

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1 LOCALIZACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>3 INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
<b>4 GEOLOGÍA</b>	<b>4</b>
<b>5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA</b>	<b>8</b>
<b>5.1 HIDROLOGÍA</b>	<b>8</b>
5.1.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE	8
5.1.2 AGUACERO DE DISEÑO	9
5.1.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	9
<b>5.2 HIDRAULICA</b>	<b>9</b>
5.2.1 NIVELES DE CRECIENTE	10
5.2.2 SOCAVACIÓN DEL LECHO	10
<b>5.3 ALCANTARILLADO PLUVIAL</b>	<b>11</b>
<b>5.4 TOPOGRAFÍA</b>	<b>18</b>
<b>5.5 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO</b>	<b>18</b>
<b>5.6 PRUEBAS DE CAMPO</b>	<b>18</b>
<b>5.7 ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	<b>19</b>
<b>6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA</b>	<b>25</b>
<b>6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO</b>	<b>25</b>
<b>6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES</b>	<b>25</b>
6.2.1 MATERIAL 1	25
6.2.2 MATERIAL 2	26
6.2.3 MATERIAL 3	26
<b>7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS</b>	<b>32</b>
<b>8 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO</b>	<b>32</b>
<b>9 MEDIDAS RECOMENDADAS</b>	<b>33</b>

<b>9.1</b>	<b>RETIRO DEL MATERIAL MOVILIZADO</b>	<b>33</b>
<b>9.2</b>	<b>RECONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ALCANTARILLADO</b>	<b>33</b>
<b>9.3</b>	<b>OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTROL DE SOCAVACIÓN</b>	<b>33</b>
<b>9.4</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>LIMITACIONES</b>	<b>34</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>34</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1	Geología zona de estudio	6
Figura 4-2	Perfil geológico	7
Figura 5-1	Perfil longitudinal del Cauce	12
Figura 5-2	Análisis hidráulico de la sección 1	13
Figura 5-3	Análisis hidráulico de la secciones 2 y 4	14
Figura 5-4	Análisis hidráulico de la secciones 5 y 6	15
Figura 5-5	Análisis hidráulico de la secciones 7 y 8	16
Figura 5-6	Socavación en la margen derecha a la altura de las secciones 4 y 5	17
Figura 5-7	Topografía y Exploración del Subsuelo	20
Figura 5-8	Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1	21
Figura 5-9	Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-2	22
Figura 5-10	Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-3	23
Figura 6-1	Perfil geotécnico – Sección No.5	27
Figura 6-2	Carta de Plasticidad	28
Figura 6-3	Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 1	29
Figura 6-4	Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 2	30

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Intensidades Máximas y Caudales para Periodos de Retorno Indicados	9
Tabla 5-2	Nivel de la Corriente para los Caudales de Retorno Indicados (M.S.N.M.)	10
Tabla 6-1	Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio	24
Tabla 7-1	Normalización del ensayo de penetración estándar, SPT	31

## 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

ANEXO E PLANOS Plano 1. Obras Recomendadas

## Sitio 3 Barrio Valles de Cafám

### Diagnóstico Técnico No. DI-2199 DT-003

#### 1 LOCALIZACIÓN

Localidad:	Usme (05)
Barrio:	Valles de Cafám
UPZ:	58 Comuneros
Dirección	Carrera 46 Este No. 94-93 Sur
Tipo de Riesgo:	Deslizamiento y obstrucción del cauce originado por socavación en la margen derecha de la quebrada.

#### 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 estabilizar el deslizamiento y evitar la obstrucción del cauce en la zona ubicada en la Carrera 46 Este No. 94-93 Sur, Barrio Valles de Cafám, Bogotá D.C.

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 14 de diciembre de 2004 se realizó una visita con el Ingeniero Edgar E. Rodríguez G., del CONSORCIO IGR, y el ingeniero Edson Orlando Hoyos Cerón, Coordinador Técnico del DPAE, al sitio del proyecto, donde se evidenciaron problemas de inestabilidad originados por la socavación de la pata y posterior deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Yomasa en la zona localizada en la Carrera 46 Este No. 94-93 Sur.

De acuerdo con las observaciones de campo, el deslizamiento presenta unas dimensiones aproximadas de 20 m de largo, 12 m de ancho y una altura en el escarpe principal de 1.5 m. Es importante resaltar que debido a la dinámica propia del cauce, los materiales deslizados que en un principio obstruyeron el flujo del agua han sido retirados y transportados por la corriente. Este fenómeno se ha repetido constantemente a tal punto que en la actualidad se estima que el material localizado en el cuerpo del deslizamiento corresponde al 40% del material movilizado inicialmente. (Fotografía 3-1)

De igual manera se pudo observar que la zona de ronda localizada en la margen izquierda de la quebrada se encuentra actualmente invadida por viviendas (Fotografía 3-2), y que el área frente al deslizamiento fue afectada antrópicamente para generar lo que de acuerdo con los vecinos del sector en el pasado fue un bebedero de ganado. Aparentemente en el desarrollo de dicho bebedero se generó un relleno considerable que modificó el cauce de la corriente obligándola a generar una curva que coincide en su parte externa con la pata del deslizamiento como se puede observar en la fotografía 3-3.



Fotografía 3-1 Deslizamiento en la margen derecha de la quebrada. Obsérvese la disminución de volumen de la masa movilizada debido al transporte continuo de la corriente. .



Fotografía 3-2 Vista hacia aguas abajo de la quebrada desde el bebedero de ganado. Obsérvese en la parte superior izquierda la invasión de la zona de ronda.



Fotografía 3-3 Vista hacia aguas arriba de la quebrada desde el bebedero de ganado. Obsérvese la curva a la derecha que hace el cauce debido a la obstrucción generada por el rellero.



## 4 GEOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra hacia la parte sur de la ciudad de Bogotá, sobre una zona de pendiente suave que hace parte del valle aluvial de la quebrada Yomasa, la cual ha tenido una fuerte intervención antrópica, representada por la urbanización y la disposición de rellenos y botaderos. El substrato rocoso estaría conformado por la Formación Usme que en este sector se encuentra cubierta por depósitos recientes.



Fotografía 4-1. Aspecto general del deslizamiento. Nótense la relativa baja pendiente de la ladera afectada y la cercanía del colegio a la corona del movimiento.

A partir del reconocimiento de campo se pueden identificar una serie de depósitos Cuaternarios que conforman el Valle de la Quebrada Yomasa y sobre los que se presenta inestabilidad del terreno. No se apreciaron afloramientos de roca en la zona de estudio, fuera de ella se encuentra un depósito coluvial extenso y es posible que las unidades cartografiadas estén cubriendo de manera discordante dicho coluvión.

El valle de la quebrada está conformado por una serie de rellenos antrópicos, de densidad media a baja, predominantemente arcillosos, dispuestos sin ninguna especificación técnica y con ausencia de estructuras de contención en la base, lo que facilita la acción erosiva del cauce sobre la parte externa de las curvas, ocasionando la pérdida de pata o soporte de los rellenos y favoreciendo de esta manera su inestabilidad.

A continuación se describen las cuatro unidades identificadas en el terreno y cartografiadas en el Plano Geológico:

**Qb: Botaderos.** Se trata de materiales de composición heterogénea, vertidos a media ladera sobre la margen derecha de la quebrada. Están compuestos por desechos de construcción, sobrantes de excavaciones, con gravas y guijos de areniscas de color amarillo y limolitas de color gris, embebidos en una matriz arcillolimosa de color gris a café. Presenta densidad media a baja y algunas zonas húmedas que favorece el reblandecimiento de la matriz del depósito. Sobre esta unidad se presenta el deslizamiento.



Fotografía 4-2. Evidencia de socavación lateral por parte de la quebrada Yomasa.

Qd: Representa el material deslizado y que se acumuló sobre la parte media inferior de la ladera. Su composición es la misma de la unidad Qb, pero se aprecia una mayor concentración de la humedad y un gran número de grietas como respuesta al movimiento del terreno. La inestabilidad de la ladera está asociada con la pendiente del terreno, la composición de los materiales (no litificados) y a la acción erosiva de la quebrada.

Qal: Depósito aluvial. Arenas de grano medio y limos de color café, mezclados en ocasiones con basuras transportadas por la quebrada. Presenta también guijos y gravas de arenita competente, redondeados, en medio de una matriz limoarenosa. Este depósito está cubierto en gran parte por la unidad Qb. Sobre el lecho del cauce se aprecian grandes bloques de arenisca cuarzosa de grano fino, de diámetro variable entre 0,3 y 3,0 metros.

Qr: Rellenos y botaderos con grandes bloques subredondeados de cuarzoarenita, de 0.5 a 2.0 metros de diámetro. Debido a la ausencia de afloramientos (está cubierta en su totalidad por pasto) no se presenta una descripción detallada del material.



**Figura 4-1 Geología zona de estudio**

**Figura 4-2 Perfil geológico**

## 5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

### 5.1 HIDROLOGÍA

El objetivo perseguido con los análisis hidrológicos es la determinación de los caudales de diseño para las protecciones y estabilización de la margen derecha de la quebrada Yomasa, a la altura del Barrio Valles de Cafam.

#### 5.1.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Con el propósito de adelantar los estudios, se indagó sobre la existencia de información hidrológica de la quebrada, con resultados negativos. Esta circunstancia condujo a la utilización de métodos indirectos para la obtención de los caudales.

Se contó con información sobre aguaceros de gran intensidad representados en curvas de intensidad duración frecuencia de los mismos, desarrolladas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, para el área de la cuenca..

Adicionalmente se contó con cartografía de la cuenca en escalas 1:500.000 y 1:25.000, con curvas de nivel.

#### Características de la cuenca

La quebrada Yomasa tiene su nacimiento en la vertiente occidental de la cordillera oriental, en el páramo de Cruz Verde y en la serranía de La Teta, a 3.400 m de altitud, aproximadamente. La cuenca se caracteriza por mostrar una pendiente alta, con topografía quebrada, urbanizada en su parte media e inferior, donde se asientan núcleos humanos de densidad poblacional alta. Esto ha conducido a que en gran parte, el suelo de la misma carezca de cobertura vegetal, la cual ha sido reemplazada por viviendas y por calles con afirmado en recebo y materiales granulares compactados de baja capacidad de infiltración, situación que, en conjunción con las altas pendientes, inciden en altos valores de escorrentía superficial como respuesta a la precipitación.

La precipitación media anual multianual no supera los 800 mm., según se desprende de estudios adelantados con anterioridad al que nos ocupa, para áreas aledañas a la cuenca.

La quebrada Yomasa presenta un cauce sinuoso y de gran pendiente. Desde su nacimiento hasta el sitio de interés para el presente estudio, tiene una variación altitudinal de 700 m.

El área de la cuenca es de 13,17 Km<sup>2</sup> . La longitud del cauce hasta el sitio de interés es de 7,5 Km. La pendiente media del cauce es de 9,3 %

### 5.1.2 AGUACERO DE DISEÑO

Como se mencionó antes, se dispuso de información de máximas intensidades para una duración y períodos de recurrencia dados. No se dispuso de pluviogramas de aguaceros intensos con base en los cuales establecer la distribución temporal del aguacero de diseño, ni de información pluviométrica en estaciones localizadas en la cuenca que permitieran definir la distribución territorial del mismo.

Dado que la magnitud de la cuenca, como se anotó anteriormente no excede los 20 Km<sup>2</sup>, es posible asumir una distribución homogénea de la precipitación sobre el área de la cuenca.

Para efectos de determinar la máxima intensidad de precipitación se utilizó la ecuación de las curvas de intensidad-desarrolladas por la EAAB para la zona Gran Yomasa, de la forma

$$I = C_1 (D + X_0)^{C_2}$$

En la cual I es la intensidad de la precipitación en milímetros,  
C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> dependen de la localidad y del período de retorno  
D es la duración del aguacero

### 5.1.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para obtener el caudal de diseño, dado que no se conoce la distribución espacial ni temporal del aguacero de diseño, se empleó la fórmula racional

$$Q = C I A$$

En la cual I corresponde a la máxima intensidad para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, el cual, de acuerdo con la fórmula del US Corp Of Engineers resultó ser de 131 minutos. La intensidad y el caudal correspondientes a diferentes períodos de retorno se presentan en la Tabla 5-1

**Tabla 5-1 Intensidades Máximas y Caudales para Periodos de Retorno Indicados**

T <sub>r</sub> (Años)	C <sub>1</sub>	X <sub>0</sub>	C <sub>2</sub>	I (mm/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)
5	1494.9	17.0	- 0.93	14.3	26.2
25	2140.4	15.1	- 0.94	19.8	36.2
50	2351.9	14.4	-0.93	22.9	41.9
100	2569.3	13.9	- 0.93	25.1	45.9

## 5.2 HIDRAULICA

Los análisis adelantados en este campo tuvieron tres propósitos fundamentales: La determinación del nivel de aguas para los caudales de diseño, el cálculo de la socavación

del cauce al paso de los caudales antes citados y la reconstrucción de la red de alcantarillado pluvial deteriorada por el deslizamiento.

### 5.2.1 NIVELES DE CRECIENTE

Los niveles de flujo correspondientes a las crecientes o caudales de diseño se determinaron mediante la utilización del modelo HEC RAS 3.1.2. para flujo permanente, ya que, como se anotó antes, no se conoce la variación temporal de la precipitación y por tanto, tampoco la del caudal generado por ésta.

El modelo, además de los caudales de diseño tiene como información de entrada la geometría de la sección de flujo en el tramo de río analizado, a intervalos determinados. Adicionalmente, la rugosidad del lecho y la pendiente hidráulica.

Para la realización de los análisis se levantaron topográficamente ocho secciones transversales al flujo

La aplicación del modelo permitió establecer, además del nivel correspondiente a los caudales de 25, 50 y 100 años de recurrencia, la distribución de la velocidad de flujo en cada sección en particular.

En la Figura 5-1 se presenta el perfil longitudinal de flujo para el caudal de 100 años, y de la Figura 5-2 a la Figura 5-5 se presentan las secciones de flujo, en las cuales aparece el nivel máximo alcanzado por el agua durante el paso del caudal y la distribución de la velocidad en la sección.

De los análisis realizados se pudo establecer que el flujo en la quebrada es de alta velocidad, como consecuencia de su alta pendiente. En algunas secciones alcanza valores de 4,0 m / s

Los niveles de flujo en las diferentes secciones del tramo estudiado se presentan en la Tabla 5-2, para los caudales de período de recurrencia indicados.

**Tabla 5-2 Nivel de la Corriente para los Caudales de Retorno Indicados (M.S.N.M.)**

T <sub>r</sub> (Años)	SECCIONES						
	1	2	4	5	6	7	8
25	2490.53	2491.86	2494.33	1494.34	2495.39	2497.06	1498.98
50	2490.67	2491.96	2494.16	1494.46	2495.57	2490.21	2499.15
100	2490.75	2492.07	2494.36	2494.56	2495.74	2497.31	2499.27

### 5.2.2 SOCAVACIÓN DEL LECHO

Se persigue con este análisis determinar la cota de cimentación de los elementos con los cuales se piensa estabilizar la ladera, de manera que estén seguros contra los procesos de socavación del cauce por efecto de la corriente.



Para determinar la cota de fondo alcanzada una vez se presenta la socavación durante el paso de la crecida, se empleó la metodología desarrollada por Antonio Maza Alvarez.

Esta metodología emplea como información de entrada la pendiente del cauce, la profundidad del flujo en el sitio donde se requiere conocer la socavación y el tamaño de los elementos que conforman la rugosidad del lecho. La fórmula es de la forma

$$D_s = \frac{\alpha H_0^{5/3}}{0,68 d_m^{0,28}} \quad 1/1+x$$

donde

$\alpha$  es función de la pendiente y de la rugosidad del lecho,  
 $H_0$  es la profundidad de flujo correspondiente al caudal de diseño  
 $d_m$  es el diámetro medio de las partículas que conforman el lecho

En la Figura 5-6 se presentan las márgenes derechas de las secciones 4 y 5, con indicación del nivel correspondiente a la crecida de 100 años de recurrencia y el fondo socavado por la misma.

### 5.3 ALCANTARILLADO PLUVIAL

Como consecuencia del deslizamiento se produjo la destrucción de uno de los pozos de inspección que hacen parte del sistema de alcantarillado de aguas lluvias que se localiza en la ladera de la margen dacha de la quebrada.

Puesto que la circunstancia antes citada implica la interrupción del funcionamiento del sistema de alcantarillado, y dado que se propone como medida de estabilización de la ladera el terraceo de la misma, acompañado de la construcción de obras de contención y de prevención de socavación de la margen de la quebrada por efecto de su dinámica, se procedió a diseñar el tramo del alcantarillado, de acuerdo con la topografía que adoptará el terreno una vez implantadas las anteriores medidas.

Habida cuenta de que se dispuso de la información de los pozos de inspección aledaños al que sufrió el colapso, así como de las características de los conductos existentes, se calculó el caudal que podrá evacuarse para el 80 % de la sección de la tubería de 16 pulgadas, diámetro de la existente, con una pendiente igual a la obtenida entre los dos pozos contiguos, 1,7 %. El resultado obtenido fue el de un caudal de 210 l/s, tal como se observa en las memorias de cálculo.

En el plano de obras correctivas se aprecia la configuración final del sistema en planta y perfil.

**Figura 5-1 Perfil longitudinal del Cauce**

**Figura 5-2 Análisis hidráulico de la sección 1**

**Figura 5-3 Análisis hidráulico de la secciones 2 y 4**

**Figura 5-4 Análisis hidráulico de la secciones 5 y 6**



**Figura 5-5 Análisis hidráulico de la secciones 7 y 8**

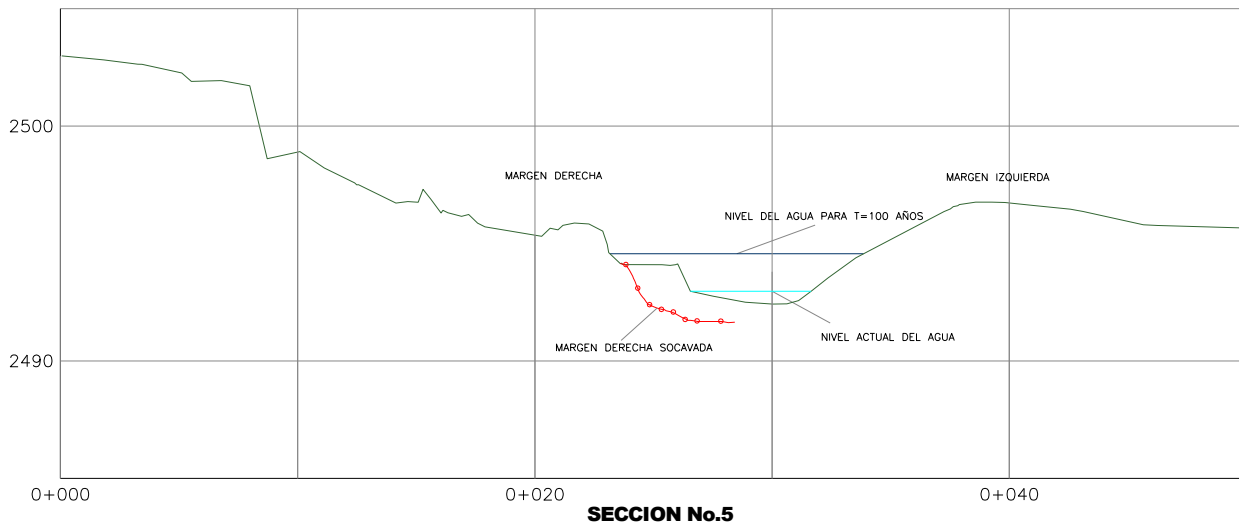
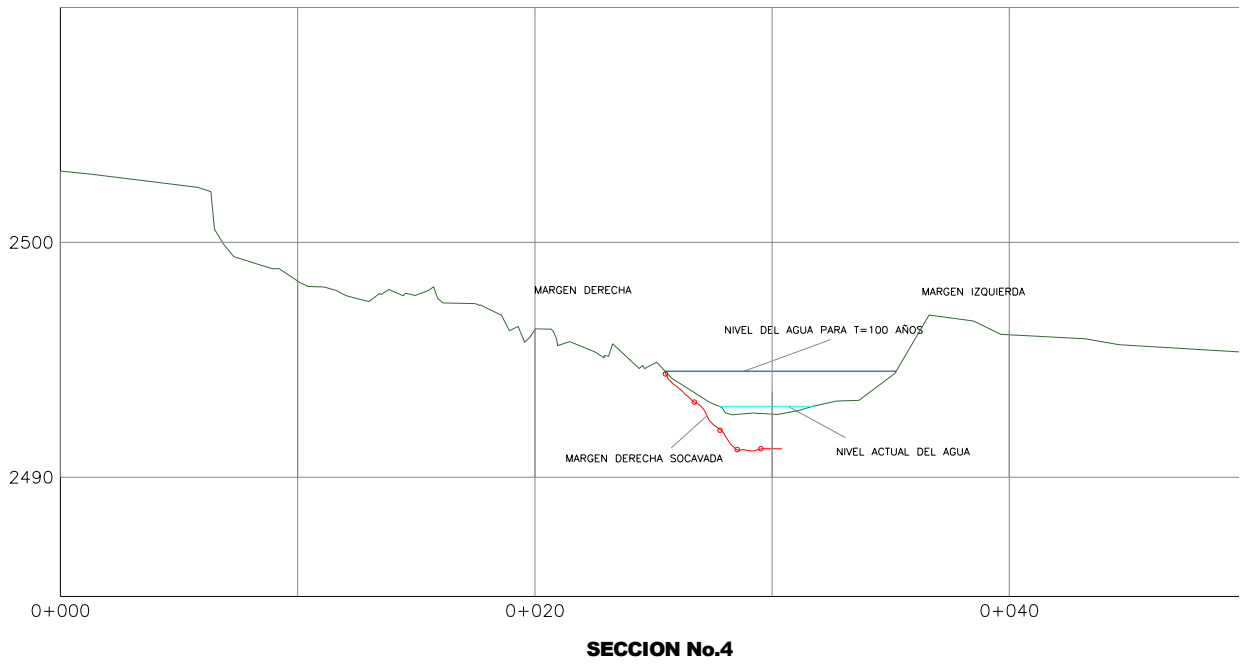


Figura 5-6 Socavación en la margen derecha a la altura de las secciones 4 y 5

## **INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO**

En este capítulo se describen las actividades desarrolladas tanto en el sitio del proyecto como en el laboratorio, encaminadas a establecer las condiciones geotécnicas zona del deslizamiento. Los trabajos de campo incluyen el levantamiento topográfico y el reconocimiento geotécnico e hidráulico del sector del proyecto y la realización de sondeos manuales.

### **5.4 TOPOGRAFÍA**

Para el estudio se realizó el levantamiento topográfico detallado de los sitios de interés (deslizamiento, paramentos, estructuras, grietas, bebedero, etc.). La topografía se realizó con el doble propósito de contribuir a los diseños geotécnicos e hidráulicos.

El levantamiento topográfico se realizó sin amarrarse a coordenadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, sin embargo, con el objeto de replanteos posteriores de las obras se construyeron dos mojones en concreto, los cuales se encuentran identificados con pintura y mostrados en la topografía.

### **5.5 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO**

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio con la que se reconocieron de manera preliminar las características del proyecto y se realizaron tres sondeos manuales denominados S-1, S-2 y S-3, y cuya distribución dentro de la zona de estudio se muestra en la Figura 5-7.

Las profundidades alcanzadas en los sondeos se encuentran entre 2.0m y 8.0m, para total de 13.0m. Estas perforaciones se realizaron en la corona, el cuerpo y la pata del movimiento, y a lo largo del eje de deslizamiento.

Los registros gráficos de todas las perforaciones junto con los parámetros índice y de resistencia al corte se muestran de la Figura 5-8 a la Figura 5-10

### **5.6 PRUEBAS DE CAMPO**

Durante la ejecución de los sondeos 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 la Figura 5-8 a la Figura 5-10 y el forma numérica en la Tabla 5-3.

## 5.7 ENSAYOS DE LABORATORIO

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

- Contenido de humedad natural : 8
- Granulometría : 8
- Límites de consistencia : 8
- Contenido de materia orgánica 1
- Peso Unitario : 6
- Ensayo de compresión inconfiada : 4
- Corte Directo en condición saturada : 2

Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen de manera gráfica de la Figura 5-8 a la Figura 5-10 y de forma numérica en la Tabla 5-3. En el ANEXO A se adjuntan las memorias de cálculo de los ensayos de laboratorio.

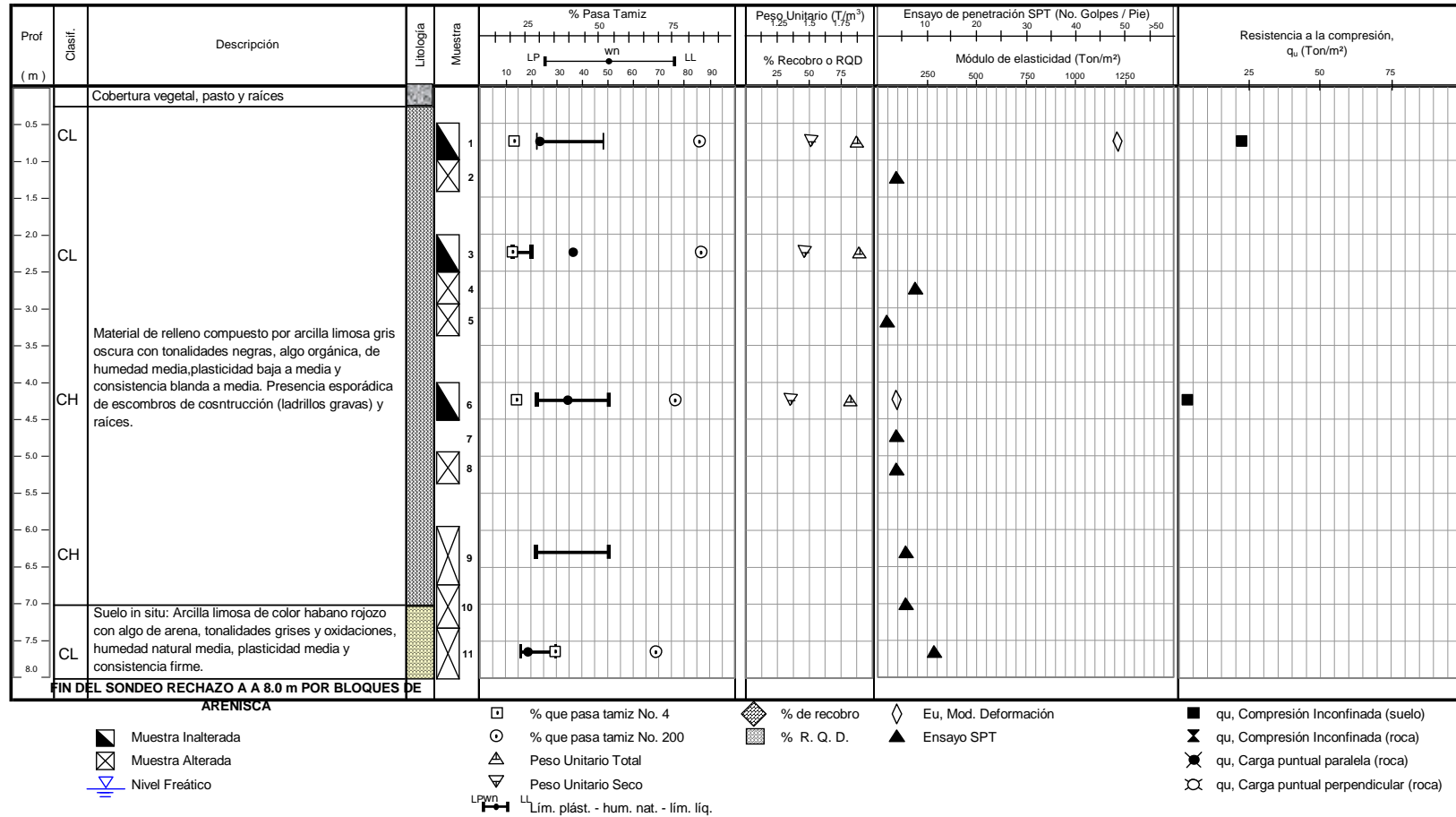
**Figura 5-7 Topografía y Exploración del Subsuelo**



**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 3 Barrio Valles de Cafam - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2199 DT 003**

**PROYECTO:** ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS  
**LOCALIZACIÓN:** SITIO 3 (Valles de Cafam) 2.5m ARRIBA DEL ESCARPE PRINCIPAL SOBRE EL EJE DEL DESLIZAMIENTO

**SONDEO No:** S-1  
**FECHA:** ENERO DE 2005

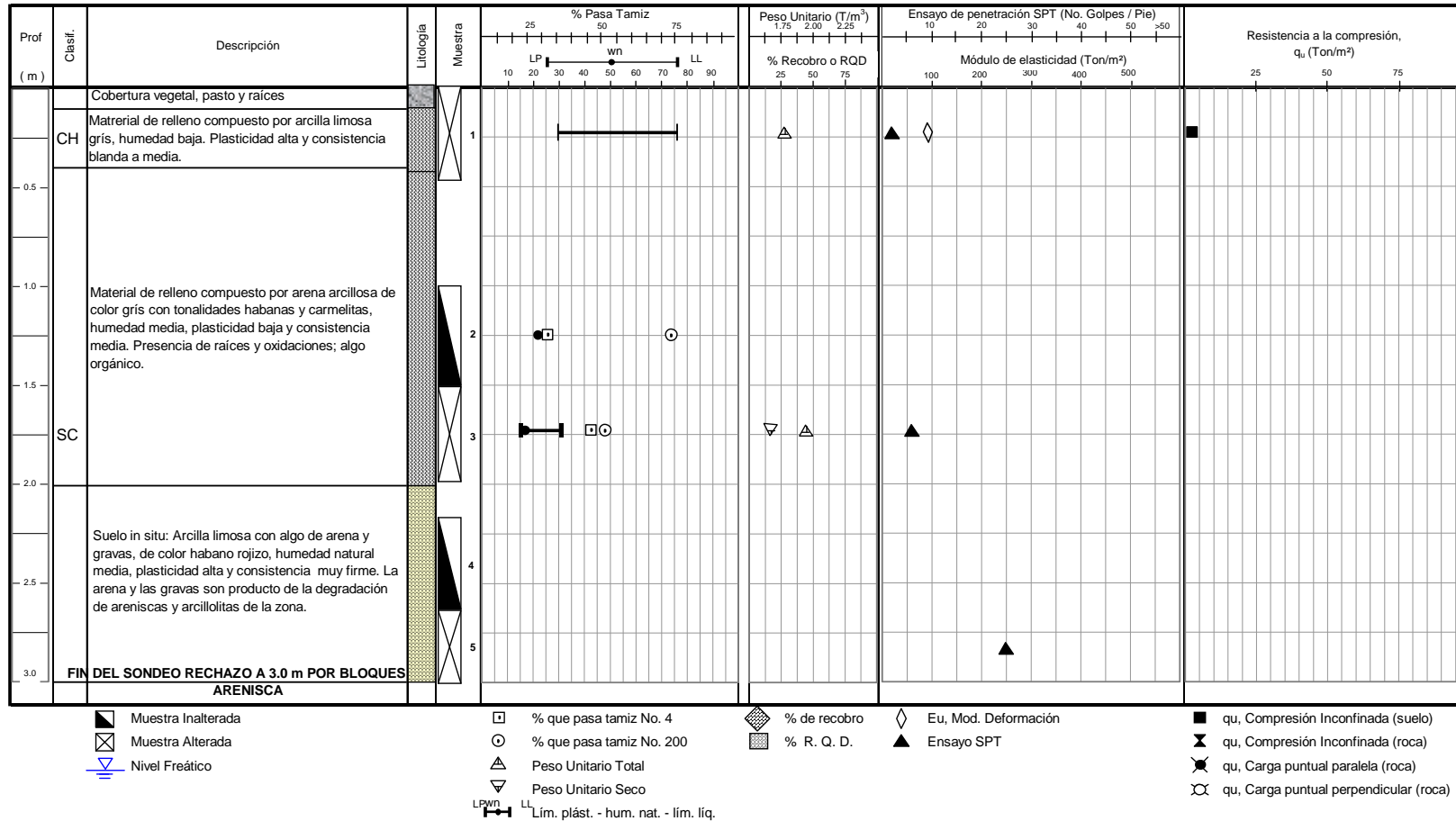


**Figura 5-8 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1**

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 3 Barrio Valles de Cafam - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2199 DT 003**

**PROYECTO:** ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS.  
**LOCALIZACIÓN:** SITIO 3 (Valles de Cafam) PARTE CENTRAL DEL CUERPO SOBRE EL EJE DEL DESLIZAMIENTO

**SONDEO No:** S-2  
**FECHA:** ENERO DE 2005

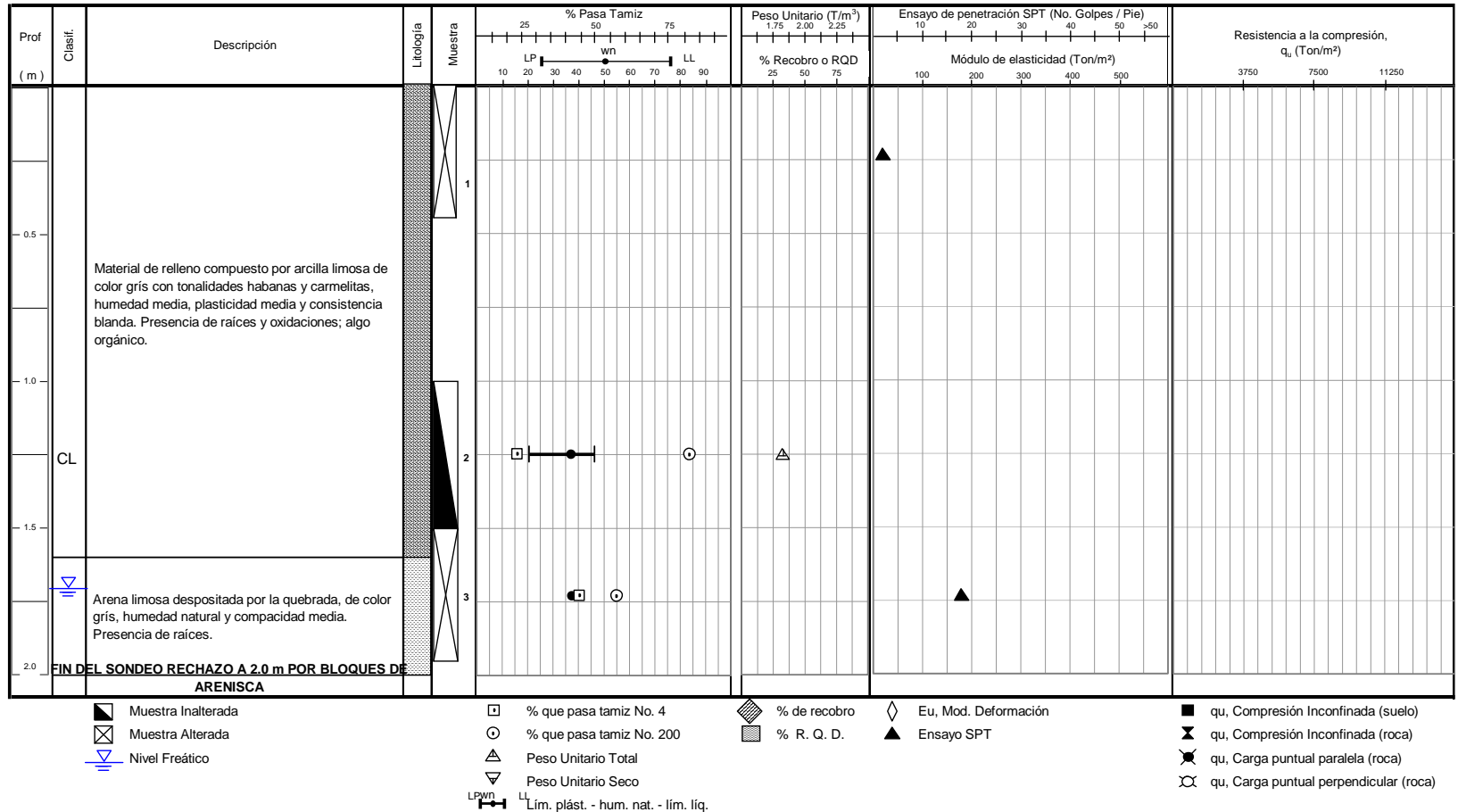


**Figura 5-9 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-2**

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 3 Barrio Valles de Cafam - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2199 DT 003**

**PROYECTO:** ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS  
**AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS**  
**LOCALIZACIÓN:** SITIO 3 (Valles de Cafam) 2.2 m ARRIBA DE LA MARGEN DERECHA DE LA QUEBRADA

**SONDEO No:** S-3  
**FECHA:** ENERO DE 2005



**Figura 5-10 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-3**

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias  
Sitio 3 Barrio Valles de Cafam - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2199 DT 003**

**Tabla 5-3 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio**

PROYECTO: SITIO 3 - VALLES DE CAFAM

Nomenclatura	Tipo de exploración	Muestra					USCS	W <sub>n</sub> (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	MO (%)	γ <sub>t</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	Compresión Inconfinada	
		No.	Tipo	de	a	Prof. Media												q <sub>u</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	E <sub>50</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )
S-1	SONDEO MANUAL	1	SH	0.50	1.00	0.75	CL	23.7	0.0	13.7	86.3	48.6	22.6	26.0	2.8	1.88	1.52	22.4	1215
S-1	SONDEO MANUAL	2	SS	1.00	1.45	1.23													
S-1	SONDEO MANUAL	3	SH	2.00	2.50	2.25	CL	36.7	0.0	13.0	87.0	20.3	12.9	7.4		1.90	1.47		
S-1	SONDEO MANUAL	4	SS	2.50	2.95	2.73													
S-1	SONDEO MANUAL	5	SS	2.95	3.40	3.18													
S-1	SONDEO MANUAL	6	SH	4.00	4.50	4.25	CH	34.7	8.6	14.6	76.8	50.6	22.3	28.3		1.83	1.36	3.2	93
S-1	SONDEO MANUAL	7	SS	4.50	4.95	4.73													
S-1	SONDEO MANUAL	8	SS	4.95	5.40	5.18													
S-1	SONDEO MANUAL	9	SS	5.90	6.70	6.30	CH					50.5	22.0	28.5					
S-1	SONDEO MANUAL	10	SS	6.70	7.30	7.00													
S-1	SONDEO MANUAL	11	SS	7.30	8.00	7.65	CL	19	0.9	29.8	69.3	29.9	16.5	13.4					
S-2	SONDEO MANUAL	1A	SS	0.00	0.45	0.23	CH					76.4	30	46.4		1.78	1.210	2.6	92
S-2	SONDEO MANUAL	1	SH	1.00	1.50	1.25		22.1	0.0	26.0	74.0								
S-2	SONDEO MANUAL	2	SS	1.50	1.95	1.73	SC	17.1	8.7	42.9	48.3	31.1	15.3	15.8		1.95	1.67		
S-2	SONDEO MANUAL	3	SH	2.20	2.60	2.40													
S-2	SONDEO MANUAL	4	SS	2.60	3.05	2.83													
S-3	SONDEO MANUAL	1	SS	0.00	0.45	0.23													
S-3	SONDEO MANUAL	2	SH	1.00	1.50	1.25	CL	37.2	0.0	16.1	83.9	46.6	20.8	25.8		1.83	1.33	2.1	97
S-3	SONDEO MANUAL	3	SS	1.50	1.95	1.73		37.5	4.2	40.6	55.3								

- **USCS:** Clasificación del material, según el Sistema de clasificación unificado
- **W<sub>n</sub>:** 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<sub>T</sub> :** Peso unitario total.
- **γ<sub>d</sub>:** Peso unitario seco.
- **q<sub>u</sub>:** Resistencia a la compresión inconfinada
- **E<sub>50</sub>:** Modulo de deformación
- **N:** Número de golpes por pie obtenidos en la prueba de penetración estándar, SPT
- **c<sub>p</sub>':** Intercepto de cohesión (pico)
- **φ<sub>p</sub>':** 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 5-3 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:** Relleno compuesto por arcilla limosa gris oscura con tonalidades negras, algo orgánica, de humedad media, plasticidad baja a media y consistencia blanda a media.
- **Material 2:** Arcilla limosa de color habano rojizo con algo de arena, tonalidades grises y oxidaciones, humedad natural media, plasticidad media y consistencia firme.
- **Material 3:** Arena limosa depositada por la quebrada, de color gris, humedad natural y compacidad media con presencia de raíces.

En la Figura 6-1 se presenta el perfil geotécnico de la Sección No. 5 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

Este material es un relleno arcillo limoso y areno arcilloso (contenido de finos entre el 48.3 y 87.0%) de color gris, plasticidad media a baja (índice de plasticidad IP entre 7.4 y 28.5%), consistencia blanda a media (resistencia al corte no drenada,  $C_u$ , entre 1.3 y 11.2 Ton/m<sup>2</sup> y entre 2 y 9 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar). El peso unitario varía entre 1.78 y 1.95Ton/m<sup>3</sup>). De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CL como se presenta en la Figura 6-2.

Las propiedades asignadas al material 1, obtenidas como el promedio de los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados sobre muestras pertenecientes a este estrato, son las siguientes:



- Peso unitario Total: 1.86 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario Seco: 1.51 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia al corte no drenada: 6.35Ton/m<sup>2</sup>
- Módulo inicial de deformación no drenado: 94 Ton/m<sup>2</sup>.
- Ángulo de fricción interna: 25.6° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A) y 24.7° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1 y Figura 6-3).
- Intercepto de cohesión: 2.3Ton/m<sup>2</sup> (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo) y 0.05 Ton/m<sup>2</sup> (obtenido por correlación de SPT).

### 6.2.2 MATERIAL 2

Arcilla limosa con algo de arena de color habano (porcentaje de finos de 69.3%) y consistencia firme (12 golpes por pie en la prueba de penetración estándar). La fracción fina presenta plasticidad media (IP de 13.4 ver Figura 6-2)..

Las propiedades asignadas al material 2, son las siguientes:

- Peso unitario Total: 2.0 Ton/m<sup>3</sup>
- Ángulo de fricción interna: de 23.2° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1 y Figura 6-4).
- Intercepto de cohesión: 1.26Ton/m<sup>2</sup> (obtenido por correlación de SPT).

### 6.2.3 MATERIAL 3

Este material es una arena limosa aparentemente depositada por el cauce de la quebrada de color gris (contenido de finos de 55.3%), compacidad media (18 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar).

**Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección No.5**

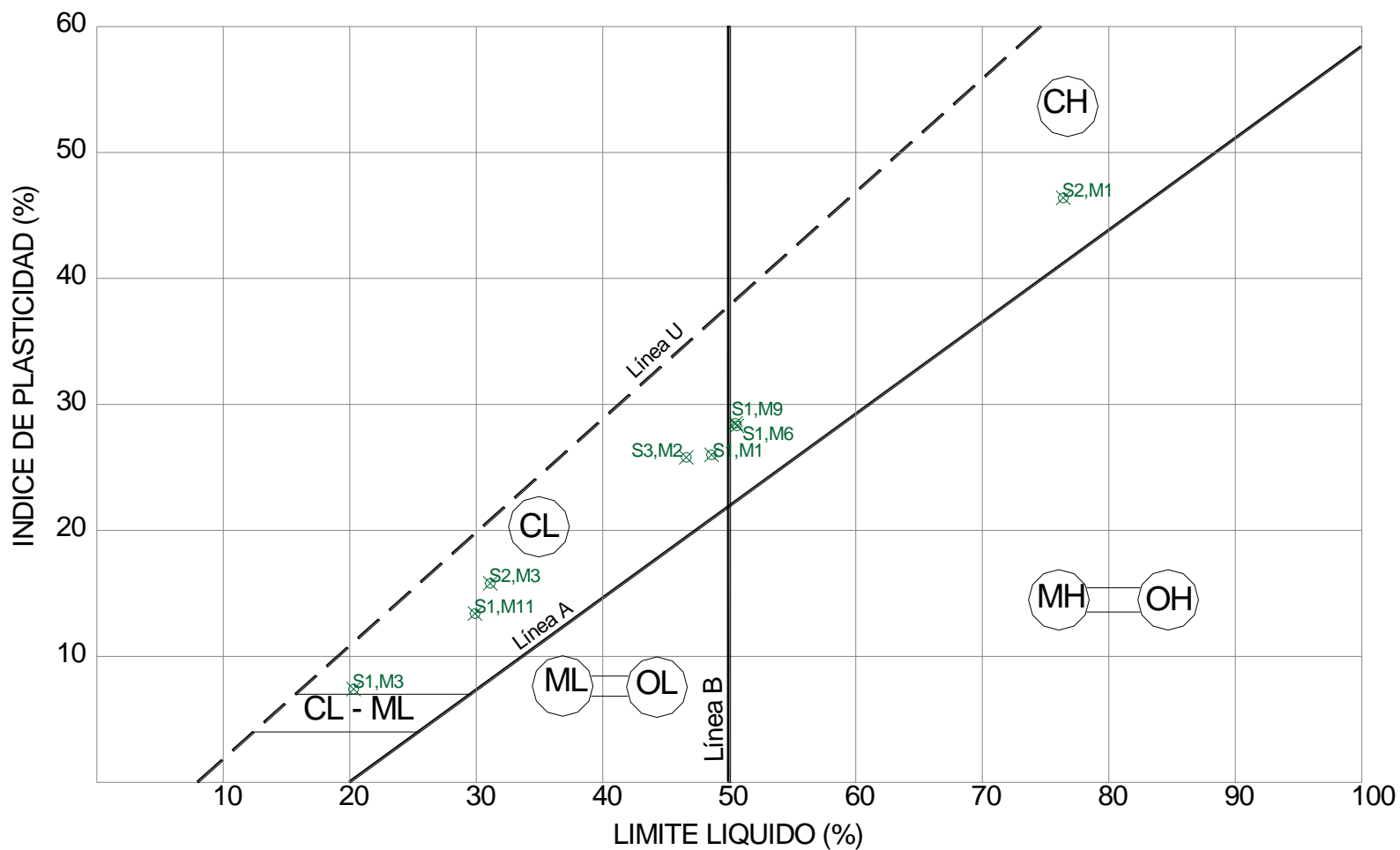


Figura 6-2 Carta de Plasticidad

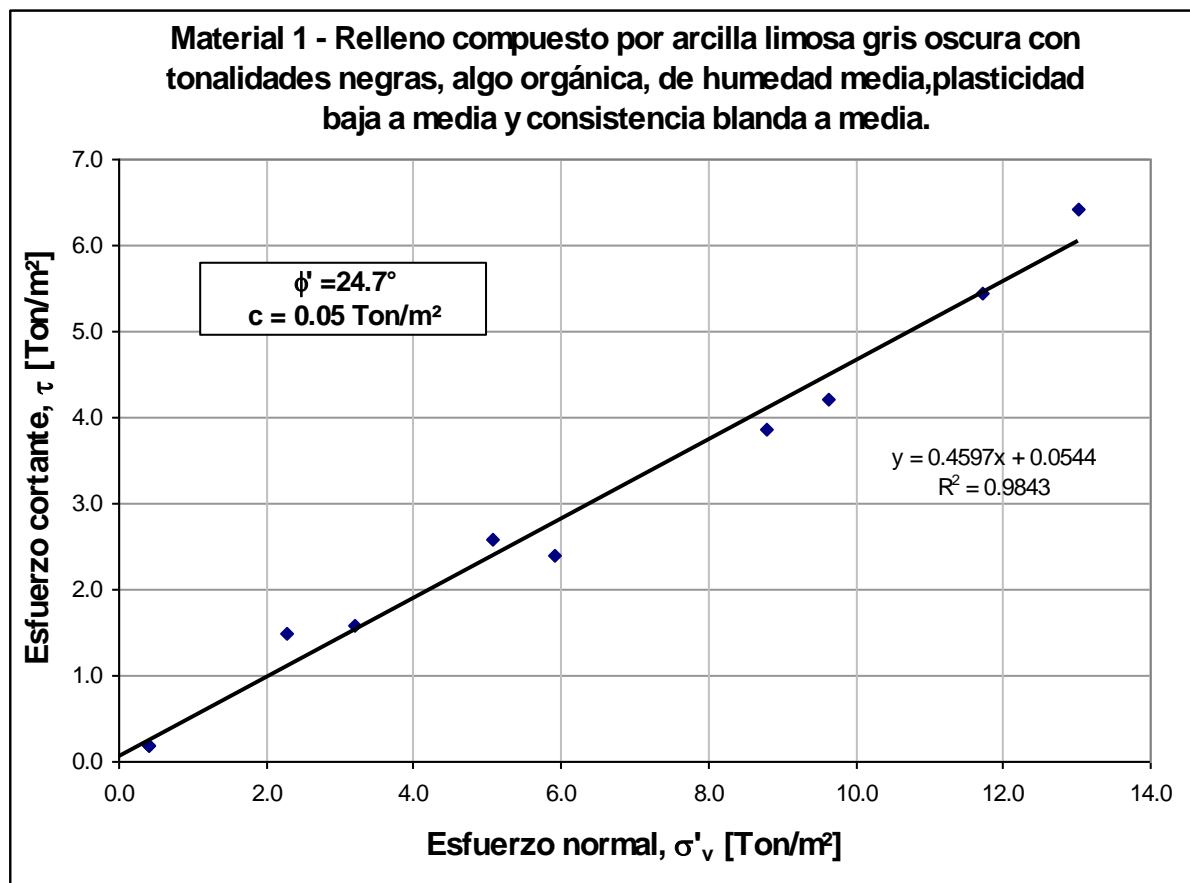


Figura 6-3 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 1

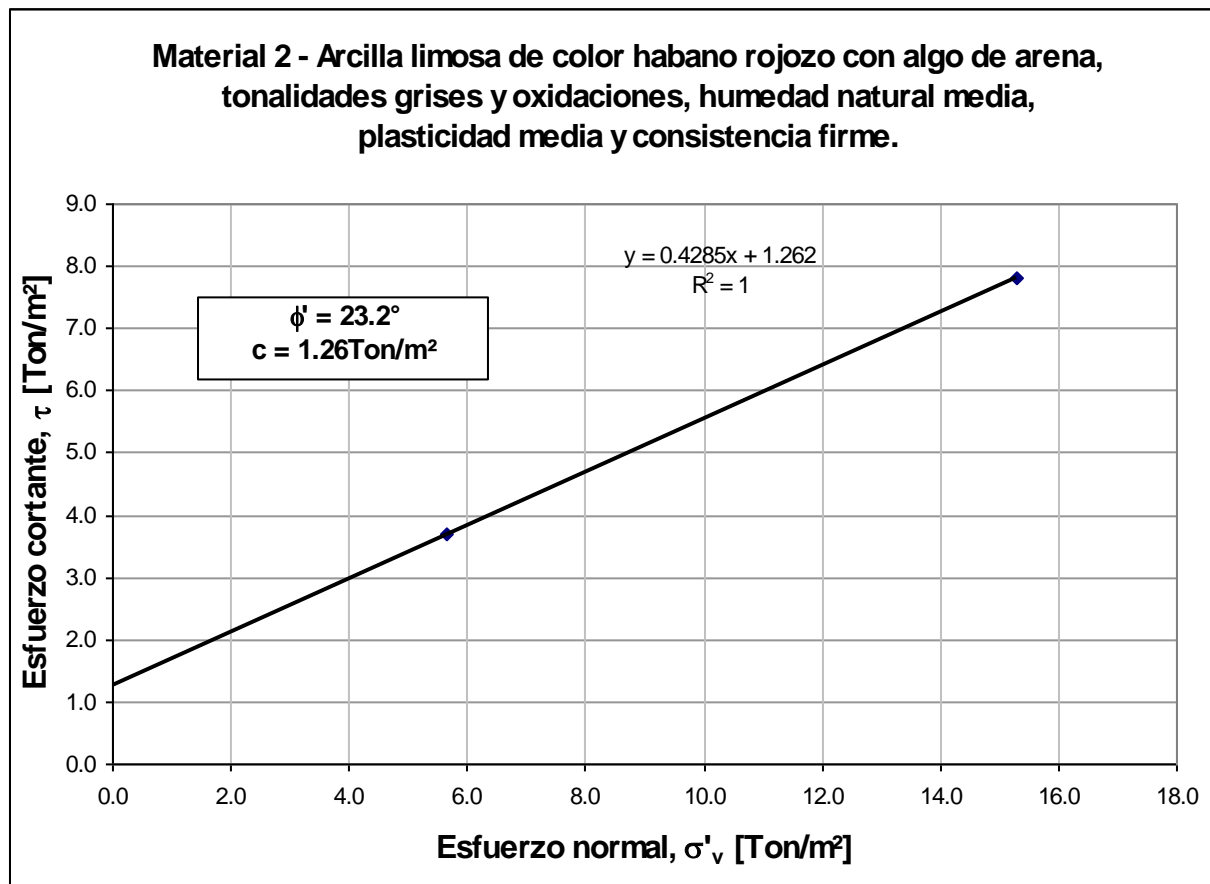


Figura 6-4 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 2

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias  
Sitio 3 Barrio Valles de Cafam - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2199 DT 003**

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

Sondeo o Trinchera	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N <sub>45</sub>	NF	Tipo	γ	σ <sub>v</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> ' (Ton/m <sup>2</sup> )	Rs	C <sub>N</sub>								C <sub>N</sub> (prom)	η				N <sub>corr</sub>				φ <sub>equivalente</sub>					
		de	a	media	1	2	3								Peck	Seed	Meyerhoff Ishihara	Liao- Whitman	Skemp- ton	Seed- Idriss	Schmert- mann	Gonzá- lez		USA	Japón	η <sub>2</sub>	η <sub>3</sub>	η <sub>4</sub>	USA	Japón	Kishida	Schmert- mann	JRB	Shiou & Fukui	JNR	Prom	
		S-1	2	1.00	1.45	1.225	2								2	2	4	n.e.	1	1.86	2.28	2.28		0.23	1.494	1.803	1.832	2.000	1.629	1.906	2.000	1.642	1.788	0.75	0.63	0.75	1.00
S-1	4	2.50	2.95	2.725	2	4	4	8	n.e.	1	1.86	5.07	5.07	0.51	1.227	1.369	1.409	1.405	1.327	1.416	1.586	1.295	1.379	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	6	5	25.0	29.4	23.7	28.8	28.5	27	
S-1	5	2.95	3.40	3.175	1	1	1	2	n.e.	1	1.86	5.91	5.91	0.59	1.176	1.286	1.317	1.301	1.257	1.323	1.465	1.229	1.294	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	1	1	19.5	17.0	18.9	27.4	27.3	22	
S-1	7	4.50	4.95	4.725	1	2	2	4	n.e.	1	1.86	8.79	8.79	0.88	1.043	1.070	1.077	1.067	1.064	1.079	1.159	1.056	1.077	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	2	2	21.3	21.2	20.5	27.7	27.6	24	
S-1	8	4.95	5.40	5.175	1	2	2	4	n.e.	1	1.86	9.63	9.63	0.96	1.013	1.021	1.023	1.019	1.019	1.023	1.093	1.017	1.028	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	2	2	21.3	21.2	20.5	27.7	27.6	24	
S-1	9	5.90	6.70	6.300	2	3	3	6	n.e.	1	1.86	11.72	11.72	1.17	0.947	0.914	0.908	0.924	0.921	0.937	0.956	0.931	0.930	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	3	3	22.7	24.0	21.7	28.1	27.9	25	
S-1	10	6.70	7.30	7.000	1	2	7	9	n.e.	1	1.86	13.02	13.02	1.30	0.912	0.857	0.849	0.876	0.869	0.895	0.887	0.885	0.879	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	5	4	23.9	27.9	22.7	28.4	28.2	26	
S-1	11	7.30	8.00	7.650	4	6	6	12	n.e.	2	2.00	15.30	15.30	1.53	0.858	0.769	0.762	0.808	0.791	0.830	0.788	0.815	0.803	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	6	5	25.0	29.4	23.7	28.8	28.5	27	
S-2	1A	0.00	0.45	0.225	2	1	1	2	n.e.	1	1.86	0.42	0.42	0.04	2.000	2.000	2.000	2.000	1.920	2.000	2.000	2.000	1.990	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	1	19.5	21.2	18.9	27.4	27.3	23	
S-2	2	1.50	1.95	1.725	2	3	3	6	n.e.	1	1.86	3.21	3.21	0.32	1.379	1.617	1.665	1.765	1.514	1.696	1.945	1.494	1.634	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	5	4	23.9	27.9	22.7	28.4	28.2	26	
S-2	4	2.60	3.05	2.825	7	9	16	25	n.e.	2	2.00	5.65	5.65	0.57	1.191	1.310	1.344	1.330	1.278	1.350	1.500	1.248	1.319	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	18	15	32.3	39.3	30.0	32.4	31.5	33	
S-3	1	0.00	0.45	0.225	2	1	1	2	1.7	1	1.86	0.42	0.42	0.04	2.000	2.000	2.000	2.000	1.920	2.000	2.000	2.000	1.990	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	1	19.5	21.2	18.9	27.4	27.3	23	
S-3	3	1.50	1.95	1.725	5	7	11	18	1.7	3	2.00	3.45	3.43	0.34	1.358	1.582	1.631	1.709	1.490	1.656	1.895	1.465	1.598	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	16	13	31.1	38.2	29.0	31.7	30.9	32	

- N<sub>45</sub> Número de golpes para el 45% de energía del martillo (Estimado para Colombia)
- NF Nivel freático
- σ<sub>v</sub> Esfuerzo vertical total
- σ<sub>v</sub>' Esfuerzo vertical efectivo
- Rs Parámetro utilizado para el C<sub>N</sub>, Rs = σ<sub>v</sub>'/p<sub>a</sub>
- C<sub>N</sub> Factor de corrección por confinamiento efectivo
- η<sub>1</sub> Factor de corrección por energía del martillo: La energía de USA es el 60% y la de Japón el 72%
- η<sub>2</sub> Factor de corrección por longitud de la varilla
- η<sub>3</sub> Factor de corrección por revestimiento interno de tomamuestras
- η<sub>4</sub> Factor de corrección por diámetro de la perforación
- N<sub>corr</sub> Número de golpes corregido
- φ Ángulo de fricción interna
- σ<sub>v</sub>' Esfuerzo vertical efectivo

MATERIALES			
γ mat 1	1	1.86	Material de relleno compuesto por arcilla limosa gris oscura con tonalidades negras, algo orgánica, de humedad media, plasticidad baja a media y consistencia blanda a media.
γ mat 2	2	2.00	Arcilla limosa de color habano rojizo con algo de arena, tonalidades grises y oxidaciones, humedad natural media, plasticidad media y consistencia firme.
γ mat 2	3	2.00	Arena limosa despositada por la quebrada, de color gris, humedad natural y compacidad media. Presencia de raíces.

## 7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

Con la sección geotécnica establecida a partir del levantamiento topográfico, la caracterización geológica, la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio se revisó la condición inicial (antes del deslizamiento) de estabilidad de la ladera mediante análisis de equilibrio límite con el fin de calibrar los parámetros de los materiales mediante retroanálisis. Los parámetros encontrados mediante las correlaciones con el SPT y el retroanálisis para cada estrato se muestran en la Figura 6-3 y en la Figura 6-4.

Considerando que gran parte del material de movilizado ha sido transportado aguas abajo por la continua acción socavante de la quebrada Yomasa sobre los materiales de la pata del deslizamiento que invaden en cauce, se propone como medida correctiva la reconformación de la zona del deslizamiento mediante el retiro de la totalidad del material deslizado por medio de una reconformación que tiene una pendiente inicial de 13 grados y posteriormente se incrementa a 33 grados interceptando el terreno natural aproximadamente 6m atrás de escarpe actual

Por otro lado se propone y la construcción en la parte baja del deslizamiento de un muro de gaviones con contrafuertes que sirva como contención de la reconformación y a la vez como control de socavación por acción de la quebrada.

Los análisis de estabilidad general de las obras realizados mediante el uso del programa PCSTABLE, así como los análisis de estabilidad particulares del muro de gaviones en la pata ante la posibilidad de falla por volteo, deslizamiento por empuje del relleno y capacidad portante se presentan en el ANEXO B.

## 8 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO

De acuerdo con la “Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá”, la zona de estudio que se encuentra localizada en la zona de Piedemonte, por lo cual para efectos de evaluación de estabilidad de taludes es recomendable emplear una aceleración horizontal máxima de  $A_{Hmax} = 0.30g$ .

## **9 MEDIDAS RECOMENDADAS**

### **9.1 RETIRO DEL MATERIAL MOVILIZADO**

Para incrementar la estabilidad del talud se recomienda la conformación del terreno mediante el retiro de los materiales deslizados con una pendiente inicial de 13 grados y final de 33 grados como se muestra en el plano de obras correctivas.

Las excavaciones deben iniciarse en la parte alta del talud y finalizar en la parte baja, contra la margen derecha de la quebrada Yomasa. Para estimación de precio unitario del transporte de materiales hasta escombreras acreditadas se asumió una distancia de transporte de 10 Km.

A fin de reducir la infiltración, el arrastre de materiales y la degradación de las propiedades mecánicas de los materiales, la superficie final de corte debe ser empradizada con cespedón.

### **9.2 RECONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ALCANTARILLADO**

De acuerdo con la reconformación propuesta, las obras de drenaje situadas en le costado izquierdo del deslizamiento y que en la actualidad transportan aguas negras deben ser reubicadas y rehabilitadas de acuerdo con los diseños mostrados en el plano de obras correctivas.

Se propone además la reconstrucción del pozo destruido por el movimiento y las tuberías de alcantarillado que convergen a él, aunque de acuerdo con las observaciones de campo es recomendable verificar la operación actual del esta red.

Aunque las obras propuestas no plantean la modificación de la red de alcantarillado existente, la reconstrucción del pozo y de la tubería afectada por el movimiento debe coordinarse por parte del El FOPAE con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

### **9.3 OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTROL DE SOCAVACIÓN**

En la parte baja de la reconformación se propone la construcción de un muro de gaviones de dos niveles, el primero de 2m de ancho con contrafuertes de 1m espaciados cada 2m que rigidicen la estructura y controlen deformaciones, y el segundo de 1m de ancho. Los detalles de localización y geometría del muro se muestran en el plano de obras correctivas.



El muro esta planteado geométrica y estructuralmente de manera que cumpla la doble función de contener la parte baja del terraceo y a la vez proteja contra socavación local la margen derecha del cauce a la altura del movimiento.

Adicionalmente se debe rellenar la parte posterior del muro de gaviones con materiales provenientes de la excavación realizada para la reconformación, como se muestra en el plano de obras correctivas.

#### **9.4 OBRAS DE DRENAJE**

Como complemento al terraceo y a las obras de contención se recomienda la construcción de dos filas de drenes, la primera de consta de 5 drenes de 20m de longitud entregando a un canal de en concreto localizado en la cara del talud, el cual a su vez entrega al sistema de cajas del flanco izquierdo del deslizamiento. La segunda fila esta compuesta por 3 drenes de 30m de longitud que entregan sus aguas directamente a la quebrada pasando entre en muro de gaviones.

En el ANEXO E se presenta el plano Obras Recomendadas donde se presentan las medidas propuestas para incrementar la estabilidad de la zona. En el ANEXO D se incluyen las especificaciones técnicas de construcción.

En el ANEXO C se presentan el cronograma de ejecución, cantidades de obra y presupuesto de las medidas recomendadas.

### **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.

### **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.

**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**