

CONTENIDO

	Pág.
1 LOCALIZACIÓN	3
2 INTRODUCCIÓN	3
3 INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES	4
4 GEOLOGÍA	6
4.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	6
4.2 LITOLOGÍA	6
4.2.1 FORMACIÓN GUADUAS (TKGM)	6
4.2.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS	6
4.3 TECTÓNICA	11
5 INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO	15
5.1 TOPOGRAFÍA	15
5.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	15
5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	15
6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	24
6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO	24
6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	24
6.2.1 MATERIAL 1	24
6.2.2 MATERIAL 2	25
6.2.3 MATERIAL 3	25
6.2.4 MATERIAL 4	26
6.2.5 MATERIAL 5	26
7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS	29
8 ANALISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	30
9 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO	31

10	MEDIDAS CORRECTIVAS RECOMENDADAS	31
10.1	OBRAS PRIORITARIAS	31
10.2	OBRAS SECUNDARIAS	32
11	LIMITACIONES	33
12	BIBLIOGRAFÍA	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Geología	12
Figura 4-2 Perfiles Geológicos	13
Figura 4-3 Columna estratigráfica generalizada	14
Figura 5-1 Localización de la exploración del subsuelo	17
Figura 5-2 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-1	19
Figura 5-3 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-2	20
Figura 5-4 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-3	21
Figura 5-5 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-4	22
Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección 1-1'	27
Figura 6-2 Carta de Plasticidad	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio	23
---	----

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 2 Barrio Juan José Rondón

Diagnóstico Técnico No. DI-2213

1 LOCALIZACIÓN

Localidad:	Ciudad Bolívar
Barrio:	Juan José Rondón
UPZ:	66 San Francisco
Dirección	Calle 68A Sur con Carrera 20A
Tipo de Riesgo:	Falla de protección superficial, Afectación de viviendas.

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 establecer las recomendaciones necesarias para modificar o reemplazar las obras de drenaje y protección superficial localizadas en la Calle 68A Sur con Carrera 20A, Barrio Juan José Rondón, 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.

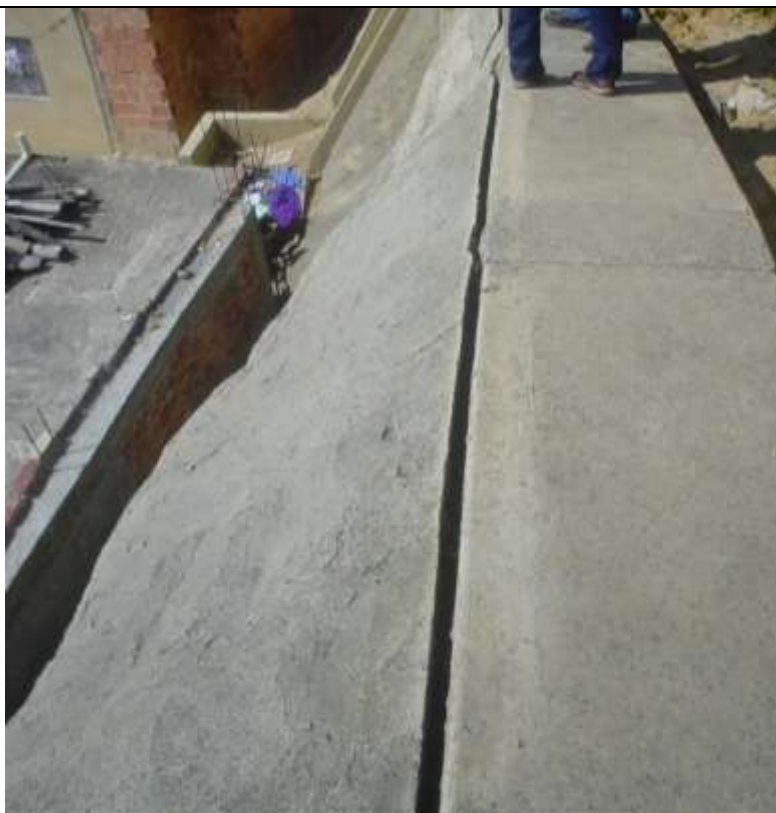
3 INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES

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 DPAAE, al sitio del proyecto, donde se evidenciaron los problemas presentes en la obras de drenaje y protección superficial.

Las estructuras de drenaje localizadas en la parte superior de la ladera, aunque no evidencian falla estructural, si presentan problemas de colmatación y erosión en sus inmediaciones (Fotografía 3-1) En la parte baja estas estructuras de conducción presentan dilataciones con el recubrimiento de mortero de hasta 5.0 cm como se puede observar en la Fotografía 3-2. Por otro lado el recubrimiento de malla mortero en la parte baja del talud, así como la empradización con cespedón presentan problemas de desprendimiento lo que genera presencia de materiales deslizados en la parte inferior de la ladera, evento que afecta actualmente dos viviendas localizadas en la Calle 68A Sur con Carrera 20A (Fotografía 3-3). Lo anterior, de acuerdo con información suministrada por el DPAAE, son evidencias de un fenómeno de remoción en masa que se generó en la temporada de lluvias pasada.



Fotografía 3-1 Colmatación de estructuras de conducción de aguas lluvias y erosión en la zona aledaña debida a las fuertes pendientes.



Fotografía 3-2 Dilatación entre las estructuras de drenaje y el recubrimiento de malla mortero.



Fotografía 3-3 Desprendimiento de recubrimientos de cespedón y malla mortero.

4 GEOLOGÍA

El sector visitado presenta inestabilidad activa sobre arcillolitas de la Formación Guaduas, las cuales han empujado estructuras de concreto lanzado llevándolas en algunos puntos hasta la rotura. En el presente informe de visita de campo se pretende definir el tipo de materiales existentes en el punto que falló el concreto lanzado, así como aportar en el análisis de estabilidad local y regional de las laderas y los taludes.

4.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La zona trabajada hace parte de la zona del Piedemonte sur de Bogotá, específicamente en la zona media-baja de la ladera. Presenta una morfología de ladera estructural-denudacional con pendientes que varían entre 15 y 30° en las zonas no intervenidas y con taludes de corte en algunas zonas próximas a viviendas con inclinaciones entre 45 y 60° (con algunos segmentos sub-verticales). El punto de falla del concreto lanzado se encuentra sobre suelos residuales arcillosos formados a partir de la meteorización de las arcillolitas del miembro medio de la Formación Guaduas.

4.2 LITOLOGÍA

En este numeral se tiene como referencia información del Léxico Estratigráfico Internacional (Da Porta, 1974). En la Figura 4-1 se presenta la geología del área de estudio y en la Figura 4-2 perfiles geológicos típicos.

4.2.1 FORMACIÓN GUADUAS (TKGM)

En el corte ubicado hacia el occidente se observa desprendimiento y caída de bloques de arenisca muy fracturada (el volumen aproximado del bloque más grande que se observa desprendido es de 0,1 m³)

Las arcillolitas presentan comportamiento de roca blanda o suelo residual arcilloso tipo IIA (Deere & Patton) en las zonas donde afloran, con presencia de pequeños deslizamientos traslacionales someros y flujos de lodo.

4.2.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

4.2.2.1 Coluvión antiguo

En la parte superior de la zona que presentó la falla del concreto lanzado se observa un coluvión de color pardo claro, arenoso, duro, matriz-soportado, con fragmentos pétreos de tamaño menor a 10 cm.



Fotografía 4-1 Areniscas fracturadas con posibilidad de desprendimiento de bloques en el corte ubicado hacia el occidente de la zona de estudio. Nótese la desfavorabilidad del corte paralelo a la dirección en que se tomó la fotografía.



Fotografía 4-2. Bloque de arenisca con volumen aproximado de 0,1 m³, observado en el talud de corte de la zona occidental.



Fotografía 4-3 Arcillolitas poco fisibles, alteradas a suelos residuales arcillosos de plasticidad media a alta, que suprayacen areniscas fracturadas.



Fotografía 4-4 En la parte superior, coluvión antiguo que suprayace un suelo residual arenoso, con grandes bloques de arenisca y en la parte inferior, suelo residual arcilloso.

4.2.2.2 Coluviones recientes

Estos corresponden al material deslizado en los procesos activos. Corresponden a la mezcla de suelo residual arenoso y coluvión antiguo, suelos que han sido afectados por un deslizamiento superficial de máximo 1 metro de espesor.



Fotografía 4-5 Aspecto del deslizamiento superficial que se observa en la zona superior a la falla del concreto lanzado. Este deslizamiento involucró un coluvión antiguo y un suelo residual arenoso con fragmentos de roca poco alterada.



Fotografía 4-6. Suelos residuales por meteorización de las arcillolitas.

4.3 TECTÓNICA

La zona de estudio se ubica en el flanco occidental del Sinclinal de Usme, pero dicho flanco presenta replegamientos menores y fuerte afectación tectónica. Sin embargo, el Mapa Geológico de Ingeocim-DPAE (1999) no presenta ninguna falla regional cercana a la zona de estudio.

En el escarpe ubicado hacia el oriente, adyacente a la zona de estudio se observa una falla normal, con salto de aproximadamente 1 metro. Sin embargo, no se pudo seguir para establecer su orientación (debido a que las areniscas están cubiertas por una secuencia de arcillolitas) y definir si el intenso fracturamiento de la arenisca presente en el talud de corte de la zona occidental se debía a la misma falla.

Figura 4-1 Geología

Figura 4-2 Perfiles Geológicos

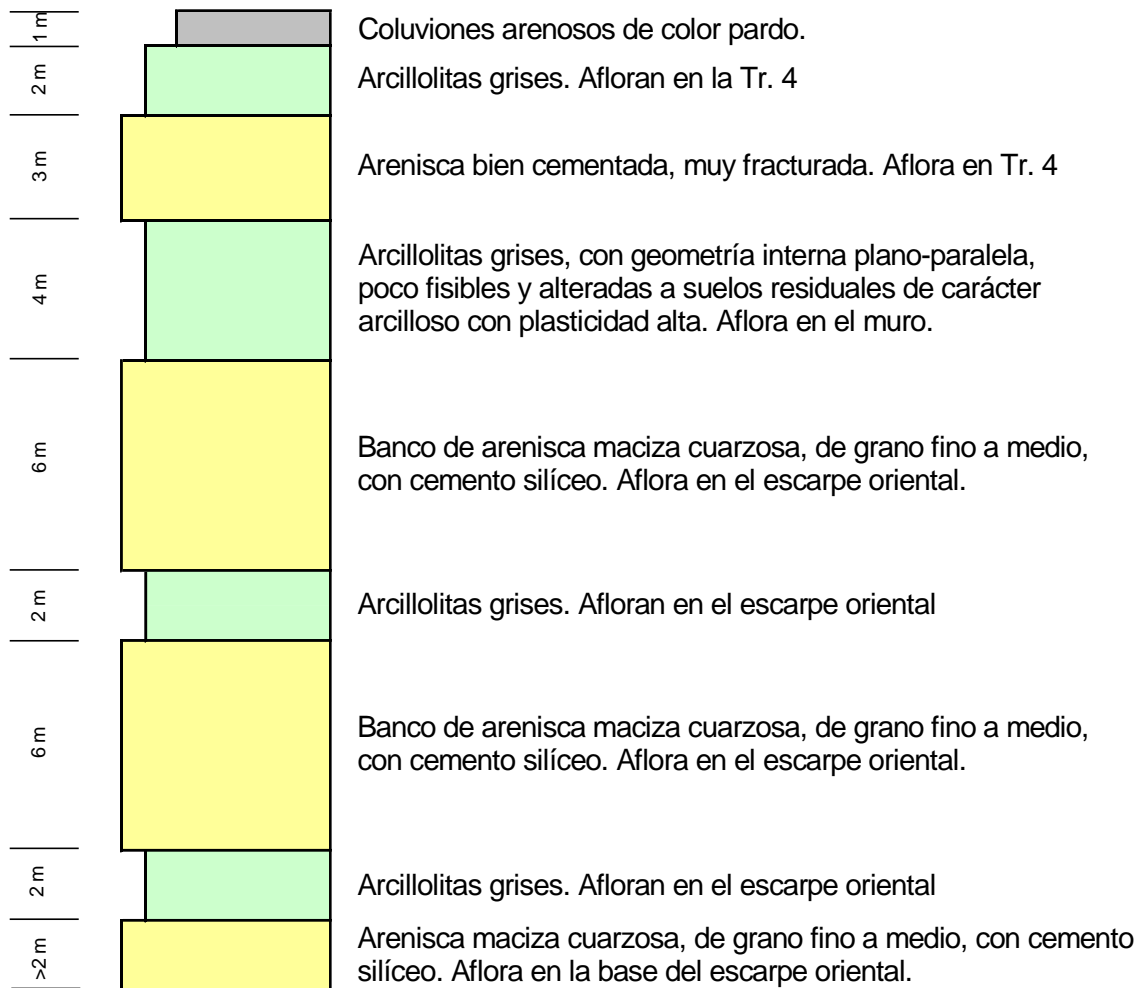


Figura 4-3 Columna estratigráfica generalizada

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 del área de estudio. Los trabajos de campo incluyen el levantamiento topográfico y el reconocimiento geotécnico e hidráulico del sector del proyecto así como la realización 4 trincheras.

5.1 TOPOGRAFÍA

Para el estudio se realizó el levantamiento topográfico puntos localizados en sitios de interés (recubrimientos superficiales, obras de drenaje, esquinas de construcciones, cerramiento, 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.

5.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio en la que se reconocieron de manera preliminar las características del proyecto y se realizaron cinco trincheras (TR-1 a TR-4), cuya distribución dentro de la zona se muestra en la Figura 5-1 .

Los registros gráficos de todas las perforaciones junto con los parámetros índice y de resistencia al corte se muestran de la Figura 5-2 a la Figura 5-5

5.3 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	:	1
• Límites de consistencia	:	7
• Peso Unitario	:	7
• Ensayo de compresión inconfiada	:	3
• Corte Directo en condición saturada	:	3
• Carga Puntual	:	1

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

Figura 5-1 Localización de la exploración del subsuelo

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 2 Barrio Juan José Rondón - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2213

Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-1

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 2 (Juan José Rondón) COSTADO IZQUIERDO DE LA CALLE DE ACCESO, ARRIBA DE LA PANTALLA.

TRINCHERA No: Tr-1
FECHA: DICIEMBRE DE 2004

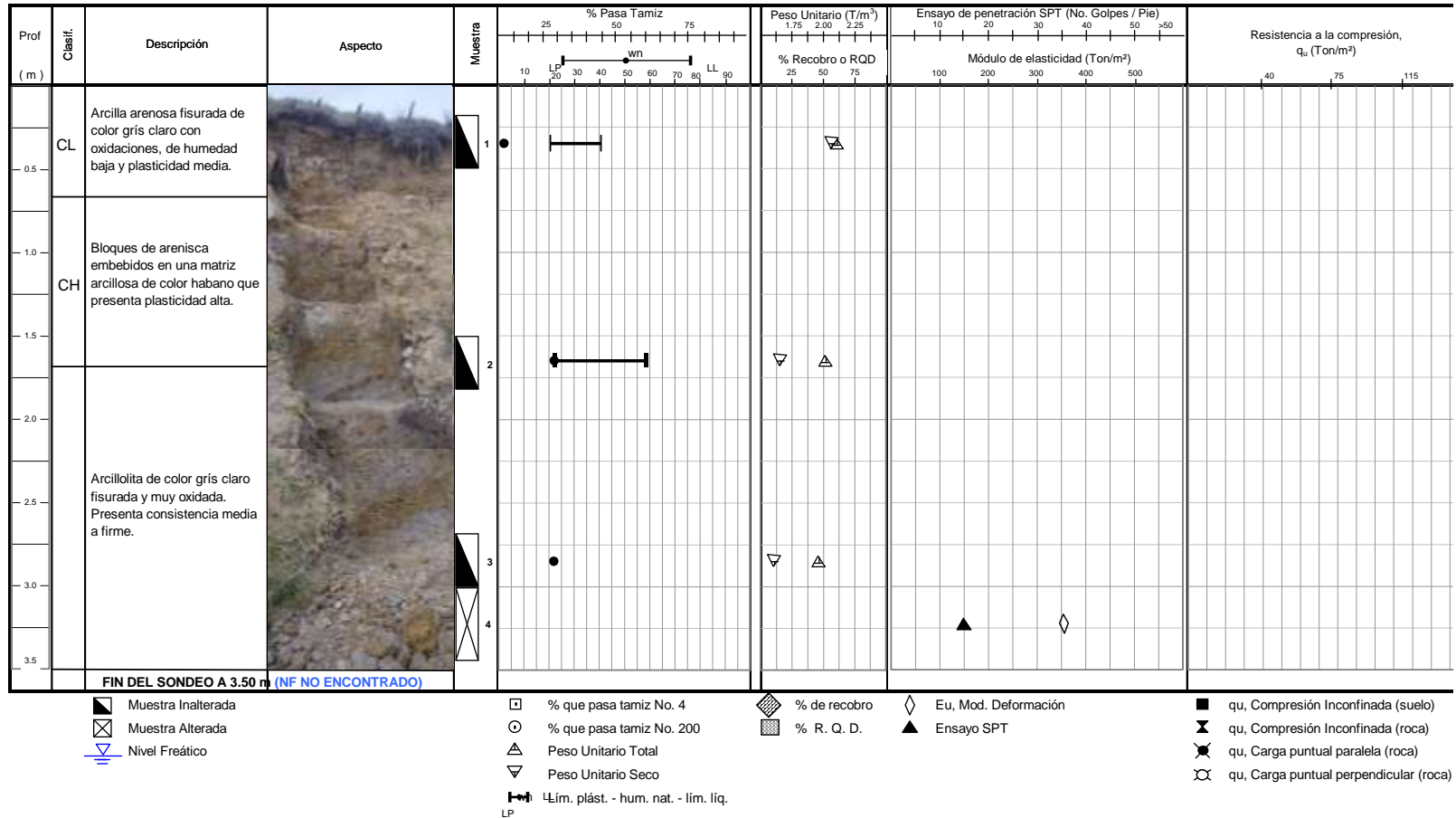


Figura 5-2 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-1

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 2 Barrio Juan José Rondón - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2213

Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-2

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 2 (Juan José Rondón) COSTADO IZQUIERDO DE LA CALLE DE ACCESO, A LA DERECHA DE LA Tr-1

TRINCHERA No: Tr-2
FECHA: DICIEMBRE DE 2004

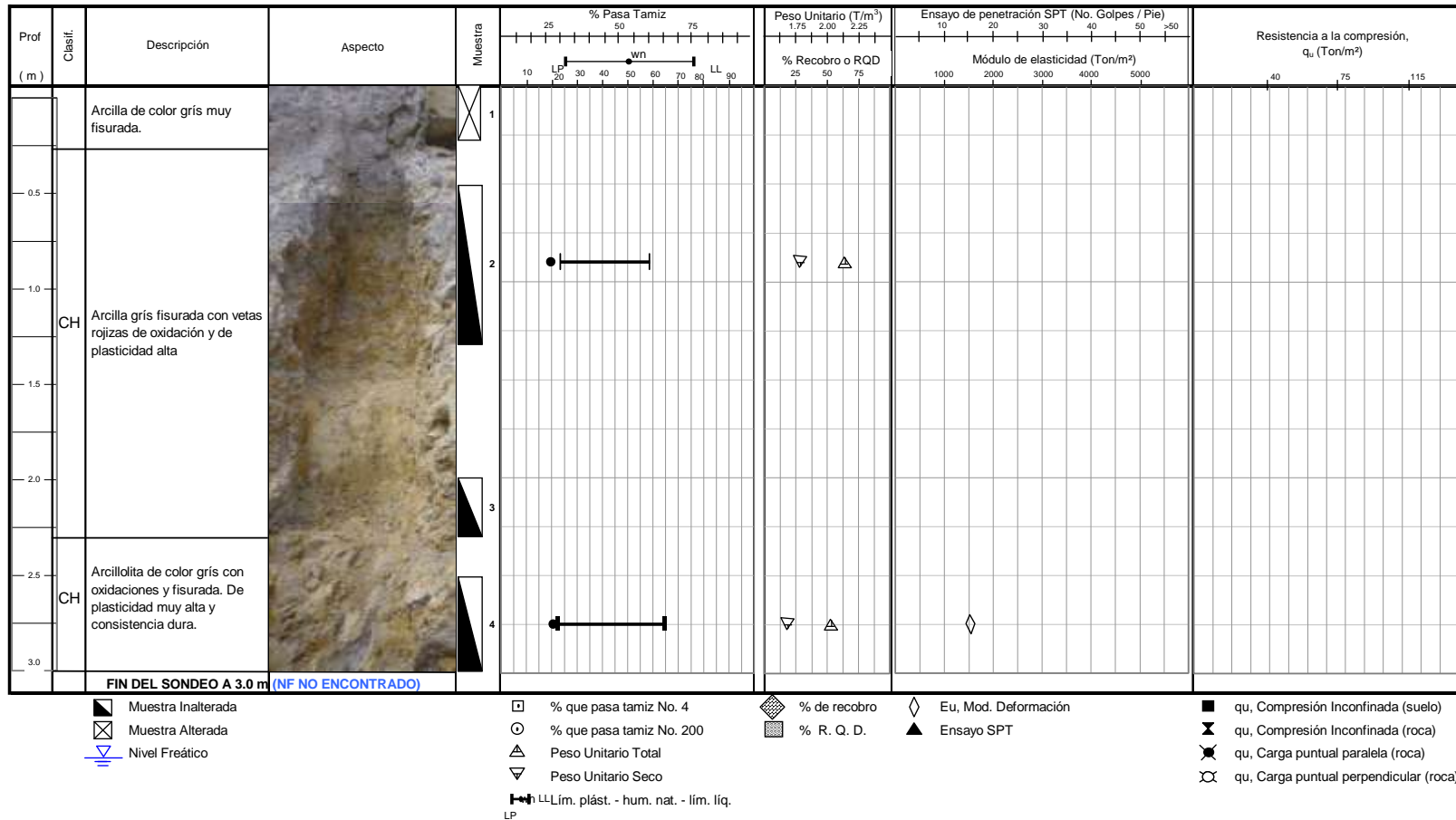


Figura 5-3 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-2

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 2 Barrio Juan José Rondón - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2213

Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-3

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 2 (Juan José Rondon) COSTADO DERECHO DE LA CALLE DE ACCESO, ARRIBA DE LA PANTALLA

TRINCHERA No: Tr-3
FECHA: DICIEMBRE DE 2004

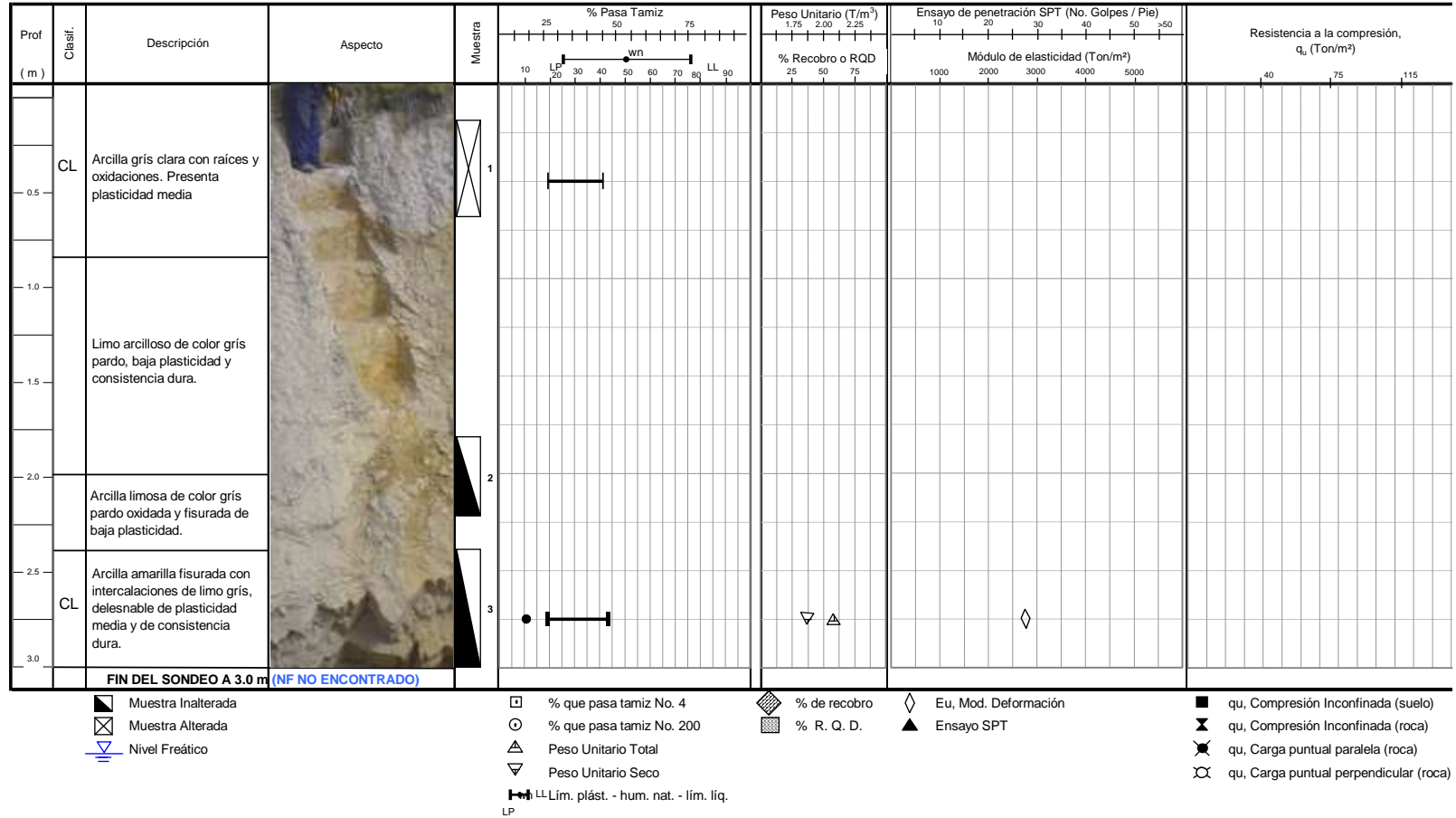


Figura 5-4 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-3

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 2 Barrio Juan José Rondón - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2213**

Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-4

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

TRINCHERA No: Tr-4

LOCALIZACIÓN: SITIO 2 (Juan José Rondón) COSTADO DERECHO DE LA CALLE DE ACCESO, ARRIBA DE LA Tr-3

FECHA: DICIEMBRE DE 2004

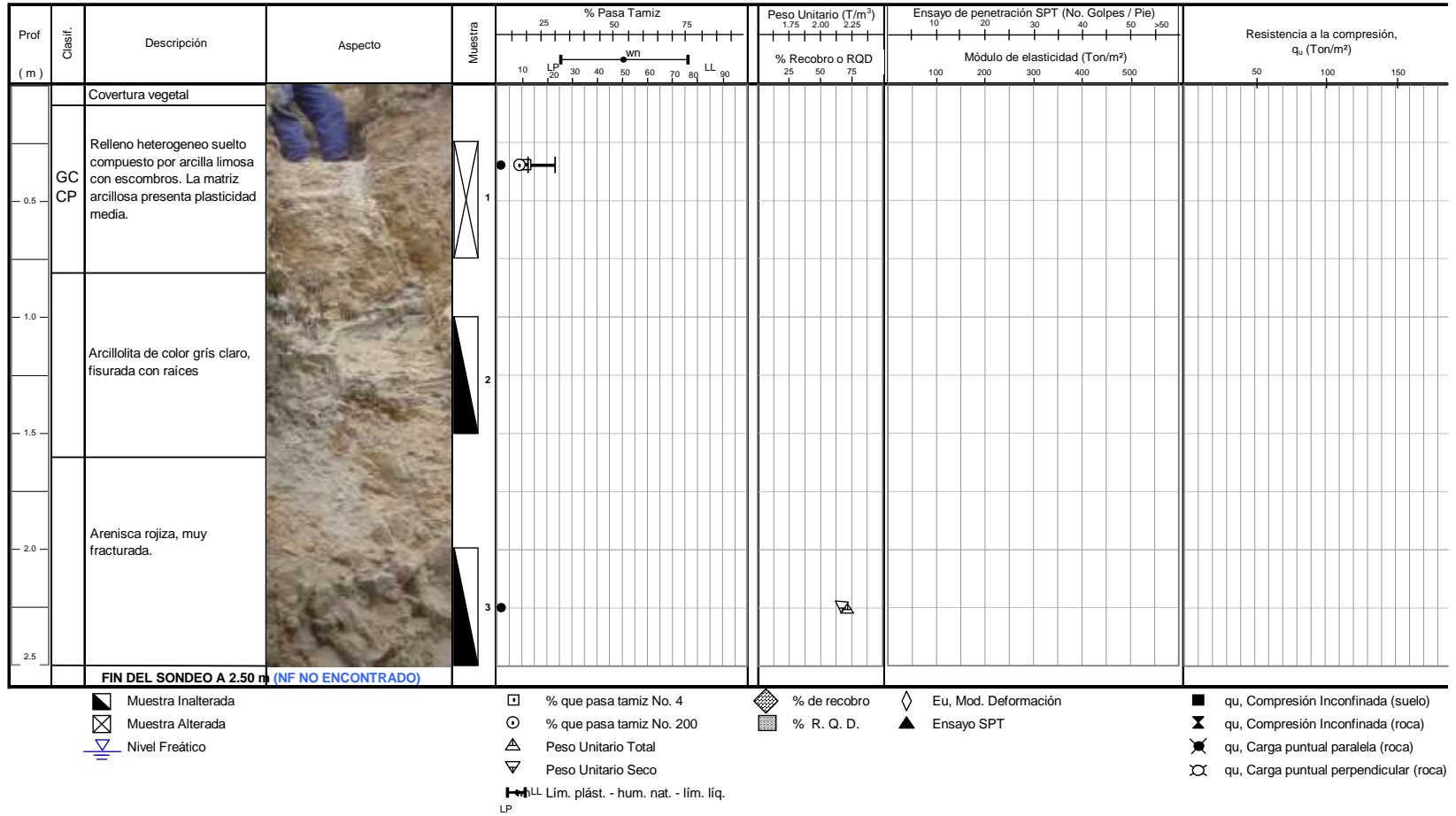


Figura 5-5 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera Tr-4

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 2 Barrio Juan José Rondón - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2213**

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 golpes/ pie
		No.	Tipo	de	a	Prof. Media											q _u (Ton/m ²)	E ₅₀ (Ton/m ²)	
TR-1	TRINCHERA	1	BL	0.2	0.5	0.35	CL	2.17				40.9	20.8	20.1	2.113	2.07			
TR-1	TRINCHERA	2	BL	1.5	1.8	1.65	CH	22.2				58.6	22.2	36.4	2.02	1.66			
TR-1	TRINCHERA	3	BL	2.7	3	2.85		22.1							1.965	1.61	5.4	355	
TR-1	TRINCHERA	4	SS	3	3.45	3.225												15	
TR-2	TRINCHERA	1	SS	0	0.3	0.15													
TR-2	TRINCHERA	2	BL	0.5	1.3	0.9	CH	19.8				58.8	23.6	35.2	2.146	1.79			
TR-2	TRINCHERA	3	BL	2	2.3	2.15													
TR-2	TRINCHERA	4	BL	2.5	3	2.75	CH	20.7				64.6	22.4	42.2	2.037	1.687	24.5	1534	
TR-3	TRINCHERA	1	SS	0.2	0.8	0.5	CL					41.5	19.7	21.8					
TR-3	TRINCHERA	2	BL	1.8	2.2	2													
TR-3	TRINCHERA	3	BL	2.5	3	2.75	CL	11.2				43.4	19.3	24.1	2.085	1.874	51.4	2767	
TR-4	TRINCHERA	1	SS	0.1	0.6	0.35	GC-CP	1.8	78.7	11.9	9.4	23.5	12.8	10.7					
TR-4	TRINCHERA	2	BL	1	1.5	1.25													
TR-4	TRINCHERA	3	BL	2	2.5	2.25		2							2.219	2.176			

- **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.

6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO

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

- **Material 1:** Suelo residual de arcillolita compuesto por arcilla arenosa fisurada de color gris claro con oxidaciones, de humedad baja y plasticidad media.
- **Material 2:** Bloques de arenisca embebidos en una matriz arcillosa de color habano que presenta plasticidad alta.
- **Material 3:** Arcillolita de color gris claro fisurada y muy oxidada. Presenta consistencia media a firme.
- **Material 4:** Arenisca rojiza, muy fracturada.
- **Material 5:** Relleno heterogéneo suelto compuesto por arcilla limosa con escombros.

En la Figura 6-1 se presenta el perfil geotécnico de la Sección 1 – 1' que corresponde a la zona en la que se encuentra el escarpe generado por la pérdida de cobertura de vegetal y de protección superficial de malla mortero.

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 suelo residual compuesto una arcilla arenosa fisurada de color gris claro, humedad natural muy baja (contenido de humedad promedio, w_n de 2.0%), plasticidad media (índice de plasticidad IP entre 20.1 y 21.8%). Los pesos unitarios total y seco son 2.11 Ton/m³ y 2.07 Ton/m³, respectivamente 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: 2.11 Ton/m³
- Peso unitario Seco: 2.07 Ton/m³
- Ángulo de fricción interna: 26.2° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A)
- Intercepto de cohesión: 2.0 Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo)

6.2.2 MATERIAL 2

Bloques de arenisca embebidos en una matriz arcillosa de color habano que presenta humedad natural baja (contenido de humedad, w_n 22.%). La fracción fina presenta plasticidad alta (IP 36.4%). Los pesos unitarios total y seco son 2.02 Ton/m³ y 1.66 Ton/m³, respectivamente. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CH como se presenta en la Figura 6-2.

Las propiedades asignadas al material 2, son las siguientes:

- Peso unitario Total: 2.02 Ton/m³
- Peso unitario Seco: 1.66 Ton/m³
- Ángulo de fricción interna: 37.0° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A)
- Intercepto de cohesión: 1.9 Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo).

6.2.3 MATERIAL 3

Arcillolita de color gris claro fisurada y muy oxidada, humedad natural baja (w_n entre 19.8 y 20.7%), plasticidad alta (IP entre 35.2 y 42.2%), consistencia dura (resistencia a la compresión confinada $q_u = 24.5$ Ton/m²). Los pesos unitarios total y seco son 2.04 Ton/m³ y 1.69 Ton/m³, respectivamente. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CH como se presenta en la Figura 6-2.

Las propiedades asignadas al este material, son las siguientes:

- Contenido de Humedad: 25.3 %
- Peso unitario Total: 1.92 Ton/m³
- Peso unitario Seco: 1.53 Ton/m³
- Resistencia al corte no drenada: 24.5Ton/m²
- Módulo inicial de deformación no drenado: 1534Ton/m².

6.2.4 MATERIAL 4

Arenisca rojiza, muy fracturada con pesos unitarios total y seco de 2.22 Ton/m³ y 2.18 Ton/m³, respectivamente.

Las propiedades asignadas al material 4, son las siguientes:

- Peso unitario Total: 2.2Ton/m³
- Peso unitario Seco: 2.17Ton/m³
- Ángulo de fricción interna: 40.6° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A)
- Intercepto de cohesión: 0.5 Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo)

6.2.5 MATERIAL 5

Relleno heterogéneo suelto compuesto por arcilla limosa con escombros., en el que predomina la fracción gruesa con 78.7%. La matriz arcillosa presenta plasticidad media (IP=10.7%). De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como GC-CP como se presenta en la Figura 6-2.

Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección 1-1'

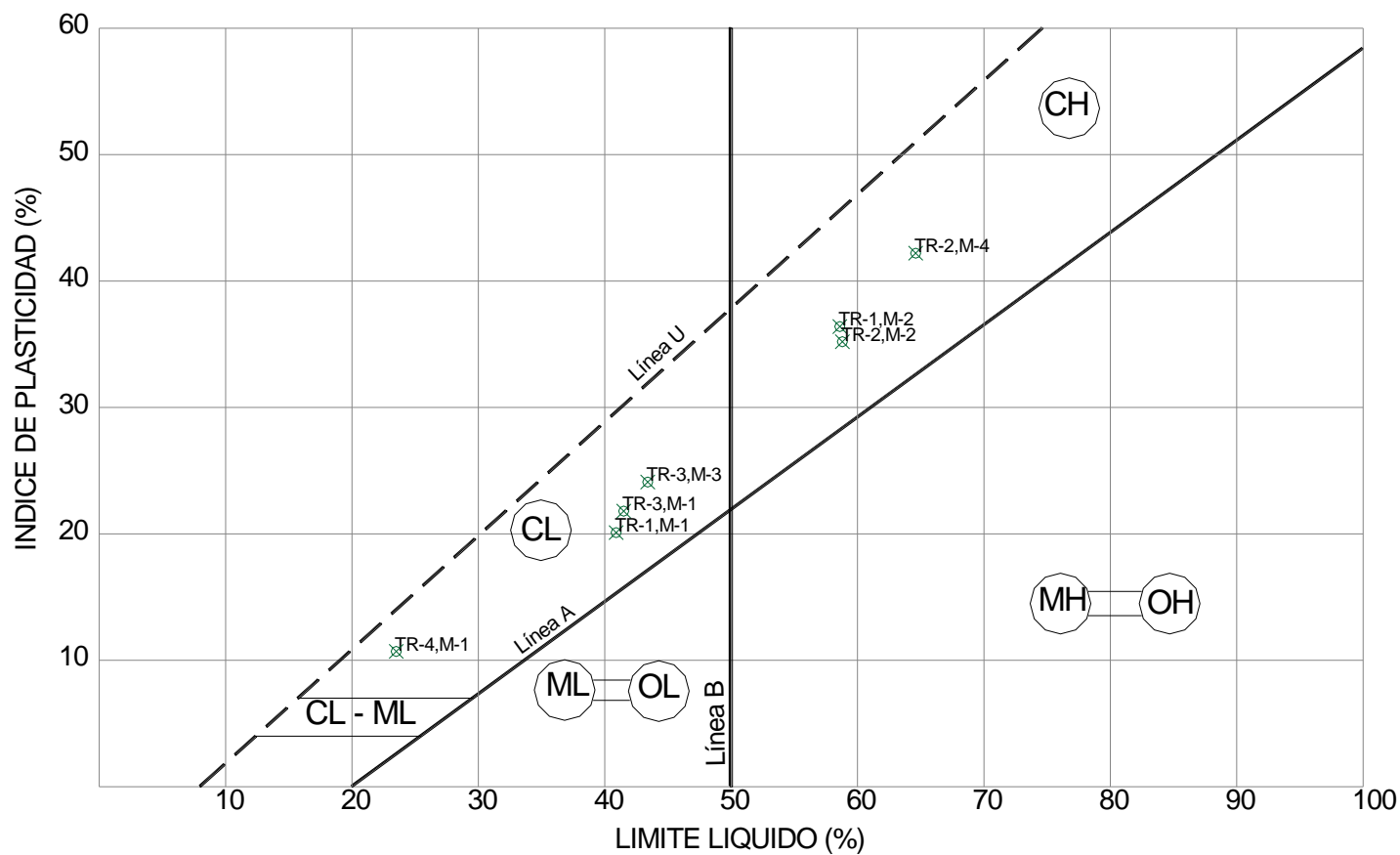


Figura 6-2 Carta de Plasticidad

7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

Para el sector de la protección superficial frente a la calle 68ª Sur con base en la información topográfica, geológica, de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio se evaluó mediante equilibrio límite la estabilidad del talud.

El análisis muestra que para la condición actual se tiene un factor de seguridad de 1.27 el cual se disminuye hasta 0.95 para un sismo con aceleración horizontal de 0.24 g. La superficie de deslizamiento comprende la parte alta del talud a media altura de la actual protección en mortero.

Como alternativas para incrementar la estabilidad se evaluó la reconformación del talud, iniciando en la parte superior de la actual protección superficial. Con base en la geología del sitio se consideraron dos diferentes inclinaciones, encontrando los siguientes factores de seguridad.

Tipo de análisis	Alternativa 1 Talud 1V:2H	Alternativa 2 Talud 1V:1.75H
Sin Sismo – Sin Sobrecarga	1.81	1.70
Sin Sismo – Con Sobrecarga (2 t/m ²)	1.78	1.68
Con Sismo Ah = 0.30g	1.01	1.00
Con Sismo Ah = 0.30g – Con Sobrecarga	0.98	0.95
Con Sismo Ah = 0.24g	1.12	1.11
Con Sismo Ah = 0.24g – Con Sobrecarga	1.09	1.05
Sin Sismo - Parámetros Residuales	1.46	1.33

En el ANEXO B se presentan las gráficas de resultados del programa PCSTABLE donde se puede apreciar las condiciones de análisis y la forma de las mas probables superficies de deslizamiento.

Con base en los resultados anteriores, se observa que la alternativa 2 es la mas convenientes desde el punto de vista económico y de estabilidad.

La conformación del talud debe estar acompañada por medidas tendientes a controlar las aguas de escorrentía y proteger la superficie de corte del terreno a fin de evitar la erosión del terreno y el ablandamiento de los materiales.

Aunque los análisis muestran que la conformación de la parte alta del talud son suficientes para incrementar los niveles de estabilidad a valores adecuados, sin necesidad de estructuras de contención se considera indispensable mantener la protección superficial a fin de evitar el ablandamiento de los materiales arcillosos.

8 ANALISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

En el área objeto de estudio existen desde hace algún tiempo una serie de canales en concreto, de sección trapezoidal mediante los cuales se capta la escorrentía superficial. Las aguas son conducidas por estos canales hacia la parte baja del terreno donde se localizan dos estructuras de captación y disipación de energía del flujo. Desde estas estructuras el agua es conducida hacia la calle, donde, en un caso, se colectan en un sumidero transversal localizado al final de la calle.

El sistema de cunetas se caracteriza por mostrar pendientes superiores en casi todos los casos al 30% y se localizan estratégicamente en la parte baja de sus cuencas receptoras, tal como se aprecia en la Figura 5-1. No obstante esta localización, en la cuneta identificada como No 2, por su margen derecha, habida cuenta de la topografía, las aguas no alcanzan a llegar en su totalidad a la cuneta y fluyen por la ladera, dando origen a problemas de erosión.

Los estudios que se adelantan tienden a mejorar las condiciones de flujo y a plantear alternativas de captación de las aguas que escurren por la ladera.

Con miras a mejorar las condiciones de flujo en las cunetas, se plantearon dos alternativas, ambas encaminadas a disminuir la velocidad de flujo en las cunetas.

La primera alternativa se enmarcó en la modificación de las pendientes mediante la construcción de una serie de caídas a lo largo de los canales de pendientes altas, superiores a 10 %. Los análisis hidrológicos e hidráulicos condujeron a dos conclusiones de importancia: en primer lugar se determinó que aunque la intensidad de precipitación obtenida de las curvas IDF desarrolladas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá para el sector es apreciable debido a los cortísimos tiempos de concentración de las cuencas aferentes a cada canal, las cuales en ningún caso superan los 500 m², los caudales no alcanzan a los 15 l / s.

Desde el punto de vista hidráulico, se comprobó que el flujo en las cunetas es de alta velocidad y se desarrolla con profundidades menores a 1,0 cm.

El análisis de la primera alternativa produjo como resultado la conclusión de que el número de caídas en todos los canales y la altura de las misma implicaba la destrucción y reconstrucción del sistema actual. Dado el costo de esta solución, se desechó y se analizó la alternativa de aumentar la rugosidad de los canales mediante la construcción en su solera, de pequeños bloques de concreto, con lo cual se conseguiría flujo cercano al estado crítico. Esta metodología de disipación ha sido investigada en canales de pendientes superiores al 15 %.

Los análisis llevaron a la definición de que el sistema no es aplicable al caso particular de los canales existentes. La razón es, por una parte, el bajo caudal que se genera en las cuencas y por otra, en correlación con la anterior, la sección de flujo tan grande de que se dispone en las cunetas, con lo cual, dada la alta pendiente, se refleja en un tirante inferior

a 0,01 m, pero de alta velocidad. Lo anterior significa que el método no es aplicable a la situación particular de las cunetas objeto de estudio.

Frente a la situación de costos y de la baja eficiencia de las alternativas primera y segunda, respectivamente, el análisis se centró en tratar de solucionar la deficiencia en la captación de flujo por las cunetas.

Dentro de este orden de ideas, se propone la construcción de cortaflujos o de encauzadores o direccionadores del flujo, sobre la parte de la cuenca de la margen derecha de la cuneta N 2; adicionalmente, la construcción de un canal adicional que capta las aguas de la parte noroccidental del área, y la conduce hasta la cuneta N 1. y la prolongación hacia el occidente, de la cuneta N 7.

Los direccionadores de flujo consisten en bolsas de polipropileno llenas con arena cemento o tierra cemento, con una separación de 5,0 m.

Conjuntamente con las obras antes citadas, se recomienda reparar y reconstruir las estructuras de entrega de los canales en la parte baja del área y terminar la que recibe las aguas de las cunetas Nos 3 y 7.

9 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO

De acuerdo con la “Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá”, el área 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 $A_{Hmax} = 0.24g$.

10 MEDIDAS CORRECTIVAS RECOMENDADAS

De acuerdo con la información recopilada en campo y los análisis elaborados y mostrados a lo largo del presente informe se muestran aquí las obras recomendadas para la estabilización de la zona de estudio discriminadas en prioritarias y secundarias de acuerdo con la inminencia de su realización y el nivel de amenaza que la inestabilidad impone en las diferentes zonas del área tratada.

10.1 OBRAS PRIORITARIAS

Con el fin de incrementar el factor de seguridad del talud en el sitio de la actual protección, con base en los resultados de los análisis realizados, se propone reconformar la parte alta del talud con una inclinación de 1V:1.75H y la revegetalización de la superficie de corte a fin de evitar la erosión del terreno y el ablandamiento de los materiales.

Aunque los análisis muestran que la conformación de la parte alta del talud es suficiente para incrementar los niveles de estabilidad a valores adecuados, sin necesidad de estructuras de contención se considera indispensable mantener la protección superficial a fin de evitar el ablandamiento de los materiales arcillosos.

Como protección superficial en la zona occidental del talud donde la actual protección se encuentra destruida se propone la conformación de una retícula de vigas y columnas de concreto reforzado y llenando los espacios interiores con malla de polipropileno rellena con grava. Para la parte superior del recubrimiento del costado oriental se propone el sellado de la dilatación que existe el contacto entre el andén y la protección.

Para el control de la caída de bloques se propone como obra prioritaria el retiro de bloques sueltos y el control de las aguas de escorrentía para disminuir la infiltración, mediante la construcción de una cuneta que recoja la escorrentía de la parte alta del talud y la conduzca hacia las cunetas existentes.

Adicionalmente, y como complemento a estas medidas se propone la construcción de cortaflujos o de encauzadores o direccionadores del flujo, sobre la parte de la cuenca de la margen derecha de la cuneta No. 2; adicionalmente, la construcción de dos canales adicionales, el primero que capte la aguas de la parte noroccidental del área, y la conduzca hasta la cuneta N 1. y el segundo que capte las aguas de la zona occidental de la reconformación y la lleve hasta la cuneta No. 3.

Los direccionadores de flujo consisten en bolsas de polipropileno llenas con arena cemento o tierra cemento, colocadas sobre el terreno como se muestra en el plano 1.

Conjuntamente con las obras antes citadas, se recomienda reparar y reconstruir las estructuras de entrega de los canales en la parte baja del área y terminar la que actualmente recibe las aguas de las cunetas No. 3 y 7.

Cabe anotar que dada la erodabilidad de la zona, la posibilidad de colmatación de los canales y la susceptibilidad al deterioro de los cortaflujos es recomendable ejecutar limpiezas y mantenimientos preventivos a estas obras, y en general a todas las obras de drenaje antes del inicio de las temporadas invernales.

10.2 OBRAS SECUNDARIAS

Luego de ejecutar las obras prioritarias y dada la posibilidad de que se presente nuevamente separación y caída de bloques desde las partes altas del talud, se propone la instalación de una malla hexagonal con agujeros de 50x70 mm y alambre de 2.7 mm de diámetro, fijada al terreno mediante pernos de varilla con diámetro 5/8" y platinas de fijación.

Por otro lado, como complemento al incremento de la estabilidad en la zona actualmente recubierta con malla-mortero, se recomienda como obra secundaria que en el momento en que la protección mencionada se deteriore, se realice una protección similar a la recomendada en las obras prioritarias y consistente en la conformación de una retícula de

vigas y columnas de concreto reforzado y llenando los espacios interiores con malla polipropileno rellena con grava.

En el ANEXO E y ANEXO D se presentan los planos de las obras recomendadas y las especificaciones técnicas de construcción, respectivamente

En el ANEXO C se presenta las cantidades de obra y presupuesto de las medidas recomendadas.

11 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 en diciembre de 2004.

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 de las obras, se deberá avisar al ingeniero geotecnista para realizar las modificaciones que sean necesarias.

12 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