVAS A REALIZAR EN EL PARQUE DEL BARRIO LA MARQUEZA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE" CONTRATO DE CONSULTORÍA, GEOINGENIERÍA Ltda., 10 y 18 DE JUNIO DE 1999, donde se hace la descripción de los procesos, las condiciones geológica y geotécnicas en las cuales se presentaron y se hacen los diseños de obras, que fueron implementados posteriormente.

- DIAGNÓSTICO TÉCNICO NO. DI-2795 (11 de mayo de 2006), donde se describen los antecedentes, las características del subsuelo, nuevos procesos observados en el mismo talud tiempos después de haber implementado las obras y las causas probables.

A continuación se relata la información más relevante que ayuda esclarecer el problema que actualmente afecta el talud.

**Diagnostico técnico No. 663 "Medidas correctivas a realizar en el Parque del Barrio la Marqueza Localidad Rafael Uribe Uribe"**

*"El área de estudio corresponde a la ladera del costado suroeste del parque del barrio La Marqueza, en la cual se presentó un deslizamiento superficial en material residual producto de la meteorización de las rocas de la Formación Regadera (Tpr). Sobre la ladera también se observan algunos movimientos de reptación y escarpes de movimientos o deslizamientos anteriores, sin evidencias de actividad reciente, como se observa en las Fotografías 1 y 2"*

Como se puede observar en las fotografías 1 y 2, el informe trata de los procesos que afectaban el talud en el extremo nororiental, los cuales fueron ya mitigados con obras y actualmente no presentan problemas en estos sitios.

Sin embargo, son importantes para el presente estudio los conocimientos que aporta sobre las causas de inestabilidad en este sector: "… *la saturación de los materiales que conforman la ladera, por mal manejo de las aguas de escorrentía y debido a las fugas de aguas servidas del sistema de alcantarillado artesanal de las casas que se localizan en la parte alta de la ladera. La conformación predominantemente arenosa de la ladera permite que el agua se infiltre rápidamente provocando en cortos períodos de tiempo la saturación de los materiales."*

Fotografía 1. Vista general de la ladera



Parque del Barrio La Marqueza donde se presentó un deslizamiento superficial del terreno.  Se observan algunas zonas en reptación y cicatrices de deslizamientos anteriores, los cuales no presentan actividad reciente.




Fotografía 2. Aspecto general de la zona inestable

El material se deslizó desde la parte superior, formando un escarpe de 2 a 3 m de altura, y se acumuló en la base de la zona inestable, sin afectar el camino peatonal.

Igualmente, en el diagnóstico se menciona que hacia la zona que tiene afectaciones actualmente, ubicada al costado noroccidental del parque *"… se observa un talud revegetalizado con geomalla, el cual presenta alto prendimiento de pasto. Arriba del talud se construyó una zanja de coronación en tierra que drena hacia ambos costados del talud; sobre el costado occidental la zanja descarga el agua sobre un escalonamiento del terreno o escalera natural, la cual ha servido de descole al agua de escorrentía que drena sobre este sector."*

Este estudio también aporta información geológica y geotécnica:

*"La ladera está conformada por suelos residuales de rocas de la Formación Regadera (Tpr), con espesores entre 2 y 3 m. La Formación Regadera está constituida por areniscas friables de grano fino a conglomerático, color gris claro, con estratificación cruzada e intercalaciones de arcillolitas de colores gris oscuro y rojizos al estar alteradas, blandas y altamente plásticas.*

*En el sitio de estudio, la Formación presenta un rumbo N5ºW y buzamiento hacia el oeste en forma subhorizontal debido a la presencia de un eje sinclinal menor. La zona está muy próxima, entre 500 m y 700 m, a las Fallas de La Fiscalía y Yerbabuena, de acuerdo con el Mapa Geológico de Santa Fe de Bogotá elaborado por el Ingeominas.*

*Debido a las características geomecánicas de la roca, muy friable, y a los procesos de meteorización en el área, se han desarrollado espesores de suelo residual del orden de 3 metros, con predominancia de material arenoso. En términos generales, la ladera presenta el siguiente perfil promedio (Fotografías 5, 9, 10 y 12):*

| Profundidad | Descripción |
|---|---|
| 0.00m – 0.25m | Suelo orgánico y capa vegetal |
| 0.25m – 0.60m | Suelo limo-arcilloso color gris claro con raíces y fisuras. |
| 0.60m – 3.00m | Suelo arenoso con bloques de arenisca, color amarillento con raíces y fisuras. |
| Mayor de 3.00m | Arenisca friable. Formación Regadera. |

*El material arenoso se satura rápidamente y es fácilmente erodable, siendo muy susceptible a deslizamientos superficiales, y dando origen a los problemas de estabilidad que se observan en la ladera."*

Con los datos obtenidos durante la visita, junto con la topografía, se realizó el análisis de estabilidad de la ladera, el cual arrojó los siguientes resultados:

*"De acuerdo con el análisis realizado, el factor de seguridad para la zona que se deslizó tendría un valor de F.S. = 1.45 para una condición de talud seco y suelo residual con parámetros estimados de cohesión C=10.0 kPa y ángulo de fricción de*

*28º. Para los mismos parámetros del suelo y nivel freático alto, el factor de seguridad disminuye a F.S. = 0.95, por lo cual el talud falló.*

*Para las condiciones de talud reconformado, nivel freático alto y parámetros de cohesión bajos, el factor de seguridad presenta valores de F.S. = 1.16. Como el material que ofrece menores propiedades de resistencia será retirado, y asumiendo en forma conservadora un leve aumento de cohesión de 10 a 12 kPa para las mismas condiciones de nivel freático alto, el factor de seguridad se aumenta a F.S. = 1.29. Al disminuir el nivel freático el factor de seguridad alcanza valores de F.S. = 1.53. De esta forma se concluye el gran beneficio que aportaría un sistema de drenaje efectivo.*

*La estabilidad global de la ladera una vez conformada y para las condiciones mas desfavorables, presenta un factor de seguridad de F.S. = 1.23, y para una condición seca este factor de seguridad aumenta a 1.33"*

## RECOMENDACIONES

*"Acciones a Corto Plazo: Solucionar los problemas de rotura de mangueras o tuberías y fugas de aguas servidas del sistema de alcantarillado de las casas de la parte alta de la ladera.*

*Acciones a Mediano Plazo: Teniendo en cuenta los análisis de estabilidad realizados para la ladera, en la zona del deslizamiento se deberán retirar los materiales sueltos y muy alterados y húmedos, perfilando los escarpes con pendientes o taludes 1H:1V, como se indica en los planos. Posteriormente se realizarán trabajos de reconformación del talud y empradización con cespedón.*

*Se construirá un sistema de drenaje compuesto por cunetas de concreto, zanjas de coronación, descoles y subdrenes, que permita interceptar las aguas lluvias y conducirla hasta los sistemas de recolección de aguas lluvias de la zona, como se muestra en los planos. Se deberá hacer la conexión entre la zanja de coronación del talud con geomalla y el sistema de drenaje diseñado.*

*Como medida preventiva se deberán abrir agujeros de drenaje o lloraderos en el muro de contención que se encuentra en la base de la ladera, de tal forma que se permita el drenaje de la parte de atrás del muro, facilite el descenso de los niveles freáticos y reduzca las presiones hidrostáticas sobre el muro.*

*Se recomienda adelantar la gestión necesaria para reconstruir el sistema de drenaje de la vía que se encuentra en la parte alta de la ladera o calle 50 sur, para evitar que se desvíen las aguas de escorrentía hacia la ladera del parque.*

*Acciones a Largo Plazo: Se deberán continuar con los programas de reforestación de la ladera y se realizarán seguimientos periódicos para evaluar la estabilidad de la misma. Se podrán construir subdrenes paralelos al camino existente."*

Se presentan planos de diseño, presupuesto por $12'467.024,40 y cantidades de obra. Según parece, las anteriores obras fueron construidas.

### Diagnóstico Técnico No. DI-2795 (11 de mayo de 2006)

El Diagnóstico Técnico No. DI-2795, resume el diagnostico anterior y se enfoca a los problemas actuales y riesgos asociados con:

- Depositación de material deslizado sobre la vía correspondiente a la Diagonal 49 B Bis A Sur.

- Desconfinamiento del suelo de cimentación de las viviendas localizadas en la parte superior del talud, por el comportamiento retrogresivo que pueda tomar el proceso de inestabilidad que se evidencia.

- Afectación del predio localizado en el costado NW del parque por desprendimiento de material."

### RECOMIENDAN

Dar prioridad al sector teniendo en cuenta que esta incluido en la Base de Sitios críticos de la DPAE, con el fin de adelantar las acciones pertinentes para implementar las obras necesarias para la reparación y/o mantenimiento del talud del costado oriental del Parque La Marqueza.

## 1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La información analizada y los reconocimientos del terreno permitieron deducir que la zona de interés se caracteriza por alta susceptibilidad a deslizamientos.

El talud objeto del estudio, ubicado en el costado noroccidental del Parque del Barrio La Marqueza está cubierto parcialmente con geomalla y cespedón, adicionalmente tiene un muro de contención de concreto en la pata de aproximadamente 1.5 m de altura.

Hacia la parte inferior del talud, en el límite más noroccidental, se presentan desprendimientos de material que involucran suelos limo-arenosos y bloques de roca débiles, los cuales caen en un predio donde aparece una casa de madera y la

Diagonal 49B Bis A Sur. Por su aspecto, el desprendimiento parece ser retrogresivo y puede comprometer en el futuro masas mayores. En el sitio del desprendimiento no se observa protección con geomalla pero el límite ya está alcanzando una área cubierta con geomalla negra (ver Fotografía 3).

En la corona del talud existe una vía pavimentada en concreto rígido con su andén. El andén presenta fracturas con apertura hasta de una pulgada aproximadamente, evidenciando un movimiento hacia el talud.

El muro de contención en concreto, no tiene indicios de inestabilidad. El sistema de drenaje del mismo (lloraderos), se encuentra casi en su totalidad obstruido, requiriéndose su mantenimiento para garantizar la funcionalidad.

Por fuera del talud y del parque, en la punta noroccidental, conformaron un pequeño talud (ver Fotografía 4) para construir una casa y también en la corona se encuentra el andén de la vía superior. El talud que tiene en proximidades a la casa hasta 2 m de altura, casi vertical y sin protección, ha presentado indicios de desprendimientos. En el andén, que es continuidad del que hay en la corona del parque, hay fracturas con abertura hasta de una pulgada aproximadamente.

Las placas de concreto de la vía no presentan fisuramiento.

Fotografía 3. Inestabilidad del terreno y vivienda afectada



Las posibles causas de la inestabilidad del terreno son: Degradación natural del macizo rocoso, la intervención antrópica, cortes no apropiados para desarrollo de proyectos de vivienda, agua de escorrentía, posibles desajuste en el sistema de alcantarillado ubicados bajo la vía superior, entre otras.

Fotografía 4. Grietas en andén ubicado en la corona del talud.



# 2. TOPOGRAFÍA

El objetivo del levantamiento topográfico consistió en la elaboración de una cartografía básica para ubicar el área de estudio geográficamente y localizar en ella todos los accidentes de relieve, infraestructura y predios, lo mismo que datos sobre accidentes del terreno y exploración geotécnica.

## 2.1. CARTOGRAFÍA BASE

### 2.1.1. Localización cartográfica del área

El área se localiza en un cuadrángulo que tiene como coordenadas planas:

N: 94050.000 m E: 96575.000 m en el extremo suroccidental
N: 94100.000 m E: 96650.000 m en el extremo nororiental

Con elevaciones entre 2662 y 2682 m.s.n.m., la zona de estudio ocupa un área aproximada de 2070 $m^2$.

Los datos están referenciados a las coordenadas cartesianas con origen en el punto con coordenadas geográficas 04º 41’ 00.00” de Latitud Norte y 74º 09’ 00.00” de Longitud Oeste de Greenwich a la cual se le asignaron las coordenadas planas 109,320.965 metros al Norte y 92,334.879 metros al Este respectivamente. Datum Observatorio Astronómico de Bogotá con el plano de proyección de 2550.000 m.s.n.m.

### 2.1.2. Puntos topográficos

Se tomó como punto de partida la placa topográfica CD757 que se localiza en el Cerro de las Lomas a 3 metros de la torre de Alta tensión, placa con coordenadas planas N: 96846.567 m y E: 96540.562 m, con una elevación geométrica calculada por el IGAC de 2688.500 m.s.n.m., sobre el plano de referencia de 2550.000 m.s.n.m. con vista total a la señal de azimut MONSERRATE IGLESIA localizada en la cruz de la Iglesia de Monserrate y está a una distancia de 7227.25 m, con un Azimut Plano Norte al Este de 054º 39’ 17.191”. Se anexa la copia de la certificación IGAC. (Ver Anexo 1).

## 2.2. EQUIPO

El levantamiento se realizó con una Estación Total Nikon DTM-450 de precisión angular al segundo y con alcances de lectura con prisma sencillo de 2800 m de distancia en longitud, con capacidad para almacenar hasta 10000 puntos topográficos con la ayuda del colector de datos DTS48 HP, con lectura vertical cenital y el acompañamiento de tres bastones y una mira de 6 metros cada uno con sus respectivo prisma para la lectura de los puntos.

## 2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó a partir de los puntos topográficos mencionados anteriormente, tomando como azimut verdadero la línea existente desde la placa CD757 con vista total a la señal de azimut MONSERRATE IGLESIA mediante una poligonal cerrada, se trasladaron las coordenadas y la elevación a los diferentes puntos fáciles de acceder a tomar la información del las construcciones y el talud respectivo.

**Puntos de Referencia:** Corresponden a dos puntillas resaltadas con pintura R1 Y R2 ubicadas cerca al área de estudio identificadas con las letras R1 y R2, localizadas R1 en el sardinel de la Diagonal 49 B Bis A Sur frente al número 1 C 06 Este y R2 en el sardinel opuesto al anterior en la misma diagonal a unos 9 metros al Noroeste de la bajada de las escaleras que llegan a la diagonal desde el talud. Ambas puntillas están clavadas en el material resistente, existe vista entre ellas, su ubicación se refleja en el plano y sus coordenadas son:

Tabla 3. Coordenadas de puntos materializados

| PUNTOS | NORTE m | ESTE m | ELEVACIÓN m |
|---|---|---|---|
| CD757 | 96846.567 | 96540.562 | 2688.500 |
| R1 | 94055.7954 | 96674.9855 | 2658.716 |
| R2 | 94083.8649 | 96626.3294 | 2662.296 |

### 2.3.1. Etapas del levantamiento topográfico

Primera etapa. Planimetría y Altimetría.

- *Zona Abierta:* Toma de información únicamente del área despejada con secciones transversales colocando los prismas en los cambios de pendiente hasta obtener un cubrimiento total del área de estudio, los intervalos entre las secciones varían entre 1m y 4m de distancia según las condiciones del terreno.

- *Zona de Construcciones y Detalles:* Toma de información de los puntos topográficos de infraestructura como son paramentos, andenes, construcciones, postes, pozos, cercas, etc.

- *Colección de la información de campo:* Para la colección de datos de campo se optó por consignar la información tomada en el colector de datos DTS48 HP, mediante una interfase de datos serial RS-232 y el programa de computadora EP Collect Data V.14.13.

Este procedimiento tuvo una duración de 2 días y se tomaron 400 puntos aproximadamente.

Segunda etapa. Trabajo de oficina

En primer término se georreferenciaron los puntos topográficos tomados en campo mediante el programa EP Collect Data V.14.13

El procesamiento cartográfico del levantamiento se ejecutó empleando el módulo Surface Modeling del Programa de computadora Eagle Point V.14.1, bajo un modelo de interpolación dirigida con aplicación en las tres dimensiones, lo que representó definir y respetar las barreras físicas actuales, condicionando la interpretación a éstas, sin permitir el desempeño del programa a su libre esquema de triangulación. En este sentido jugaron un papel importante las secciones transversales.

Como resultado de la actividad anterior, se definió la salida gráfica del Plano Topográfico a escala 1: 250 con curvas de nivel cada 0.25 metros.

El proceso así desarrollado puede entenderse como una conceptualización de un submodelo para un SIG, ya que primero se elaboraron las diferentes capas de información y posteriormente se hizo la interpolación. De esta manera entonces, se seleccionaron los postes de alumbrado, los pozos de inspección y demás amoblamiento urbano, se delinearon las vías y se delimitaron los taludes.

# 3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

## 3.1. OBJETIVO

El objetivo específico de la caracterización geológica, hidrogeológica y geomorfológica del área consistió en elaborar un modelo gráfico - analítico del subsuelo, entendido como un sistema de elementos interrelacionados, que permitió evaluar la estabilidad del terreno. Los elementos básicos que constituyen el sistema son: rocas y depósitos no consolidados, relieve y procesos, aguas subterráneas.

## 3.2. ALCANCES

Los alcances del estudio geológico son los siguientes:

- Integración de geología y geomorfología local en el contexto regional.

- Realizar levantamiento geológico directo incluyendo descripciones de perforaciones, apiques y trincheras, lo mismo que tomas de muestras para ensayos de laboratorio.

- Descripción de fenómenos de inestabilidad presentes.

- Elaborar mapa y secciones, creando un modelo geológico para cálculos de estabilidad.

## 3.3. METODOLOGÍA

En primer término se hizo la caracterización regional analizando la información secundaria, la cual comprende:

a) Mapa Geológico, Mapa de Zonificación Geotécnica y Mapa de Microzonificación Sísmica, a escala 1:50.000, elaborados dentro del Convenio Interadministrativo 01-93 del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá.

b) Estudios Geológico y Geotécnico de la "Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá D.C.", mapa geológico a escala 1:10.000, elaborado por INGEOCIM Ltda. para UPES.

c) Informe Final "Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, evaluación de Alternativas de mitigación y Diseños Detallados de las obras recomendadas para estabilizar el Antiguo Escarpe de Explotación frente al Barrio El Portal, Localidad Rafael Uribe Uribe, por C.I.C. Ltda., FOPAE, Marzo del 2001.

d) Modelo Hidrogeológico para los acuíferos de Bogotá, elaborado para DAMA por Hidrogeocol Ltda.

e) "Estudios de riesgos por remoción en masa y diseños detallados de las obras de control, protección y estabilización en el Barrio Triunfo Sur, localidad de Rafael Uribe Uribe, de la Ciudad de Bogota D.C." presentado a la DPAE por INGEMETRICA LTDA. (Agosto de 2002).

La geología general, presentada en los estudios anteriores, sirvió de base para enmarcar el área de trabajo. En segundo término, se realizó la verificación de las unidades, definidas con ayuda de la información secundaria, en condiciones de campo.

La exploración geológica consistió en recolectar la información primaria y ubicarla en la cartografía básica para caracterizar el subsuelo y elaborar su modelo gráfico. La exploración geológica comprendió el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento de la litología, fracturamiento, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca y de consolidación de los depósitos, junto con otros detalles de utilidad para crear el modelo geológico local.

El trabajo se realizó mediante uso de métodos comunes de inspección visual y mediciones con instrumental geológico (brújula y penetrómetro de bolsillo). Además de los anteriores, se utilizaron perforaciones con barreno manual, apiques, trincheras y perforaciones mecánicas.

Para la descripción de los fenómenos de inestabilidad presentes se levantó toda la información concerniente a procesos geodinámicos especificados en las fichas diseñadas para dicho propósito (ver Anexo 2). Los procesos identificados y levantados se ubicaron en el mapa geológico.

Logrados los objetivos anteriores y teniendo en cuenta los levantamientos hechos en campo, junto con los diferentes registros de exploración, se elaboró el mapa geológico detallado y 6 secciones perpendiculares a las curvas de nivel, ubicadas estratégicamente, de tal forma que tipifican el perfil del subsuelo.

## 3.4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

### 3.4.1. Litoestratigrafía regional

El subsuelo de la localidad de Rafael Uribe Uribe, a la cual pertenece el Barrio la Marqueza, esta conformado en profundidad por rocas del Terciario, de edad Eoceno Medio, correspondientes a la Formación Regadera (Tr). La sección tipo ha sido medida en el flanco occidental del sinclinal de Usme, al sur de la población del mismo nombre. Su espesor total según Acosta y Beltrán (1987) es de 345 metros, pero según Julivert (1961) la Formación alcanza 400 metros.

La Formación Regadera fue nombrada por HUBACH (1957) como miembro litológico de guía, que se distingue muy fácilmente de las formaciones sub y suprayacentes, tales como Bogotá y Usme, ambas de composición predominantemente arcillosa.

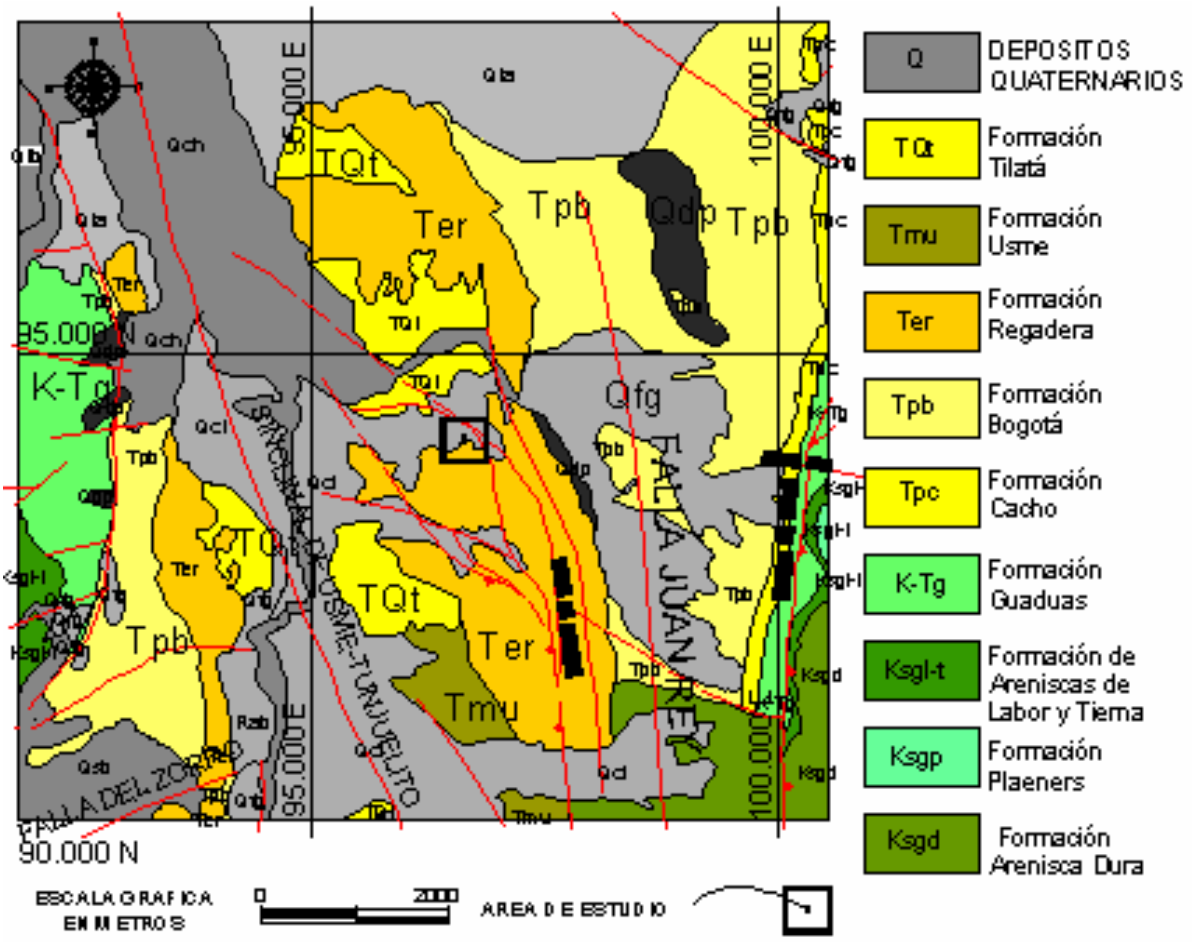
La Formación Regadera consta de dos niveles: Inferior y Superior. El conjunto inferior de la Formación (Tpri) se presenta en bancos de arenisca cuarzofeldespática, poco consolidada, color gris claro a blanco, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares de conglomerados finos y matriz arcillosa, con estratificación cruzada y espesores entre 0,5 y 15 metros. Las areniscas alternan con arcillolitas o lodolitas rosadas y rojizas con espesores que no sobrepasan los 30 cm y que en ningún momento le quitan a este nivel el carácter dominantemente arenoso. Este conjunto aflora ampliamente en el sector de Rafael Uribe Uribe, donde forma la serranía de Guacamayas y en el flanco occidental del sinclinal de Usme.

El conjunto superior de la Formación Regadera (Tprs) es predominantemente arcilloso y en el área de la localidad de Rafael Uribe Uribe aflora a partir de la carrera décima hacia el occidente, la cual no se alcanza a apreciar en el Plano 2.

La Formación Regadera yace sobre la Formación Bogotá y este contacto es erosivo y en algunos sitios fallado. Con la Formación Usme el contacto es concordante.

Espacialmente, en algunos sitios sobre la Formación Regadera yacen en contacto discordante los depósitos no consolidados recientes, provenientes de sedimentos flúvio-lacustres (Formación Sabana, Qtb), rellenos de origen antrópico (Qra) y coluviones (Qc), producto de deslizamientos de depósitos de suelos residuales y rocas alteradas (ver figura 3).

Figura 3. Mapa Geológico Regional




Como se puede apreciar en la Figura 3, y según la información secundaria, el área de estudio se ubica dentro de las rocas del nivel superior (arenoso) de la Formación Regadera (Tpr). La anterior hipótesis fue comprobada mediante levantamientos directos en el terreno.

### 3.4.2. Geología estructural regional

En lo que respecta a la geología estructural, el área de estudio se localiza regionalmente dentro de una zona denominada Lineamiento de Bogotá[1], de intenso fallamiento, entre tres fallas sin nombre, satélites de la Falla Juan Rey y al sur-occidente de la Falla Guacamayas (margen derecha del río Tunjuelito). Lo anterior

[1] Guillermo Ujueta L. Lineamientos río Ariari, Bogotá y Gachala en los departamentos de Cundinamarca y Meta, Colombia, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen XVIII, mayo 1992, No. 70, Santafé de Bogotá D.C.

repercute en la calidad del macizo rocoso, un fracturamiento intenso, gran capacidad de infiltración y en los espesores de suelos residuales, que prometen ser grandes.

Otra característica estructural de importancia especialmente en el área de estudio es la estratificación.

De cuerdo con los estudios realizados en el área, la Formación Regadera presenta un rumbo N5ºW y buzamiento hacia el sur-oeste (favorable para la estabilidad del talud) en forma subhorizontal debido a la presencia de un eje sinclinal menor.

### 3.4.3. Hidrogeología regional

En el modelo hidrogeológico para los Acuíferos de Bogotá, la Formación Regadera está unida a la Formación Bogotá Superior en una sola unidad hidrogeológica, definida como una capa semiconfinante Bogotá-Regadera, la cual se caracteriza como un acuitardo discontinuo de extensión regional, asociado a rocas arcillosas con algunas intercalaciones de areniscas.

Se le asigna unos valores de conductividad hidráulica equivalente de 0,08 m/día y un coeficiente de almacenamiento equivalente de $1x10^{-6}$ $m^{-1}$. Estos valores son estimados, pues no hay experimentación que lo compruebe.

Sin embargo, la unión de estas dos formaciones en una sola unidad hidrogeológica no parece ser correcta, pues como se ha mencionado en el numeral correspondiente a litoestratigrafía, el miembro inferior de la Formación Regadera se describe como predominantemente arenoso y conglomerático, de bajo nivel de consolidación y friable, lo que hace pensar que esta unidad puede resultar permeable. Además de lo anterior, se debe tener en cuenta el alto fracturamiento de las rocas que debe aumentar su permeabilidad significativamente.

El análisis de los niveles piezométricos, presentados en los mapas para los posibles acuíferos, indica que este puede ubicarse a unos diez (10) metros por debajo de la superficie. La dirección general del flujo de las aguas subterráneas se estima en unos 45º al NW.

### 3.4.4. Geomorfología regional

La zona se ubica en el área de colinas redondeadas de tipo estructural, pues corresponden a un bloque tectónico levantado (ver Figura 3). En esta geoforma principal se desarrollan otras formas de origen denudativo, que corresponden a los valles originados por corrientes de agua superficial, generalmente relacionadas con las zonas afectadas por fallas.

Actualmente ambas formas naturales de relieve se encuentran modificadas por la actividad antrópica, más concretamente por las canteras y actividad urbanística.

La tercera forma tiene origen acumulativo y corresponde a las terrazas antrópicas de depositación de materiales de excavación y basuras sobre las pendientes y dentro de los valles denudativos.

Las pendientes del terreno natural se pueden clasificar como moderadas y no sobrepasan los 45°. Sólo en las áreas de escarpes antrópicos llegan a ser mayores, incluso con taludes negativos.

En conclusión, el marco regional nos permitió establecer que el área de estudio se ubica en la vertiente occidental de una colina, generada por levantamiento tectónico del bloque estructural, ubicado entre las fallas Guacamayas y Juan Rey. Que dicho bloque se encuentra conformado en su parte superficial por las rocas de la Formación Regadera, afectada por intenso fracturamiento.

El área de estudio se ubica en una zona donde las rocas aflorantes tienden a tener una inclinación subhorizontal. Se espera encontrar rocas de composición predominantemente arenosa del nivel inferior de la Formación Regadera, que se caracterizan como permeables. El espesor de suelos residuales varía entre 2 y 3 metros.

Las anteriores conclusiones se corroboraron en los estudios detallados, que se relatan a continuación.

## 3.5. GEOLOGÍA LOCAL

### 3.5.1. Toma de datos estructurales

Esta labor de campo consistió en el levantamiento de los rasgos estructurales, tales como el rumbo y buzamiento de planos de estratificación, fallas, diaclasas y sus características de continuidad, espaciamiento, abertura, rugosidad, tipo y espesor de relleno (ver Anexo 2 - Fichas de Discontinuidades). El levantamiento, conjuntamente con la columna estratigráfica se realizó en la parte noreste del talud, a unos pasos de las escaleras ubicados en los sitios cercanos al área de estudio (ver Fotografía 5). Los datos tomados se resumen en la Tabla 4.

Fotografía 5. Toma de datos estructurales en costado este del área de estudio.



Tabla 4. Resumen datos estructurales

| SIST. | ORIENTACIÓN | CONTINUIDAD | ESPACIO | APERTURA | RELLENO | RUGOSIDAD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Estrato | N 59-75º W/15-29 SW | Continuo | Estr. media | cerrado | sin | liso |
| S1 | N 37-69º W/45-68 NE | Discontinuas a continuas | Próximas (5-30cm) | Poco abierta | Arcilla | rugosa |
| S2 | N 36-81ºW/18-82 SW | Discontinuas a poco continuas (<5m) | Medio (0.3-1.0m) | cerrado | sin | rugosa |

Como se puede apreciar en la Tabla 4, el rumbo de la estratificación en general varía de N59ºE a N75ºW y buzamiento de 15º a 29º al NE, con un promedio de 20º. Si tenemos en cuenta que la dirección del talud es N59º-69ºE y su inclinación es unos 20º al SW, la estratificación es favorable para la estabilidad del talud y no puede constituirse en superficie de falla.

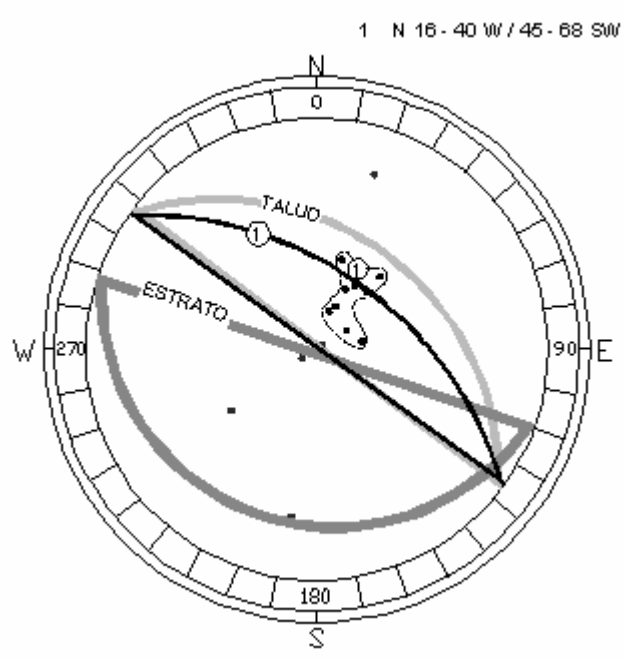
En la misma tabla se puede ver que la discontinuidad principal corresponde al sistemas 1, presente en el bloque estructural estudiado, mostrando en general continuidad.

La posición del sistema de diaclasas S1 y su posición respecto al talud se pueden apreciar en la Figura 4, donde es posible ver que dicho sistema y el talud presentan

la misma dirección, pero las diaclasas tienen ligeramente mayor ángulo de inclinación. Esta interrelación es teóricamente estable en un talud de roca dura, pero en roca meteorizada, con ángulo de inclinación del talud significativo la estabilidad tiende a disminuir a medida que la roca se degrada y adquiere propiedades de suelo arenoso.

Como la meteorización de la roca es de arriba hacia abajo, las zonas más superficiales son las que muestran los primeros signos de inestabilidad.

Figura 4. Diagrama de distribución de sistemas de diaclasas con respecto al talud

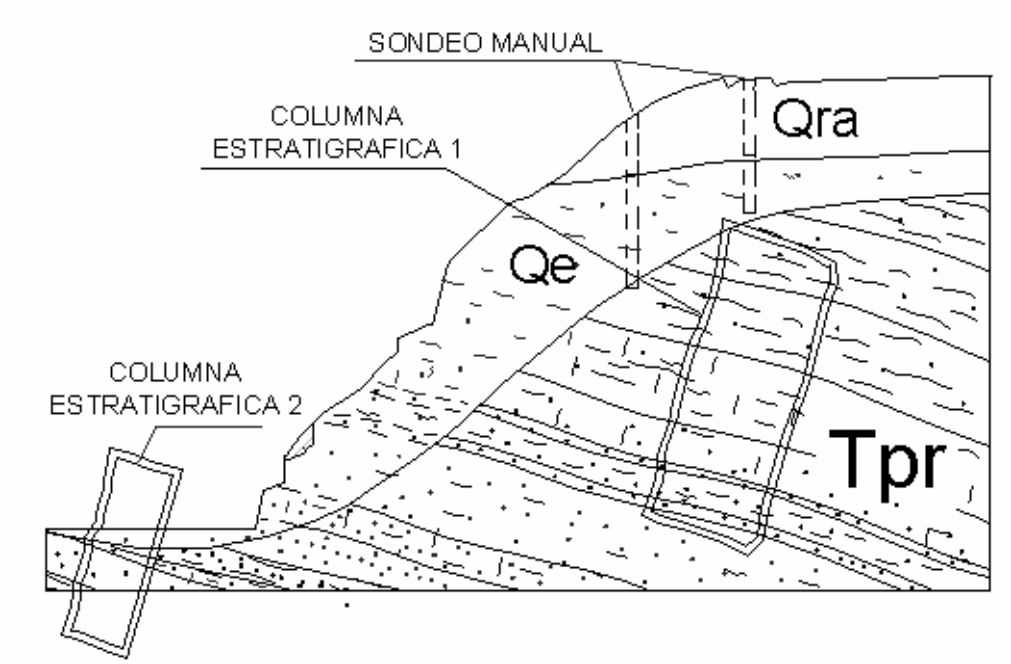



## 3.5.2. Levantamiento de columnas estratigráficas

Dentro del levantamiento geológico detallado se elaboraron dos columnas estratigráficas, ubicadas en el área de estudio tal como se representa en la Figura 5 (ver Fotografías 5 y 6). Esta actividad se llevó a cabo con el propósito de conocer la composición y espesores reales de roca, el rumbo y buzamiento de la estratificación, el grado de fracturamiento de la roca y características de las discontinuidades, y con base en lo anterior caracterizar el macizo rocoso y, entre otros, plantear los posibles mecanismos de falla de los taludes.

Las columnas levantadas permiten hacerle seguimiento a la orientación de la estratificación y facilitan el conocimiento sobre la composición de los suelos residuales del área.

Figura 5. Esquema de ubicación de los sitios de levantamiento de las columnas



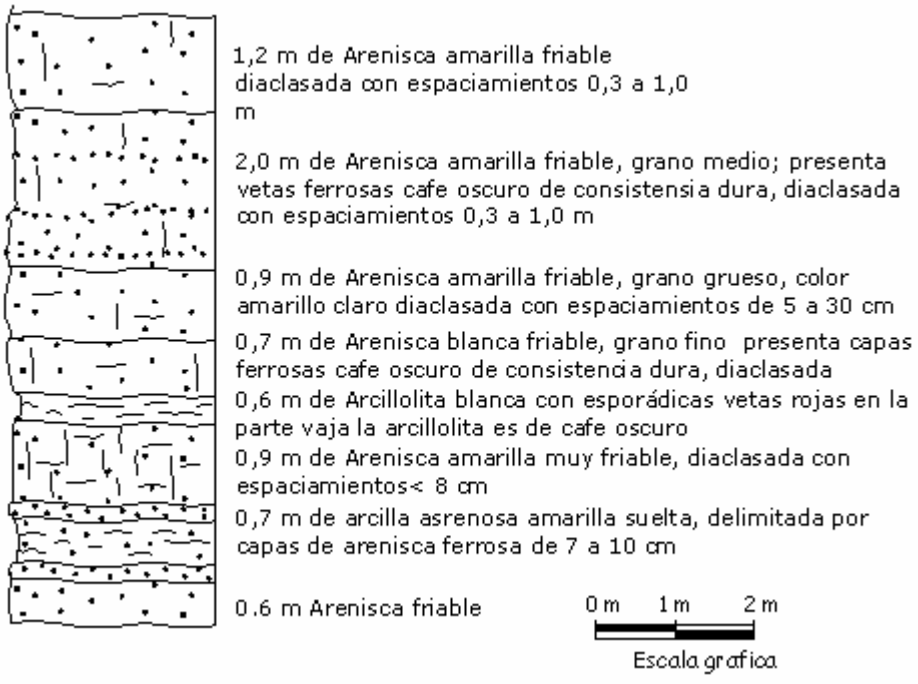

Fotografía 6. Sitio de levantamiento de Columna 2. Área de inestabilidad



La columna 1 se levantó en la parte este, limitando con la zona de estudio a unos pasos de las escaleras, donde la roca está meteorizada y en partes muy fracturada

(ver Fotografía 5). De acuerdo con la columna levantada, presentada en la Figuras 5 y 6, en esta zona existen bancos de arenisca hasta de 2 m de espesor intercalados con delgados niveles de arcillolitas débiles. En este lugar la secuencia rocosa se encuentra cubierta de relleno antrópico de pocos centímetros de espesor.

Figura 6. Columna Estratigráfica 1

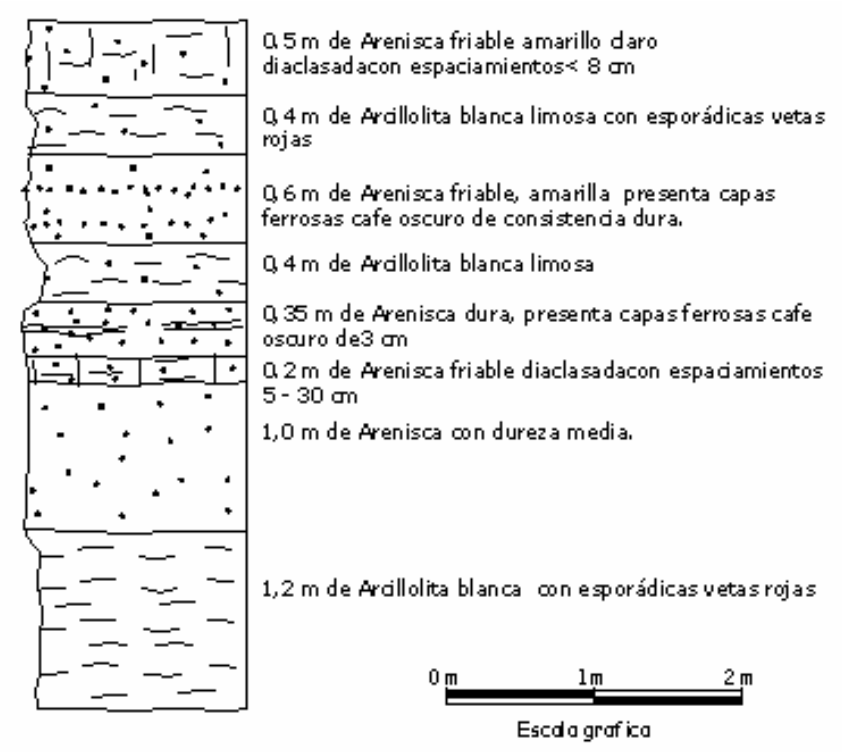



La columna 2 fue levantada en el costado norte detrás del predio afectado por el deslizamiento (ver Figuras 5 y 7).

Como se puede apreciar en las columnas levantadas, la composición de la Formación Regadera en el área de estudio es en su mayoría arenosa, y el suelo residual encontrado en el talud es el producto de la meteorización de esta litología, el cual resulta también con características arenosas.

Para conocer la naturaleza del material ubicado bajo la superficie del talud se hicieron sondeos manuales. Los resultados de esta exploración se detallan a continuación.

Figura 7. Columna Estratigráfica 2




### 3.5.3. Descripción de barrenos manuales

Con el propósito de identificar los tipos de depósitos no consolidados y de conocer sus espesores, además de tomar muestras para los ensayos de laboratorio, se llevaron a cabo cinco sondeos manuales en los lugares indicados en el Plano 2. Los registros de los sondeos se presentan en el Anexo 2.

A continuación, en las tablas 5 y 6 se aprecia un resumen de los resultados obtenidos, donde aparecen las profundidades y espesores de los materiales encontrados en los diferentes sondeos.

Tabla 5. Resultados de sondeos manuales 1, 2 y 3.

| Sondeo / Deposito | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | Espesor | DE | A | Espesor | DE | A | Espesor |
| Relleno (Qr) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 2.5 | 0 | 2.0 | 2.0 |
| Eluvio (Qe) | 0 | 4.5 | 4.5 | 2.5 | 3.5 | 1.0 | 2.0 | 3.5 | 1.5 |

Tabla 6. Resultados de sondeos manuales 4 y 5

| Sondeo / Deposito | 4 | | | 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | Espesor | DE | A | Espesor |
| Relleno (Qr) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eluvio (Qe) | 0 | 4.5 | 4.5 | 0 | 4.5 | 4.5 |

Como se puede observar en las tablas anteriores, el espesor de relleno antrópico (Qr) es nulo en algunos sitios y en otros relativamente reducido, con un máximo de 2.5 metros. El espesor máximo de eluvio (Qr) es de 4.5 m. Es de anotar, que todos los sondeos manuales llegaron hasta el nivel de roca dura, donde no fue posible penetrar. En ninguno de los sondeos se encontró nivel freático. El relleno se encontró hacia la parte alta del talud y en la zona de la corona.

### 3.5.4. Descripción de los apiques

Se excavaron 4 apiques, cuya ubicación se presenta en el plano 2 y los registros en el anexo 2. A continuación, en las tablas 7 y 8 se presenta un resumen con los resultados obtenidos, donde aparecen las profundidades y espesores de los materiales encontrados en los diferentes apiques.

Tabla 7. Resumen de apiques 1 y 2

| Apiques / Litología | 1 | | | 2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | Espesor | DE | A | Espesor |
| Relleno (Qr) | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| Eluvio (Qe) | 0.5 | 1.2 | 0.7 | 0 | 1.1 | 1.1 |

Tabla 8. Resumen de apiques 3 y 4

| Apiques / Litología | 3 | | | 4 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | Espesor | DE | A | Espesor |
| Relleno (Qr) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 |
| Eluvio (Qe) | 0 | 1.2 | 1.2 | | | |

Como se puede apreciar en las tablas 6 y 7, en todos los apiques realizados se encontró suelo residual a excepción del apique cuatro, los apiques muestran suelos residuales estratificados en capas de arenas densas y arcillas limosas de humedad

baja y consistencia media. A medida que se profundizaba en el apique los materiales se encontraban más duros, hasta el punto que ya no les entraba la pica. Esto permite deducir que en el área, hacia la parte baja y media, los materiales blandos, susceptibles de inestabilización tienen poco espesor.

### 3.5.5. Descripción de las trincheras

Se excavaron dos trincheras. La trinchera 1 (ver registro en Anexo 2) se localizó en la parte afectada del talud, donde se encontró relleno antrópico de color café oscuro a negro, compuesto de restos de basura, palos, con raíces delgadas, pequeños cantos de roca y limos negros en la parte baja. Hacia la parte más alta de la trinchera hubo arcilla-arenosa, suelta superficialmente y de humedad media y consistencia media a pocos centímetros. La trinchera tuvo un largo de 5.0 m y 0.7 m de profundidad.

La trinchera 2 (ver registro en Anexo 2) se localizó en la parte no afectada del talud, donde se encontró arenisca amarilla friable, con vetas ferrosas café oscuro, en capas de 1.8 y 1.2 m, intercaladas con 2 capas de 0.2 m de arcillas limosas. La trinchera tuvo un largo de 4.0 m y 0.3 m de profundidad.

Ambas trincheras demuestran la presencia de suelo residual y roca meteorizada, producto de la litología de la zona, con participación de material suelto friable en superficie y empieza a coger dureza a pocos centímetros (40 cm).

### 3.5.6. Elaboración del modelo geológico

En general, las actividades llevadas a cabo se encaminaron hacia la delimitación de contactos entre las diferentes unidades litoestratigráficas, definición de sus espesores y particularidades en cada sector, con el fin de conformar el modelo geológico del área (ver Plano 2).

El modelo presentado permite apreciar la conformación de una secuencia estratigráfica, de abajo hacia arriba, integrada por capas de areniscas y arcillolitas, continuadas por un suelo residual, seguidas de relleno antrópico.

En el área aledaña a la zona de interés, unos metros al este de las escaleras del parque y detrás de la casa afectada, al NW del parque, se aprecian afloramientos de mas de 2 metros de exposición, de rocas de la Formación Regadera, donde junto con los estratos de arcillolita yacen bancos de arenisca en una proporción 1:1 (ver Fotografías 5 y 6).

A continuación se hace una descripción de las unidades geológicas presentes en el área de estudio, las cuales se enuncian desde las más antiguas hasta las más recientes.

## 3.5.7. Unidades Litológicas del Área de Estudio

- **Formación Regadera Inferior (Tpr)**

Con base en las columnas levantadas dentro del área de estudio y considerando los afloramientos del lugar, la zona presenta niveles de areniscas y arcillolitas. La arenisca es cuarzosa de grano medio a grueso, de color amarillo, con estratificación cruzada, muy friable y dura en partes, donde aparece con vetas de oxido de hierro. Los espesores van de 0.2 m hasta 1.2 m; las arcillolitas son limosas y abigarrada, de color blanco y gris claro, con espesores de 0.2 a 0.5 m.

- **Depósito Eluvial o Suelo residual (Qe)**

Llamamos suelo residual o eluvial a la parte alterada de las rocas de la Formación Regadera. Incluye la parte propiamente de suelo, el llamado saprolito y algo de roca alterada. Puesto que el límite de un material producido por meteorización a otro es transicional, no definido, se adoptó como criterio de frontera entre el eluvial y la roca, el punto en el cual el barreno manual no podía penetrar.

Los depósitos eluviales fueron vistos en los diferentes afloramientos y en las exploraciones: apiques, trincheras y sondeos manuales. Su composición varía dependiendo de la composición de la roca a partir de la cual se formaron. Es así como en los sondeos manuales se encontró un nivel de arcillas limosas y arcillas arenosas; en los apiques y trincheras se diferencian los diferentes niveles de areniscas muy alteradas y arcillolitas limosas.

El espesor de depósitos eluviales varía de 1.0 a 4.5 m, distribuido tal como se muestra en los registros de perforaciones manuales (ver Anexo 2, Tablas 5 y 6, Plano 2 – Secciones Geológicas). La calidad del depósito mejora con la profundidad hasta convertirse en roca, sin que logre definirse un límite claro.

- **Relleno antrópico (Qr)**

Se trata de un depósito de material mixto, conformado por: limos orgánicos, arcilla limosa, con algo de arena fina y pequeños bloques de arenisca y escombros de excavación, material de descapote y basuras (plásticos, cauchos, desechos orgánicos, pedazos de vidrio entre otros). Generalmente se presentan con baja humedad, probablemente porque la exploración se hizo en época de verano.

El espesor de relleno en la parte superior varía entre 0.5 y 2.5 m. En la parte inferior del talud este relleno tiene un promedio de 0.3 m (ver Fotografía 2). Fue descubierto

por la mayoría de las exploraciones realizadas, tal como se puede apreciar en los registros del Anexo 2, Tablas 5, 6, 7 y 8; y en las secciones geológicas del Plano 2.

### 3.5.8. Hidrogeología local

La interpretación de las condiciones hidrogeológicas locales se realizó con base en el modelo hidrogeológico para los Acuíferos de Bogotá, y de acuerdo con la exploración realizada en el sitio.

En la exploración realizada en el área de estudio hasta una profundidad máxima de 9.5 m, donde se atravesaron depósitos cuaternarios y arcillolitas de la Formación Regadera, no se encontró nivel freático.

De las observaciones realizadas durante la exploración del terreno se concluye que el único depósito impermeable lo constituyen las capas reducidas de arcillolita. En general se puede decir que el material es permeable, no permitiendo la acumulación de agua subterránea, toda vez que tienen salidas libres en las superficies de los taludes. El agua de escorrentía que penetra en los taludes acelera la meteorización y disocia las partículas de arena, debilitando el material y creando fenómenos de erosión.

Por lo anterior, para mejorar las propiedades de los depósitos y estabilizar el talud, es indispensable no permitir la erosión y retener las porciones de suelos susceptibles de debilitamiento y erosión.

## 3.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Las expresiones geomorfológicas del área, donde se desarrolla el presente estudio se han originado como resultado de la interacción de los procesos naturales exógenos (denudativos, acumulativos), que sumados a la composición litológica del subsuelo determinan formas del relieve preexistente. Este relieve actualmente se encuentra modificado casi en su totalidad.

El criterio que se ha considerado para la definición de las unidades geomorfológicas es el proceso geodinámico dominante actual, que se ha evidenciado en el área de estudio. En el área de interés se evidenciaron dos tipos de procesos: caídas de roca y deslizamientos.

### 3.6.1. Caídas

Estas se evidencian en la parte media de los taludes. Son el producto de desprendimiento, desplome y derrumbe de fragmentos de roca y suelo residual (incluyendo material quebradizo formado de fragmentos de roca, detritos de roca meteorizada y materia orgánica). Es un proceso retrogresivo, en el que se debilita la roca y el relleno entre diaclasas. A medida que el proceso de meteorización avanza porciones de macizo rocoso se van debilitando perdiendo resistencia y produciéndose desprendimientos, los cuales caen por gravedad o arrastrados por la escorrentía.

Este proceso va dejando en la superficie del terreno sus huellas con coronas locales. Este proceso, en las actuales condiciones involucra espesores pequeños, no superiores a 1.0 m. Si el fenómeno no se controla puede abarcar mayores áreas y profundidades.

### 3.6.2. Deslizamientos

Hacia la parte alta de los taludes, se presenta un terreno conformado por rellenos deficientemente compactados o relajados por el desconfinamiento lateral del talud (Ver plano 2). Sobre esos terrenos han realizado la construcción del andén de la Calle 49C Sur.

El relleno, ubicado en una contrapendiente estructural, conformado por el suelo residual y roca meteorizada de la Formación Regadera, desplaza tanto horizontalmente como verticalmente (hundimiento). Eso se manifiesta en los agrietamientos que se observan en el andén. En los sitios donde el andén se ha cimentado en material más firme, no se observan agrietamientos.

El proceso de deslizamiento se presenta tanto independiente del proceso de caída de material, como conjuntamente observándose en los escarpes de deslizamientos, tal como se puede observar en las Fichas de Inventario de procesos 1 y 3 (Ver Anexo 2).

# 4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

## 4.1. OBJETIVO

El objetivo del análisis geotécnico es evaluar el estado de inestabilidad que se presenta en el terreno. Para cumplir con tal objetivo es necesario analizar las propiedades geotécnicas de los materiales involucrados y las condiciones naturales que enmarcan la inestabilidad.

## 4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

### 4.2.1. Experimentación

Las propiedades físico-mecánicas de los materiales involucrados se determinaron mediante ensayos realizados tanto in-situ como en laboratorio, éstos últimos en muestras recuperadas de los apiques y sondeos.

**Pruebas in-situ**

Durante los trabajos de exploración se realizaron pruebas in-situ para evaluar la calidad de los terrenos a medida que los trabajos avanzaban, en la siguiente forma:

- **Ensayos de Penetración Estándar**

Se realizaron en los sondeos manuales y mecánicos aproximadamente cada 1.5 m a medida que se profundizaba. Los resultados se presentan en los registros del Anexo 3. Los ensayos se realizaron en material de suelo, hasta cuando se encontraba el nivel de roca que presentaba rechazo. Mediante estas pruebas se detectaron los niveles de roca y se logró conocer la dureza de los depósitos suprayacentes. En total se hicieron en los 5 sondeos manuales.

Tabla 9. Resultados de Penetración Estándar

| Sondeo | Profundidad, m | Nivel | N, golpe/pie |
|---|---|---|---|
| S-1 | 0.5 | Qe | 3 |
| | 1.5 | Qe | 4 |
| | 2.5 | Qe | 19 |

| Sondeo | Profundidad, m | Nivel | N, golpe/pie |
|---|---|---|---|
| | 3.5 | Qe | 24 |
| | 4.5 | Roca | Rechazo |
| S-2 | 0.5 | Qr | 4 |
| | 1.5 | Qr | 14 |
| | 2.5 | Qr | 23 |
| | 3.5 | Roca | Rechazo |
| S-3 | 0.5 | Qr | 9 |
| | 1.5 | Qr | 14 |
| | 2.5 | Qe | 28 |
| | 3.5 | Roca | Rechazo |
| S-4 | 0.5 | Qe | 6 |
| | 1.5 | Qe | 10 |
| | 2.5 | Qe | 20 |
| | 3.5 | Qe | 26 |
| | 4.5 | Qe | 66 |
| S-5 | 0.5 | Qe | 2 |
| | 1.5 | Qe | 7 |
| | 2.5 | Qe | 15 |
| | 3.5 | Qe | 16 |
| | 4.5 | Roca | Rechazo |

*Nota: Qr: Relleno; Qe: Eluvio (Suelo residual)*

Agrupando estos resultados se obtiene:

- Rellenos (Qr): Espesor máximo encontrado de 2.5 m. N = 4-23 golpe/pie. promedio de 14 golpe/pie.

- Eluvio (Qe): N = 3 – 66 golpe/pie con promedio de 18 golpe/pie.

- Nivel de roca: encontrado entre 3.5 y 4.5 m con promedio de 4.0 m

- Observamos que en los sondeos, los valores de penetración a las diferentes profundidades son:

a. 0.0 - 0.5 m: Varía entre 3 y 9 golpes con promedio de 5 golpe/pie
b. 1.0 – 1.5 m: Varía entre 4 y 14 golpes con promedio de 10 golpe/pie
c. 2.0 – 2.5 m: Varía entre 15 y 28 golpes con promedio de 21 golpe/pie
d. 3.0 – 3.5 m: Varía entre 16 golpe/pie y rechazo.

Los resultados indican que a medida que se profundiza en el perfil la dureza del material aumenta, denotando que el perfil de meteorización se cumple y mostrando que en superficie el material está más débil. Esto descarta la posibilidad de superficies de falla profundas porque en profundidad el material es más resistente.

En cuanto a la composición del material, se nota que el eluvio en general es limoso y arcilloso, con intercalaciones de arena. El relleno es muy heterogéneo, incluyendo materiales de basura doméstica.

- **Ensayos de peso específico**

Las pruebas de peso específico in-situ se realizaron en el fondo de los apiques 1 y 2, en suelo residual. En el Apique 1 el peso unitario fue de 16.4 kN/m$^3$ y en el Apique 2 de 16.9 kN/m$^3$, obteniéndose un promedio de 16.6 kN/m$^3$.

- **Ensayos con penetrómetro de bolsillo**

Teniendo en cuenta la estructura predominantemente arenosa del material y su heterogeneidad, los intentos de utilizar el penetrómetro de bolsillo no fructificaron.

## Ensayos de laboratorio

Con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales involucrados, se procedió a ensayar en laboratorio los especimenes recuperados de los apiques y sondeos. Se buscó realizar ensayos en todos los materiales encontrados pero se hizo especial énfasis en los materiales predominantes, pertenecientes a los suelos residuales.

La determinación de los parámetros de corte "c" y "φ" se realizó en ensayo de corte directo, con muestra no remoldeada, inundada y sin consolidar. Esto indica que la muestra estaba saturada y los datos obtenidos corresponden a esfuerzos totales. Esto indica que los parámetros de corte obtenidos están algo subvalorados, pero ajustados a las condiciones que pueden presentarse en el terreno.

Los ensayos en material de relleno se realizaron en materiales arcillosos que conformaban el depósito, con algo de dureza para poderse ensayar. No se ensayaron arenas sueltas.

En la Tabla 10 se presenta el resumen de los resultados obtenidos y en el Anexo 3 se pueden consultar los formatos de laboratorio. En las Tabla 12, se agrupan los resultados por profundidad.

Tabla 10. Resumen ensayos de laboratorio

| Exploración | Muestra | Prof. (m) | Material | Peso Unit. ($kN/m^3$) | w (%) | $G_s$ | LL (%) | LP (%) | $I_p$ (%) | $q_u$ (kPa) | c (kPa) | φ (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 | 1 | 0.0-0.5 | Limo | | 20.8 | | | | | | | |
| P1 | 3 | 2.0-2.5 | Limo | 20.13 | 18.3 | | | | | | | |
| P1 | 4 | 3.0-3.5 | Limo arenoso | 20.47 | 19.1 | 2.55 | | | | 386 | 51 | 38 |
| P2 | 1 | 0.0-0.5 | Limo | | 16.3 | | | | | | | |
| P2 | 3 | 2.0-2.5 | Limo arenoso | 19.93 | 9.9 | | | | | 286 | | |
| P3 | 1 | 0.0-0.5 | Limo | | 22.7 | | | | | | | |
| P3 | 2 | 1.0-1.5 | Limo arenoso | 19.84 | 20.4 | | | | | | 81 | 19 |
| P3 | 4 | 3.0-3.5 | CL | | 13.9 | 2.58 | 32.5 | 18.4 | 14.1 | | | |
| P4 | 1 | 0.0-0.5 | Limo | | 25 | | | | | | | |
| P4 | 3 | 2.0-2.5 | ML | | 10.2 | 2.61 | 15.5 | 11.8 | 3.7 | | | |
| P4 | 5 | 4.0-4.5 | CL | 19.06 | 18.9 | | 22.6 | 9.7 | 12.9 | | | |
| P5 | 1 | 0.0-0.5 | Limo | | 31.5 | | | | | | | |
| P5 | 3 | 2.0-2.5 | Limo | 18.47 | 12.4 | | | | | | | |
| P5 | 4 | 3.0-3.5 | MH-CH | 18.47 | 33.4 | | 62.8 | 33.1 | 29.7 | | | |
| AP1 | 1 | 1.0 | Arcillolita | 20.64 | 11.8 | | | | | 2275 | 16 | 22 |
| AP2 | 1 | 1.1 | Arcillolita | 20.97 | 8.2 | | | | | | 149 | 28 |

Tabla 11. Propiedades de los materiales dependiendo de la profundidad

| Sond. | Unidad Estrat. | Prof. (m) | Peso Unit. ($kN/m^3$) | w (%) | $G_s$ | LL (%) | LP (%) | $I_p$ (%) | $I_L$ | $q_u$ (kPa) | c (kPa) | φ (°) | N golpe/pie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S-1 | Qe | 0.0–0.5 | | 20.8 | | | | | | | | | 3 |
| S-2 | Qr | 0.0-0.5 | | 16.3 | | | | | | | | | 4 |
| S-3 | Qr | 0.0-0.5 | | 22.7 | | | | | | | | | 9 |
| S-4 | Qe | 0.0-0.5 | | 25.0 | | | | | | | | | 6 |
| S-5 | Qe | 0.0-0.5 | | 31.5 | | | | | | | | | 2 |
| S-3 | Qr | 1.0-1.5 | 19.84 | 20.4 | | | | | | | 81 | 19 | 14 |
| AP-1 | Qe | 1.0-1.5 | 20.64 | 11.8 | | | | | | 2275 | 16 | 22 | |
| AP-2 | Qe | 1.0-1.5 | 20.97 | 8.2 | | | | | | | 149 | 28 | |
| S-1 | Qe | 2.0-2.5 | 20.13 | 18.3 | | | | | | | | | 19 |
| S-2 | Qr | 2.0-2.5 | 19.93 | 9.9 | | | | | | 286 | | | 23 |
| S-4 | Qe | 2.0-2.5 | | 10.2 | 2.61 | 15.5 | 11.8 | 3.7 | -0.4 | | | | 20 |
| S-5 | Qe | 2.0-2.5 | 18.47 | 12.4 | | | | | | | | | 15 |
| S-1 | Qe | 3.0-3.5 | 20.47 | 19.1 | 2.55 | | | | | 386 | 51 | 38 | 24 |
| S-3 | Qe | 3.0-3.5 | | 13.9 | 2.58 | 32.5 | 18.4 | 14.1 | -0.3 | | | | Rechazo |
| S-4 | Qe | 4.0-4.5 | 19.06 | 18.9 | | 22.6 | 9.7 | 12.9 | 0.7 | | | | 66 |

### 4.2.2. Análisis de resultados

Como se puede observar en la Tablas 10 y 11, Los materiales ensayados corresponden a limos y arcillas arenosas de baja plasticidad, representativos de la estratigrafía del lugar. El peso unitario en todas las unidades estratigráficas es similar con variaciones que van de 18.4 a 20.9 kN/m$^3$, con un promedio de 19.78 kN/m$^3$.

En cuanto a las humedades, se observa que estas son superiores en los materiales más superficiales, disminuyendo con la profundidad. Es así como el promedio de humedad de los primeros 0.5 m es de 23.3%, en tanto que a más profundidad la humedad se reduce a valores cercanos al 13%, exceptuando un pequeño estrato de arcilla encontrado a 3.5 m de profundidad en una perforación (S-5) realizada distante del sitio problemático.

La gravedad específica "Gs" tiene muy pocas variaciones, entre 2.55 y 2.60, con un promedio de 2.58.

Los Límites de Atterberg tienen pocas variaciones, confirmando con esto la identidad de los materiales que se encuentran en el sitio, con baja plasticidad. Los índices de liquidez muestran arcillas muy duras.

Las pruebas de compresión inconfinada realizadas dan cuenta de materiales resistentes, para su condición de suelo, con valores entre 286 y 2275 kPa.

Los ensayos de corte directo muestran parámetros que oscilan entre 16 y 149 kPa para la cohesión, mientras el ángulo de fricción interna varía entre 19 y 38º. El par de parámetros más crítico es de 16 kPa para la cohesión y 22º para el ángulo de fricción interno; mientras los valores medios son de 74 kPa para el primero y 27º para el segundo. Los resultados informan sobre una buena resistencia de esos materiales al corte.

Si se tienen en cuenta las pruebas de penetración estándar "SPT", se nota que en la parte más superficial los materiales tienen una menor magnitud de golpes/pie (3 a 9), mientras a medida que se profundiza el material es más resistente a la penetración, hasta alcanzar rechazo a 3.5 – 4.5 de profundidad.

En lo que tiene que ver con aporte de agua al talud, este es muy poco significativo porque en la corona existe una vía pavimentada sin fisuras, con sus andenes y drenajes, con peralte en contra del talud, lo cual impide que el agua de escorrentía de la parte alta fluya hacia el talud. Además si se tiene en cuenta el buen estado del pavimento, significa que éste se encuentra cimentado en material resistente y por lo tanto las tuberías de aguas deben también estar en material de buena calidad. Esto conduce a pensar que las tuberías no deben estar desencajadas y por lo tanto no hay infiltración de agua hacia el talud.

De acuerdo con lo anterior, la única agua que afecta el talud es la proveniente de lluvia.

Los resultados obtenidos indican que el material más susceptible de desprenderse y es el que se encuentra en superficie, afectado por los procesos de meteorización de la roca que compone el talud. Los rellenos de la corona pueden desprenderse o deslizarse en pequeñas porciones en la cara expuesta del talud de gran pendiente (superior a 40º).

Analizando las profundidades que presentaron rechazo en el ensayo SPT, se puede deducir que los niveles de roca se encuentran en profundidades que van de 3.5 m a 4.5 m. A juzgar por los valores de penetración estándar, los espesores de material más débil tienen magnitudes relativamente pequeñas, las cuales alcanzan un máximo de 1.5 m.

Utilizando las relaciones que existen en Mecánica de Suelos, con promedio de propiedades halladas en laboratorio, se obtiene que el grado de saturación del aluvio sea del 76% y la relación de vacíos es de 0.5.

### 4.2.3. Análisis Retrospectivo

Con el fin de tener idea sobre los probables grados de estabilidad del talud, se corrió el programa PCSTABL5 en las dos secciones más críticas, que presentan algún signo de inestabilidad, con cargas estáticas y sin saturación del terreno (ver Anexo 4). En los cálculos no se tuvieron en cuenta las cargas de la carretera porque la proyección hacia profundidad indicaba que no interferían las potenciales superficies de falla consideradas.

- La sección 1, que corresponde al talud pegado a la casa del extremo NW. Se utilizaron los diferentes pares de parámetros de corte hallados en laboratorio, encontrándose que con el par más crítico (c=16kPa, φ=22º) da un F.S mínimo de 1.10, considerando que el aluvio de la base tiene las mismas propiedades del relleno. El sólo relleno tiene un F.S de 4.40.

- La sección 2, que corresponde al terreno que se está desestabilizando, con los mismos parámetros mencionados y falla planar superficial arrojó un F.S de 1.70, mientras con superficie de falla profunda, con parámetros más altos, correspondientes a los materiales más profundos, el F.S obtenido fue de 2.40.

### 4.2.4. Determinación de Propiedades

Luego de realizados los anteriores análisis sobre propiedades de los materiales involucrados en la inestabilidad, se notó similitud de los parámetros de los rellenos y

los eluvios, y se tomó la decisión de homogenizarlos. Para efectos de cálculos de análisis retrospectivos, los dos se consideraron como una sola unidad con los siguientes parámetros:

Para falla planar, que involucra los materiales más superficiales, se utilizan los parámetros más críticos:

- Peso unitario: 19.78 kN/$m^3$ Promedio de todos los datos
- Cohesión: 16.0 kPa Mínimo de laboratorio
- Ángulo de fricción interna: 22º Mínimo de laboratorio

Para falla circular, que involucra materiales más profundos, de mejor calidad en el perfil de meteorización, se utilizan los parámetros siguientes a los más críticos en los cuatro ensayos de laboratorio realizados:

- Peso unitario 19.78
- Cohesión 51 kPa
- Angulo de fricción interna 38º

Los cálculos realizados con los parámetros seleccionados en estado estático arrojan los siguientes F.S mínimos (ver Anexo 4):

| Sección | Factor de Seguridad, F.S | Tipo de Falla |
|---|---|---|
| 1 | 1.10 | Circular |
| 2 | 1.70 | Plana |
| 2 | 2.40 | Circular |
| 3 | 2.50 | Circular |
| A-A | 1.00 | Circular |

## 4.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL

De lo anterior es posible hacer las siguientes deducciones:

El talud de la sección 1 muestra resultados que permiten pensar que se encuentra en estado de estabilidad precaria y que puede inestabilizarse con un sismo, empujando las paredes de la casa

Los cálculos de la sección 2 indican que el talud es estable a fenómenos de deslizamiento. Esto refuerza la idea de que los desprendimientos evidentemente son de material superficial debilitados por los procesos de meteorización. Este es el modelo que se tomará para diseñar las obras.

En las proximidades de los andenes de la corona los problemas son de reptación de la parte superficial de los rellenos y posible mala cimentación de los andenes.

# 5. ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN

Con el fin de corregir la inestabilidad que presenta el terreno y mitigar el riesgo que existe, es necesario hacer obras de estabilización y prevención. En este marco conceptual se plantean las siguientes alternativas:

## 5.1. ALTERNATIVA 1

### Zona del talud del parque

Puesto que el problema de estabilidad es de material superficial, se plantea como obra de esta alternativa la remoción del material superficial que está suelto y luego de esto cubrir el talud con geomalla y cespedón. La geomalla se debe anclar con taches de varilla de D = ¾", hincados en el terreno en una profundidad de 1.0 m a golpe de maceta.

Para eliminar los problemas de reptación y proteger los andenes de los desplazamientos horizontales, se plantea la construcción de un muro de gaviones de 2.0 m de altura.

Puesto que los cimientos de la casa de la parte alta se encuentran cimentados en roca, la cual está expuesta a los rigores atmosféricos, que a la larga pueden meteorizar la fundación, se plantea proteger el macizo rocoso expuesto con un pañete.

### Zona de la casa superior

Para proteger la casa de la Calle 49 C Sur (AAA001PPNN del Plano No. 1) se plantea la construcción de un muro de concreto ciclópeo cimentado sobre el aluvio, eliminando el relleno.

### Ventajas

Las ventajas de esta alternativa son:

- Fácil construcción, con trabajo manual en su mayoría.

- Proporciona la suficiente seguridad, obteniéndose una buena mitigación del riesgo en la zona del parque.

- En la zona de la casa superior se elimina la caída de materiales del relleno.

- En los andenes las fracturas no aumentarán en magnitud.

**Desventajas**

En esta alternativa se identifican las siguientes desventajas:

- En la zona de la casa superior el mejoramiento de estabilidad al deslizamiento es dudoso, toda vez que el muro pesa más que el relleno y puede disminuir el F.S. Además, el muro no se puede construir a todo lo largo de la casa porque al final no hay campo para construirlo.

- En la zona del parque es necesario evacuar temporalmente la casa inferior (AAA0011PPMS del Plano No.1) para poder trabajar.

- En los andenes las fracturas existentes prevalecerán.

**Presupuesto**

Tabla 12. Presupuesto Alternativa 1

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario $ | Total $ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Excavación Manual | $m^3$ | 400 | 32,325 | 12,930,000 |
| 2 | Geomalla | $m^2$ | 500 | 4,400 | 2,200,000 |
| 3 | Taches hincados D = ¾" | ml | 400 | 14,600 | 5,840,000 |
| 4 | Muro de gaviones | $m^3$ | 75 | 90,000 | 6,750,000 |
| 5 | Concreto ciclópeo | $m^3$ | 13 | 370,000 | 4,810,000 |
| 6 | Vegetalización | $m^2$ | 500 | 17,454 | 8,727,000 |
| 7 | Pañete de protección | $m^2$ | 15 | 15,000 | 225,000 |
| | Sub-total | | | | 41,482,000 |
| | Imprevistos, 10% | | | | 4,148,200 |
| | Interventoría, 8% | | | | 3,650,416 |
| | | | | **TOTAL** | **49,280,616** |

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

## 5.2. ALTERNATIVA 2

**Zona del parque**

En esta zona se plantean las mismas obras de la alternativa 1.

## Zona de la casa superior

Para esta zona se plantea complementar la resistencia al corte del material con unos micropilotes constituidos por tubos de D = 2 ½", creando una red. Las cabezas de los micropilotes deben ir unidas con unas platinas metálicas soldadas, las cuales permitirán que otros elementos del conjunto trabajen si un micropilote se sobrecarga.

En el talud próximo a la casa, que tiene una pendiente muy fuerte será colocado una protección con geomalla tupida, la cual se agarra a las platinas de la red.

## Ventajas

Esta alternativa presenta las siguientes ventajas:

- La solución tiene la seguridad apropiada y mitiga suficientemente el riesgo que actualmente presentan los taludes.

- La construcción exige trabajo manual y maquinaria sencilla para los micropilotes.

## Desventajas

En la alternativa se identifican las siguientes desventajas:

- Es necesario evacuar la vivienda de la parte inferior del talud del parque para realizar los trabajos.

## Presupuesto

Tabla 13. Presupuesto Alternativa 2.

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario $ | Total $ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Excavación manual | $m^3$ | 340 | 32,325 | 10,990,500 |
| 2 | Geomalla | $m^2$ | 520 | 4,400 | 2,288,000 |
| 3 | Taches hincados, D=3/4" | ml | 400 | 14,600 | 5,840,000 |
| 4 | Muro de gaviones | $m^3$ | 75 | 90,000 | 6,750,000 |
| 5 | Pilotes preexcavados | ml | 88 | 120,000 | 11,440,000 |
| 6 | Platinas ¼ X 2" | kg | 145 | 5,456 | 791,120 |
| 7 | Vegetalización | $m^2$ | 500 | 17,454 | 8,727,000 |
| 8 | Pañete de protección | $m^2$ | 15 | 15,000 | 225,000 |
| | Sub-total | | | | 47,051,620 |
| | Imprevistos, 10% | | | | 4,705,162 |
| | Interventoría, 8% | | | | 4,128,539 |
| | | | | **TOTAL** | **55,885,321** |

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

## 5.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

De las alternativas planteadas se puede observar que la más económica es la primera, pero tiene como inconveniente que la construcción del muro, hacia la parte donde la vía se acerca a la casa de la parte superior, se complica y puede ser que no se pueda construir, por falta de espacio. Es decir, la Alternativa 1 no garantiza completa estabilidad en proximidades de la casa y además el factor de seguridad no aumenta, por el peso que el muro proporciona en la corona.

La Alternativa 2 es 12% más cara pero proporciona buena estabilidad al talud de la casa superior y no se requiere mover tierra en ese sitio ni revegetalizar. Esta alternativa da más confianza para estabilizar el talud.

El anterior análisis permite concluir que la alternativa más apropiada es la segunda y por tal motivo se selecciona para hacer los diseños detallados con el fin de construirse.

# 6. DISEÑO DE OBRAS

## 6.1. OBRAS

Las obras a diseñar para estabilizar los taludes son:

**Talud del parque**

- Excavación superficial del talud.
- Cubrimiento del talud con geomalla, cespedón y taches metálicos.
- Construcción de un muro de gaviones en la corona
- Cubrimiento con pañete del terreno de cimentación de la casa superior.

**Talud de la casa superior**

- Construcción de pilotes preexcavados
- Enmallado de cabezas de pilotes
- Cubrimiento con pañete y geomalla del talud colindante con la casa
- Reparación del andén agrietado.

### 6.1.1. Excavación superficial del talud

Consiste esta obra en las excavaciones necesarias para retirar los materiales más meteorizados y sueltos que se encuentran en la parte superficial del talud, buscando darle una geometría regular. Este trabajo debe realizarse manualmente de arriba hacia abajo.

El control de pendiente se hace con las 3 secciones transversales definidas en los planos. En cada sección los ángulos de la pendiente resultaron con los siguientes valores:

| Sección | Ángulo (º) |
|---|---|
| 2 | 43 |
| 3 | 41 |
| 4 | 38 |

En las secciones 3 y 4 los taludes no deben ser intervenidos. En la sección 3 rematan los cortes realizados en la sección 2. La sección 3, tal como está tiene F.S adecuado y no presenta signos de inestabilidad.

Puesto que el material remanente en el talud después de la excavación corresponde a eluvio, su cálculo se realizó, mostrándose los resultados en el Anexo 4.

Los cálculos se realizaron con cargas estáticas y falla circular, toda vez que al conformarse el talud, retirando los materiales más superficiales, que son los más débiles, la posibilidad de falla planar se descarta. La opción considerada es de falla circular, utilizando los parámetros seleccionados para tal caso (ver Numeral 4.2.4):

Peso unitario: 19.78 kN/$m^3$
Cohesión: 51.0 kPa
Ángulo de fricción interna: 38º.

Tal como puede apreciarse en las hojas de cálculo, los valores de Factor de Seguridad mínimos hallados en las diferentes secciones corridas fueron:

| Sección | FS. Carga estática | FS. Carga sísmica |
|---|---|---|
| 2 | 2.4 | 1.8 |
| 3 | 2.5 | 1.9 |

Como puede apreciarse, Los factores de seguridad son altos, superándose los límites admisibles para taludes.

Los resultados demuestran que el talud es estable después de hacer las excavaciones superficiales.

### 6.1.2. Cubrimiento del talud con geomalla, cespedón y taches

Luego de realizadas las excavaciones, es necesario cubrir lo más pronto posible el talud para protegerlo de la meteorización y la erosión. Esta protección se proyecta con geomalla, la cual aprisiona el cespedón, y el conjunto se pega a la superficie con taches metálicos de varillas Ø ¾", hincándose en el terreno 1.0 m. La varilla debe hincarse a golpe de maceta, y para que penetre mejor es necesario que ésta tenga punta. La red de taches es de 1.5 x 1.5 m distribuidos al tres bolillo.

En superficie a la varilla debe sujetar la geomalla con el gancho, el cual debe tener la punta algo hincada en el terreno, para evitar que en la superficie afloren extremos metálicos.

### 6.1.3. Muro de gaviones de la corona

Este muro de 2 m de altura tiene por objeto mitigar el proceso de reptación y confinar el andén de la vía superior. La sección transversal del muro es de 3 $m^2$ y su longitud puede apreciarse en los planos.

Aunque normalmente el muro de gaviones de 2 m de altura es suficientemente estable tanto al volcamiento como al deslizamiento, en el Anexo 5 se presenta el correspondiente cálculo para comprobarlo.

### 6.1.4. Cubrimiento con pañete

Con el fin de proteger el terreno de cimentación de la casa superior, el cual se encuentra en roca a la intemperie, se proyecta cubrir ese terreno expuesto con un pañete de 2 cm de espesor, lanzado simplemente con palustre. Esta protección sobre geomalla, también se proyecta en el talud lateral colindante con esa misma casa, paralelo a la vía, excavado con pendiente muy pronunciada.

### 6.1.5. Pilotes preexcavados

Para estabilizar el talud que hay entre la casa superior y la vía, se ha proyectado construir una red de micropilotes de 3.5 m de profundidad, constituidos por un tubo metálico de 2 ½" de diámetro embebido en mortero bien fluido (lechada), instalados en una perforación de 4" de diámetro. Los pilotes se distribuyen en dos hileras: Una hilera superior por debajo del andén y otra hilera en la parte inferior del talud. Los micropilotes de las dos hileras se proyectan entrelazados por las cabezas con platinas metálicas soldadas.

El modelo de los micropilotes se ha establecido de tal forma que los pilotes inferiores ejercen resistencia contra el deslizamiento y los superiores ejercen resistencia contra el volcamiento de los pilotes inferiores. En esta forma se construye un conjunto flexible que opone resistencia global al deslizamiento del talud. Los pilotes inferiores penetran más abajo de la supuesta superficie de falla y los superiores penetran en terreno no susceptible al deslizamiento.

De acuerdo con los cálculos realizados, mostrados en el Anexo 5, en la sección de cálculo, el FS al deslizamiento con cargas estáticas es de 1.5, valor aceptable para taludes de esta naturaleza.

### 6.1.6. Enmallado de cabezas de pilotes

Las platinas que entrelazan las cabezas de los pilotes van pegadas al terreno, creándose un enmallado que opone resistencia a procesos de reptación. Las platinas que son de ¼ x 1", van soldadas a las cabezas de los pilotes. Cada platina resiste a la tracción 39.2 kN y debe trabajar a un máximo de 4.03 kN, mostrando con esto que su desempeño es bueno. Para proteger un poco las platinas a la oxidación del acero, serán protegidas con una pintura anticorrosiva.

### 6.1.7. Reparación del andén

El andén agrietado debe repararse, levantando los prefabricados cuidadosamente para ser reutilizados. Aprovechando esta labor, en el sitio del andén serán colocados los micropilotes y luego sus cabezas con las platinas deben quedar bajo los prefabricados reinstalados. Los prefabricados que se dañen deben ser reemplazados por unos nuevos.

## 6.2. PRESUPUESTO

El presupuesto de las obras se presenta en la Tabla 14 y se estableció contabilizando las cantidades de obra en los planos. Los precios unitarios se calcularon considerando todos los insumos que los componen y que pueden verse en el Anexo 5, actualizados para el primer semestre de 2007.

Tabla 14. Presupuesto de obra

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario $ | Total $ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Localización y replanteo | $m^2$ | 374.00 | 5,004 | 1,871,496 |
| 2 | Excavación manual | $m^3$ | 160.00 | 35,775 | 5,724,000 |
| 3 | Geomalla | $m^2$ | 275.00 | 25,185 | 6,925,875 |
| 4 | Taches hincados, D=3/4” | ml | 168.00 | 11,000 | 1,848,000 |
| 5 | Muro de gaviones | $m^3$ | 57.00 | 94,625 | 5,393,625 |
| 6 | Pilotes preexcavados | ml | 84.00 | 148,040 | 12,435,360 |
| 7 | Platinas ¼ X 1” | kg | 120.00 | 17,337 | 2,080,440 |
| 8 | Empradización | $m^2$ | 275.00 | 8,643 | 2,376,825 |
| 9 | Pañete de protección | $m^2$ | 153.00 | 10,885 | 1,665,405 |
| 10 | Reparación de andén | ml | 32.00 | 46,931 | 1,501,792 |
| 11 | Evacuación temporal de una vivienda | Gl | | | 700,000 |
| | Sub-total | | | | 42,522,818 |
| | Interventoría, 16% | | | | 6,803,651 |
| | | | | **TOTAL** | **49,326,469** |

Nota: los precios incluyen AIU del contratista

## 6.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

### Talud del parque

Para iniciar los trabajos es necesario que se evacué la vivienda ubicada en la parte inferior del talud del parque, con el fin de que los materiales que se excaven no afecten a los habitantes.

Luego de esto, se procede a realizar la excavación necesaria para construir los gaviones de la corona y enseguida se construye dicho muro de gaviones.

Cuando el andén ya esté protegido con los gaviones, se procede a realizar la excavación del talud, haciendo las labores en forma manual. Los materiales removidos se depositarán en la parte inferior del talud, en donde debe construirse alguna protección de madera para que los bloques no afecten la vivienda.

Una vez realizada la remoción del material, se procede a proteger el talud mediante la geomalla, la cual aprisiona el cespedón con los taches metálicos. Para que el cespedón pueda iniciar su crecimiento se requiere que tenga suelo orgánico y algo de fertilizante.

Por último se instala el pañete en el terreno de fundación de la casa superior. Ese pañete puede instalarse lanzando la mezcla con palustre u otro dispositivo, hasta completar un espesor de 2 cm.

## Talud de la casa superior

Este talud se puede trabajar simultáneamente con el del parque. Los trabajos se empiezan con las perforaciones de 4" de diámetro hechas a la profundidad de 3.5 m, utilizando un equipo mecánico o manual. Tras este trabajo se debe luego instalar el tubo metálico en cada perforación. Antes de perforar los huecos es necesario levantar los adoquines del andén y el relleno de arena.

El tubo metálico debe estar provisto de agujeros, perforados en las paredes, de tal forma que haya comunicación entre el interior y exterior del tubo. Una vez instalado el tubo se procede a rellenarlo con mortero bien fluido, constituido por cemento, agua y arena, de tal forma que la mezcla pueda penetrar al tubo y escapar por los huecos que tiene en las paredes. En esta forma, se obtiene que el tubo metálico quede embebido en el mortero, el cual debe llenar completamente la perforación.

Luego de instalados todos los tubos y después de que la mezcla haya endurecido, se procede a soldar las platinas a las cabezas de los tubos, creando una red sobre el talud. Las platinas deben quedar a ras de piso, ejerciendo una ligera presión sobre la superficie del terreno.

Después de realizados estos trabajos, se procede a reinstalar el andén, teniendo en cuenta que los adoquines deben quedar sobre un relleno de arena. Como última actividad, se procede a colocar el pañete del talud, en la misma forma como se hace para proteger la cimentación de la casa.

## 6.4. PLAZO DE CONSTRUCCIÓN

Las labores de construcción pueden realizarse tal como se indican en el cronograma de la Tabla 15. Tal como puede apreciarse, las obras diseñadas pueden construirse en un plazo de dos (2) meses.

Tabla 15. Cronograma de construcción

| ACTIVIDAD | SEMANAS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Preparativos | | | | | | | | |
| Excavación para gaviones | | | | | | | | |
| Construcción gaviones | | | | | | | | |
| Excavación talud | | | | | | | | |
| Protección del talud | | | | | | | | |
| Protecciones con mortero y reparación de andén | | | | | | | | |
| Perforación de micropilotes | | | | | | | | |
| Instalación tubos micropilotes | | | | | | | | |
| Instalación malla de platinas | | | | | | | | |

# 7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

## 7.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

### 7.1.1. Descripción

Consiste en el trabajo que el Contratista debe realizar para definir la ubicación y el replanteo exacto de coordenadas y cotas de las obras en el terreno asignado para tal efecto, indicadas en los planos u ordenadas por la Interventoría.

### 7.1.2. Equipos

Para la ejecución de los trabajos se requiere la utilización de equipos de topografía, consistentes en estación geográfica o transito, nivel de precisión y demás elementos complementarios, debidamente aprobados por la Interventoría.

### 7.1.3. PROCEDIMIENTO

Antes de realizar el replanteo, el Contratista deberá analizar los planos y verificar que todo el conjunto concuerde con el terreno donde se ejecutarán las diferentes obras.

Los trabajos de replanteo se apoyarán en una poligonal de control, debidamente amarrada a las placas del IGAC. La poligonal se materializará en el terreno con puntos visibles y seguros.

Las diferentes obras que se construirán deben estar ligadas a la poligonal tanto en coordenadas como en cotas.

### 7.1.4. Medida y pago

Los trabajos correspondientes a la localización y replanteo se medirán en metros cuadrados ($m^2$), correspondientes al área horizontal del terreno donde se construirán las obras.

El pago incluye equipo, materiales, transportes, mano de obra, AIU y todos los demás gastos en que incurra el Contratista para realizar los trabajos a entera satisfacción del Interventor.

### 7.1.5. Ítem de pago

1 - Localización y Replanteo ($m^2$)

## 7.2. EXCAVACIÓN MANUAL

### 7.2.1. Descripción

Esta especificación se refiere a las excavaciones necesarias para remover material en forma manual, todo de acuerdo con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicadas en los planos o establecidas por la Interventoría. Esta especificación incluye las excavaciones requeridas en la superficie del talud y las que se necesitan para zanjas muros, u otras obras que se indiquen en los planos o sean ordenadas por la Interventoría.

### 7.2.2. Clasificación

Por excavación manual se entiende el arranque, cargue y transporte de los materiales del talud, incluyendo capa vegetal, arcillas y rellenos de constitución heterogénea. Dentro de este trabajo también se incluye la remoción de árboles, arbustos y demás material vegetal.

### 7.2.3. Construcción

- **Generalidades**

El Contratista deberá realizar sus operaciones de arriba hacia abajo, de manera continua y ordenada de acuerdo con el plan de trabajo aprobado, utilizando herramientas manuales.

No podrá iniciarse excavación alguna, mientras no se hayan completado los trabajos básicos de medida y se hayan colocado las correspondientes estacas de control, de acuerdo con la Interventoría.

- **Equipos**

El Contratista sólo podrá utilizar herramientas manuales para el arranque del material y cargue a los medios de transporte que llevarán los escombros a los botaderos aprobados por la Interventoría. No se admite el uso de equipos mecánicos movidos por combustible o energía eléctrica.

- **Drenajes**

El Contratista deberá tomar a su propia costa, todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se instalarán drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución del trabajo y se utilizarán los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Las excavaciones deberán realizarse con el mayor cuidado en la vecindad de estructuras u obras existentes y deberán utilizarse los medios necesarios para asegurar la estabilidad y conservación de las obras existentes, no objeto de remoción en los trabajos.

- **Ejecución de los cortes**

El corte de los materiales se deberá ejecutar de conformidad con las secciones transversales del proyecto o las explícitamente ordenadas por la Interventoría.

Excavaciones por fuera de las cotas proyectadas, se ejecutarán solamente previa orden escrita, instrucciones y dimensiones suministradas por la Interventoría.

- **Sobreexcavación**

Se considerará como sobreexcavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o cotas indicados en los planos o aprobados especialmente por la Interventoría. Las sobre-excavaciones no se pagarán y el Contratista estará obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos o reparaciones necesarios por esta causa, si la Interventoría lo solicita.

- **Disposición de sobrantes**

El Contratista deberá colocar los materiales sobrantes, producto de las excavaciones en las áreas de botadero previamente aprobadas por la Interventoría. Los cespedones que puedan ser utilizados en la empradización del talud deberán almacenarse temporalmente en los sitios que previamente apruebe la Interventoría.

### 7.2.4. Medida y pago

Las excavaciones se medirán por los metros cúbicos ($m^3$), con aproximación a la décima de metro cúbico, del material excavado, en su posición original, de acuerdo con los planos y aprobación de la Interventoría. La cubicación se hará con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, verificadas por la Interventoría antes y después de ejecutarse satisfactoriamente los trabajos.

El pago se realizará al respectivo precio unitario del contrato, el cual incluirá la remuneración completa por la ejecución de los trabajos, incluyendo la disposición de los sobrantes y el transporte o acarreo.

Incluirá asimismo, el costo de equipos y herramientas, protecciones temporales, mano de obra, acodalamientos, AIU y demás gastos necesarios para completar esta parte del trabajo en un todo de acuerdo con los planos, las especificaciones y las ordenes con aprobación de la Interventoría.

### 7.2.5. Ítem de pago

2 - Excavación manual ($m^3$)

## 7.3. PROTECCIÓN DE TALUDES

### 7.3.1. Descripción

Corresponde este trabajo a la protección que debe dársele a las superficies excavadas mediante cespedones de pasto y geomalla debidamente anclados mediante taches metálicos.

### 7.3.2. Materiales

- **Bloques de césped**

Los bloques de césped para la empradización serán de forma aproximadamente rectangular y dimensiones regulares, provenientes del descapote del talud o un prado aceptado por el Interventor, localizado fuera del proyecto.

Los bloques deberán tener las raíces del pasto sanas y adheridas a la capa de tierra orgánica. En los sitios que se requiera, se colocará una capa de tierra vegetal.

- **Agua**

Mientras el Contratista se encuentre en el área del proyecto adelantando trabajos es necesario aplicar riego periódico del césped, con agua aceptable para esta actividad.

- **Fertilizantes**

Deberán emplearse los fertilizantes adecuados para asegurar que el pasto prenda satisfactoriamente.

- **Geomalla**

La geomalla que se utilice será de materiales no metálicos de tipo TT 090 de PAVCO o similar.

- **Taches metálicos**

Los taches metálicos tienen como función sujetar el cespedón y la geomalla a la superficie del talud excavado. Éstos son varillas de acero de ¾" de diámetro, con punta, de tal manera que puedan hincarse con facilidad. Además deben estar provistos de un gancho en la parte que sobresale del talud, de tal forma que la punta penetre en el cespedón para que pueda sujetar correctamente la geomalla y no queden puntas superficiales.

### 7.3.3. Equipo

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que la protección de taludes tenga la calidad exigida, y se garantice el cumplimiento del programa de ejecución de los trabajos

### 7.3.4. Ejecución de los trabajos

- **Preparación de la superficie existente**

El Interventor sólo autorizará la protección si la superficie a cubrir presenta la uniformidad requerida para garantizar el éxito del trabajo.

Si la superficie presenta irregularidades con escarpes pronunciados, que excedan las tolerancias para pegar correctamente el cespedón, el Constructor hará las correcciones previas, a satisfacción del Interventor.

- **Trasplante de césped**

Sobre la superficie preparada se aplicará abono del tipo y en la cantidad que se requiera y, a continuación, se extenderán los bloques de césped haciéndolos casar en la mejor forma posible, evitando traslapos y vacíos y buscando que los extremos del área empradizada empalmen armónicamente con el terreno natural adyacente.

En las uniones de los bloques, se colocará tierra orgánica. Una vez plantada la superficie, se deberá regar de manera abundante.

Los cespedones de pasto se sujetarán con la geomalla, la cual a su vez se sujeta con los taches metálicos, los cuales se distribuyen en red cada 1.5 m. Los taches se instalarán hincados con golpe de maceta o martillo suficientemente pesado para que se puedan hundir por lo menos 1.0 m dentro de la superficie.

- **Conservación**

El área empradizada se deberá regar diariamente hasta su recibo definitivo por parte del Interventor, cuando finalicen los trabajos del Contrato.

Durante dicho lapso, el Constructor deberá aplicar los riegos, fertilizantes y cualquier otro material necesario para garantizar la revegetalización y deberá adoptar las medidas pertinentes para la protección del trabajo.

### 7.3.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Constructor para la ejecución de los trabajos.

✓ Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los planos y las exigencias de la presente especificación.

✓ Vigilar que el Constructor efectúe un mantenimiento adecuado del área empradizada hasta su recibo definitivo.

✓ Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

En el momento del recibo definitivo, el área empradizada no podrá presentar irregularidades o desperfectos y se deberá encontrar en buen estado, a satisfacción del Interventor.

### 7.3.6. Medida y pago

La unidad de medida de la protección de taludes es: a) el metro cuadrado ($m^2$) con aproximación a un decimal del área inclinada empradizada; b) el metro cuadrado ($m^2$) con aproximación a un decimal de área inclinada debidamente cubierta con geomalla; c) la longitud total de varillas instaladas, sumando la parte hincada y la parte externa.

No se incluirán en la medida áreas empradizadas por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

El pago de la empradización se hará por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor. Incluye herramientas, transportes, materiales, mano de obra, AIU y demás gastos en que deba incurrir el Contratista para realizar el trabajo.

### 7.3.7. Items de pago

| | |
|---|---|
| 3 – Geomalla | ($m^2$) |
| 4 – Taches hincados D=3/4” | (ml) |
| 8 – Empradización | ($m^2$) |

## 7.4. GAVIONES

### 7.4.1. Descripción

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas metálicas, lo mismo que el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones en los sitios indicados en los planos del proyecto o determinados por el Interventor.

### 7.4.2. Materiales

- **Canastas metálicas**

Las canastas metálicas estarán formadas de alambre de hierro galvanizado de triple torsión, con huecos hexagonales de abertura no mayor de diez centímetros (10 cm). El alambre deberá ajustarse a la norma ASTM A-116 o a la ASTM A-856.

Se utilizará alambre galvanizado de diámetro superior a dos milímetros (2mm), excepto en las aristas y los bordes del gavión que estarán formados por alambres galvanizados cuyo diámetro será, como mínimo, un veinticinco por ciento (25%) mayor que el del enrejado.

La forma y dimensiones de las canastas serán las señaladas en los planos u ordenadas por el Interventor.

- **Material de Relleno**

Podrá consistir de canto rodado, piedra media zonga o material de cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren por la exposición al agua o a la intemperie, que contengan óxido de hierro, con excesiva alcalinidad con compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

El material de relleno deberá cumplir, además, los siguientes requisitos:

**Granulometría:** El tamaño mínimo de las piedras deberá ser, por lo menos, treinta milímetros (30 mm) mayor que las aberturas de la malla de la canasta. El diámetro máximo no debe exceder 0.25 m.

**Resistencia a la abrasión:** El desgaste del material al ser sometido a ensayo en la máquina de Los Ángeles, según la norma INV E-219, deberá ser inferior a cincuenta por ciento (50%).

**Absorción:** Su capacidad de absorción de agua será inferior al dos por ciento (2%) en peso, cumpliendo con la norma de ensayo INV E-223.

### 7.4.3. Equipo

Se requieren, principalmente, equipos para la explotación, procesamiento y transporte del material de relleno; para el transporte de las canastas de alambre; para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los gaviones, así como herramientas manuales.

### 7.4.4. Ejecución de los trabajos

- **Conformación de la superficie de apoyo**

La superficie de apoyo debe ser horizontal y se conformará adecuando el terreno mediante eliminación de pertuberancias y compactación con pisón.

Puesto que para instalar los gaviones es necesario realizar antes una excavación cuya altura del talud vertical puede alcanzar alrededor de 2 m en el lindero de un andén, es necesario tomar las medidas del caso para evitar que el talud se inestabilice. Entre las medidas que se pueden tomar, se recomienda hacer la excavación por tramos, construyendo inmediatamente el muro de gaviones en ese tramo. Luego de construidos los gaviones se procede a excavar un nuevo tramo. Los tramos en principio pueden variar en longitudes que van de 3 a 4 m.

- **Colocación de las canastas**

Cada canasta deberá ser armada en el sitio de la obra, de acuerdo con el detalle de los planos del proyecto. Su forma prismática se establecerá con ayuda de formaletas metálicas o de madera u otro medio aceptado por el Interventor. Cada canasta debe estar correctamente agarrada con alambre a los gaviones vecinos antes de proceder a colocar la piedra.

- **Relleno**

El material de relleno de colocará dentro de la canasta manualmente, de manera que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro de ella y las más grandes junto a la malla. Se procurará durante la colocación, que el material quede con la menor cantidad posible de vacíos. Si durante el llenado las canastas pierden su forma, se deberá retirar el material colocado, reparar y reforzar las canastas y volver a colocar el relleno.

- **Costura y anclaje**

Cuando la canasta esté llena, deberá ser cosida y anclada a las canastas adyacentes, con alambre igual al utilizado en la elaboración de éstas.

### 7.4.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.

✓ Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación;

✓ Vigilar la regularidad en la producción de los materiales de relleno.

✓ Verificar que el alineamiento, pendientes y dimensiones de la obra se ajusten a su diseño.

✓ Medir las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción.

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

El Interventor aprobará los trabajos si la malla y el material de relleno satisfacen las exigencias de los planos y de esta especificación; y si la estructura construida se ajusta a los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto o modificados por él.

En caso de deficiencias de los materiales o de la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, a su costa, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste.

### 7.4.6. Medida y pago

La unidad de medida será el metro cúbico ($m^3$), aproximado al décimo de metro cúbico, de gaviones fabricados y colocados a satisfacción del Interventor.

El volumen se determinará sumando los metros cúbicos de las canastas correctamente colocadas de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas, excavaciones, explotación de las fuentes de materiales para rellenos; el cargue, transporte y descargue de las piedras; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones, el AIU y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario incluirá, también, los costos por concepto del suministro e instalación de formaletas, abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio.

### 7.4.7. Ítem de pago

2 - Excavación manual ($m^3$)
5 – Gaviones ($m^3$)

## 7.5. PILOTES

### 7.5.1. Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de los pilotes de 0.10 m de diámetro que se deben construir para reforzar el talud y la red de platinas metálicas que entrelazan las cabezas. Los pilotes deben construirse en los sitios indicados en los planos o en los señalados previamente por el Interventor.

### 7.5.2. Materiales

- **Mortero**

El mortero está constituido por cemento, arena y agua, en mezcla bien fluida, y debe ser de 18 MPa (2.500 psi) de resistencia mínima a la compresión a la edad de 28 días, que cumpla con la Norma ICONTEC 2000 y demás normas ICONTEC que le son inherentes, particularmente las relacionadas con cemento y agregados.

- **Tubo de refuerzo.**

El tubo debe ser de acero, de calibre SC 40, con o sin costura, de 2 ½" de diámetro exterior. Con el fin de facilitar el llenado del hueco y obtener que el tubo quede bien embebido, es posible perforar en las paredes agujeros, con suficiente amplitud y frecuencia para que pueda fluir por allí la mezcla. También es válido no agujerear el tubo, si el Contratista lo prefiere.

El acero del tubo debe tener un límite de fluencia mínimo de 240 MPa y debe cumplir con la Norma ICONTEC 2001 y demás normas ICONTEC que le son inherentes.

- **Platinas metálicas**

Las platinas metálicas deben ser de ¼" x 1", tener un límite de fluencia mínimo de 240 MPa, y cumplir con la Norma ICONTEC 2001 y demás normas ICONTEC que le son inherentes.

## 7.5.3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

- **Generalidades**

Los trabajos deben efectuarse con una adecuada coordinación entre las actividades de apertura del hueco, instalación del tubo y fundición del pilote. Una vez perforado el hueco, debe procederse pronto a instalar el tubo y fundir el mortero, porque si estas actividades se demoran se corre el peligro de que el hueco se derrumbe.

Será de responsabilidad del Constructor, la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día. El diseño de la señalización requerirá la aprobación del Interventor.

- **Preparación del terreno**

El terreno en donde se instalarán los pilotes no requiere preparación especial, diferente a la mínima necesaria para colocar la máquina o perforadora manual. En los pilotes superiores se necesita antes levantar el anden y el relleno de arena en le que reencuentran los prefabricados.

- **Perforación de huecos**

Una vez listo el sitio de la perforación, se procede a transportar e instalar el taladro. Posteriormente se procederá a perforar el hueco con la broca apropiada, retirando el material extraído y transportándolo para luego llevarlo al botadero. La perforación se profundizará hasta las dimensiones establecidas en los planos o señaladas previamente por el Interventor.

Las labores serán supervisadas por la Interventoría y comprobará que la perforación tenga la magnitud correcta.

El trabajo de perforación debe realizarse con sumo cuidado para evitar derrumbes en el hueco. Es necesario utilizar todos los medios posibles para garantizar la estabilidad de la perforación. El Contratista será responsable de la estabilidad del hueco y todas las reperforaciones correrán a su cargo.

- **Instalación del tubo**

En el hueco perforado, libre de materiales sueltos, se procederá a colocar el tubo previamente, con longitud mínima igual a la del hueco perforado. El tubo debe instalarse en el centro del hueco y fijarse para que no se desplace cuando se vaya a colocar el mortero fluido o lechada.

- **Fundición del pilote**

El pilote puede fundirse inyectando la lechada o mortero fluido separadamente por dentro y por fuera del tubo, o sólo por dentro del tubo si éste tiene los agujeros que le permiten a la mezcla fluir hacia afuera. Luego de instalado el tubo de acero en su lugar se procede a colocar el mortero fluido, de tal manera que con algo de presión, se llene completamente el hueco de abajo hacia arriba, tanto por dentro como por fuera. Para este efecto se requiere inyectar el mortero con buena fluidez para que con la presión de gravedad el hueco pueda llenarse hasta la boca, a nivel de superficie.

- **Instalación de platinas**

Una vez el pilote fundido haya alcanzado una dureza tal que puede resistir el laboreo de la cabeza del tubo, se procede a soldar las platinas a los tubos, en la forma como se muestra en los planos u ordene el Interventor.

Las platinas deben soldarse a cada cabeza de pilote formando una red, de tal manera que queden en contacto con la superficie del terreno, aprisionándolo ligeramente.

### 7.5.4. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.

✓ Vigilar que la perforación tenga el diámetro apropiado y llegue a la profundidad establecida.

✓ Impartir la aprobación para instalar el tubo y fundir el pilote. También impartirá su aprobación para la instalación de las platinas que entrelazan las cabezas de los pilotes.

✓ Supervisar la correcta instalación del tubo, fundición del concreto e instalación de las platinas. El diseño de la mezcla de mortero debe ser previamente aprobado por el Interventor.

✓ Comprobar la calidad del mortero mediante toma de 2 cilindros de 3" de diámetro en una mezcla de prueba con el diseño aprobado y posteriormente con toma de 2 cilindros, de la misma magnitud, cada 6 pilotes para controlar la calidad. Los cilindros deben ensayarse a los 7 días y hacer la proyección teórica a los 28 días.

✓ Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción.

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

**Calidad de los agregados:** Durante la etapa de construcción, el Interventor examinará las existencias de los acopios y ordenará el retiro de los agregados débiles y que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal y materia orgánica.

**Calidad del mortero:** Se deben ensayar los cilindros y comprobar así la calidad del mortero. La tolerancia de cumplimiento de resistencia es del 90%. Menos de esa cifra es inaceptable y por lo tanto, los piotes que estén por debajo de ese límite de tolerancia no pueden ser aprobados y deberá el Contratista a su costa construir nuevos pilotes que los reemplacen, pegados a los pilotes que incumplieron.

**Calidad del producto terminado:** El Interventor aceptará todos los pilotes que cumplan con los requisitos de calidad y estén construidos de acuerdo con los planos, y sus instrucciones.

### 7.5.5. Medida y pago

La unidad de medida de los pilotes preexcavados es el metro lineal (ml) con aproximación a una décima de metro, medidos con la profundidad de la perforación tomada desde la superficie del terreno.

La unidad de medida de las platinas es el kilogramo con aproximación a una décima, de metal debidamente instalado, convertido a peso de acuerdo con las tablas del fabricante.

El pago comprende todos los gastos en que incurre el Contratista para realizar el trabajo terminado y debidamente aceptado por el Interventor. Entre otras cosas incluye transportes, traslados locales, alquiler de equipos, insumos de perforación, reperforaciones, concreto, aditivos, acero, soldadura, mano de obra, AIU.

### 7.5.6. Ítem de pago

6 - Pilotes preexcavados, D=4" (ml)
7 – Platinas de ¼ x 1" (kg)

## 7.6. TRABAJOS MISCELÁNEOS

### 7.6.1. Descripción

Estos trabajos consisten en la protección que se debe colocar a los taludes, en los sitios indicados en los planos y/o señalados por el Interventor. También se incluyen los trabajos de reparación del andén.

### 7.6.2. Materiales

- **Mortero**

El mortero debe ser de 21 MPa (3.000 psi) de resistencia mínima a la compresión a la edad de 28 días, que cumpla con la Norma ICONTEC 2000 y demás normas ICONTEC que le son inherentes, particularmente las relacionadas con cemento y agregados..

- **Malla gallinero**

Par darle mayor consistencia a la protección, es necesario instalarle una malla metálica tipo gallinero, pegada a la superficie a proteger, anclándola con pequeños taches. El precio de ésta malla debe incluirse en el precio unitario de la protección con mortero.

En los casos donde se requiera otro tipo de malla por indicación de los planos u ordenes del Interventor, su precio se pagará de acuerdo con los ítems del Contrato.

- **Prefabricados**

Los prefabricados o adoquines que se utilicen en la reparación del andén son preferiblemente los mismos que existen actualmente allí, que se encuentren en buen estado, sin fracturas ni deterioros visibles. En un todo aceptados por el Interventor. En caso de utilizar prefabricados nuevos, para reemplazar los deteriorados, éstos deben ser de la misma calidad del concreto y dimensiones de los que existen, que cumplan con la norma correspondiente del I.D.U.

- **Arena de relleno**

La arena que se utilice para colocar los adoquines del andén debe cumplir con la norma correspondiente del I.D.U para esta clase de obras.

### 7.6.3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

En la superficie a proteger es necesario inicialmente retirar los fragmentos sueltos y proceder luego a instalar la malla. Luego de esto, se procede al lanzado del pañete, con palustre o cualquier herramienta apropiada, de tal manera que se obtenga un cubrimiento, lo más regular posible, con espesor mínimo de 0.02 m.

Los trabajos de reparación del andén se deben iniciar con el levantamiento de los prefabricados y la arena que los soporta, en el tramo de andén que presente agrietamientos. Los prefabricados que se puedan reutilizar es necesario almacenarlos en un lugar predeterminado y la arena, lo mismo que los prefabricados deteriorados deben ser transportados a la escombrera. La Interventoría dará las indicaciones del caso para seleccionar los prefabricados reutilizables y aprobará el producto.

Luego de instalar los micropilotes y su enmallado, se procederá a reconstruir el andén, colocando inicialmente la arena debidamente distribuida y luego los prefabricados, siguiendo las especificaciones del I.D.U para esta clase de obras y/o las instrucciones del Interventor.

### 7.6.4. Medida y pago

Las unidad de medida de la protección es el área en metros cuadrados ($m^2$), con aproximación a un decimal, debidamente cubierta con mortero, con un mínimo de 0.02 m de espesor, aceptada por el Interventor.

La unidad de medida del andén reparado es le metro lineal con aproximación a un decimal de andén levantado y luego reconstruido, aceptado por el Interventor.

El precio incluye equipo, herramientas, materiales, mano de obra, cargue, transportes, demoliciones y cualquier otro insumo necesario para llevar a cabo los trabajos de acuerdo con la presente especificación. Los precios unitarios también incluyen el AIU.

### 7.6.5. Ítem de pago

9 – Protección con mortero ($m^2$)
10 – Reparación de andén (ml)

# 8. CONCLUSIONES

Luego de realizado el estudio, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- La inestabilidad que se presenta en el sitio pone en inminente riesgo a una vivienda debido a los desprendimientos que ocurren en el talud noroccidental del parque y otra vivienda está afectada por desprendimientos esporádicos que se presentan en el talud aledaño. También se presentan agrietamientos en el andén que bordea una vía pavimentada ubicada en la corona de los taludes.

- Los materiales involucrados en el proceso son rellenos antrópicos y eluvios generados como producto de la meteorización de rocas de la Formación Regadera.

- Hechos los análisis, se comprobó que en el talud del parque la inestabilidad ocurre por desprendimientos de materiales superficiales, mientras en el talud aledaño a la vivienda, la amenaza la constituye un posible deslizamiento que pueda ocurrir en el terreno.

- El diseño favorece la estabilización de un área de 0.21Ha del parque, protegerá dos viviendas: una habitada por una familia de 4 personas, otra habitada por 8 personas. También se protege el andén de la Calle 49 C Sur.

# 9. RECOMENDACIONES

Con base en el desarrollo del presente informe se plantean las siguientes recomendaciones:

- Los riesgos que se presentan en el lugar pueden ser mitigables mediante la construcción de obras de estabilización, las cuales se diseñan como producto de los estudios.

- Mientras se construyen las obras y se realizan los trabajos, es necesario evacuar temporalmente la vivienda que se encuentra en inminente riesgo, ubicada en la pata del talud del parque.

# BIBLIOGRAFÍA

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE MEDIO AMBIENTE. Modelo hidrogeológico para los acuíferos de Bogotá. Colombia.: DAMA, Hidrogeocol Ltda., 2000.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Diagnóstico técnico No. 663. Medidas correctivas a realizar en el parque del barrio la Marqueza localidad Rafael Uribe Uribe. Colombia.: DPAE, Geoingeniería Ltda., 1999.

_____ Diagnóstico técnico No. DI – 2795. Colombia.: DPAE, 2006.

_____ Estudios de riesgos por remoción en masa y diseños detallados de las obras de control, protección y estabilización en el Barrio Triunfo Sur, localidad de Rafael Uribe Uribe de la Ciudad de Bogota D.C. Colombia.: DPAE, Ingemetrica Ltda., 2002.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Estudio de Riesgos por Remoción en Masa, evaluación de Alternativas de mitigación y Diseños Detallados de las obras recomendadas para estabilizar el Antiguo Escarpe de Explotación frente al Barrio El Portal, Localidad Rafael Uribe Uribe. Colombia.:FOPAE, C.I.C. Ltda., 2001.

GUNARATNE, Manjriker. The foundation engineering handbook. Boca Ratón, Taylor & Francis, 2006. 608 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA. Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá. Colombia.: INGEOMINAS, 1997. 130 p.

UNIDAD PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá D.C. Colombia.: UPES, Ingeocim Ltda., 1998.