

CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD	Unidades
Original		
Copia No 1		
Copia No 2		
Copia No 3		
Copia No 4		

CAMBIOS REALIZADOS

Versión	Cambios realizados	Fecha
1		
2		
3		
4		
5		

APROBACIÓN CAMBIOS

Versión	Realizó	Revisó	Aprobó	Observaciones	Fecha
1					
2					
3					
4					
5					

## 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 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>4.1 GEOLOGÍA</b>	<b>2</b>
4.1.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	2
4.1.2 LITOLOGÍA	2
4.1.3 TECTÓNICA	5
4.1.4 OBSERVACIONES DE CAMPO	5
<b>5 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO, PRUEBAS DE CAMPO Y ENSAYOS LABORATORIO</b>	<b>7</b>
5.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	7
5.2 PRUEBAS DE CAMPO	8
5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	8
<b>6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA</b>	<b>8</b>
6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO	9
6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	9
6.2.1 MATERIAL 1	9
6.2.2 MATERIAL 2	10
<b>7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS</b>	<b>10</b>
7.1 MURO DE CONTENCIÓN.	10
7.2 EXCAVACIONES Y RELLENOS	11
7.3 MANEJO DE AGUA	13
<b>8 PARÁMETROS SISMICOS DE DISEÑO</b>	<b>13</b>

<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>LIMITACIONES</b>	<b>15</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>15</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localización del proyecto y de la exploración del subsuelo	16
Figura 2	Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 117	17
Figura 3	Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 1A.	18
Figura 4	Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 219	19
Figura 5	Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 320	20
Figura 6	Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas apique 1	21
Figura 7	Muestras tomadas de los costados derecho e izquierdo del muro	22
Figura 8	Perfil geotécnico promedio	23
Figura 9	Carta de Plasticidad	24
Figura 10	Correlación Spt Material 1	25
Figura 11	Correlación Spt Material 2	26
Figura 12	Análisis de estabilidad general del muro en stable condición estática	27
Figura 13	Análisis de estabilidad general del muro condiciones Pseudoestáticas	28
Figura 14	Análisis de estabilidad durante la construcción	29

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Factores de Seguridad para condiciones estáticas y pseudo-estáticas	11
Tabla 2	Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio	30
Tabla 3	Parámetros obtenidos a partir de pruebas de campo y ensayos de laboratorio	31
Tabla 4	Obtención de parámetros a partir del ensayo de SPT	32

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B	MEMORIAS DE CÁLCULO
ANEXO C	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO
ANEXO D	PLANO

## Sitio 1 Barrio La Paz Centro

### Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001

#### 1 LOCALIZACIÓN

Localidad:	Santa Fé (03)
Barrio:	La Paz
UPZ:	92 La Macarena
Dirección	Avenida Circunvalar Carrera 1 con calle 23
Tipo de Riesgo:	Falla del Talud, Afectación Vía y vivienda
Fecha de Visita:	26 de Noviembre de 2004.

#### 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 hacer la estructura de contención requerida para la recuperación del tramo fallado (longitud aproximada de 10 metros) del muro ubicado en la Calle 23 No 1-58 sobre la Avenida Circunvalar el 16 de noviembre del 2004 por la fuerte temporada de lluvias.

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**

Desde hace varios años se ha observado el volcamiento del muro en el costado oriental de la avenida circunvalar en la altura de la calle 23 con carrera 1. En el mes de mayo la firma Moya y García Ltda. (MGL) mediante el Diagnóstico Técnico DI-2001 hizo algunas recomendaciones para corregir los problemas presentados en este sector de la ciudad. La recomendación adoptada fue el anclaje del muro en una longitud aproximada de 32m con anclajes separados 2.50m con longitudes alternadas de 30 y 40 m con tensión de 30 toneladas en cada anclaje.

El día 16 de noviembre después de una fuerte temporada de lluvias un tramo de aproximadamente 10 metros de longitud con altura entre 2.25 y 3.30m falló sobre la avenida circunvalar. Debido al deslizamiento del terreno soportado se afectó parte del muro de cerramiento (costados occidental y sur) y el patio anterior de la vivienda.

El 17 de noviembre por solicitud de la Dirección de Atención y Prevención de Emergencias de Bogotá se realizó una visita con el ingeniero Edgar E. Rodríguez G, por parte de la Sociedad Colombiana de Geotecnia, el ingeniero Javier Pava del DPAE, la Alcaldesa Menor de Santa Fe y otros funcionarios del DPAE de donde surgieron algunas conclusiones y recomendaciones sobre la falla del muro.

### **4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

#### **4.1 GEOLOGÍA**

##### **4.1.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**

La zona trabajada hace parte de la Sierra de Bogotá, específicamente en el Piedemonte del Cerro de Monserrate y presenta una morfología de ladera con pendientes que varían entre 15° y 45°. El sitio de estudio se encuentra sobre depósitos antrópicos de carácter arcilloso que cubren las arcillolitas multicolores de la Formación Bogotá. En la parte alta de la ladera afloran areniscas de la Fm. Cacho.

##### **4.1.2 LITOLOGÍA**

En este numeral se tiene como referencia información del Léxico Estratigráfico Internacional.

#### 4.1.2.1 Formación Cacho (Tic)



**Foto 1 Aspecto de las areniscas líticas de la Fm. Cacho, en la parte alta del barrio La Paz, cerca de la Av. Circunvalar (calzada norte-sur)**

**Nombre:** Propuesto por Scheibe (1918) como Arenisca del Cacho. El nombre de esta unidad procede del Pico del Cacho, ubicado al SW de Zipaquirá (Cundinamarca)

**Edad:** Paleoceno medio a superior.

**Área tipo:** Zona sur de la Sabana en donde da como afloramiento típico la Quebrada de San Cristóbal.

**Características físicas de la roca en el área tipo:** Arenisca de color pardo a blanco, de alrededor de 100 m de espesor, de tamaño de grano que va desde fino a grueso, más grueso en la base, con estratificación cruzada, con intercalaciones de lutitas amarillentas a blancuzcas. Esta arenisca destaca en el relieve formando crestones.

**Características físicas de la roca en el área de estudio:** Areniscas líticas, cementación media a baja, fracturamiento moderado, con intercalaciones delgadas de arcillolitas grises claras (Foto 1). Niveles de oxidación y estratificación y laminación interna inclinada. Algunos horizontes se presentan mejor cementados por concentración de óxidos de hierro.

**Distribución en el área de estudio:** La Formación Cacho aflora en la parte alta del Barrio La Paz. La Avenida Circunvalar, en su calzada sentido norte-sur se ubica sobre esta Formación.

#### 4.1.2.2 Formación Bogotá (Tsb)



**Foto 2 Recobro de las arcillolitas violáceas de la Fm. Bogotá.**

**Nombre:** Propuesto por Hubach (1933). El nombre de esta unidad procede de la ciudad de Bogotá.

**Edad:** Paleoceno superior - Eoceno medio.

**Área tipo:** Julivert le asigna como sección tipo el flanco oeste del sinclinal de Usme (Valle del Tunjuelo) a lo largo de la Quebrada Zo Grande y del filo al norte de esta quebrada.

**Características físicas de la roca en el área tipo:** Conjunto de arcillolitas abigarradas, predominantemente rojas, con intercalaciones de arenitas de unos metros de espesor pero con gran predominio de las arcillolitas.

**Características físicas de la roca en el área de estudio:** Está conformada por arcillolitas con variaciones locales a limolitas y arenitas lodosas de grano fino (Foto 2). Las arcillolitas son multicolores, con tonos variados de gris, blanco, rojo, pardo amarillo; generan suelos residuales de plasticidad media a alta, con variaciones fuertes de comportamiento de acuerdo al estado de humedad en que se presenten. Las areniscas tienen alto contenido en líticas, son de color blanco a pardo-amarillo, de grano fino a medio, y se presentan muy meteorizadas en los registros de la perforación llevada a cabo en la zona baja del barrio La Paz. en capas de menos de 3 metros de espesor. Estas litologías se formaron a partir de sedimentos depositados en ambientes continentales de tipo fluvial.

**Distribución en el área de estudio:** La Formación Bogotá aflora en la parte central del Barrio La Paz. Las perforaciones llevadas a cabo por Ingeniería y Georiesgos Ltda muestran que los rellenos antrópicos tienen espesores menores de 2 metros y que estos reposan sobre las arcillolitas multicolores típicas (con delgadas intercalaciones de areniscas líticas) de esta Formación (Foto 2).

### **Características geotécnicas y procesos morfodinámicos típicos:**

En general, en la zona de Piedemonte Sabanero, la Formación Bogotá presenta comportamiento de roca blanda o suelo residual arcilloso, con presencia de deslizamientos rotacionales y traslacionales generalmente de tamaños pequeños (menos de 500 m<sup>2</sup>), flujos de tierra y reptación (movimientos lentos) que pueden aumentar su velocidad por cambios marcados de humedad (inducidos por causas naturales como precipitaciones por encima de lo normal o por causas antrópicas como desempate de tuberías de acueducto o alcantarillado). La morfología de la zona del barrio La Paz corresponde al flanco occidental invertido del Anticlinal de Bogotá, que buza ladera adentro. En la zona de falla de los muros se presentan pequeños procesos superficiales que involucran suelos residuales de esta Formación y rellenos antrópicos arcillosos. Sin embargo, al sur de la zona parecen existir evidencias de procesos de remoción en masa (deslizamientos) de mayor tamaño.

#### **4.1.2.3 Coluvión de ladera**

Se observaron coluviones de tamaño considerable al sur de la zona de falla del muro. Son matriz-soportados en matriz limo-arcillosa e incluyen fragmentos pétreos subangulares de arenisca de tamaño variable, con máximo observado de 3 metros.

#### **4.1.2.4 Materiales antrópicos**

Los rellenos antrópicos observados y que constituyen el material involucrado en la falla del muro son de carácter arcilloso, con cantidades variables de basuras (plásticos, zapatos, fragmentos de ladrillos, etc.)

### **4.1.3 TECTÓNICA**

No se reporta la existencia de fallas cercanas de la zona de estudio en los mapas regionales existentes. Como ya se anotó, la zona corresponde al flanco occidental invertido que buza con inclinaciones variables entre 20 y 60° hacia el oriente, es decir, ladera adentro.

### **4.1.4 OBSERVACIONES DE CAMPO**

Se midieron rumbos y buzamientos en los afloramientos de arenisca de la Fm. Cacho, pues el carácter no fisible de las arcillolitas de la Fm. Bogotá hace difícil encontrar planos de estratificación. El dato de estratificación fue S = 90/17 (Acimut de buzamiento/buzamiento) o N-S/17E (rumbo/buzamiento), tomado con GPS submétrico en un punto con coordenadas 1001515 mE - 1001101mN, en la parte alta del barrio La Paz. En la Avenida Circunvalar (calzada norte-sur) S = 102/62 (Acimut de buzamiento/buzamiento) o N12E/62E (rumbo/buzamiento)

Las anteriores medidas indican que la disposición estructural de las rocas es favorable a la estabilidad. Sin embargo, las arcillolitas de la Fm. Bogotá se alteran a suelos residuales de plasticidad media a alta que fluyen o se deslizan, involucrando en general espesores menores de 3 metros, sin importar la disposición estructural; es decir, su comportamiento



es de suelo y no de macizo rocoso. Lo anterior puede explicar los comportamientos diferenciales de acuerdo al nivel de alteración: en zonas con desarrollo de suelo residual mayor, habrá mayor susceptibilidad a los procesos de inestabilidad, mientras que en las zonas del barrio en que afloran arcillolitas poco meteorizadas (Foto 3) la susceptibilidad será menor; de esta manera se sustentaría el hecho de encontrar casas con antigüedad aproximada de 50 años y otras zonas con pequeños deslizamientos o flujos de tierras activos.



**Foto 3 La zona central del barrio muestra el afloramiento de las arcillolitas no fisibles de la Fm. Bogotá.**

Existen problemas de estabilidad relativamente superficiales pero que pueden desestabilizar otros muros situados hacia el sur. Un muro al sur presenta combamiento; en algunos sectores sin muro, flujos de lodo han invadido el andén (Foto 4).



**Foto 4 El círculo muestra la zona de combamiento del muro ubicado al sur del muro fallado. También se puede apreciar (indicado por la flecha) la zona en que el andén ha sido invadido por material de un flujo de tierras**

## **5 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO, PRUEBAS DE CAMPO Y ENSAYOS LABORATORIO**

### **5.1 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, un sondeo mecánico y un apique, cuya distribución dentro de la zona se muestra en la Figura 1. Su localización obedeció a las características del terreno y a las zonas libres de construcción del barrio. Los trabajos fueron efectuados por una comisión de perforación coordinada por el ingeniero Malkú Alvarez.

Las profundidades alcanzadas en los tres sondeos manuales fueron 1.10, 3.05 y 2.0 m respectivamente. En el primer sondeo se detuvo la perforación por encontrar elementos de concreto propios del muro. En los otros dos sondeos las características de los materiales no permitieron continuar con el avance manual. Con la perforación mecánica se alcanzó una profundidad de 8.60 m. La profundidad alcanzada con el apique fue de 2.00m.

Para obtener parámetros del material de relleno del muro, se tomaron dos muestras de tubo shelby horizontalmente en el costado izquierdo y derecho del muro caído.

Los registros gráficos de todas las perforaciones junto con los parámetros índice y de resistencia al corte se muestran de la Figura 2a la Figura 6.

## 5.2 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 cuales consisten principalmente en rellenos arcillo-limosos y arcillolita.

Los resultados de dichas pruebas se muestran de manera gráfica de la Figura 2 a la Figura 6 y numérica en la Tabla 2.

## 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 : 17
- Granulometría : 5
- Límites de consistencia : 14
- Peso Unitario : 7
- Ensayo de compresión inconfiada : 5
- Corte Directo : 2

Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen de manera gráfica de la Figura 2 a la Figura 6 y de forma numérica en la Tabla 2. En el ANEXO A se adjuntan las memorias de cálculo de los ensayos de laboratorio.

## 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 3 y de las correlaciones obtenidas a partir del ensayo de SPT en la Tabla 4

## 6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO

A partir de la información obtenida en las actividades de exploración del subsuelo y de ensayos de campo y laboratorio, se elaboró el perfil estratigráfico promedio que se presenta en la Figura 8.

Básicamente, hasta la profundidad explorada se tienen las siguientes capas:

De 0.0m a 0.80/1.80m se encuentra un relleno arcillo limoso de color gris con algunos escombros de construcción, humedad media compacidad media.

De 0.80/1.80 a 8.60 Arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos consistencia dura, con algunas intercalaciones de arenisca muy meteorizada.

## 6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se presentan las propiedades geotécnicas de los diferentes materiales encontrados hasta la profundidad de exploración, las cuales se resumen en la Tabla 3.

### 6.2.1 MATERIAL 1

Está compuesto por un relleno arcillo limoso (78.2% de finos) de color gris con algunos escombros de construcción, humedad media (contenido de humedad promedio  $w_n$  22.3%) plasticidad media (índice de plasticidad IP promedio de 17.8%). consistencia blanda a media (resistencia al corte no drenada entre 3.9 y 14.9 Ton/m<sup>2</sup> y 3 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar). El peso unitario varia entre 1.91 y 2.17 Ton/m<sup>3</sup>). De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CL como se presenta en la Figura 9.

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:

Contenido de Humedad: 22.3 %

Límite Líquido: 36.6%

Límite Plástico: 18.8%

Índice de Plasticidad: 17.8%

Peso unitario Total: 1.90 Ton/m<sup>3</sup>

Peso unitario Seco: 1.55 Ton/m<sup>3</sup>

Módulo inicial de deformación no drenado: 298.9 Ton/m<sup>3</sup>.

Ángulo de fricción interna: 25.2° (obtenido por correlación de SPT, Tabla 4 y Figura 10)

Intercepto de Cohesión: 0 Ton/m<sup>2</sup>

## 6.2.2 MATERIAL 2

Arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos humedad baja (contenido de humedad 12%), plasticidad media a alta (índice de plasticidad IP entre 17.6% y 26.5%) consistencia firme a dura (resistencia al corte no drenada,  $C_u$ , entre 13 y 33 Ton/m<sup>2</sup> y entre 17 y más de 50 golpes por pie en la prueba de penetración estándar). El peso unitario varía entre 2.19 Ton/m<sup>3</sup> y 2.29 Ton/m<sup>3</sup>). Según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos clasifica como CL como se aprecia en la Figura 9.

Las propiedades asignadas al material 2, obtenidas como el promedio de los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados sobre muestras pertenecientes a este estrato son las siguientes:

- Contenido de humedad natural: 12%
- Límite líquido: 40%
- Límite Plástico: 19
- Índice de Plasticidad: 21%
- Peso unitario total: 2.23Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco: 2.02Ton/m<sup>3</sup>
- Módulo inicial de deformación no drenado: 1246Ton/m<sup>2</sup>
- Intercepto de cohesión: 5.0 Ton/m<sup>2</sup>
- Ángulo de fricción interna: 36° (Obtenido por correlación del SPT, Tabla 4 y Figura 11)

## 7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

### 7.1 MURO DE CONTENCIÓN.

De acuerdo con las condiciones del terreno y de los muros existentes en el sector se procedió a realizar un pre-dimensionamiento del muro.

Para determinar su conveniencia, se evaluaron los factores de seguridad por volcamiento, deslizamiento y capacidad portante tanto para condiciones estáticas como pseudo-estáticas. Adicionalmente se hicieron análisis de equilibrio límite para establecer la estabilidad general del sitio considerando el suelo, la estructura de contención y las sobrecargas existentes.

Como condiciones de análisis se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Como suelo de fundación se tomó el material 2 es decir la arcillolita gris. Como material de relleno se supuso un suelo de Peso Unitario 2.00 Ton/m<sup>3</sup> con ángulo de fricción interna de 30°. Detrás del muro se consideró el material 1 que corresponde al relleno arcillo limoso con escombros de construcción que corresponde al material que se encuentra en el sitio.

En primer lugar se analizó el sector más crítico, es decir el costado norte del muro fallado, por tener una altura mayor. La profundidad de cimentación se adoptó a 0.90 del nivel del andén. Se asumió una sobrecarga impuesta por la vivienda existente además de una inclinación del terreno. Para considerar los efectos de posibles movimientos sísmicos se consideró una aceleración horizontal de 0.30g, mediante la cual se calcularon los coeficientes de presión de tierras con las formulaciones de Monobe Okabe (condiciones activas) y Mueller Breslau (condiciones pasivas):

En el sector sur del muro la profundidad de cimentación es mayor debido a la inclinación del terreno, en este punto es de 1.495 m a partir del nivel del andén.

Los factores de seguridad obtenidos para el muro se muestran en la Tabla 1, las memorias de cálculo para cada uno de los costados se muestran en el ANEXO B

<b>Condición</b>	<b>Criterio</b>	<b>Costado Norte</b>	<b>Costado Sur</b>
<b>Estática</b>	Volcamiento	6.36	5.49
	Deslizamiento	2.74	2.66
	Capacidad portante	17.36	17.69
<b>Pseudos-Estática</b>	Volcamiento	2.19	2.00
	Deslizamiento	1.00	1.00
	Capacidad Portante	13.21	13.09

**Tabla 1 Factores de Seguridad para condiciones estáticas y pseudo-estáticas**

Además se analizó la estabilidad general del muro mediante STABLE V.5 para condiciones estáticas y con sismo obteniendo factores de seguridad de 2.90 y 1.30 respectivamente De las misma manera se hizo un análisis para determinar las condiciones de estabilidad durante la construcción del muro con un factor de seguridad de 1.79. Se presentan los resultados de los análisis de la Figura 12 a la Figura 14.

## **7.2 EXCAVACIONES Y RELLENOS**

Para la construcción del muro es necesario realizar excavaciones para implantar la zapata y el diente por lo cual se debe demoler el andén existente, retirar el material deslizado y cortar parte del terreno natural (relleno y materiales arcillosos).

Para los taludes de corte se propone emplear todo el espacio disponible entre el borde de la zapata del muro y el paramento del acceso a la vivienda existente, para lo cual se tienen inclinaciones máximas de 60 grados a partir de la horizontal.

Se propone construir el muro en dos etapas:

Etapa 1: Costado Sur – Longitud 7.50 m. Comprende el retiro del material deslizado, la excavación del terreno natural, la construcción del muro de concreto reforzado y la instalación del relleno posterior en material granular, junto con los drenes horizontales y filtros granulares. El relleno en el costado Norte se debe disponer inicialmente con un ángulo inferior al de reposo del material granular empleado (del orden de 30°) a fin de evitar su inestabilización una vez se realicen la excavación de la segunda etapa.

Etapa 2: Costado Norte – Longitud 2.42 m. Comprende el retiro del material deslizado, la excavación del terreno natural, la construcción del muro de concreto reforzado, completar la construcción del relleno junto con los drenes horizontales y filtros granulares.

Se debe minimizar el tiempo de construcción para lo cual no se deben iniciar los trabajos de excavación antes de disponer en obra de todos los materiales necesarios para la realización de los trabajos.

Las excavaciones deben realizarse con equipos y procedimientos que minimicen la alteración y remoldeo de los materiales de los taludes.

Durante la realización de la excavación y el tiempo que estas permanezcan abiertas se debe retirar la tensión del anclaje más próximo a cada extremo del sitio de excavación.

Durante el tiempo que duren las excavaciones abiertas si se esperan lluvias, es necesario mantener cubierto los taludes a fin de evitar el ablandamiento de los materiales del subsuelo lo cual compromete la estabilidad de los cortes.

A fin de evitar la inestabilidad en los taludes laterales se deben instalar tablestacas o trinchos temporales entre los taludes de corte y los rellenos compactados detrás del muro que permitan continuar con las excavaciones y rellenos.

Los rellenos se deben realizar con materiales granulares libres de materia orgánica, restos de madera o cualquier otra sustancia indeseable que pueda perjudicar la estabilidad de la estructura de contención.

El relleno se debe compactar en capas de espesor inferior a 15 cm, a humedad óptima y hasta lograr un peso unitario seco de al menos el 95% del peso unitario máximo del ensayo proctor modificado.

En la corona del talud (acceso y patio anterior de la vivienda) se debe evitar cualquier tipo de sobrecarga durante la construcción.

Dada las limitaciones de espacio y la existencia de estructuras próximas a la zona de construcción la compactación del relleno se debe realizar con equipos de compactación manual.

En el tiempo de excavación y relleno es necesario realizar una inspección continua de los alrededores a fin de detectar agrietamientos, distorsiones u otras evidencias de inestabilidad. En caso de encontrar evidencias de inestabilidad se debe dar aviso oportuno al Diseñador, a fin de tomar las medidas correctivas necesarias

### **7.3 MANEJO DE AGUA**

A fin de evitar se presenten presiones sobre el muro por la presencia de agua subterránea, se propone construir un sistema de drenaje apropiado para evacuar el agua que pueda fluir por el subsuelo o que se infiltre desde la superficie del terreno.

El sistema de drenaje consiste en la construcción de un filtro en la parte posterior del muro aproximadamente 2.5 m de altura a lo largo de toda su longitud. Además de tres filtros granulares con un ancho de 0.40m y una separación del orden de 5.00m sobre el talud de excavación y la base del muro en la base del relleno que recogen el caudal en el filtro longitudinal, la pendiente de los filtros granulares en la base del muro debe ser del orden de 3 %.

Adicionalmente, se propone el empleo de dos filas de drenes horizontales de 3” de diámetro con inclinación de 3% hacia la cara del talud los cuales capten rápidamente el agua lluvia que se infiltra en el terreno y la conduzcan hacia la cara del muro. Los filtros horizontales deberán ser en PVC con ranuras cada 15 cm y recubiertos con geotextil tipo NT2000.

Durante la construcción se debe evitar la infiltración y contacto del agua con los materiales del terreno, por lo cual se debe evitar al máximo fugas desde las redes domiciliarias y el contacto de los taludes de corte y los materiales de relleno con las aguas lluvias.

Adicionalmente, durante el proceso de compactación se debe cuidar que no se destruyan las tuberías de drenaje..

## **8 PARÁMETROS SISMICOS DE DISEÑO**

De acuerdo con el “La Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá”, el Barrio La Paz se encuentra en la zona 2 de Piedemonte con una Aceleración Máxima de 0.3g.



## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la zona de estudio se reconocieron dos tipos de materiales. El primero corresponde a un relleno arcillo limoso de color gris con algunos escombros de construcción. El segundo material corresponde a una arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos consistencia dura, con algunas intercalaciones de arenisca muy meteorizada. La arcillolita pertenece a la formación Bogotá.

Como estructura de contención se propone la construcción de un muro de concreto reforzado y un sistema de drenaje de las aguas subterráneas o infiltradas. En el plano anexo se presentan las características y dimensiones de la estructura de contención propuesta.

Para la construcción de la zapata del muro es necesario la demolición de cierta parte del andén y de la cimentación del muro fallado.

La profundidad de cimentación en el costado norte es de 0.90m sobre la arcillolita gris con tonos rojizos, mientras que en el costado sur es de 1.495m a partir del nivel del andén.

Se propone la construcción del muro en dos etapas, la primera de 7.5 m en el costado sur y la segunda en el costado norte de 2.42 m. Ver numeral excavación y relleno.

Junto con el muro se propone la construcción de un sistema de drenaje compuesto por filtros granulares y drenes horizontales que capten las aguas subterráneas y la infiltración de las aguas lluvias. Ver numeral Manejo de Aguas

Durante la realización de la excavación y el tiempo que estas permanezcan abiertas se debe retirar la tensión del anclaje más próximo a cada extremo del sitio de excavación.

Dada las características de los taludes y la presencia de viviendas en las proximidades las obras se deben realizar en el menor tiempo posible. Para lo cual no se debe iniciar los trabajos antes de todos los materiales disponibles necesarios para la ejecución de los trabajos.

En la corona del talud (acceso y patio anterior de la vivienda) se debe evitar cualquier tipo de sobrecarga durante la construcción.

Como parte vital de la construcción del muro se debe evitar el contacto de los materiales con el agua. Así como es fundamental la construcción del sistema de drenaje para evitar las presiones de agua infiltrada en el material de relleno y el terreno natural.

## 10 LIMITACIONES

Los resultados, conclusiones y recomendaciones fueron obtenidas a partir de la información recopilada y de los resultados de los sondeos manuales, mecánicos, apiques y ensayos de laboratorio ejecutados entre noviembre y 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 la 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.

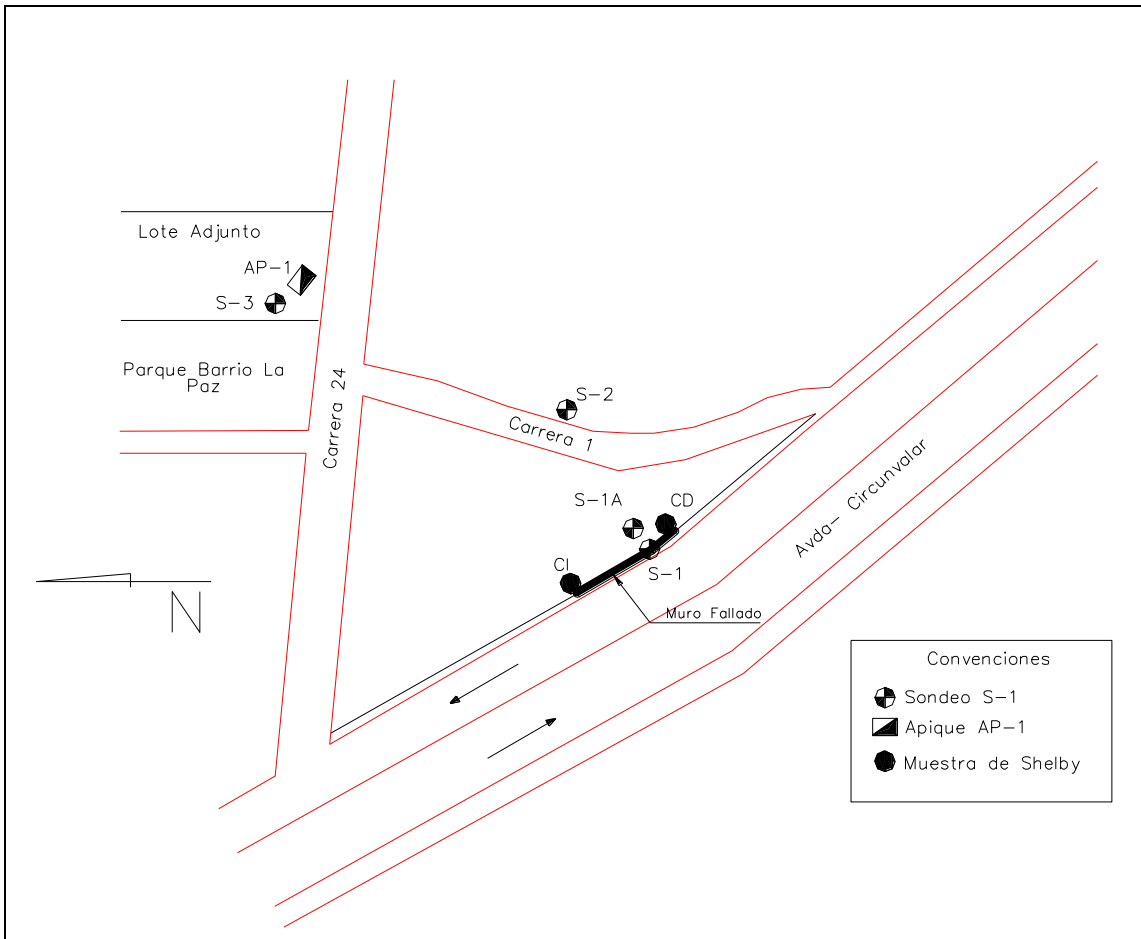


Figura 1 Localización del proyecto y de la exploración del subsuelo

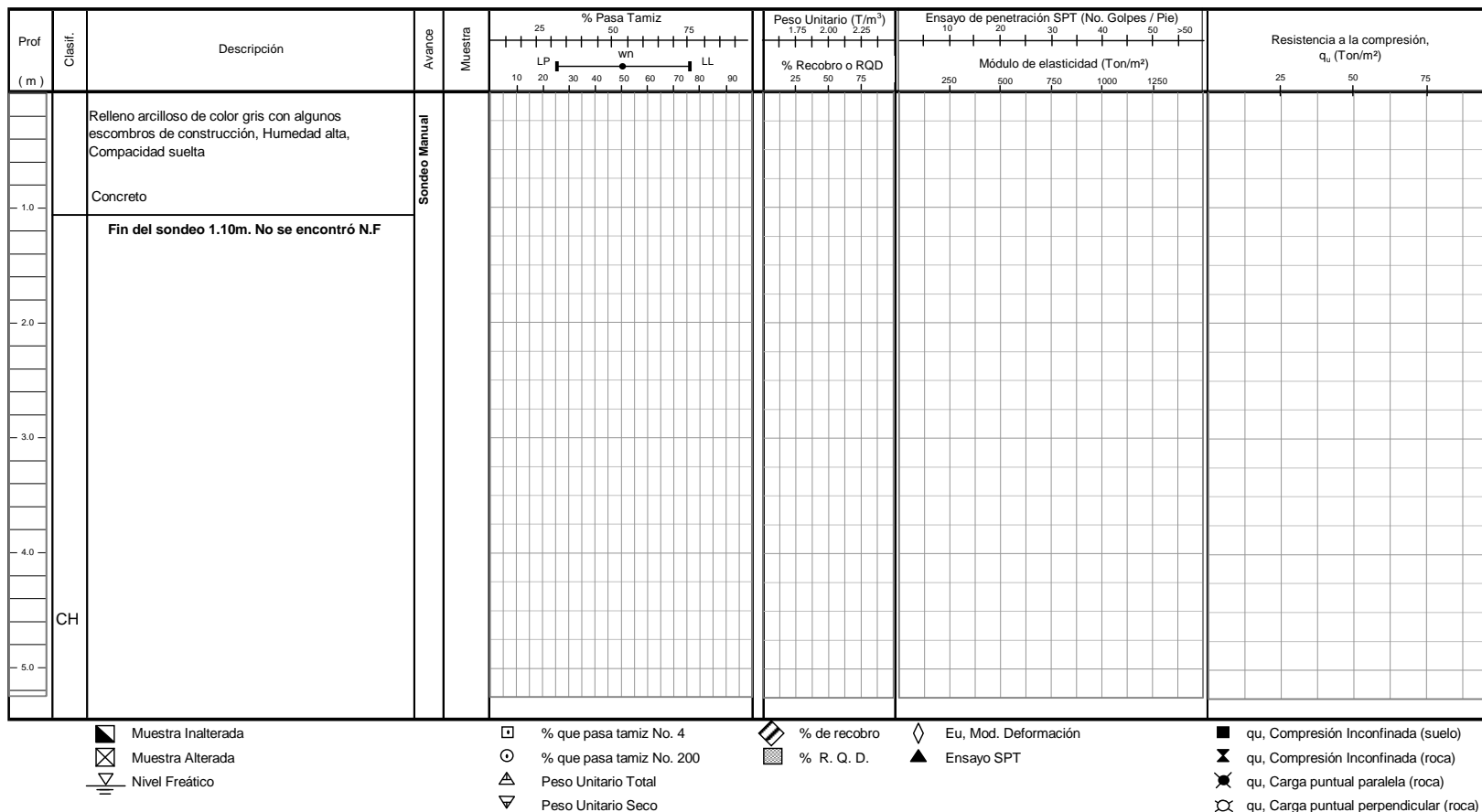
**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

**PROYECTO:** MURO CALLE 23 NUMERO 1-58 BARRIO LA PAZ

**SONDEO No:** S-1

**LOCALIZACIÓN:** Parte Posterior Muro

**FECHA:** NOVIEMBRE DE 2004



**Figura 2 Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 1**

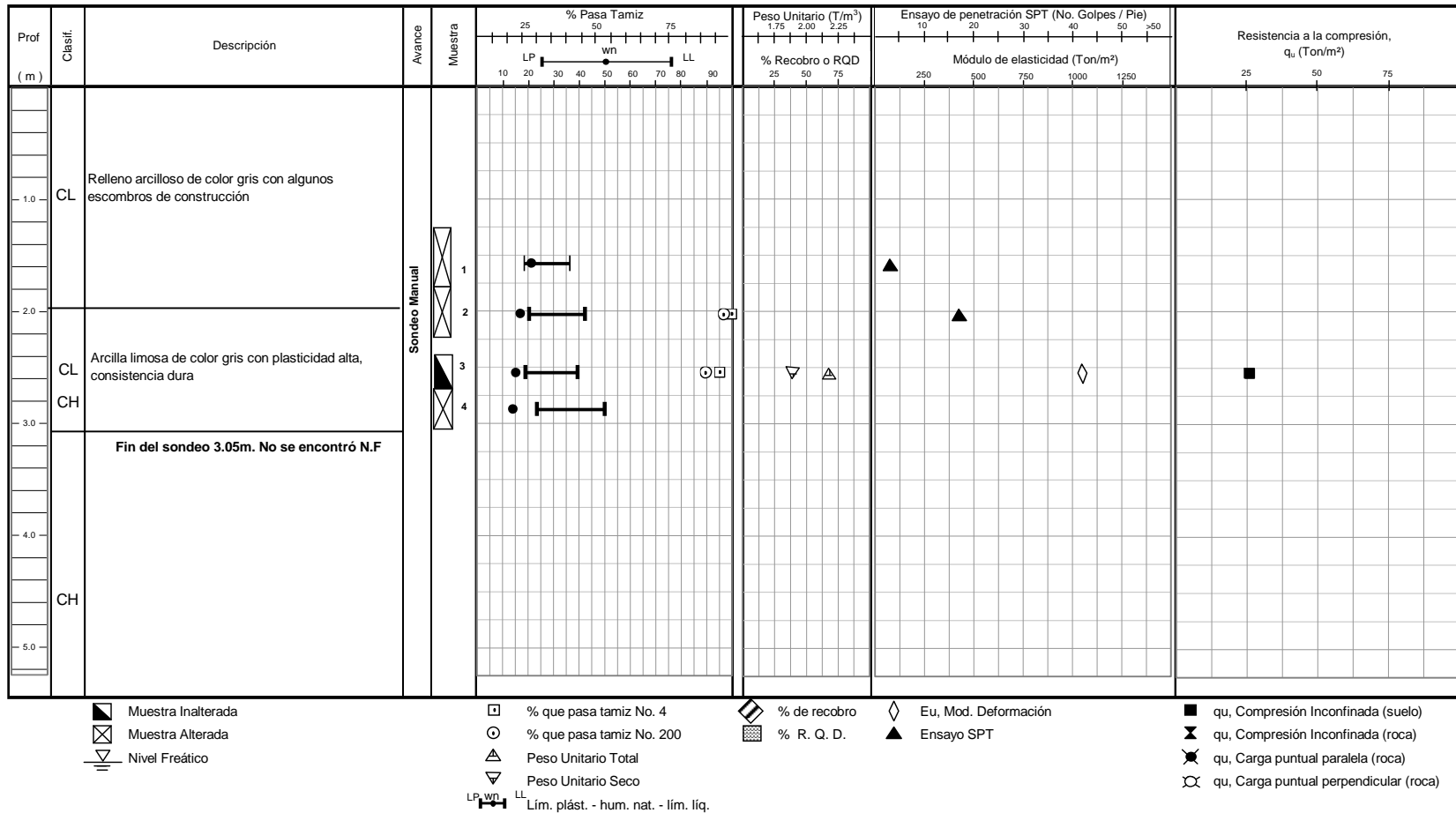
**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

**PROYECTO:** MURO CALLE 23 NUMERO 1-58 BARRIO LA PAZ

**SONDEO No:** S-1A

**LOCALIZACIÓN:** Parte Posterior Muro

**FECHA:** NOVIEMBRE DE 2004



**Figura 3 Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 1A.**

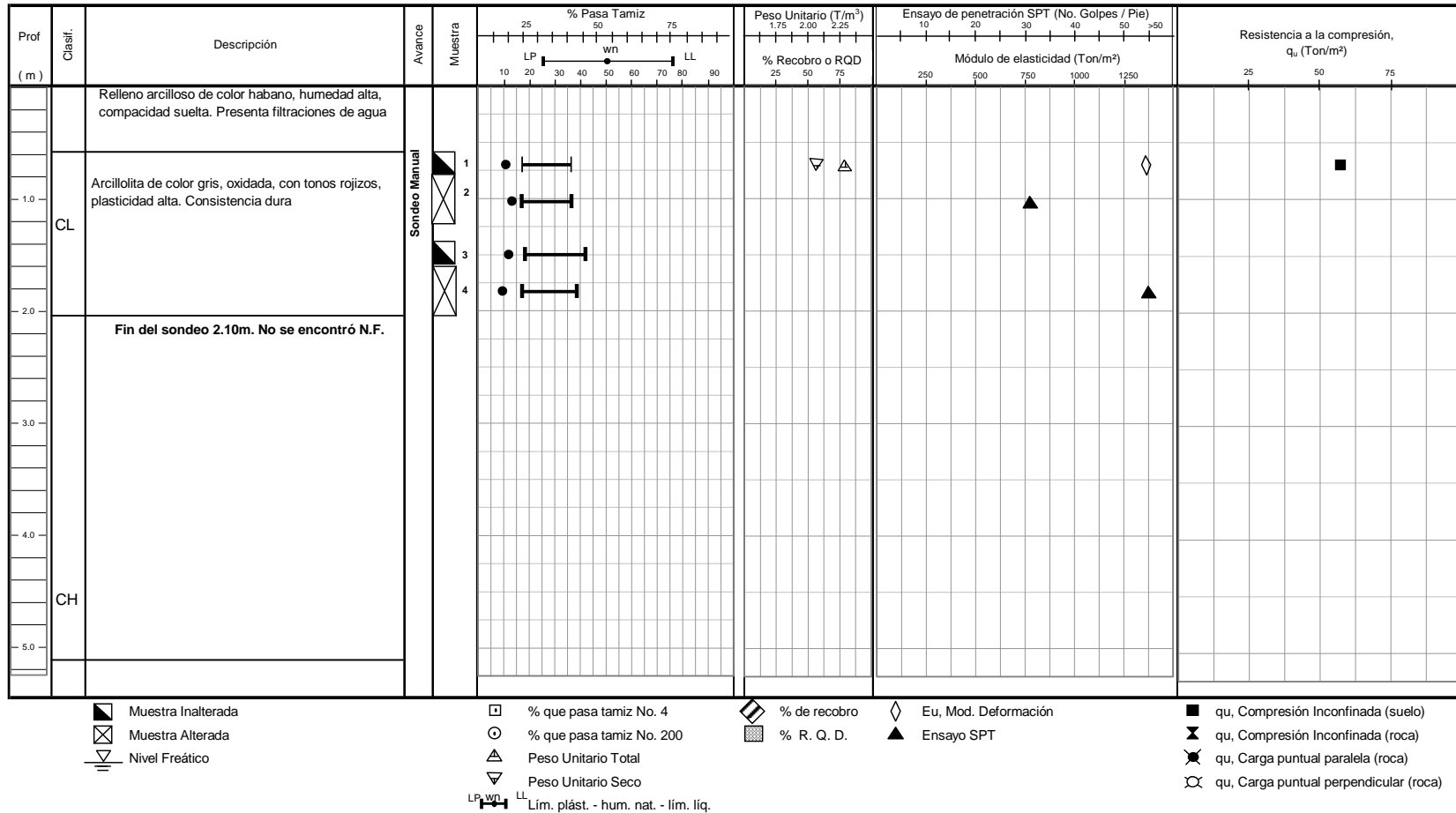
**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

**PROYECTO:** MURO CALLE 23 NUMERO 1-58 BARRIO LA PAZ

**SONDEO No:** S-2

**LOCALIZACIÓN:** Carrera 1 entre Av Circunvalar y Parque Barrio la Paz

**FECHA:** NOVIEMBRE DE 2004



**Figura 4 Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 2**

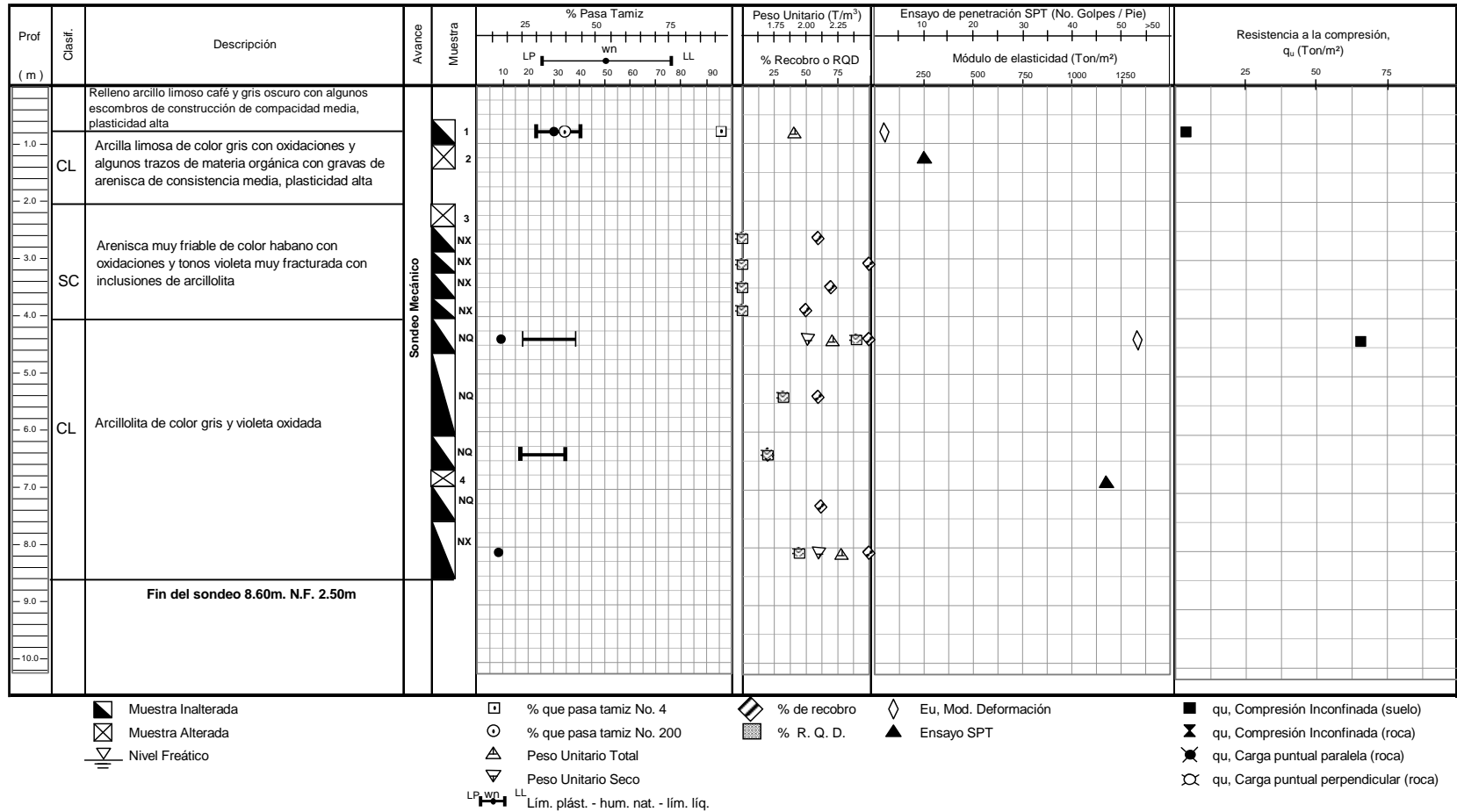
**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

**PROYECTO:** MURO CALLE 23 NUMERO 1-58 BARRIO LA PAZ

**SONDEO No:** S-3

**LOCALIZACIÓN:** Lote Adjunto al Parque Barrio la Paz

**FECHA:** DICIEMBRE DE 2004



**Figura 5 Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas Sondeo 3**

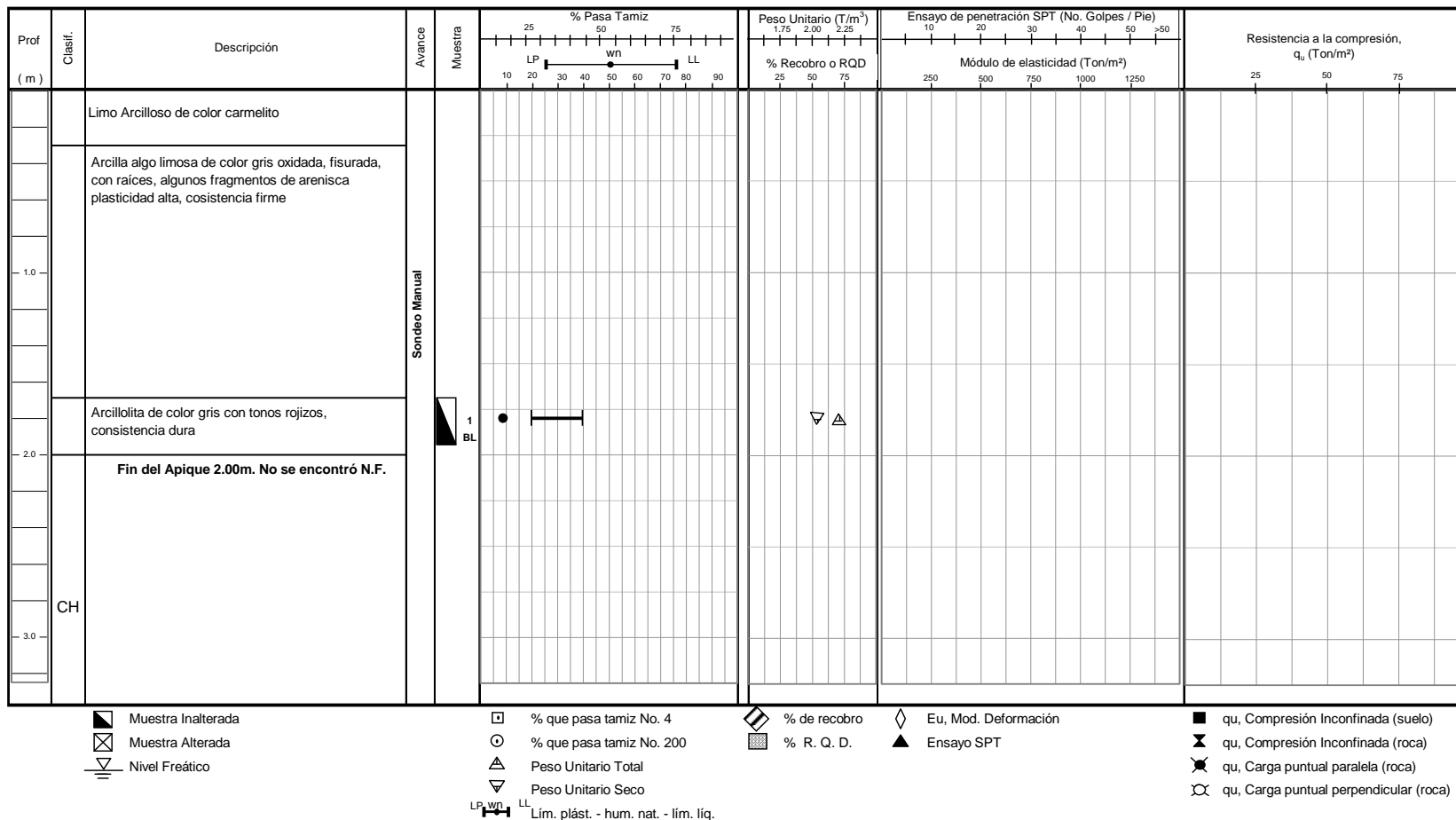
**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

**PROYECTO:** MURO CALLE 23 NUMERO 1-58 BARRIO LA PAZ

**APIQUE No:** AP-1

**LOCALIZACIÓN:** Lote adjunto parque Barrio La Paz

**FECHA:** NOVIEMBRE DE 2004



**Figura 6 Registros de perforación y resúmenes gráficos de propiedades geomecánicas apique 1**



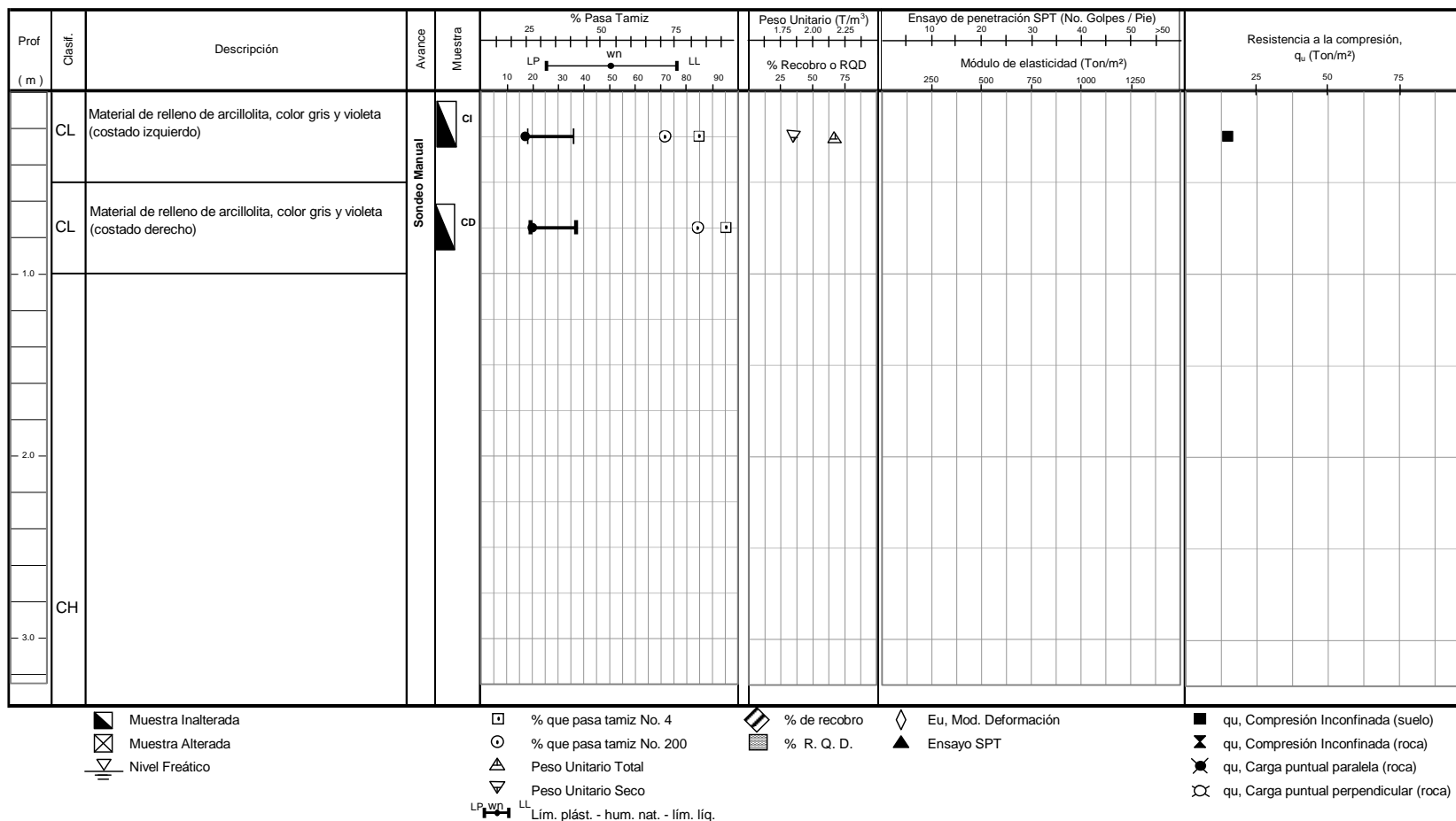
**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

**PROYECTO:** MURO CALLE 23 NUMERO 1-58 BARRIO LA PAZ

**APIQUE No:** MUESTRAS LATERALES

**LOCALIZACIÓN:** Costado Norte y Sur del Muro Fallado

**FECHA:** NOVIEMBRE DE 2004



**Figura 7 Muestras tomadas de los costados derecho e izquierdo del muro**

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias  
Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001

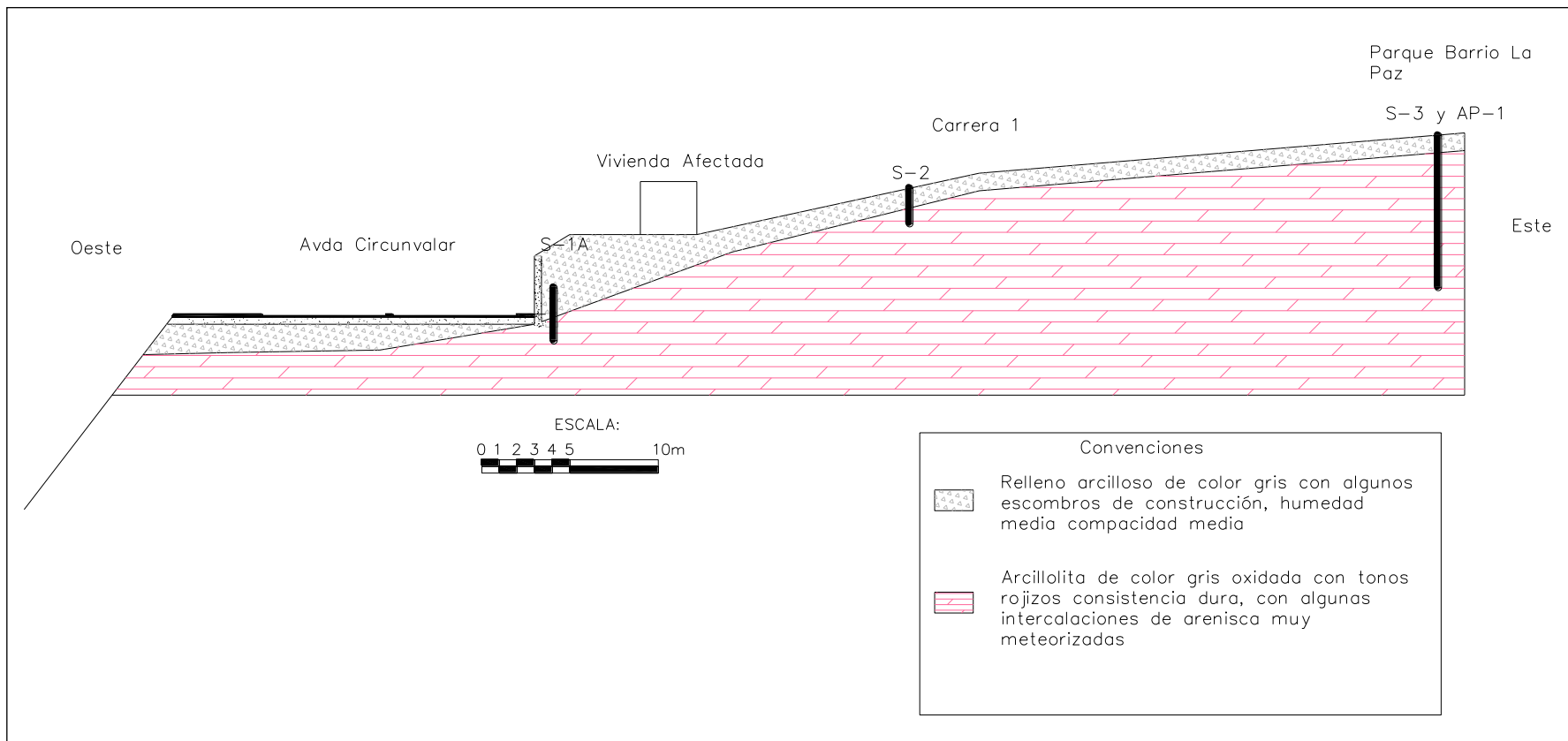
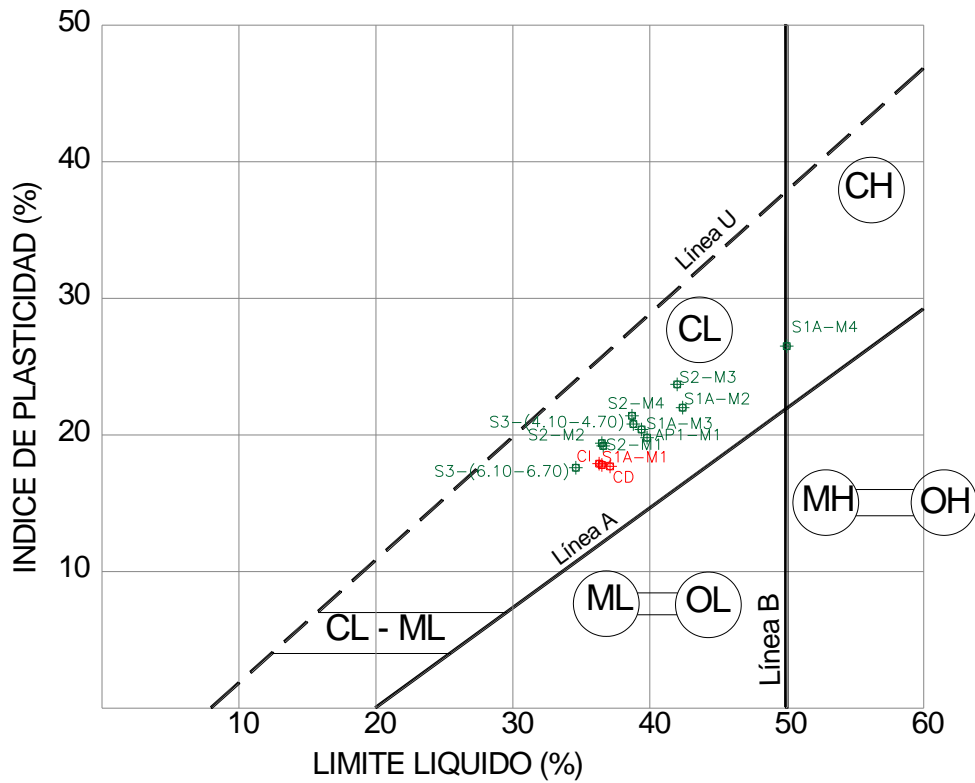


Figura 8 Perfil geotécnico promedio



Convenciones	
+	Relleno arcilloso de color gris con algunos escombros de construcción, humedad media compacidad media
+	Arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos consistencia dura, con algunas intercalaciones de arenisca muy meteorizadas

**Figura 9 Carta de Plasticidad**

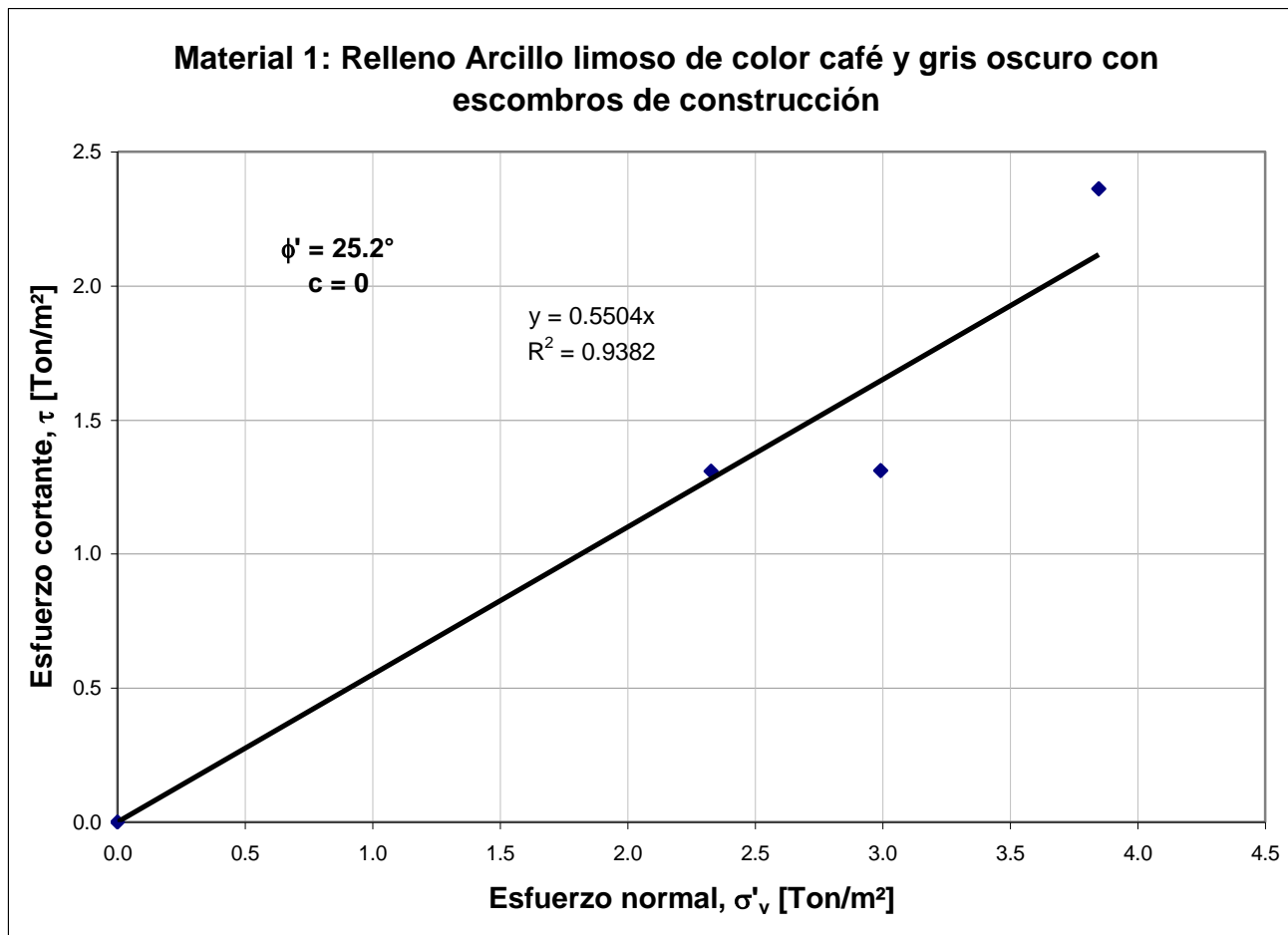


Figura 10 Correlación Spt Material 1

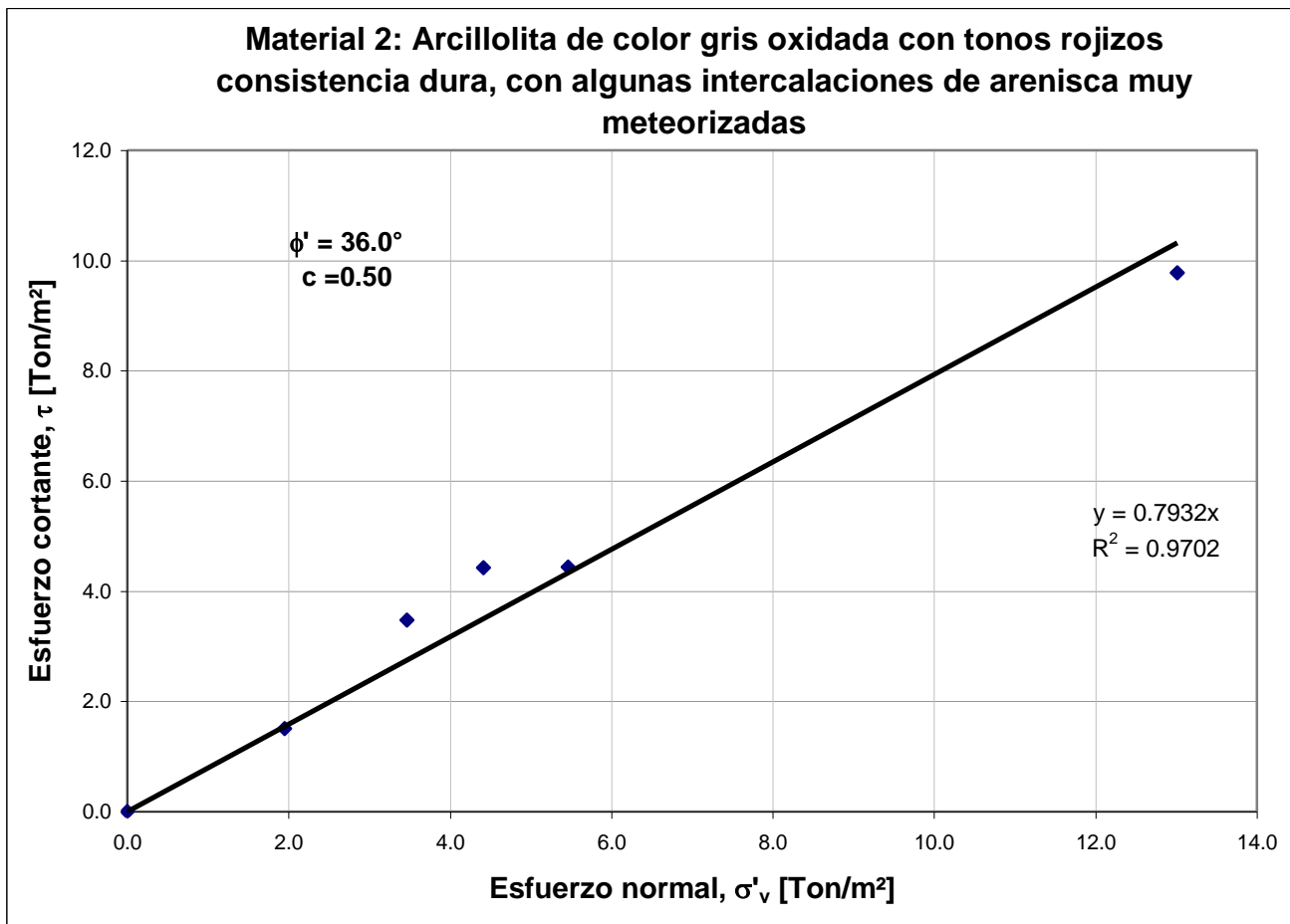
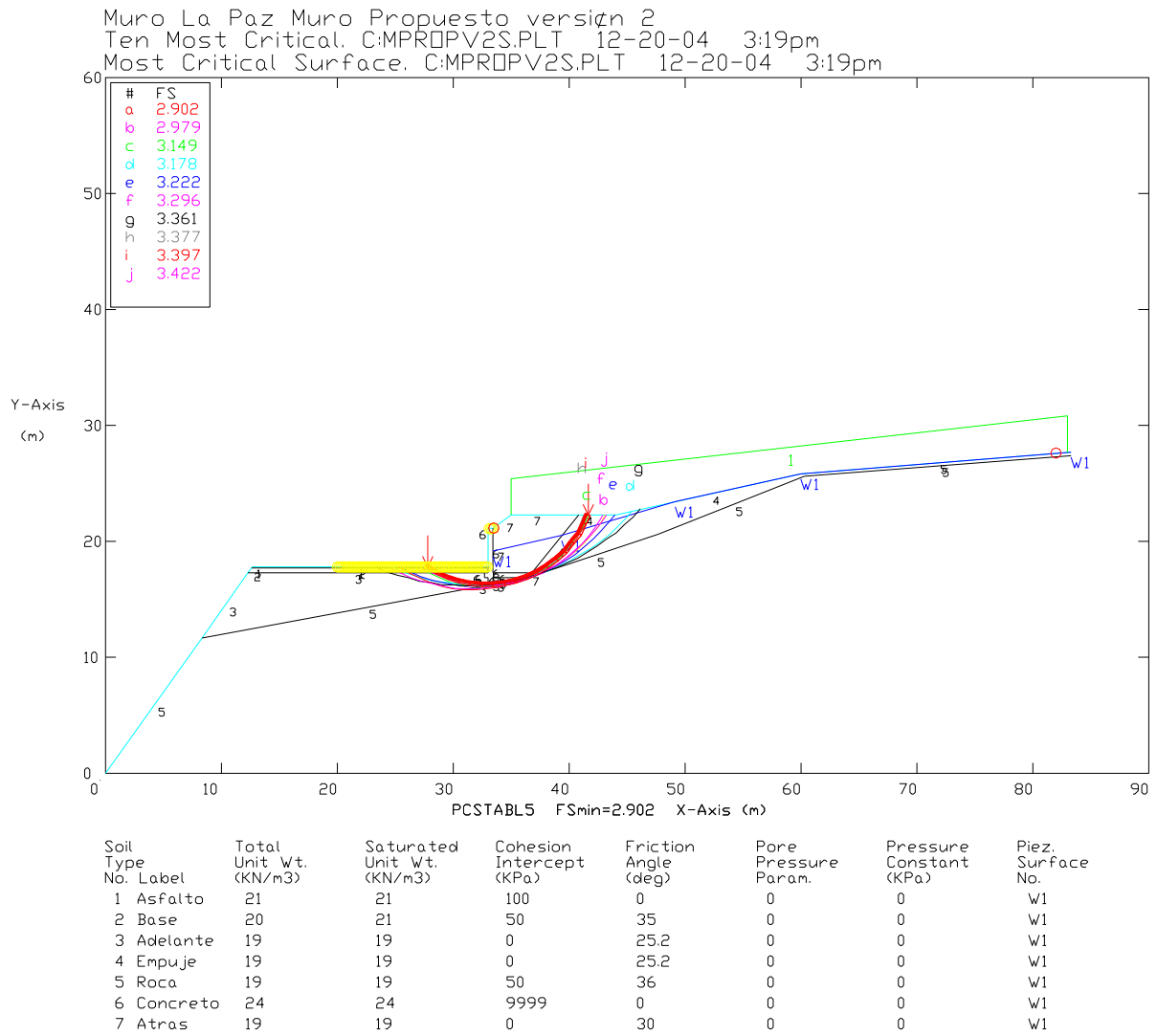
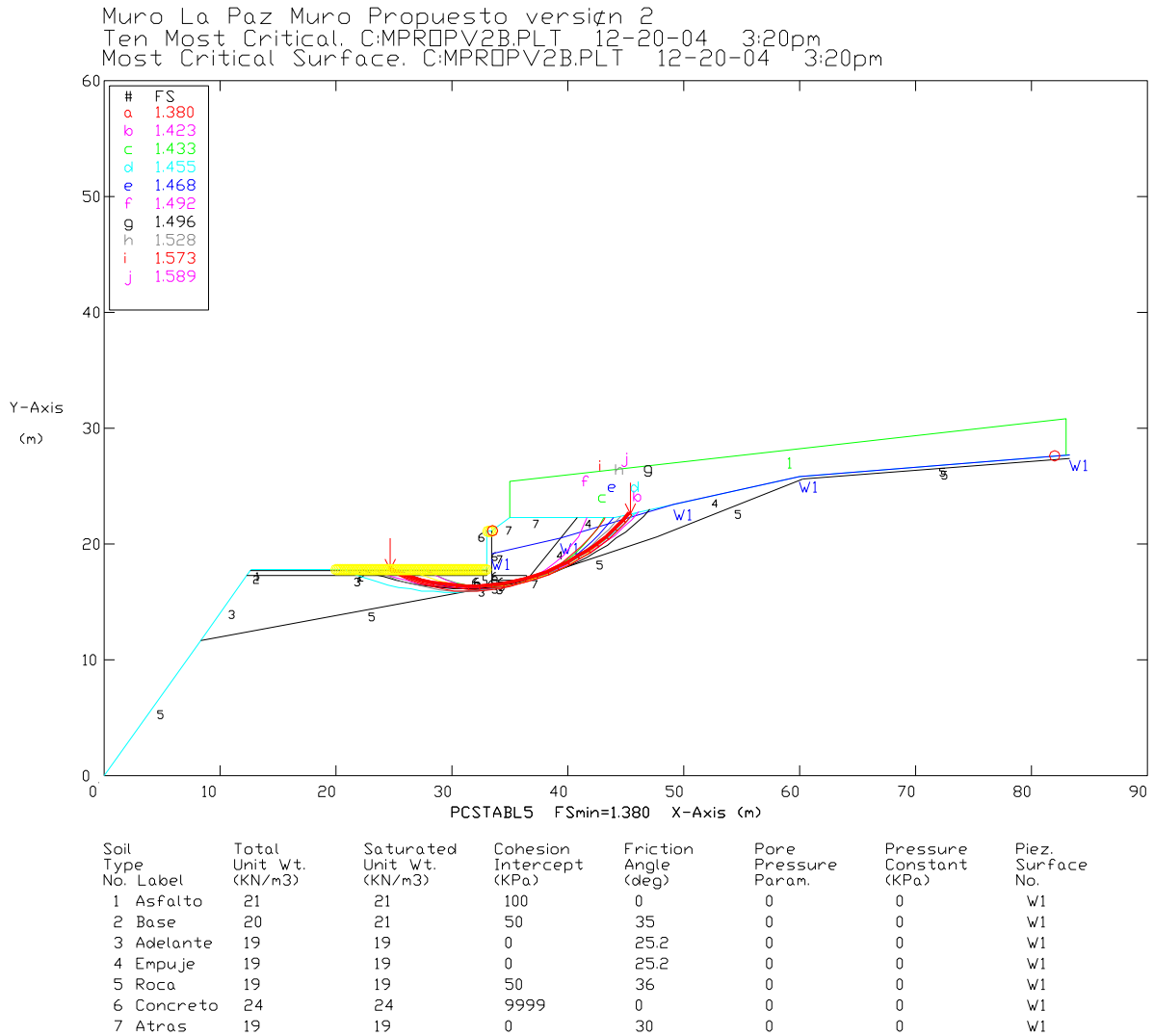


Figura 11 Correlación Spt Material 2

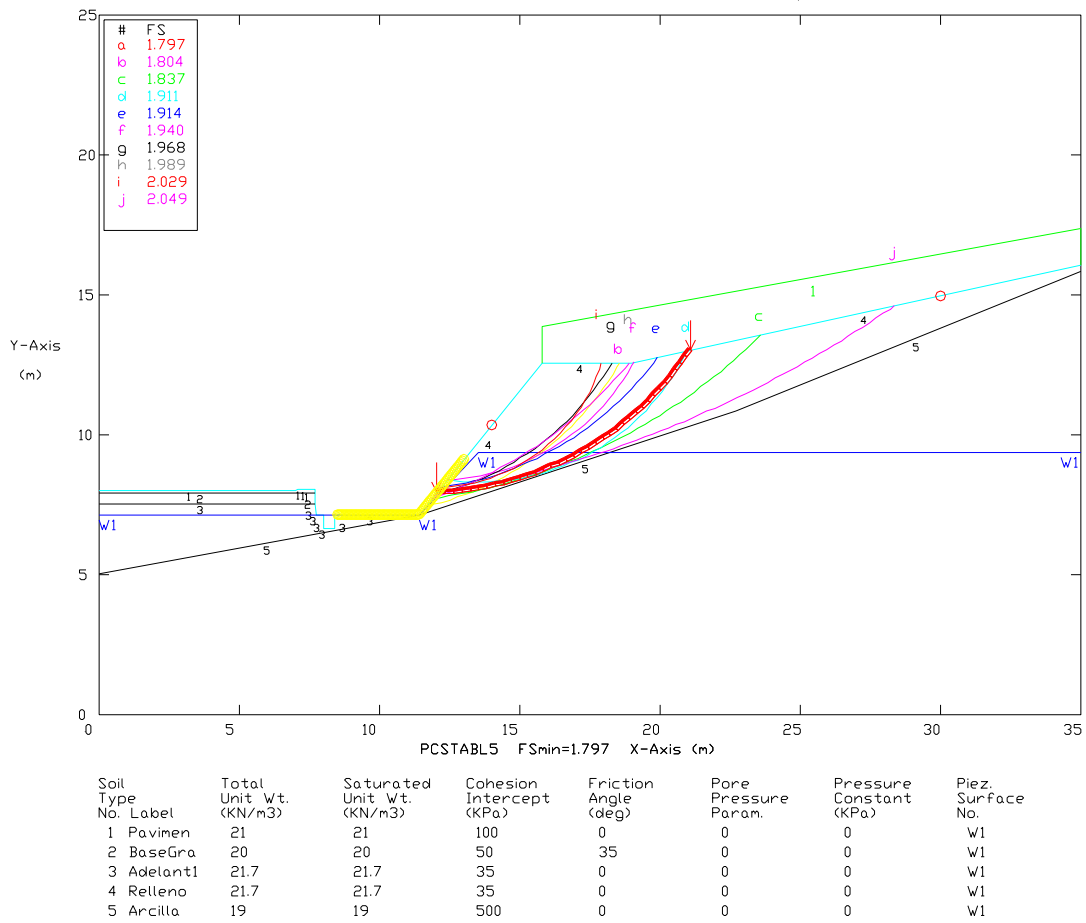


**Figura 12 Análisis de estabilidad general del muro en stable condición estática**



**Figura 13 Análisis de estabilidad general del muro condiciones Pseudoestáticas**

Muro La Paz Talud de Construcción - Par. No Drenados  
 Ten Most Critical. C:CONSTR~2.PLT 12-20-04 3:15pm  
 Most Critical Surface. C:CONSTR~2.PLT 12-20-04 3:15pm



**Figura 14 Análisis de estabilidad durante la construcción**



**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

PROYECTO: MURO BARRIO LA PAZ CALLE 23 No 1-58

Nomenclatura	Tipo de exploración	Muestra					USCS	w <sub>n</sub> (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ <sub>t</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	Compresión Inconfinada		N	Corte Directo	
		No.	Tipo	de	a	Prof. Media											q <sub>u</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	E <sub>50</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )		Golpes/Pies	c' <sub>p</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )
S1A-M1	SONDEO MANUAL	1	SS	1.35	1.80	1.58	CL	21.4				36.5	18.7	17.8				3			
S1A-M2	SONDEO MANUAL	2	SS	1.80	2.25	2.03	CL	17	0.0	3.1	96.9	42.4	20.4	22.0				17			
S1A-M3	SONDEO MANUAL	3	SH	2.40	2.70	2.55	CL	15.3	4.6	5.6	89.8	39.4	19.0	20.4	2.189	1.899	26	1048.78			
S1A-M4	SONDEO MANUAL	4	SS	2.70	3.05	2.88	CH	14.1				50	23.5	26.5				48			
S2-M1	SONDEO MANUAL	1	SH	0.60	0.80	0.70	CL	10.9				36.6	17.4	19.2	2.29	2.065	57.4	1360.19			
S2-M2	SONDEO MANUAL	2	SS	0.80	1.25	1.03	CL	13.3				36.5	17.1	19.4				31			
S2-M3	SONDEO MANUAL	3	SH	1.40	1.60	1.50	CL	12				42	18.3	23.7							
S2-M4	SONDEO MANUAL	4	SS	1.60	2.05	1.83	CL	9.7				38.7	17.3	21.4				70			
S3-M1	SONDEO MECANICO	1	SH	0.60	1.00	0.80		30.2							1.909	1.466	3.9	45			
S3-M1	SONDEO MECANICO	1	SH	0.60	1.00	0.80	CL	30.2				40.6	23.2	17.4							
S3-M2	SONDEO MECANICO	2	SS	1.00	1.45	1.23												6			
S3-M3	SONDEO MECANICO	3	SS	2.10	2.55	2.33	SC-SM	11.9	4.0	61.4	34.6	NL	NP					96			
S3-(4.10-4.70)	SONDEO MECANICO	---	NQ	4.10	4.70	4.40	CL	9.5				38.8	18	20.8	2.208	2.016	65.9	1330.56			
S3-(6.10-6.70)	SONDEO MECANICO	---	NQ	6.10	6.70	6.40	CL	12.9				34.6	17	17.6							
S3-M4	SONDEO MECANICO	4	SS	6.70	7.00	6.85													50		
S3-(7.60-8.60)	SONDEO MECANICO	---	NQ	7.60	8.60	8.10		8.48							2.279	2.101				12.5	31.5
AP1-M1	APIQUE	1	BL	1.70	1.90	1.80	CL	8.8				39.8	20	19.8	2.215	2.036				4.4	37.5
CD	SONDEO MANUAL	1	SH	-----	-----	-----	CL	20.2	4.5	10.9	84.6	37.1	19.4	17.7							
CI	SONDEO MANUAL	1	SH	-----	-----	-----	CL	17.4	15.0	13.2	71.8	36.3	18.4	17.9	2.17	1.848	14.9	552.73			

- **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
- **IL:** Índice de contracción
- **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
- **I<sub>50</sub>:** Índice de carga puntual
- **c'<sub>p</sub>:** Intercepto de cohesión (pico)
- **φ'<sub>p</sub>:** Ángulo de fricción interna (pico)
- **N:** Número de golpes por pie obtenidos en la prueba de penetración estándar, SPT

**Tabla 2 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio**

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

Material	Descripción	Profundidad (m)			USCS	w <sub>n</sub> (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ <sub>t</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> (Ton/m <sup>3</sup> )	E <sub>u50</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )	φ' (°)	c' (Ton/m <sup>2</sup> )	c <sub>u</sub> (Ton/m <sup>2</sup> )
		de	a	media														
1	Relleno arcilloso de color gris con algunos escombros de construcción, humedad media compacidad media	0.00	1.80	0.90	CL	22.3	9.8	12.1	78.2	36.6	18.8	17.8	2.0	1.7	298.9	25.2	0.0	4.7
2	Arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos consistencia dura, con algunas intercalaciones de arenisca muy meteorizadas	1.80	8.60	5.20	CL	12	2.9	23.4	73.8	40	19	21	2.23	2.02	1246	34.5	8.5	24.9

- USCS** Clasif. del material en el Sistema Unificado de Clasif. de Suelos  
**w<sub>n</sub>** Contenido de humedad natural  
**A** Porcentaje de arena  
**F** Porcentaje de finos  
**LL** Límite líquido (de la fracción fina)  
**LP** Límite plástico (de la fracción fina)  
**IP** Índice de plasticidad (de la fracción fina)  
**γ<sub>t</sub>** Peso unitario total  
**γ<sub>d</sub>** Peso unitario seco  
**E<sub>u50</sub>** Modulo de deformación no drenado  
**E<sub>s</sub>** Modulo de deformación  
**φ'** Ángulo de fricción interna  
**c'** Intercepto de cohesión  
**c<sub>u</sub>** Resistencia al corte no drenada

**Tabla 3 Parámetros obtenidos a partir de pruebas de campo y ensayos de laboratorio**

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias**  
**Sitio 1 Barrio La Paz Centro Diagnóstico Técnico No. DI-2196 DT-001**

Sondeo	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
		de	a	media	1	2	3							
S-1A	M1	1.35	1.80	1.575	1	1	2	3	n.e.	1	1.90	2.99	2.99	0.30
S-1A	M2	1.80	2.25	2.025	6	6	11	17	n.e.	1	1.90	3.85	3.85	0.38
S-1A	M4	2.70	3.05	2.875	15	28	20	48	n.e.	2	1.90	5.46	5.46	0.55
S-2	M2	0.80	1.25	1.025	12	16	15	31	n.e.	2	1.90	1.95	1.95	0.19
S-2	M4	1.60	2.05	1.825	30	30	40	>50	n.e.	2	1.90	3.47	3.47	0.35
S-3	M2	1.00	1.45	1.225	2	4	6	10	n.e.	1	1.90	2.33	2.33	0.23
S-3	M3	2.10	2.55	2.325	26	36	40	>50	n.e.	2	1.90	4.42	4.42	0.44
S-3	M4	6.70	7.00	6.850	12	27	20	47	n.e.	2	1.90	13.02	13.02	1.30

C <sub>N</sub>								C <sub>N</sub> (prom)
Peck	Seed	Meyerhoff-Ishihara	Liao-Whitman	Skemp-ton	Seed-Idriss	Schmert-mann	Gonzá-lez	
1.403	1.655	1.701	1.828	1.539	1.739	1.997	1.524	1.673
1.319	1.519	1.567	1.612	1.444	1.585	1.805	1.415	1.533
1.202	1.328	1.364	1.353	1.293	1.370	1.527	1.263	1.338
1.546	1.888	1.900	2.000	1.674	2.000	2.000	1.711	1.840
1.354	1.575	1.624	1.698	1.485	1.649	1.885	1.460	1.591
1.487	1.791	1.823	2.000	1.622	1.893	2.000	1.633	1.781
1.273	1.444	1.489	1.505	1.387	1.500	1.696	1.355	1.456
0.912	0.857	0.849	0.877	0.869	0.895	0.887	0.886	0.879

η <sub>1</sub>		η <sub>2</sub>	η <sub>3</sub>	η <sub>4</sub>	Ncorr		↕ equivalente					
USA	Japón				USA	Japón	Kishida	Schmert-mann	JRB	Shiou & Fukui	JNR	Prom
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	2	21.3	21.2	20.5	27.7	27.6	24
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	14	12	30.5	36.9	28.4	31.3	30.6	32
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	36	30	39.5	46.0	36.2	37.8	36.0	39
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	32	26	37.8	44.8	34.7	36.4	34.8	38
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	50	50	46.6	49.2	42.4	45.0	42.0	45
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	10	8	27.6	33.8	26.0	29.9	29.4	29
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	50	50	46.6	49.2	42.4	45.0	42.0	45
0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	29	24	36.9	43.9	34.0	35.6	34.2	37

- 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
- 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
- Ncorr Número de golpes corregido
- φ Ángulo de fricción interna
- σ<sub>v</sub>' Esfuerzo vertical efectivo

MATERIALES			
γ <sub>mat 1</sub>	1	1.90	Relleno arcilloso de color gris con algunos escombros de construcción, humedad media compacidad media
γ <sub>mat 2</sub>	2	1.90	Arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos consistencia dura, con algunas intercalaciones de arenisca muy meteorizadas

**Tabla 4 Obtención de parámetros a partir del ensayo de SPT**

**ANEXO A  
RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO B**  
**MEMORIAS DE CÁLCULO**

**ANEXO C**  
**CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

**ANEXO D**  
**PLANO**