

CONTENIDO

1	<u>LOCALIZACIÓN</u>	1
2	<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
3	<u>INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES</u>	1
3.1	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	2
3.2	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	2
3.3	MEDIDAS RECOMENDADAS	3
4	<u>GEOLOGÍA</u>	3
5	<u>INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO</u>	10
5.1	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	10
5.2	PRUEBAS DE CAMPO	10
5.3	ENSAYOS DE LABORATORIO	10
5.4	EXPLORACIÓN GEOFÍSICA	11
5.4.1	METODOLOGÍA	11
5.4.2	EQUIPO Y SOFTWARE	12
5.4.3	RESULTADOS	12
5.4.4	COMENTARIOS ADICIONALES	14
6	<u>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA</u>	19
6.1	PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO	19
6.2	PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	19
6.2.1	MATERIAL 1	19
6.2.2	MATERIAL 2	20
6.2.3	MATERIAL 3	20
6.2.4	MATERIAL 4	20
6.2.5	MATERIAL 5	20
7	<u>ANÁLISIS GEOTÉCNICOS</u>	25
8	<u>PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO</u>	26
9	<u>MEDIDAS RECOMENDADAS</u>	26

9.1	OBRAS DE DESCARGA	26
9.2	OBRAS DE CONTENCIÓN	26
9.3	OBRAS DE DRENAJE	26
9.4	OBRAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL	27
9.5	CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS	27
10	LIMITACIONES	28
11	BIBLIOGRAFÍA	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Geología zona de estudio	8
Figura 4-2 Perfil geológico	9
Figura 5-1 Topografía y Exploración del Subsuelo	15
Figura 5-2 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1	16
Figura 5-3 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1	17
Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección A-A	21
Figura 6-2 Carta de Plasticidad	22
Figura 6-3 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 1	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio	18
Tabla 6-1 Normalización del ensayo de penetración estándar, SPT	24
Tabla 7-1 Parámetros de resistencia de los materiales empleados en los análisis de estabilidad	25

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B MEMORIAS DE CÁLCULO
ANEXO C CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO
ANEXO D ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN
ANEXO E PLANOS

LISTA DE PLANOS

Planos 1 y 2 Obras Recomendadas

Sitio 6 Talud Barrio Villas del Recuerdo

1 LOCALIZACIÓN

Localidad:	Rafael Uribe Uribe (18)
Barrio:	Villas del Recuerdo
UPZ:	54 Marruecos
Dirección	Calle 48D Sur con Carrera 12B
Tipo de Riesgo:	Deslizamiento Traslacional de arenisca sobre arcillolita degradada.

2 INTRODUCCIÓN

El FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ- FOPAE suscribió con el CONSORCIO IGR el contrato de consultoría CONS 453 de 2004 para la “Elaboración de Diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios afectados por emergencias debido a la reciente temporada de lluvias, con prioridad en la Localidades de Ciudad Bolívar, Usme y Rafael Uribe Uribe de Bogotá D.C.”.

El propósito de este informe es dar las recomendaciones necesarias para controlar el movimiento de remoción en masa que afecta actualmente al barrio Villas del Recuerdo a la altura de la carrera 12 con calle 48C Sur.

Este documento contiene la descripción de las actividades realizadas en el curso de este estudio, así como los análisis que se llevaron a cabo y las conclusiones obtenidas.

3 INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES

El día 14 de diciembre de 2004 se realizó una visita al sitio del proyecto por parte del Ingeniero Edgar E. Rodríguez G., en representación del CONSORCIO IGR, y del ingeniero Edson Orlando Hoyos Cerón, Coordinador Técnico del DPAE, con el fin de observar, reconocer y analizar los problemas de estabilidad que afectan actualmente esta zona e iniciar formalmente un estudio tendiente a controlar los fenómenos de remoción en masa allí detectados.

En dicho reconocimiento y en algunos posteriores realizados por el personal técnico Ingeniería y Georriesgos, se estableció la naturaleza traslacional del deslizamiento que

afecta a la zona de estudio, y que además involucra aproximadamente unos 5000 m³ de material movilizado sobre estrados de arcillolita degradada.

Es importante mencionar que en el año 2004, a partir del diagnóstico técnico No. DI-2258, se realizó un primer estudio en la zona, por parte del Consorcio Constructores, orientado a establecer recomendaciones para la estabilización del deslizamiento, en el que se recomendaron como medidas correctivas, el terraceo del material movilizado, la empradización de las bermas y taludes resultantes, así como una serie de obras de drenaje como medida de control aguas subterráneas y de escorrentía.

De acuerdo con las instrucciones de la entidad contratante, para adelantar el presente estudio se empleó la topografía realizada en dicho estudio.

A continuación se presenta un resumen del informe correspondiente al contrato de Consultoría FOPAE No.203 de 2004 realizado por el Consorcio Constructores:

3.1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

De acuerdo con el Consorcio Constructores (CC) la generación de cortes casi verticales y la existencia de planos de discontinuidad en el macizo rocoso generan desprendimiento de bloques por mecanismos de volteo y falla de cuña, favorecidos por la erosión diferencial de los estratos de litoarenitas y arcillolitas causada por la alta humedad de la vertiente lo que causa el ablandamiento de los materiales el humedecimiento de los materiales debido a la los cuales aparecen como los principales causantes de los problemas de inestabilidad en la zona, dicha interacción resultaría cinemáticamente posible debido a la concordancia entre el azimut de las discontinuidades y el de los taludes de corte.

Estos procesos de remoción serían a su vez favorecidos por la erosión diferencial generada entre la arcillolita que subyace estratos de litoarenitas dejando sin soporte a estas últimas. El origen de dicha erosión diferencial se explicaría con la alta humedad de la zona y la consecuente reducción de esfuerzos efectivos por el aumento de la presión de poros originada en la recarga hídrica. La existencia de eucaliptos sanos en la zona apoyarían esta teoría.

El CC describe el movimiento que afecta a la zona como de un claro carácter retrogresivo el cual se explicaría por la relajación de esfuerzos originados en el desconfinamiento que produce el corte sumado al favorecimiento de los planos de discontinuidad y disminución de esfuerzos efectivos ya citados.

3.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El CC empleó como información secundaria el “Estudio de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa y Diseños Detallados de Obras de Protección y Control en el Barrio Villas del Recuerdo Localidad de Rafael Uribe Uribe” realizado por Investigaciones

Geotécnicas Ltda. en Febrero de 2000 a partir del cual se identificaron de elementos estructurales y procesos geomorfológicos en la zona aledaña al problema tratado.

En los análisis estructurales del macizo rocoso se tuvieron en cuenta las posibilidades cinemáticas de falla propuestas por Goodman (1980) y Hoek & Bray (1978), según las cuales se estableció la posibilidad de ocurrencia de falla por cuña y volteo.

3.3 MEDIDAS RECOMENDADAS

De acuerdo con el diagnóstico y los análisis de estabilidad se direccionaron las obras correctivas en dos sentidos: obras para el control de aguas y obras de reducción de masa efectiva (rompimiento cinemático).

Sin embargo, y debido a la dificultad para controlar aguas debido a la magnitud del área aferente, se propuso la reconfiguración del terreno mediante terrazas de pendiente 1.5H:1V y bermas de 3.0m de ancho empedradas con biomanto.

Dicha configuración permitiría eliminar el material movilizado y controlar la posibilidad cinemática de falla por cuña y/o volteo.

Como medida de control de aguas y en consecuencia control de pérdida de resistencia al corte de materiales, se propuso la construcción de una cuneta triangular en concreto de 1.0m de ancho y ,27m de profundidad en la corona del talud y las bermas del terracedo, complementadas con un canal en concreto reforzado con estructuras de disipación estilo cortacorriente o pantalla deflectora localizados en los costados del talud.

Para el control de aguas subsuperficiales se propusieron subdrenes horizontales en tubería PVC de 2" de diámetro con longitudes variables entre 15m y 24m recubiertos con geotextil.

Finalmente se consideró pertinente pavimentar la vía de la corona del talud con el fin de reducir la infiltración de aguas hacia la el interior de la masa potencialmente inestable. No obstante el diseño y construcción de harían parte de las obligaciones de otra entidad estatal.

4 GEOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra hacia la parte suroriental de la ciudad de Bogotá, sobre unos cerros de pendiente moderada que conforman la parte central del Sinclinal de Usme-Tunjuelito. Estos cerros fueron explotados intensamente en décadas pasadas debido a la presencia de material arcilloso que eran la materia prima para la elaboración del ladrillo, por esta razón es común encontrar en la zona y sus alrededores una serie de escarpes que conformaban los antiguos frentes de explotación, así como hornos, zonas planas para el acopio de material y escombreras de minería.

El Barrio Villas del Recuerdo se encuentra cerca al eje del sinclinal de Usme, por tal motivo las capas que allí afloran tienen una disposición subhorizontal como puede apreciarse en la **Fotografía 1**. Aunque en el talud en donde se presenta el deslizamiento no se pudieron tomar datos estructurales, con base en la exploración de campo se logró establecer una dirección aproximada de los estratos de N32E/07NW pese a que en afloramientos cercanos se midieron sobre el contacto arenisca – arcillolita los siguientes datos: N35E/08SE, N40E/07SE y N60W/09SW; de acuerdo con lo anterior puede apreciarse que en la zona del deslizamiento las capas tienen un ángulo buzamiento muy bajo con dirección hacia el norte, es decir, la posición de los estratos es favorable a la inestabilidad del terreno.

A partir del reconocimiento de campo se identificaron una serie de depósitos Cuaternarios que están cubriendo de manera discordante las rocas sedimentarias de la Formación Regadera que aflora en este sector de la ciudad. El problema de estabilidad se presenta sobre un antiguo frente de explotación de 10m de altura y en el que aflora claramente areniscas friables y arcillolitas meteorizadas que están afectadas por una falla geológica local. La inestabilidad de la ladera está asociada con la dirección de los estratos, el desconfiamiento del talud (asociado a la explotación minera), el aporte de agua al subsuelo y a la presencia de una capa de arenisca friable en la parte superior del talud.

En total se identificaron ocho unidades, entre litológicas y depósitos Cuaternarios, que facilitan la descripción del modelo geológico en la zona de estudio. A continuación se describe cada una de ellas y su cartografía se puede apreciar en la Figura 4-1 y la figura 4-2.

- ✓ **Rellenos de minería (Qrm):** Se trata de materiales de composición heterogénea, conformados por restos o sobrantes de la antigua explotación minera, mezclados con basura y antiguos botaderos. Se caracteriza por presentar una densidad media a baja y un predominio de matriz arcillosa color gris. Aflora hacia la parte baja de la zona de estudio. **Fotografía 2.**
- ✓ **Material deslizado (Qd):** Representa el material deslizado y que se acumuló sobre el antiguo talud de explotación, cubriendo casi la totalidad del mismo. Se aprecian fragmentos de roca, principalmente de lodosita de color gris, en medio de una matriz limoarcillosa blanda. También presenta algunos bloques angulares de arenisca de grano medio, friables, provenientes de la parte alta del talud y que llegan a alcanzar los 0.9m de diámetro.
- ✓ **Flujos de detritos (Qfd):** Sobre la cara del talud y contiguo al deslizamiento, se aprecia un flujo de detritos conformado por gravas de lodosita de color gris. Su origen está asociado con el alto grado de meteorización de la roca y a la alta pendiente del terreno.
- ✓ **Ceniza volcánica (Qcv):** Capa lixiviada de ceniza volcánica, color gris, de 0.8m de espesor promedio, de baja densidad y alta porosidad. Se aprecia únicamente a lo largo de las grietas del terreno y sobre el escarpe principal del movimiento ya que en su mayoría está cubierta por pastos. Esta unidad cubre la mayor parte del área de estudio y por encontrarse cubriendo un suelo residual (Qsr) predominantemente arenoso se denota en la Figura 4-1 como Qcv/Qsr.

- ✓ **Botadero (Qb):** Zona de botaderos de escombros de construcción, mezclados con sobrantes de excavación y algunas basuras. Esta unidad aflora en la parte alta de la zona de estudio y se encuentra cubierta en su mayoría por pastos; el contacto con Qcv se infiere por el cambio de pendiente del terreno.
- ✓ **Deslizamiento antiguo (Qda):** Hacia el costado oriental y sobre un terreno de pendiente fuerte se aprecia la huella de un antiguo deslizamiento que actualmente está estable y cubierto por pastos. El movimiento se produjo sobre un estrato de arenisca friable, la misma que aflora sobre la cara del talud principal.
- ✓ **Formación Regadera (Tr):** Es la única unidad litológica presente en el Barrio Villas del Recuerdo. Presenta dos litologías bien diferenciadas entre sí que dan un marcado contraste en la morfología del terreno. Se trata de las areniscas (Tra) y las arcillolitas (Trl), las primeras son areniscas cuarzosas de grano medio, color blanco, friables, macizas, con matriz arcillosa y dispuestas en capas gruesas a muy gruesas; las segundas son arcillolitas y lodolitas de color gris y violáceo a rojizo por efecto de la meteorización, son macizas y se encuentran alteradas por ser más susceptibles al intemperismo.

La arenisca de la parte superior del escarpe se encuentra en movimiento trasnacional lento, en la cara del talud se puede apreciar el volteo de dicha capa (**Ver la Fotografía 3**), mientras que las arcillolitas de la parte media e inferior del talud presentan flujos de detritos y deslizamientos locales por la alteración y desgajación de la roca. (**Ver la Fotografía 4**).



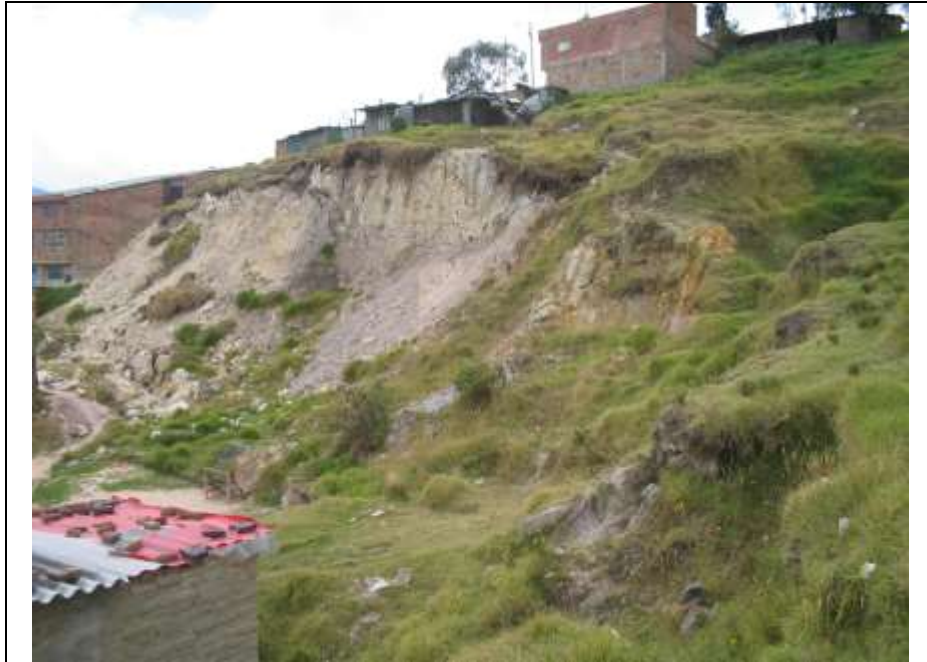
Fotografía 1. Contacto entre la capa de arenisca (parte superior de la foto) y la arcillolita. Nótase la disposición sub-horizontal de los estratos.



Fotografía 2. Detalle de los residuos de minería, mezclados con basura. La unidad está cubierta por pasto.



Fotografía 3. Corona del movimiento. A la derecha de la foto se aprecia el volteo de la capa de arenita.



Fotografía 4. Panorámica del deslizamiento. En la parte alta aflora la capa de arenisca que conforma un talud de mayor pendiente. Hacia la parte media está el contacto con las arcillolitas, marcado por el cambio de pendiente (más suave), el cambio en la coloración y la acumulación del material deslizado y los flujos de detritos.

Figura 4-1 Geología zona de estudio

Figura 4-2 Perfil geológico

5 INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

En este capítulo se describen las actividades desarrolladas tanto en el sitio del proyecto como en el laboratorio, tendientes a establecer las condiciones geotécnicas de la zona de estudio. Los trabajos de campo incluyen el reconocimiento geotécnico del área y la realización de un sondeo mecánico de 10m de profundidad, una trinchera de 9m en la cara del talud inestable y tres sondeos eléctricos verticales localizados de manera que se obtuviera la información necesaria para establecer a ciencia cierta la posición espacial de los estratos de roca subyacente. Como se mencionó en el capítulo 2 la topografía empleada en el presente estudio es la misma empleada para la elaboración de los diseños del Consorcio Constructores en el año 2004.

5.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Los trabajos de campo consistieron en algunas visitas a la zona del estudio en las que se reconocieron de manera preliminar los alcances del estudio y se establecieron las características de la exploración del subsuelo necesaria. Como se mencionó anteriormente, dicha exploración consistió en realizar un sondeo mecánico de 10m de profundidad (S-1), una trinchera de 8m en la cara del talud (T1) y tres sondeos eléctricos verticales (SEV1 a SEV3). La localización de la exploración dentro de la zona se muestra en la Figura 5-1.

Los registros gráficos de las exploraciones de campo así como los parámetros índice y de resistencia al corte de los materiales encontrados se muestran en la Figura 5-2 y la Figura 5-3.

5.2 PRUEBAS DE CAMPO

Durante la ejecución de los primeros 2.5 m de sondeo se realizaron ensayos in-situ de penetración estándar (SPT) con el fin de obtener estimaciones de la resistencia al corte de los materiales encontrados.

Los resultados de dichas pruebas se muestran de manera gráfica de Figura 5-2 a la y numérica en la Tabla 5-1.

5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras obtenidas del sondeo ejecutado se realizaron ensayos de clasificación y resistencia al corte. A continuación se discrimina el número de ensayos ejecutados:

- Contenido de humedad natural : 8
- Granulometría : 5
- Límites de consistencia : 8

- Peso Unitario : 5
- Ensayo de compresión inconfínada : 1
- Corte Directo en condición saturada : 1

Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen de manera gráfica de la Figura 5-2 y de forma numérica en la Tabla 5-1. En el ANEXO A se adjuntan las memorias de cálculo de los ensayos de laboratorio.

5.4 EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Como complemento a la exploración mecánica y manual realizada en la zona de estudio, adelantó una investigación geofísica con el método de resistividad eléctrica comúnmente llamado geoelectrica, con el objeto de determinar a ciencia cierta la posición espacial de los estratos de roca en el subsuelo. La localización de los SEVS se muestra en la Figura 5-1.

5.4.1 METODOLOGÍA

Mediante una investigación geoelectrica se determina la resistividad eléctrica del subsuelo. Este proceso se lleva a cabo efectuando sondeos eléctricos verticales (SEV) desde la superficie, a partir de los cuales se obtienen perfiles o curvas de variación de la resistividad.

Un SEV se efectúa mediante la disposición de cuatro electrodos, colocados sobre la superficie del terreno en línea recta simétricamente respecto a un punto central.

A través de los electrodos exteriores se hace pasar una corriente eléctrica por el subsuelo lo que produce una caída de potencial entre los 2 electrodos interiores. Para iniciar el sondeo se colocan los electrodos de corriente a una distancia media ($C/2$) de 1.5 m y los electrodos de potencial a una distancia media de 0.5 m ($P/2$).

Para la distribución Schlumberger utilizada este tipo de investigaciones, en cada sondeo se toman una serie de medidas aumentando cada vez la distancia C de tal manera que se incremente la profundidad de investigación. El aumento de la distancia entre los electrodos se ve reflejada una penetración mayor de la corriente en el subsuelo, siendo $C/2$ la profundidad máxima teóricamente alcanzada, debido que se supone que la corriente se distribuye en el subsuelo formando una semiesfera de radio $C/2$. Sin embargo, y dado que la resistividad obtenida es en realidad una resistividad aparente, si se tiene en cuenta que el subsuelo no es homogéneo ni isotrópico, la profundidad real alcanzada no es $C/2$ como se esperaba sino que resulta menor.

Para cada lectura de intensidad de corriente y de diferencia de potencial, y teniendo en cuenta la distancia en cada punto, se obtienen la resistividad eléctrica de acuerdo a la Ley de Ohm.

Para el procesamiento de los datos de campo los valores de resistividad se trasladan a un papel logarítmico, junto con el dato de $C/2$ correspondiente, situándolos en las abscisas y las ordenadas respectivamente.

De lo anterior se obtiene la llamada curva de campo (FIELD CURVE) que representa resistividades aparentes vs. Distancias electródicas medias ($C/2$). Sin embargo es necesario convertir esta gráfica en una de resistividades verdaderas vs. profundidades, de manera que se determinen capas del subsuelo, con sus correspondientes resistividades y profundidades o espesores.

Dado que la resistividad del agua es inversamente proporcional a la concentración de iones en solución, esta resulta como indicativo de la salinidad del agua. Para lo anterior existen tablas en las que es posible determinar la concentración de cloruros con base en la resistividad; cuando los cloruros son escasos, los bicarbonatos ejercen gran influencia, lo mismo que la temperatura.

Con base en lo anterior se observa que la presencia de agua salada es evidente en la zona de estudio lo que refleja altas concentraciones de cloruro de sodio y bicarbonatos que bajan la resistividad o, dicho en otras palabras, aumentan la conductividad eléctrica.

5.4.2 EQUIPO Y SOFTWARE

El equipo de medición empleado fue un ABEM-Terrameter 300C de fabricación sueca, debidamente calibrado, con electrodos impolarizables de acero inoxidable y el software empleado fue “ Programs for the automtic processing and interpretation of vertical electrical curves” cuyos autores son A.R. Zohdy y R.J. Bisdorf, publicado por el U.S. Geological Survey.

5.4.3 RESULTADOS

Los resultados de las mediciones de campo efectuadas, así como los resultados de los análisis se muestran en el ANEXO A, en dos archivos para cada ensayo llamados “FIELD DATA” y “INTERPRETATION” respectivamente.

En el primer archivo la gráfica muestra resistividades de campo contra distancias electródicas en escalas logarítmicas. Puede observarse que la calidad de las curvas es buena en todos los sondeos con algunas pequeñas anomalías normales en este tipo de investigaciones.

El segundo archivo muestra la misma curva de campo con la interpretación realizada y ajustada luego de la calibración con la perforación, en dos columnas que contienen la profundidad de la capa en metros (DEPTH) y resistividad eléctrica en Ohm-m (RESIS).

La interpretación de los sondeos que se describe a continuación corresponde a modelos simplificados, los cuales incluyen los grupos principales de capas y no una descripción tan detallada como la podría determinarse con el modelo, efectuando mejor ajuste matemático posible.

✓ **Sondeo Eléctrico 1**

Muestra tres conjuntos principales de capas distribuidas de la siguiente manera de superficie a fondo:

Conjunto 1: Tiene un espesor de 1.22 metros y una resistividad de 19 a 24 Ohm-m y corresponde a la capa superficial del terreno.

Conjunto 2: Está localizado entre 1.2 y 3.0 metros aproximadamente y tiene resistividades del orden de 10 a 12 Ohm-m, valor que sugiere predominio arcilloso.

Conjunto 3 : Se ubica entre 3 y 40 metros aproximadamente y tiene una resistividad de 58 Ohm-m. Este valor es correlacionable con una capa o estrato de areniscas.

No es evidente la presencia del nivel freático pero en la curva de campo se insinúa un cambio en la resistividad a unos 15 a 20 metros que podría corresponder con este nivel.

✓ **Sondeo Eléctrico 2**

Esta curva presenta un subsuelo compuesto también por tres conjuntos principales de capas.

Conjunto 1: Es nuevamente la zona superficial con resistividad de 34 Ohm-m y llega hasta 2.92 metros, con valores de resistividad del orden de 30 a 34 Ohm-m.

Conjunto 2: A partir de los 2.92 m de profundidad y hasta 9.22 metros aproximadamente la resistividad es menor y baja hasta 10 Ohm-m aproximadamente, valor correlacionable con un subsuelo con mezcla de arcillas y arenas.

Conjunto 3: El basamento encontrado tiene una resistividad aproximada de 100 Ohm- correlacionable con areniscas. Este basamento se encuentra entre 10 metros de profundidad y al menos hasta 40 metros.

✓ **Sondeo Eléctrico 3**

Tiene tres conjuntos principales de capas así:

Conjunto 1: Tiene la capa superficial mencionada en los sondeos anteriores de 1.22 metros aproximadamente de espesor, en este caso con una resistividad de 14 a 21 Ohm-m prácticamente igual a la del sondeo 1.

Conjunto 2: Se encuentra ubicado entre 1.2 y 2.62 metros de profundidad con una resistividad baja, de arcillas y limos con valor del orden de 10 Ohm-m.

Conjunto 3: Es un basamento rocoso que inicia a partir de 2.62 metros de profundidad cuya resistividad es de aproximadamente 80 Ohm-m y llega hasta por lo menos 40 metros.

Al igual que el sondeo 1, a curva de campo insinúa un cambio de resistividad a unos 20 metros de profundidad que podría corresponder con el nivel freático, aunque esto no es explícito.

5.4.4 COMENTARIOS ADICIONALES

Del registro de la perforación S-1, cercano al SEV 3 y puede observarse que existe coincidencia en los resultados, ya que en dicha perforación se encontró la roca a unos 2.5 metros mientras el SEV 3 la detecta entre 2 y 2.62 metros.

Los SEV muestran que en la parte alta topográficamente hablando, la roca está mas profunda , aproximadamente a 10 metros (SEV 2) en tanto que en los sondeos 1 y 3 está aproximadamente a 2.6 metros de profundidad.

Las resistividades halladas como tal son valores algo bajos para el promedio de resistividades de las areniscas y ello puede deberse a que por falta de espacio, los SEV no se pudieron extender y por ello las curvas quedaron en ascenso sin mostrar estabilización en el valor de la resistividad.

No se tienen certeza de la presencia del nivel freático pero los SEV 1 y 3 sugieren un cambio de resistividad sutil a unos 20 metros de profundidad que podría ser este nivel aunque también puede ser simplemente un cambio de litología.

Figura 5-1 Topografía y Exploración del Subsuelo

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 6 Talud Barrio Villas del Recuerdo

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS. PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 6 (Talud Villas del Recuerdo) Eje del deslizamiento 4m abajo de la zona habitada.

SONDEO No: S-1

FECHA: FEBRERO DE 2005

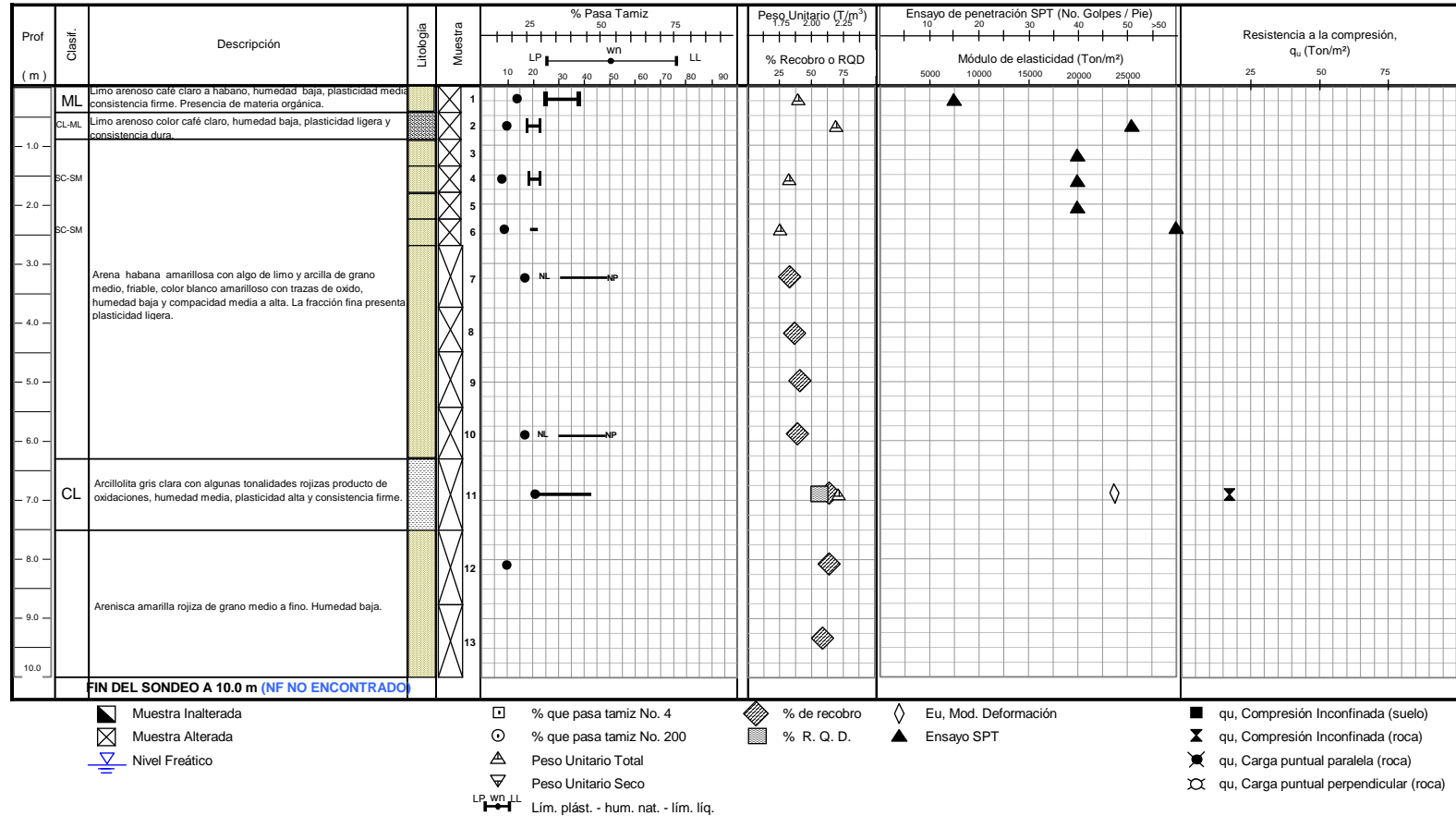


Figura 5-2 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 6 Talud Barrio Villas del Recuerdo

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS. PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS.
LOCALIZACIÓN: SITIO 6 (Talud Villas del Recuerdo) Cara del talud expuesto

TRINCHERA No: Tr-1
FECHA: ABRIL DE 2004

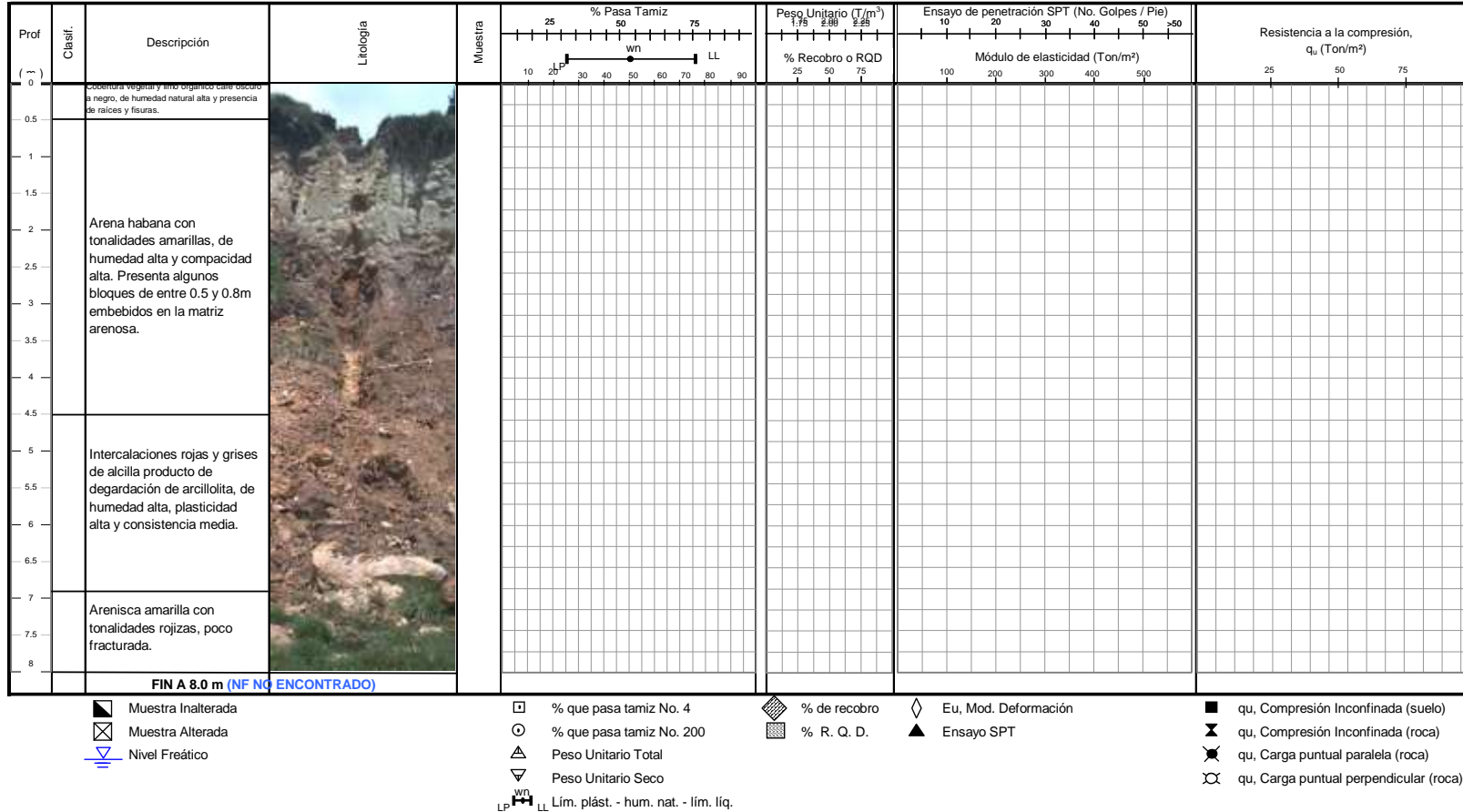


Figura 5-3 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 6 Talud Barrio Villas del Recuerdo

Tabla 5-1 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio

Nomenclatura	Tipo de exploración	Muestra					USCS	w _n (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ _t (Ton/m ³)	γ _d (Ton/m ³)	Compresión Inconfinada		N	Corte Directo	
		No.	Tipo	de	a	Prof. Media											q _u (Ton/m ²)	E ₅₀ (Ton/m ²)		golpes/pie	c' _p (Ton/m ²)
S-1	SONDEO MANUAL	1	SS	0.00	0.45	0.23	ML	14.0				38.0	25.0	13.0	1.90				15		
S-1	SONDEO MANUAL	2	SS	0.45	0.90	0.68	CL-ML	10.0				23.0	18.0	5.0	2.20				51		
S-1	SONDEO MANUAL	3	SS	0.90	1.35	1.13													38		
S-1	SONDEO MANUAL	4	SS	1.35	1.80	1.58	SC-SM	8.0			19.0	23.0	19.0	4.0	1.83				39		
S-1	SONDEO MANUAL	5	SS	1.80	2.25	2.03													41		
S-1	SONDEO MANUAL	6	SS	2.25	2.60	2.43	SC-SM	9.0			23.0	22.0	19.0	3.0	1.76				60		
S-1	SONDEO MECANICO	7		2.60	3.90	3.25		17.0			9.0	NL	NP								
S-1	SONDEO MECANICO	10		5.50	6.30	5.90		17.0			10.0	NL	NP								
S-1	SONDEO MECANICO	11		6.30	7.50	6.90	CL	21.0				43.0	20.0	23.0	2.22					2.6	28.35
S-1	SONDEO MECANICO	12		7.50	8.70	8.10		10.0			25.0	NL	NP								
																	17.73	23697			

- **USCS:** Clasificación del material, según el Sistema de clasificación unificado
- **W_n:** Contenido de humedad.
- **G:** Porcentaje de grava
- **A:** Porcentaje de arena
- **F:** Porcentaje de finos
- **LL:** Límite líquido
- **LP:** Límite plástico
- **IP:** Índice de plasticidad

- **γ_T:** Peso unitario total.
- **γ_d:** Peso unitario seco.
- **q_u:** Resistencia a la compresión inconfinada
- **E₅₀:** Modulo de deformación
- **N:** Número de golpes por pie obtenidos en la prueba de penetración estándar, SPT
- **c'_p:** Intercepto de cohesión (pico)
- **φ'_p:** Ángulo de fricción interna (pico)

6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En este capítulo se relacionarán las principales propiedades geomecánicas de los suelos que se encuentran en el sitio del proyecto, y que fueron detectadas durante la exploración. Los parámetros para la caracterización de los materiales fueron extraídos de los resultados obtenidos durante la etapa de exploración y de laboratorio los cuales se presentan en la Tabla 5-1 y de las correlaciones obtenidas a partir del ensayo de SPT mostradas en la Tabla 6-1.

6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO

A continuación se relacionarán las principales propiedades geomecánicas de los materiales que se encuentran en el subsuelo en el sitio de estudio. En resumen se tienen los siguientes tipos de materiales:

- **Material 1:** Limo arenoso café claro a habano, humedad baja, plasticidad media y consistencia firme. Presencia de materia orgánica.
- **Material 2:** Limo arenoso color café claro, humedad baja, plasticidad ligera y consistencia dura.
- **Material 3:** Arena habana amarillosa con algo de limo y arcilla de grano medio, friable, color blanco amarillo con trazas de óxido, humedad baja y compacidad media a alta. La fracción fina presenta plasticidad ligera.
- **Material 4:** Arcillolita gris clara con algunas tonalidades rojizas producto de oxidaciones, humedad media, plasticidad alta y consistencia firme..
- **Material 5:** Arenisca amarilla rojiza de grano medio a fino. Humedad baja (10%), y levemente fracturada.

En la Figura 6-1 se presenta el perfil geotécnico de la Sección 1 – 1 que corresponde al eje del deslizamiento.

6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se presentan las propiedades geotécnicas de los diferentes materiales encontrados hasta la profundidad de exploración.

6.2.1 MATERIAL 1

Limo arenoso de color café claro a habano, presencia de materia orgánica. Humedad baja (14%), plasticidad media (13%) y consistencia firme (15 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar). Peso unitario de 1.90Ton/m³). De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como ML como se presenta en la Figura 6-2. Corresponde al limo orgánico y cobertura vegetal de la zona.

6.2.2 MATERIAL 2

Limo arenoso color café claro, humedad baja (10%), plasticidad ligera (5%) y consistencia dura (51 golpes por pie en la prueba de penetración estándar). Peso unitario de 2.20 Ton/m³. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CL-ML como se presenta en la Figura 6-2. Corresponde a la ceniza volcánica que subyace al limo orgánico.

6.2.3 MATERIAL 3

Arena habana amarillosa con algo de limo y arcilla de grano medio, friable, color blanco amarilloso con trazas de óxido, humedad baja (entre 8 y 17%), compacidad media a alta (40 a 60 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar) y peso unitario de entre 1.83 y 1.73 Ton/m³. La fracción fina presenta plasticidad ligera (IP entre 3 y 4%). De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como SC-SM.

De correlaciones con el ensayo de Penetración Estándar mostradas en la Tabla 6-1 y en la Figura 6-3 se obtuvieron valores de esfuerzo de cohesión de 0 y ángulo de fricción de 40.3 grados.

Las propiedades asignadas al este material, son las siguientes:

- Contenido de Humedad: 12.5 %
- Peso unitario Total: 1.8 Ton/m³
- Ángulo de fricción interna: 40.3 (obtenido por correlación de SPT, ver la Tabla 6-1 y la Figura 6-3).
- Intercepto de cohesión: 0 Ton/m² (obtenido por correlación de SPT).

Este material corresponde al estrato superior de la formación regadera.

6.2.4 MATERIAL 4

Arcillolita gris clara con algunas tonalidades rojizas producto de oxidaciones, humedad media (21%), plasticidad alta (IP=23%) y consistencia firme (Cu=17.73 Ton/m²). El peso unitario total es de 2.22 Ton/m³. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CL como se presenta en la Figura 6-2. Corresponde al estrato que subyace a la arena superior de la formación regadera.

De un ensayo de corte directo se obtuvieron valores de intercepto de cohesión y ángulo de fricción de 2,6 Ton/m² y 28.35 grados respectivamente.

6.2.5 MATERIAL 5

Arenisca amarilla rojiza de grano medio a fino. Humedad baja (10%), y levemente fracturada. Corresponde al estrato que subyace a la arcillolita de la formación regadera.

Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección A-A

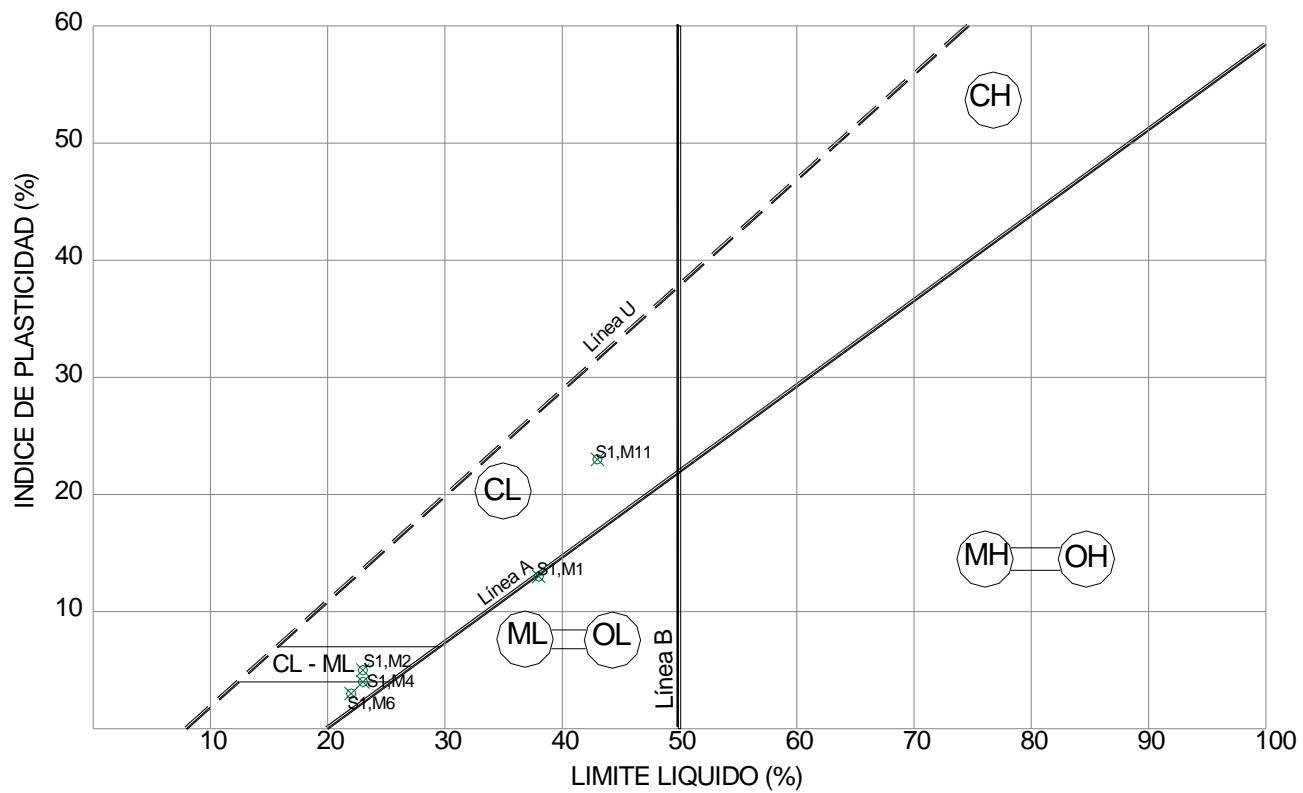


Figura 6-2 Carta de Plasticidad

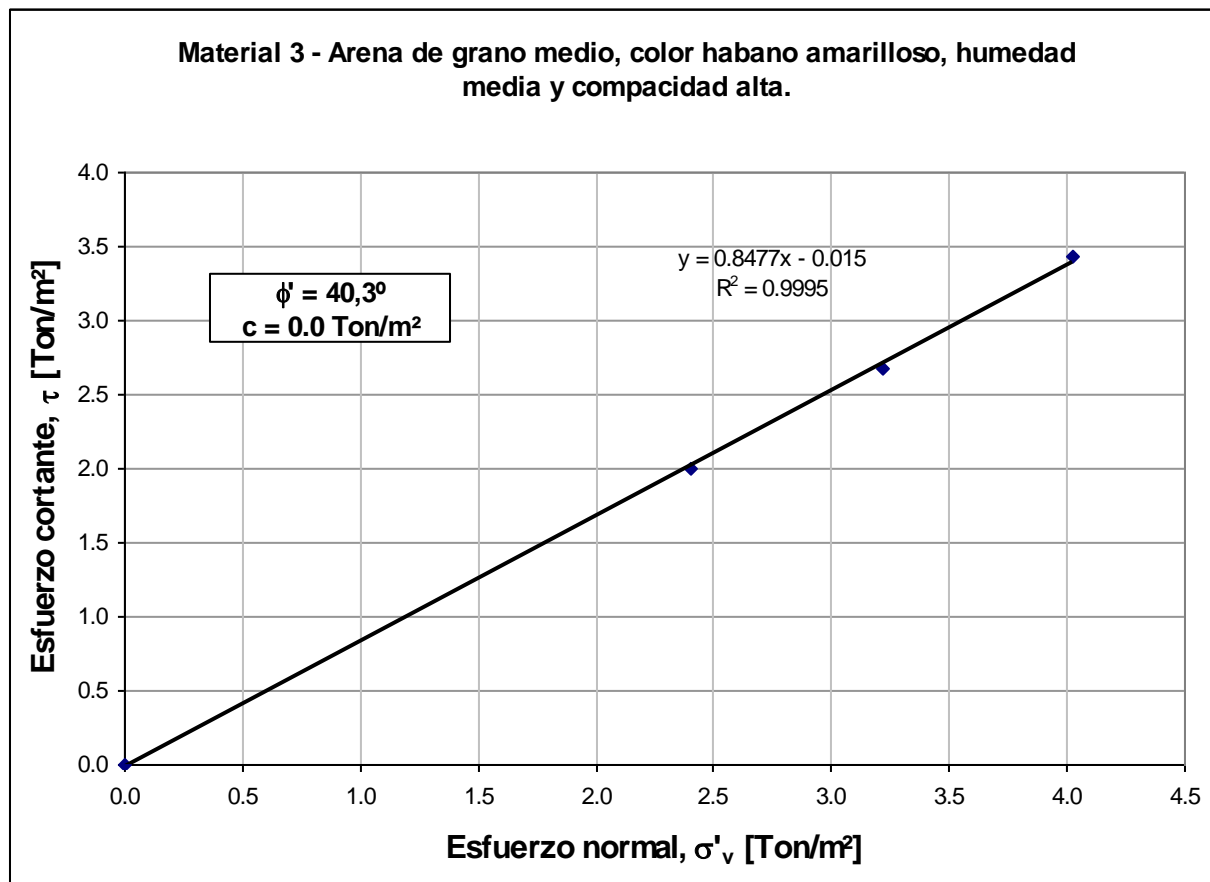


Figura 6-3 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 1

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 6 Talud Barrio Villas del Recuerdo**

Tabla 6-1 Normalización del ensayo de penetración estándar, SPT

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅	NF	Tipo	γ	σ _v (Ton/m ²)	σ _v [*] (Ton/m ²)	Rs
		de	a	media	1	2	3							
S-1	1	0.00	0.45	0.225	3	5	9	14	n.e.	1	1.90	0.43	0.43	0.04
S-1	2	0.45	0.90	0.675	19	24	24	48	n.e.	2	2.20	1.28	1.28	0.13
S-1	3	0.90	1.35	1.125	17	17	22	39	n.e.	3	1.80	2.22	2.22	0.22
S-1	4	1.35	1.80	1.575	17	20	23	43	n.e.	3	1.80	3.03	3.03	0.30
S-1	5	1.80	2.25	2.025	17	21	28	49	n.e.	3	1.80	3.84	3.84	0.38
S-1	6	2.25	2.60	2.425	22	27	55	>50	n.e.	3	1.80	4.56	4.56	0.46

C _N								
Peck	Seed	Meyerhoff Ishihara	Liao- Whitman	Skemp- ton	Seed- Idriss	Schmert mann	Gonzá- lez	C _N (prom)
2.000	2.000	2.000	2.000	1.914	2.000	2.000	2.000	1.989
1.668	2.000	2.000	2.000	1.762	2.000	2.000	1.870	1.913
1.476	1.774	1.808	2.000	1.612	1.873	2.000	1.619	1.770
1.379	1.616	1.664	1.764	1.513	1.695	1.943	1.493	1.633
1.304	1.494	1.542	1.576	1.426	1.557	1.769	1.395	1.508
1.249	1.405	1.447	1.452	1.356	1.457	1.639	1.324	1.416

η ₁		η ₂	η ₃	η ₄	N _{corr}				ϕ _{equivalente}			
USA	Japón				USA	Japón	Kishida	Schmert mann	JRB	Shiou & Fukui	JNR	Prom
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	15	13	31.1	37.6	29.0	31.7	30.9	32
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	51	43	44.3	49.4	40.4	42.5	39.9	43
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	38	32	40.3	46.5	36.9	38.5	36.6	40
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	39	32	40.3	46.8	36.9	38.5	36.6	40
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	41	34	41.1	47.3	37.6	39.2	37.2	40
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	50	50	46.6	49.2	42.4	45.0	42.0	45

- N₄₅** Número de golpes para el 45% de energía del martillo (Estimado para Colombia)
- NF** Nivel freático
- σ_v** Esfuerzo vertical total
- σ_v^{*}** Esfuerzo vertical efectivo
- Rs** Parámetro utilizado para el C_N, Rs = σ_v/ρ_a
- C_N** Factor de corrección por confinamiento efectivo
- η₁** Factor de corrección por energía del martillo: La energía de USA es el 60% y la de Japón el 72%
- η₂** Factor de corrección por longitud de la varilla
- η₃** Factor de corrección por revestimiento interno de tomamuestras
- η₄** Factor de corrección por diámetro de la perforación
- N_{corr}** Número de golpes corregido
- ϕ** Ángulo de fricción interna
- σ_v^{*}** Esfuerzo vertical efectivo

MATERIALES			
γ _{mat 1}	1	1.90	Limo arenoso de color café claro a habano, presencia de materia orgánica. Humedad baja, plasticidad media y consistencia firme.
γ _{mat 3}	2	2.20	Limo arenoso color café claro, humedad baja y consistencia dura.
γ _{mat 3}	3	1.80	Arena de grano medio, color habano amarilloso, humedad media y compacidad alta.

7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

De acuerdo con las observaciones de campo, los ensayos de laboratorio y campo; y los análisis realizados, se propone como mecanismo de movimiento del deslizamiento que actualmente afecta al Barrio Villas del Recuerdo, el desplazamiento del suelo orgánico y los estratos de arena friable sobre la arcillolita que los subyace. Dicho modelo de falla se basa en la ausencia de cohesión en el material arenoso movilizado, la disminución de resistencia al corte de la arcillolita en condiciones saturadas y la favorabilidad para la inestabilidad que presentan los buzamientos de los estratos que conforman el talud.

Con base en lo anterior y empleando los parámetros de resistencia establecidos por medio de los ensayos de campo y laboratorio se procedió a determinar mediante el empleo del programa PC-STABLE las condiciones de saturación bajo las cuales se debió disparar el movimiento.

Dichos análisis muestran que para la generación del deslizamiento de la magnitud y características que presenta el observado en el barrio Villas del recuerdo, la condición de saturación debió ser casi total. Lo anterior resulta posible de acuerdo con lo expresado en el Informe del Consorcio Constructores op. cit, en el que se menciona posible presencia de aguas de recarga provenientes de partes altas, evidenciada en las características de la vegetación presente en la zona.

Una vez establecido el mecanismo y modelo de falla, se procedió a analizar como posible medida de solución el retiro de materiales movilizados, sumado a la contención de los estratos en la parte superior como medida de estabilización luego de la pérdida de pata generada en la reconfiguración. Como complemento a lo anterior, y dado que el factor de seguridad deseado no era alcanzable con niveles de agua por encima del estrato de arcillolita, se procedió a realizar análisis que involucraran terrajeo, contención y drenaje, para lo cual se obtuvieron factores de seguridad de 1.8 para el caso estático y de 1.0 en condiciones dinámicas, como se puede observar en el Anexo B.

A en la tabla 7-1 se presentan los parámetros de resistencia correspondientes a los materiales empleados en los análisis de estabilidad:

Tabla 7-1 Parámetros de resistencia de los materiales empleados en los análisis de estabilidad

Descripción	Peso Unitario (ton/m ³)	Esfuerzo de cohesión (ton/m ²)	Angulo de fricción (°)
Limo arenoso café claro a habano, humedad baja, plasticidad media y consistencia firme.	1.5	1.0	20
Arena habana amarillosa con algo de limo y arcilla de grano medio, friable, color blanco amarilloso con trazas de oxido, humedad baja y compacidad media a alta.	1.8	0.0	32
Bloques de arenisca friable embebidos en matriz areno limosa de color habano y de humedad madia	1.8	0.0	32
Arcillolita gris clara con algunas tonalidades rojizas producto de oxidaciones, humedad media, plasticidad alta y consistencia firme.	2.2	2.6	28
Arenisca amarilla rojiza de grano medio a fino. Humedad baja, y levemente fracturada.	2.3	10	30

8 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO

De acuerdo con la “Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá”, la zona de estudio se localiza en la Zona 1 que corresponden a la Zona de Cerros. Para efectos de evaluar estabilidad de los taludes se recomienda emplear una aceleración horizontal máxima de $A_{Hmax} = 0.24g$.

9 MEDIDAS RECOMENDADAS

De acuerdo con los análisis realizados se proponen tres tipos de obras a realizar como medidas de estabilización al deslizamiento objeto del presente estudio.

9.1 OBRAS DE DESCARGA

Consiste en el retiro de los materiales movilizados, mediante dos niveles de terraceo en los que se pretende retirar materiales hasta la profundidad en la que aflora la arenisca de mayor competencia que subyace a la arcillolita.

De acuerdo con las características de los materiales presentes en la zona, las condiciones topográficas del área y los análisis de estabilidad adelantados, las características del terraceo deben ser de dos taludes de 4m de altura, tendidos con una pendiente de 75° sobre los cuales se apoyarán las pantallas ancladas, y dos bermas de pendiente 1H:0.25V, la superior localizada entre pantallas y la inferior situada entre el terreno natural y la pantalla inferior. En el plano 1 se muestra en planta y sección la reconfiguración propuesta.

9.2 OBRAS DE CONTENCIÓN

Como complemento a la descarga y con el fin de contener los estratos superiores luego del desconfinamiento generado con el terraceo, se propone la realización de dos niveles de pantalla de concreto reforzado, anclada a la arenisca que subyace a la arcillolita por medio anclajes de 40 ton, separación de 4.0m y 50 m de longitud para la pantalla superior y 30 m de longitud para la pantalla inferior. Dichas pantallas deben ser construidas con llotaderos en tubería PVC de 2” localizados cada 1.5m en ambos sentidos, con el fin de evitar la concentración y empuje de aguas de infiltración en su parte posterior. En el plano 1 se muestra la localización, orientación, geometría y detalles de las obras de contención.

9.3 OBRAS DE DRENAJE

Finalmente y como medida de control de saturación de los materiales que suprayacen al estrato de arenisca inferior, se propone la realización de dos baterías de drenes horizontales (uno en cada pantalla anclada) de 30 m de longitud, complementados con

una serie de cunetas de coronación de 0.5 de ancho y la empedradización con cespedón de los taludes expuestos luego de la reconformación. Lo anterior con el objeto es controlar las aguas de escorrentía y reducir al máximo la infiltración en la ladera. En el plano 1 se muestran las obras de drenaje plantadas, así como la zona a empedradizar luego de la reconformación.

9.4 OBRAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL

Con el objeto de controlar los daños provocados por el agua de escorrentía ya sea por el arrastre de materiales en superficie, o por la saturación de subsuelo en el caso de infiltraciones, se recomienda la empedradización con cespedón de las bermas generadas por la geometría del terraseo, así como todas aquellas áreas descapotadas durante la ejecución de las obras.

De otra parte y dadas las características de los taludes suroccidental de la pantalla superior y nororiental de la pantalla inferior, es necesario el recubrimiento de las áreas expuestas de dichos taludes mediante revestimiento con malla concreto, dicha protección debe ser construida con lloraderos en tubería PVC de 2" separados cada metro en ambos sentidos. En el plano 1 de obras se muestran las zonas a empedradizar y recubrir.

9.5 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

De acuerdo con lo establecido para el proceso constructivo, cada pantalla deberá ser constituida por cuatro módulos, la construcción deberá ser realizada alternando dos módulos intercalados a la vez y se ejecutará en primer lugar la pantalla superior para terminar con la realización la pantalla inferior. Cada módulo se debe construir así:

- Descapote del área.
- Reconformación el terreno.
- Perforar instalar e inyectar los bulbos de los anclajes.
- Construir los drenes.
- Fundir y fraguar.
- Tensionar los anclajes al 30% de la carga de trabajo.
- Construir similarmente los módulos siguientes.

Una vez completa y fraguada cada pantalla podrá ser sometida al 150% de la carga total de trabajo para posteriormente disminuir el tensionamiento hasta las 40 ton. Este proceso de carga debe realizarse del centro hacia los extremos.

Cabe destacar que para el caso de la pantalla superior, se debe construir en primer lugar el módulo que se localiza frente a la casa de dos pisos que se encuentra actualmente habitada, de manera que se eviten posibles problemas de estabilidad por desconfinamiento de los estratos en los cuales se localiza la fundación de dicha vivienda.

Es importante resaltar que de acuerdo con la topografía empleada (la suministrada por el Consorcio Constructores), como resultado de los cortes del terraseo en la parte suroccidental del la pantalla superior aparecerá un talud perpendicular a la pantalla

propuesta, el cual deberá ser recubierto con malla concreto y lloraderos de 2" localizados cada metro.

De la misma manera y con el fin de facilitar el proceso constructivo de la parte nororiental de la pantalla inferior, esta zona debe ser excavada de manera que sea posible construir las obras de acuerdo con lo especificado en los planos y posteriormente rellenar y recubrir esta zona con malla concreto y lloraderos de 2" de manera que se confine nuevamente la zona inferior de la casa como se muestra en el terraceo propuesto.

10 LIMITACIONES

Los resultados, conclusiones y recomendaciones fueron obtenidos a partir de la información recopilada y de los resultados de los sondeos manuales, trincheras y ensayos de laboratorio ejecutados para la elaboración de este informe.

Debido al carácter puntual de la exploración, y a la variabilidad del subsuelo, en caso de encontrarse condiciones del subsuelo diferentes a las descritas en este informe durante el proceso de construcción del muro, se deberá avisar al ingeniero geotecnista para realizar las modificaciones que sean necesarias.

La topografía empleada fue suministrada por el Consorcio Constructores, el cual realizó un estudio para dar solución al mismo problema en el año 2004, de lo anterior se concluye que dicha topografía pudo haber variado desde la fecha de dicho estudio hasta el presente, por lo que las obras deberán ajustarse durante la etapa de construcción.

11 BIBLIOGRAFÍA

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (1998), "Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente".
- INGEOMINAS. "Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá" (1997)
- BOWLES, J.E., (1997), "Foundation analysis and design". Mc Graw Hill International Editions, fifth edition. Singapore.
- DAS B., (2001), "Principios de ingeniería de cimentaciones". International Thomson Editores, cuarta edición. Mexico, 2001.
- HUNT. R.(1986) "Geotechnical Engineering Techniques and Practices" Mac Graw Hill, Primera edición, USA 1986.

- CONSORCIO CONSTRUCTORES, (2004), "Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios de Riesgo Inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fé, San Cristóbal, Usme, Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe y Suba de Bogotá, D.C., Informe Final Punto No. 10 Villas del Recuerdo, Rafael Uribe Uribe. Estudio realizado para el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, Bogotá, Colombia.

ANEXO A
RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

**ANEXO B
MEMORIAS DE CÁLCULO**

ANEXO C
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

ANEXO D
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO E
PLANOS