TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1-1

2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL 2-1

3 ESTUDIO GEOLÓGICO 3-1

3.1 Generalidades 3-1

3.2 Estratigrafía 3-1

3.2.1 Formación Usme (Tu) 3-1

3.2.2 Abanico Glacio-fluvial de Tunjuelo 3-2

3.2.3 Cono de Deyección de Quiba (Qcd) 3-2

3.3 Estructuras Geológicas 3-3

3.3.1 Sinclinal de Usme – Tunjuelo 3-3

3.3.2 Vertiente Occidental de Tunjuelo – Quiba 3-3

3.4 Geología Aplicada a Ingeniería 3-4

3.4.1 Intervención Antrópica 3-4

3.4.2 Sitio Inestable 3-7

4 ESTUDIO GEOTÉCNICO 4-1

4.1 Exploración de campo 4-1

4.2 Ensayos de laboratorio 4-1

5 CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA 5-1

6 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL 6-1

6.1 Concepto estructural 6-1

6.2 Conclusiones y recomendaciones 6-3

7 EVALUACIÓN HIDRÁULICA 7-1

7.1 Clima 7-1

7.1.1 Información disponible 7-1

7.1.2 Precipitación media 7-1

7.1.3 Distribución territorial 7-2

7.1.4 Distribución temporal 7-3

7.1.5 Temperatura del aire, Humedad Relativa y evapotranspiración 7-3

7.2 Hidráulica 7-4

8 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 8-1

9 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 9-1

9.1 Vulnerabilidad Física 9-1

9.2 Inventario de Viviendas 9-1

10 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 10-1

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 11-1

11.1 Evaluación Estructural 11-1

11.2 Evaluación Hidráulica 11-2

11.3 Evaluación Geotécnica 11-2

12 OBRAS DE MITIGACIÓN 12-1

12.1 Tipo de obras 12-1

12.2 Procedimiento constructivo 12-3

13 PRESUPUESTO DE OBRAS 13-1

14 LIMITACIONES 14-1

15 BIBLIOGRAFÍA 15-1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Localización de la zona de estudio – barrio Bogotá Sur. Tomado de Plano de Manzana Catastral (2006). 1-2
Figura 4-1 Resumen gráfico sondeo 1
Figura 4-2 Resumen gráfico sondeo 2
Figura 5-1 Carta de plasticidad para los materiales presentes..... 5-2
Figura 5-2 Relación entre el ángulo de fricción y la cohesión de los materiales .. 5-5
Figura 5-2 Modelo geotécnico de la sección B-B 5-7
Figura 7-2 Localización de las estaciones y patrón de distribución de la precipitación media (Ingeominas; 2002)..... 7-2
Figura 7-2 Distribución intra anual de la precipitación..... 7-3

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1 "Foto-interpretación geológica del Barrio Bogotá Sur", Vuelo C-604, año 1951. 3-5
Fotografía 3-2 "Foto-interpretación geológica del Barrio Bogotá Sur", Vuelo R-1153, SADEC,Faja F-1, Foto SAD-304, No.257,escala 1:11200, 1990..... 3-6

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Registro Fotográfico
ANEXO 2 Resúmenes Gráficos
ANEXO 3 Resultados Encuestas Socioeconómicas
ANEXO 4 Diagnósticos Técnicos DPAE
ANEXO 5 Cantidades De Obra y Presupuesto - Cronograma De Obra
ANEXO 6 Especificaciones de Construcción
ANEXO 7 Memoria de cálculo diseño de muro de contención
ANEXO 8 Memoria de cálculo diseño de drenajes

LISTA DE PLANOS

PLANO 1 Topografía y localización de la exploración
PLANO 2 Geología y geomorfología del área de estudio
PLANO 3 Secciones geológicas
PLANO 4 Amenaza
PLANO 4A Amenaza con obras
PLANO 5 Vulnerabilidad
PLANO 6 Riesgo
PLANO 7 Obras planta y perfil
PLANO 8 Detalles de drenajes

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS NUEVAS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO DE OBRAS EXISTENTES , PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE SUBA, USAQUÉN, CIUDAD BOLÍVAR Y USME DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

SITIO 3 – BARRIO BOGOTA SUR – LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

1 INTRODUCCIÓN

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito - DPAE suscribió el Contrato de Consultoría No. 648 de 2005 con el CONSORCIO IGR, conformado por EDGAR EDUARDO RODRÍGUEZ GRANADOS e INGENIERÍA Y GEORIESGOS LTDA, la ejecución del estudio titulado “Elaboración de diseños de obras nuevas y diseños para el mantenimiento de obras existentes, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en las localidades de Suba, Usaquén, Ciudad Bolívar y Usme, de la Ciudad de Bogotá, D.C.”

El presente informe corresponde al Sitio 3 – ubicado entre la calle 74 sur y la carrera 18, del barrio Bogotá Sur de la Localidad 19 - Ciudad Bolívar. En la Figura 1-1 se muestra la localización general del área de estudio.

Debido a la existencia de viviendas reubicadas en el área de estudio, se pretende determinar si es necesario o no el reasentamiento de las casas existentes y las obras necesarias para dar solución al deslizamiento que se presenta sobre la ladera que limita con la calle 74 sur. Para el sitio existen 2 conceptos anteriores que mostraban cual era el posible mecanismo de falla. Estos estudios fueron realizados por la Sociedad Colombiana de Geotecnia (2005) y por la firma INGEOMAR LTDA (2005).

El objetivo principal del estudio es realizar la evaluación de alternativas de mitigación del riesgo y la elaboración de diseños detallados de las medidas recomendadas para el sector afectado, orientadas a reducir el nivel de riesgo. Para este fin se utilizó como insumo toda la información topográfica, levantamiento geológico, exploración del subsuelo e inventario de viviendas. En general se emplearon los siguientes documentos:

- Levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0.50 m. Plano 1.
- Exploración del subsuelo por medio de métodos directos (perforaciones, apiques y trincheras) y la ejecución de ensayos de laboratorio para determinar secuencias estratigráficas, niveles y tipos de suelo existentes.
- Perfiles geológicos y geotécnicos representativos de la zona estudiada, así como la caracterización geomecánica de los materiales encontradas.
- Cartografía geológica y geomorfológica.
- Línea de refracción sísmica.
- Inventario de viviendas afectadas.
- Determinación de las condiciones de estabilidad y evaluación de alternativas de reducción del riesgo en la zona.
- Diseño detallado de obras
- Presupuesto detallado y especificaciones.



Figura 1-1 Localización de la zona de estudio – barrio Bogotá Sur. Tomado de Plano de Manzana Catastral (2006).

2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

Antecedentes

Debido al agrietamiento excesivo que presentaron los muros y pisos de las casas cercanas a la carrera 17 N, poco tiempo después de la construcción de un alcantarillado de aguas lluvias en el año 2001, el cual contemplo una excavación de 4.0 m de profundidad en promedio. Parte de la falla de las casas se debe al desconfinamiento de los materiales tipo relleno, sobre los que se encontraban cimentadas dichas casas.

La aparición de pequeñas fisuras en los muros y pisos de las viviendas establecidas en la parte alta de la ladera, preocupan a sus habitantes, exigiendo que se haga un estudio que permita determinar el riesgo al que se encuentran expuestos sus inmuebles, y si estas fisuras y grietas están relacionadas o no con la apertura de dicho alcantarillado.

Calidad de la construcción

Las construcciones típicas en el área de estudio, son de 1 piso y 2 pisos, conformadas por muros de mampostería no confinada, y las cuales han sido ampliadas con el paso de los años, existiendo de esta forma diferencias entre zonas de una edificación por tipo de sistema constructivo. En general los habitantes manifiestan haber construido hace mas de 25 años, razón por la cual estás viviendas no cumplen con los requisitos mínimos de sismoresistencia.

Tuberías del alcantarillado

Por el área de estudio cruzan redes de alcantarillado pluvial, sanitario y combinado, que de acuerdo con el plano de redes de la EAAB, cubren a todos los lotes. Dentro de las mejoras hechas al sector se encuentra la construcción del sistema de alcantarillado sobre la carrera 17 N, donde se produjo la apertura de una zanja de profundidad 4 m y ancho 2 para la instalación de tubería en concreto.

Viviendas demolidas

La zona de estudio presenta 3 casas demolidas y 1 desalojada, por razón de la excesiva deformación de los muros y pisos de las viviendas; y el concepto dado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia, el cual menciona sobre la precaria estabilidad de la ladera, conseguida por el desconfinamiento de los materiales, una vez se ejecutaron los trabajos de la apertura de la zanja de alcantarillado sobre la carrera 17 N.

3 ESTUDIO GEOLÓGICO

3.1 Generalidades

a. Localización

El Barrio Bogotá Sur, se localiza en la Localidad de Ciudad Bolívar, dentro de la cuenca Hidrográfica del Río Tunjuelo. Vertiente Occidental. Este barrio se inicia sobre el terreno bajo y plano del valle aluvial, y asciende con pendiente montañosa moderada.

El valle del río Tunjuelo empalma con el extremo sur de la Sabana de Bogotá, donde se aprecia una ligera pendiente mas acentuada en los depósitos del río, con respecto a los que exhibe la superficie del altiplano.

b. Objetivo

En el Barrio Bogotá Sur se registra una inestabilidad por movimiento en masa, que involucró la estabilidad de unas cuatro viviendas, todas localizadas en la parte inferior de la manzana.

En los alrededores, el área fue dedicada hasta hace unos 20 años a la extracción de arcilla para la fabricación de ladrillo. Posteriormente, toda el área fue urbanizada, y muchos de los rasgos anteriores han sido modificados o cubiertos.

El objetivo es el de revisar las condiciones geológicas actuales del sitio que reviste inestabilidad, además de una revisión de fotografías aéreas que permitan identificar las modificaciones que se han introducido en el área de interés.

c. Metodología

Se iniciaron las labores con una visita y reconocimiento de campo del área afectada y sus alrededores. Posteriormente, se adelantó un revisión de fotografías aéreas de tres décadas diferentes, en donde se pudo identificar la evolución que afectado y generado los cambios del terreno de interés.

Finalmente con la información obtenida se realizó una segunda visita, para verificar y comprobar la información obtenida de las fotografías aéreas, y de los informes adicionales disponibles.

Se practicó una tercera visita con los ingenieros especialistas en Geotecnia y Estructuras, para unificar y establecer criterios de diseño.

3.2 Estratigrafía

3.2.1 Formación Usme (Tu)

Hubach, 1957, denomina a la formación Usme a una secuencia de rocas que afloran cerca de la población de igual nombre al sur de la ciudad de Bogotá.

La formación la define el mismo autor como: ´´… en su base un nivel de areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas, con un espesor considerable, al cual se le asigna el nombre de la Arenisca de La Regadera. El resto de la sucesión, consta de arcillositas de color gris claro, que contiene algunos foraminíferos, con algunas intercalaciones de arenisca de grano medio. El conjunto de la formación tiene un espesor de unos 500 a 600 m y descansa concordante sobre la formación Bogotá ´´.

En el sitio de interés se expone el nivel de arcillolitas en dos sitios. Uno, inmediatamente al norte, en el talud de corte que se produjo ante la extracción de arcilla, y al pie de la urbanización El Trigal. Otros afloramientos se observaron sobre la calle de interés, en el talud de corte de la calle un poco más arriba del sitio de interés.

En ambos casos se aprecia que la roca se encuentra afectada por meteorización intensa, con la presencia de gruesos horizontes VI y V. El material para el horizonte VI es una arcilla rojiza bastante homogénea con espesor de hasta uno 8 m. El horizonte V aflora actualmente en el piso del antiguo laboreo minero, y se aprecia un material violáceo grisáceo, masivo muy disgregado, y ligeramente pastoso, con estructuras relícticas muy tenues, y asociadas a delgadas intercalaciones de arenisca cuarzosa, que permiten asumir la presencia de los planos de estratificación.

En los sitios en donde se identificaron afloramientos en los taludes de corte en la vía de acceso, estos son muy locales, y corresponden básicamente al horizonte VI. En las perforaciones se logró cruzar hasta arcillolita rojiza grasosa dura, y firme, que seguramente representa a los horizontes IV y III.

3.2.2 Abanico Glacio-fluvial de Tunjuelo

La parte central y baja del valle del Río Tunjuelo se encuentra conformada por un grueso depósito de gravas de arenisca y de plaeners, todos provenientes de las Formaciones del Grupo Guadalupe, y seguramente mediante un proceso relacionado a las recientes actividades glacio – fluviales, que predominaron durante el Pleistoceno.

Se trata de acumulaciones derivadas de procesos glacio – fluviales, y que en general se han interpretado como de un amplio abanico aluvial, en el trayecto comprendido en la confluencia o interacción de la corriente hídrica y la parte lacustre de la Sabana.

Se trata de un gruesa acumulación de gravas de arenisca cuarzosa, arenisca cuarcítica y de plaeners, con espesores de hasta unos 100 m. Hacia aguas arriba, se aprecia la superposición de una serie de geoformas alargadas y lobuladas, que constituyen el citado relleno, hacia el empalme con el terreno bajo y plano esta situación no se hace evidente.

3.2.3 Cono de Deyección de Quiba (Qcd)

Desde las hoyas hidrográficas que descienden hacia el valle aluvial del Tunjuelo, se aprecian una serie de acumulaciones aluvio-torrenciales, que en algunos casos se podría estimar fueran antiguos flujos de detritos y lodo.

En el caso del área en estudio, la hoya de la quebrada Quiba, registra esta situación. Toda la hoya se encuentra drenando un cerro que debe corresponder a la Formación

Arenisca de la Regadera, cubierta hacia el oriente, por las mencionadas arcillolitas. En la investigación realizada con las fotografías aéreas, se aprecia una gruesa acumulación de geoforma tubular hacia la parte central del mencionado drenaje, y que remata en la parte baja, en una acumulación de cono con nítida geometría divergente, y terminación aterrazada a unos 10 a 15 m por encima del abanico del Tunjuelo.
En los taludes que resultaron de la mencionada extracción de arcilla, se aprecia una cubierta de unos 6 a 8 m de una acumulación de bloques angulares de arenisca cuarzosa ligeramente oxidada, soportados en una matriz arcillo limosa rojiza moderadamente consolidada. Existen una serie de niveles lenticulares e irregulares donde se concentran los bloques líticos, y uno superior donde predomina materiales de carácter limo arcilloso. Es frecuente la presencia de mega-bloques de arenisca dentro de estos depósitos.

La acumulación de estos suelos suele presentarse sobre una superficie irregular, de manera que se identifican una serie de rellenos sobre suelos residuales, y finalmente establece una superficie plana y ligeramente inclinada. Corresponde a una acumulación torrencial de alta energía.

3.3 Estructuras Geológicas

3.3.1 Sinclinal de Usme – Tunjuelo

El valle del Río Tunjuelo coincide con el desarrollo de una amplia estructura de tipo sinclinal. Hacia la parte central resaltan en cada flanco los niveles de roca que conforman la Formación Arenisca de La Regadera. En el núcleo propiamente aflora la secuencia de arcillolitas.

La estructura se encuentra afectada por una serie de fracturas locales, las cuales se disponen de manera transversal al rumbo de los estratos y de la estructura en general. La disposición estructural regional de la estratificación es paralela a la vertiente, y con buzamiento hacia el centro del valle.

En el área de interés no se aprecian, y no existen trazos que permitan identificar la presencia de fracturas tectónicas. Adicionalmente, la profunda meteorización que registra la formación Usme, así como, la cubierta correspondiente al depósito del citado cono de deyección.

3.3.2 Vertiente Occidental de Tunjuelo – Quiba

Tanto en los sitios donde aflora la secuencia, como en la interpretación foto-geológica, la vertiente en el área de interés, se conforma por una ladera rocosa, irregular en la parte inferior, con el desarrollo de una serie de escalonamientos, relacionado al aterrazamiento que muestra el cono de deyección en su porción distal. Por encima del 1/3 inferior, la vertiente expone una ladera mas uniforme de condición rectilínea, concordante con los planos de estratificación de orden general. En el 1/3 más superior, donde aflora el techo de la Arenisca de La Regadera, la geometría y concordancia de la topografía y los planos de estratificación se hace evidente.

En el sitio donde se observan las casas afectadas, no se aprecia la secuencia de roca, y básicamente, se encuentra en el horizonte VI del perfil de meteorización.

El conducto o desarrollo del cono de deyección corresponde a la concentración de detritos, hacia el eje de la principal línea de drenaje de la vertiente en esta parte. Consiste en la parte receptora del material desprendido por procesos denudativos, los cuales han sido re-distribuidos o re-transportados hacia la parte topográfica más baja hasta conformar el mencionado cono de deyección.

3.4 Geología Aplicada a Ingeniería

3.4.1 Intervención Antrópica

Toda el área alrededor del sitio de interés ha sido severamente intervenida mediante una serie de actividades y procesos naturales y antrópicos.

i. Minería Artesanal – Este tipo de minería se concentró principalmente en la extracción de arcilla para la fabricación de ladrillo. Consistía en remover la cubierta de los suelos orgánicos o transpuestos, y concentrarse en la explotación de los suelos residuales de los niveles de arcillolita.

   Se aprecian varios frentes de explotación en las fotografías aéreas más antiguas, con su correspondiente charco o chircal, para la conformación de la pasta de arcilla.

   En el sitio donde se registra la inestabilidad, y en particular en las imágenes disponibles no se apreció explotación importante, tan solo un pequeño cauce o zanjón angosto, para la década de los 80.

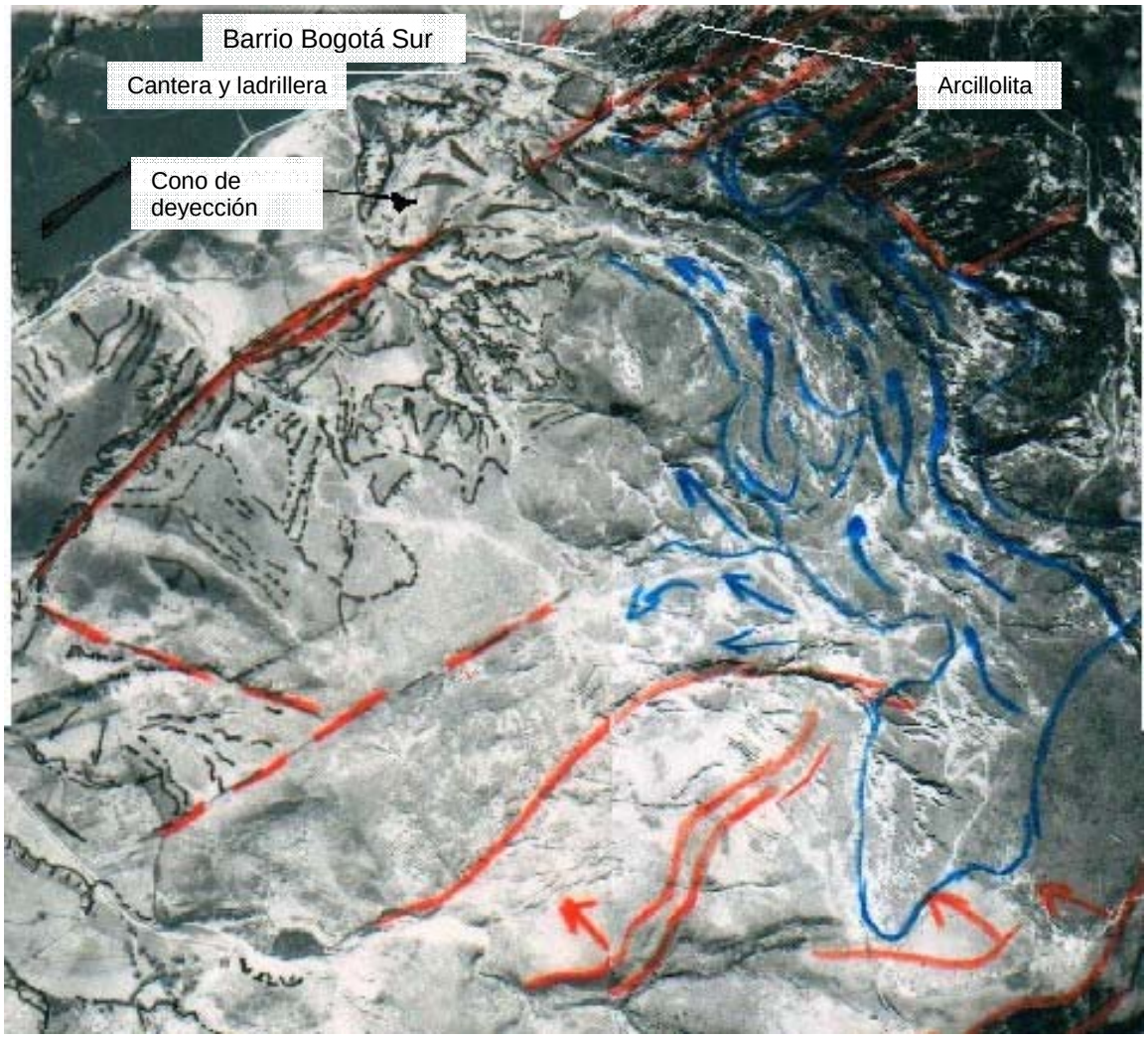
ii. Minería Industrial – Corresponde a la explotación concentrada e intensiva que se aprecia en el abanico glacio-fluvial de Tunjuelo. No existe influencia alguna hacia la zona de interés.

iii. Cubierta Urbana – A partir de la década de los 90, se aprecia la rápida e intensa invasión urbana de condiciones sub-normal en toda la zona. Esto implicó la nivelación del terreno con medios rústicos y artesanales, y la modificación de las condiciones naturales, tales como líneas de drenaje.

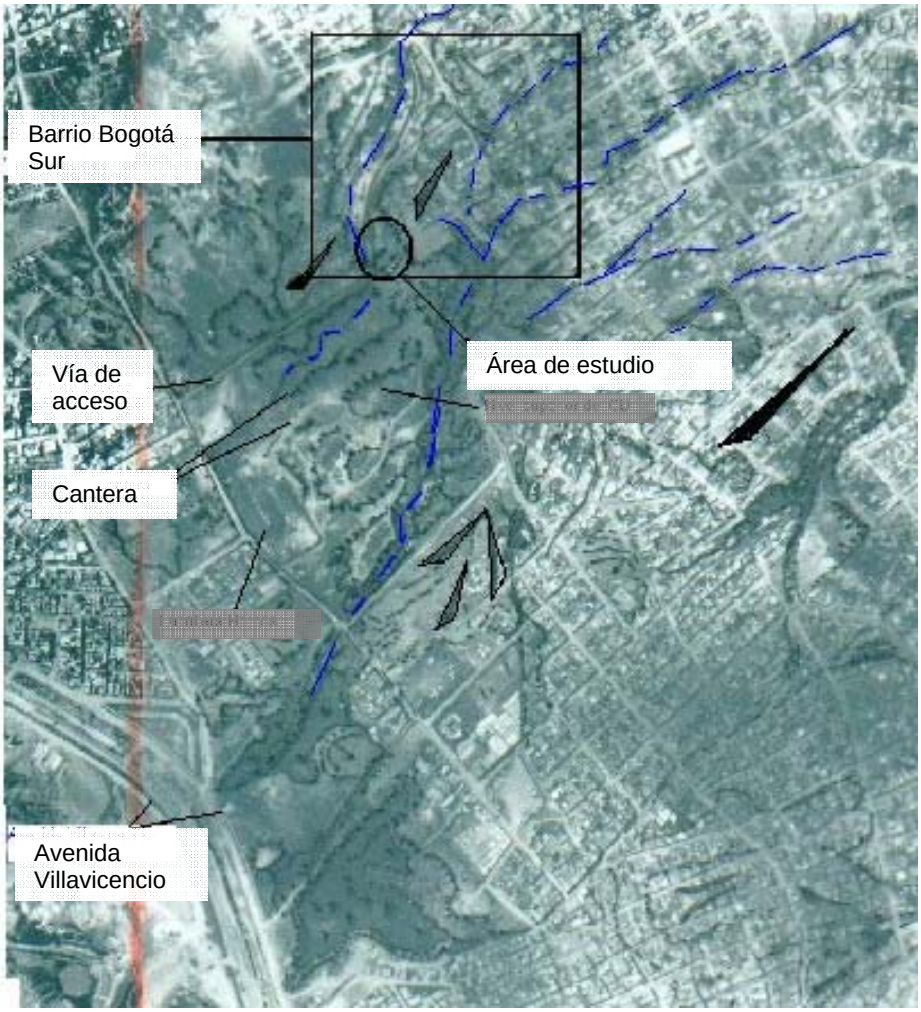
   En el caso del sitio donde se encuentra el fenómeno en estudio, se reconoce la modificación de dos zanjones, actualmente canalizados o conducidos por medio de tubería enterrada.

   Los frentes de excavaciones de arcilla no se pueden reconocer, e igualmente aquellos sitios que fueron empleados para la fabricación de los chircales.

En las Fotografías 3-1 y 3-2 se presenta la foto-interpretación geológica del Barrio Bogotá Sur para los años 1951 y 1990.



Fotografía 3-1 "Foto-interpretación geológica del Barrio Bogotá Sur", Vuelo C-604, año 1951.



Fotografía 3-2 "Foto-interpretación geológica del Barrio Bogotá Sur", Vuelo R-1153, SADEC,Faja F-1, Foto SAD-304, No.257,escala 1:11200, 1990.

3.4.2 Sitio Inestable

El sitio inestable se presenta en el contacto que se localiza entre el cono de deyección (Qcd) y el suelo residual de Formación Usme (Tu).

El cono de deyección ha sido disecado, y como consecuencia se estableció una cubierta de superficie llana, ligeramente inclinada, y bordes escarpados o aterrazados de uno 7 a 9 m. Inmediatamente por debajo se encuentra el denominado suelo residual.

En solo una imagen relativamente reciente se aprecia un rasgo de un canal corto con erosión hídrica concentrada en este sitio.

Posteriormente, se aprecia que la ´´invasión´´ urbana se inicia sobre la superficie aterrazada, y finalmente termina sobre la ladera inferior. La inestabilidad se genera en la interfase entre el suelo transportado y el suelo residual.

No se aprecia inestabilidad general, regional o amplia en las fotografías aéreas disponibles, tal cual se menciona en algunos estudios previos, tanto para el sitio, como para la Urbanización El Trigal, la cual fue completamente demolida. Los lotes que presentan mayor afectación por inestabilidad, coinciden allá, con el trazo antiguo de un caño que drenaba anteriormente entre el corredor actual de las escalinatas y el lote de esa urbanización.

En la inspección de los muros y pisos de las viviendas comprometidas en el sitio del estudio, y que actualmente se encuentran abandonadas y averiadas, se observa que fueron cimentados sobre rellenos de bloques de detritos recientes, ya que se reconocieron fragmentos de plástico, huesos y vidrio.

De acuerdo a la localización del escalonamiento actual del terreno, se aprecian por lo menos dos, que coinciden con los linderos posteriores de los lotes, y con el borde escarpado del cono de deyección.

Es posible que parte del denominado relleno, sobre el que se cimentaron algunos muros, pudo ser llevado para nivelar el lote, debido a que la pendiente en ese sitio es fuerte.

También se aprecia un ligero resalte de humedad en los muros que aun se mantienen en pie. En estos sitios, la humedad puede provenir de fugas desde las casas vecinas o del contacto mencionado entre los dos suelos que componen el sitio.

Aunque no hay relación directa, también es importante mencionar la manera como ha sido modificado el drenaje natural de toda la vertiente. La calle que pasa frente al sitio de interés correspondió al lecho de un canal secundario, actualmente, su caudal está conducido por tubería, por debajo de las losas de concreto, y no se aprecia imperfecto alguno. Otro canal natural modificado, se registra uno que debería prolongarse por la calle 74 A Sur, desde la carrera 17, la cual también se encuentra desviada en tubería hacia el caño que desciende al norte de las escalinatas.

4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1 Exploración de campo

La exploración de campo consistió en la ejecución de 2 sondeos mecánicos de 10.0 m de profundidad y 1 línea de refracción sísmica de 50.0 m de longitud, a partir de los cuales se establecieron las características para la definición de los espesores de capa de los materiales encontrados. En el Plano 1 “Topografía y Localización de la Exploración” se muestra la ubicación de la exploración efectuada.

El sondeo 1 se efectuó sobre la carrera 18 frente a la casa con placa 74-04 sur (parte alta de la ladera), y el sondeo 2 se realizó en el lote de la vivienda demolida identificada con carrera 18 No. 74-35 sur (parte baja de la ladera). Los resúmenes gráficos se muestran en las Figuras 4-1 y 4-2.

La línea símica se localizó a lo largo de la zona peatonal o escaleras, la interpretación de los datos de velocidades de onda se presenta en el perfil geológico D-D, Plano 3 “Secciones Geológicas”.

4.2 Ensayos de laboratorio

A partir de las muestras obtenidas de la exploración de campo se programó una serie de ensayos de laboratorio con el fin de obtener las propiedades índice de clasificación y los parámetros de resistencia de los materiales existentes. Los ensayos realizados consistieron en humedad natural, límites de consistencia, peso unitario, resistencia a la compresión simple y corte directo en suelo. En la Tabla 4-1 se presenta el número de ensayos realizados.

Tabla 4-1 Cantidad de ensayos de laboratorios ejecutados

Prueba de laboratorio	No. de ensayos
Humedad natural	9
Límites de consistencia	9
Peso unitario	3
Resistencia a la compresión simple	1
Corte directo en suelo	1

En el Anexo 2 se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio. Adicionalmente, en la Tabla 4-2 se resumen los parámetros geotécnicos obtenidos en los laboratorios.

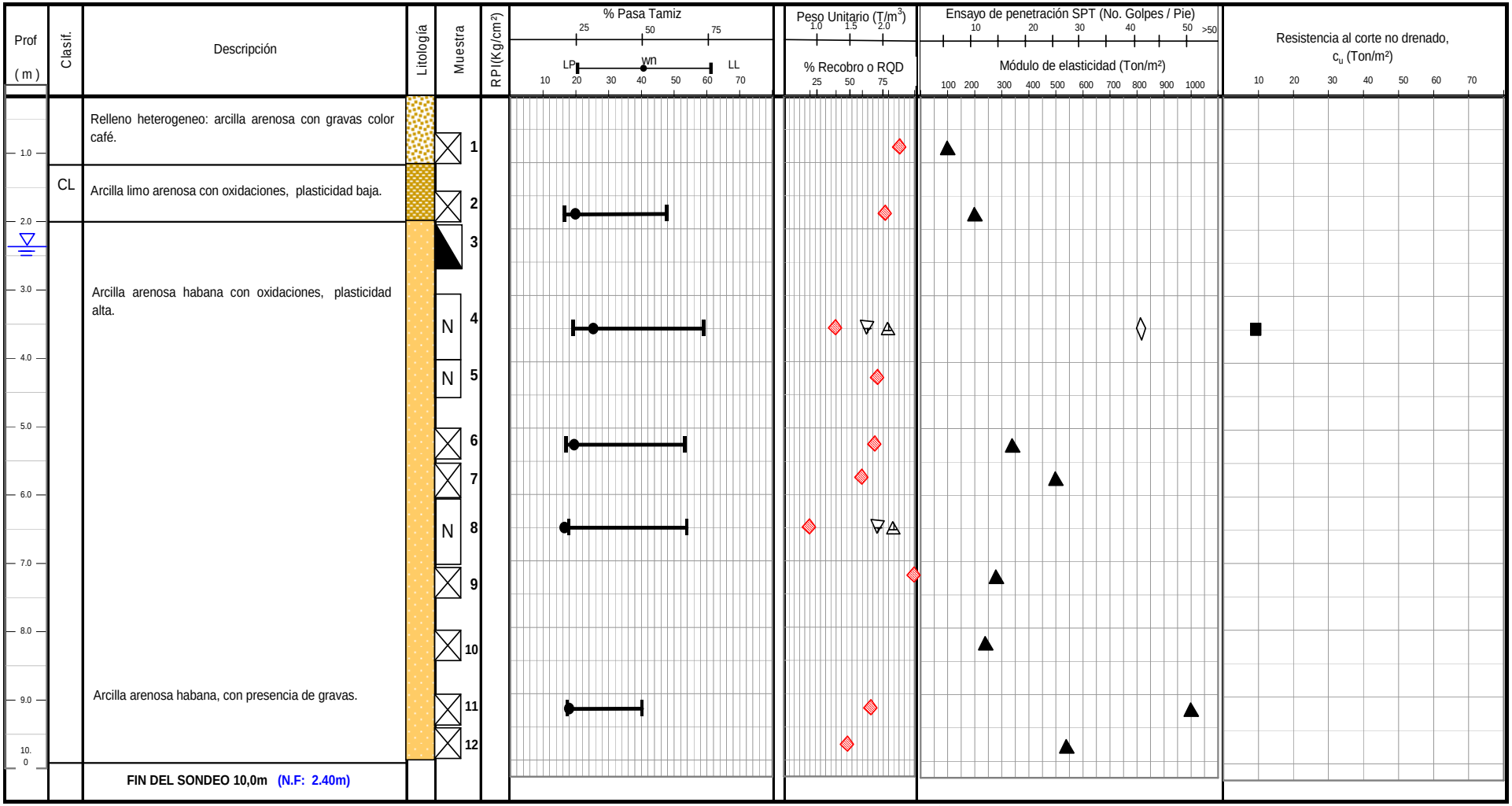
Figura 4-1 Resumen Gráfico de Propiedades Indice y Mecánicas del Sondeo S-1

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS NUEVAS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO DE OBRAS EXISTENTES, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE SUBA, USAQUÉN, CIUDAD BOLÍVAR Y USME DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

LOCALIZACIÓN: Sitio 3 - Carrera 18

SONDEO No: S-1

FECHA: ABRIL DE 2006



Muestra Inalterada
Muestra Alterada
Núcleo
Nivel Freático

% que pasa tamiz No. 4
% que pasa tamiz No. 200
Peso Unitario Total
Peso Unitario Seco
LP wn LL Lím. plást. - hum. nat. - lím. líq.

% de recobro
% R. Q. D.

Eu, Mod. Deformación
Ensayo SPT

cu, Compresión Inconfinada (suelo)
cu, Penetrometro de Bolsillo
cu, Veleta de campo Inalterada
cu, Veleta de campo Remoldeada

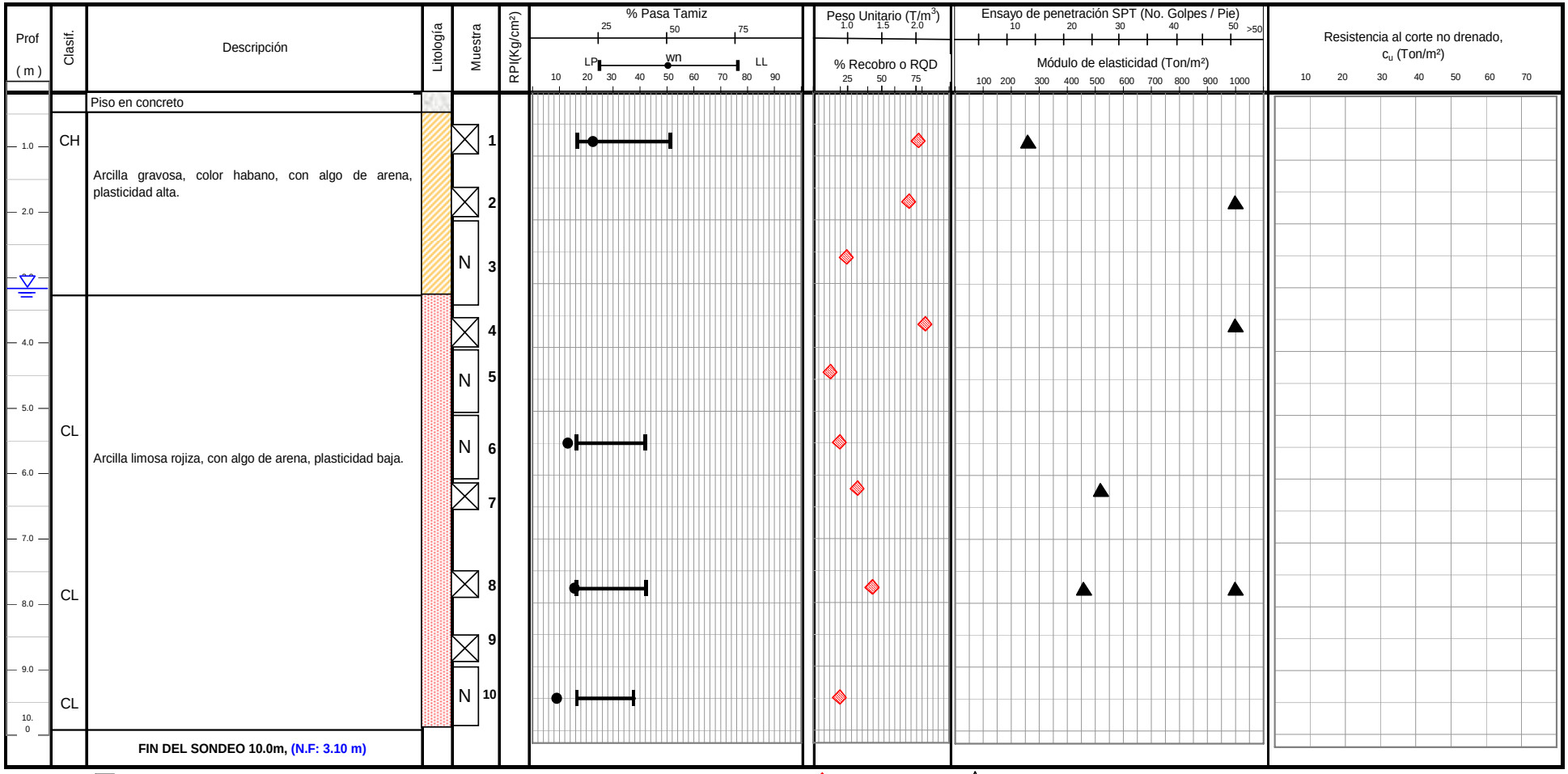
Figura 4-2 Resumen Gráfico de Propiedades Indice y Mecánicas del Sondeo S-2

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS NUEVAS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO DE OBRAS EXISTENTES, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE SUBA, USAQUÉN, CIUDAD BOLÍVAR Y USME DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

LOCALIZACIÓN: Sitio 3 - Bogota Sur Parte inferior

SONDEO No: S-2

FECHA: ABRIL DE 2006



Muestra Inalterada
Muestra Alterada
Núcleo
Nivel Freático

% que pasa tamiz No. 4
% que pasa tamiz No. 200
Peso Unitario Total
Peso Unitario Seco
wn
LP LL Lím. plást. - hum. nat. - lím. líq.

% de recobro
% R. Q. D.

Eu, Mod. Deformación
Ensayo SPT

Cu, Compresión Inconfinada (suelo)
cu, Penetrometro de Bolsillo
cu, Veleta de campo Inalterada
cu, Veleta de campo Remoldeada

Tabla 4-2 Resultados de pruebas de laboratorio

Id	Muestra				USCS	w_n (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	F (%)	A (%)	G (%)	γ_t (Ton/m³)	γ_d (Ton/m³)	Corte Directo en Suelos *		Compresión Inconfinada	
	No.	de	a	Prof. Media (m)											Cohesión (Ton/m^2)	Ángulo de frición (°)	q_u (Ton/m²)	E_{50} (Ton/m²)
S-1	2	1.55	2.00	1.78	CL	19.9	47.6	16.4	31.2	85.4	14.6	0.0						
S-1	4	3.00	4.00	3.50	CH	25.4	58.9	19.2	39.7	89.7	10.3	0.0	2.027	1.617			18.8	815.3
S-1	5	4.00	4.50	4.25		20.3							2.129	1.771	2.2	13.8		
S-1	6	5.00	5.50	5.25	CH	19.5	53.1	17.0	36.1	94.9	5.1	0.0						
S-1	8	6.00	7.00	6.50	CH	16.6	53.9	17.9	36.0	85.8	14.2	0.0	2.105	1.805				
S-1	11	9.00	9.45	9.23	CL	18.0	40.3	17.6	22.7	67.1	13.1	19.8						
S-2	1	0.55	1.00	0.78	CH	22.5	51.2	16.6	34.6	75.5	8.7	15.7						
S-2	3	1.90	3.30	2.60	GM	6.4				21.7	7.5	70.8						
S-2	6	5.00	6.00	5.50	CL	13.1	41.8	16.3	25.5	91.0	9.0	0.0	2.252	1.990				
S-2	8	7.55	8.00	7.78	CL	15.6	42.3	16.4	25.9	97.9	2.1	0.0						
S-2	10	9.00	10.00	9.50	CL	9.0	37.8	16.7	21.1	97.0	3.0	0.0						

- **USCS:** Clasificación del material, según el Sistema de clasificación unificado
- **W_n:** Contenido de humedad.
- **LL:** Límite líquido
- **LP:** Límite plástico
- **IP:** Índice de plasticidad
- **Gs:** Gravedad específica
- **γ_T :** Peso unitario total.
- **γ_d:** Peso unitario seco.
- **q_u:** Resistencia a la compresión inconfinada
- **E_{50}:** Módulo de deformación
- **F (%):** Porcentaje de finos
- **A (%):** Porcentaje de arena
- **G (%):** Porcentaje de grava

***** Ensayo realizado bajo condición inundada.

5 CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

A continuación se hace una descripción de los materiales encontrados en el Barrio Bogotá Sur.

0.0 – 1.60 m **Arcilla arenosa color café con gravas**. (Parte superior de la ladera)

Peso unitario: 1.9 ton/m³
N SPT (golpes/pie): 6 -14
Angulo de fricción: 28.6° (a partir de correlación con SPT)

0.0 – 3.30 m **Rellenos heterogéneos, arcilla gravosa, color habano, con algo de arena, plasticidad alta** (parte media a baja de la ladera, terreno de cimentación casas demolidas)

Peso unitario: 1.8 ton/m³
N SPT (golpes/pie): 14 – 15
Cohesión c' = 0.30 ton/m²
Angulo de fricción: 27.4° (a partir de correlación con SPT)

1.60 / 8.00 – 3.30 / 8.10 m **Suelo residual de arcillolita. Grado IV de meteorización. Plasticidad alta, presencia de oxidaciones.**

Peso unitario: 2.0 ton/m³
N SPT (golpes/pie): 12 - 29
Cohesión c' = 1.70 ton/m²
Angulo de fricción: ϕ = 26.0° (a partir de correlación con SPT)

Ensayo de corte directo	c = 2.2 ton/m²
Angulo de fricción:	ϕ = 13.8°

8.00 m / en adelante **Arcillolita rojiza**

Peso unitario: 2.1 ton/m³
N SPT (golpes/pie): 22 – 35
Angulo de fricción: 39.1° (a partir de correlación con SPT)

En la Tabla 5-1se muestran los cálculos para normalizar los valores de campo del ensayo de SPT.

En la Figura 5-1se muestra la carta de plasticidad para las muestras en suelos finos recuperadas de la exploración del subsuelo, y en las Figuras 5-2 y 5-3 se presentan las relaciones entre el numero de golpes del ensayo de SPT y el de ángulo de fricción de los materiales para la determinación de los parámetros geomecánicos característicos de los materiales.

En la Figura 5-4 se presenta la sección b-b donde se observan los materiales encontrados en la exploración de campo.

CARTA DE PLASTICIDAD - SITIO 3 BOGOTA SUR

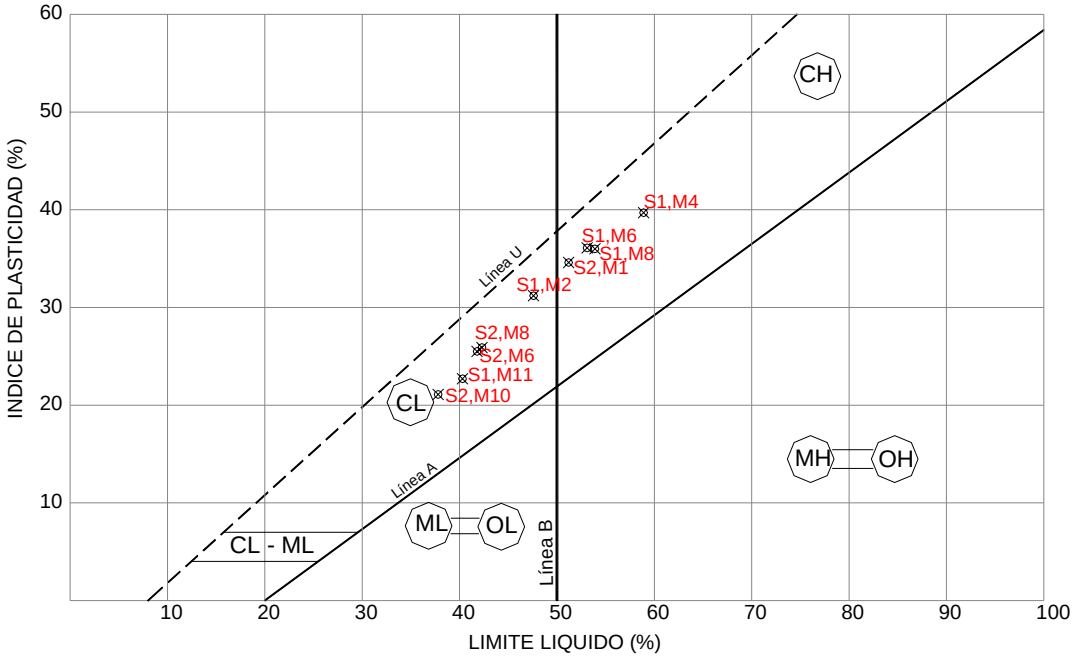


Figura 5-1 Carta de plasticidad para los materiales presentes

Tabla 5-1 Normalización ensayo de SPT

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N_{45}	NF	Tipo	γ	σ_v (Ton/m²)	σ_v' (Ton/m²)	Rs		C_N (prom)	η_1		Ncorr		$\phi_{equivalente}$		σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
		de	a	media	1	2	3								Seed-Idriss		USA	Japón	USA	Japón	Kishida	Prom		
S1	M1	0.55	1.00	0.775	2	2	3	5	2.4	1	1.80	1.40	3.02	0.30	1.733	1.733	0.75	0.63	6.4995	5.4162	25.41	25	3.02	1.43
S1	M2	1.55	2.00	1.775	4	5	7	12	2.4	1	1.90	3.37	4.00	0.40	1.561	1.561	0.75	0.63	14.053	11.711	30.30	30	4.00	2.34
S1	M6	5.00	5.50	5.250	7	8	15	23	2.4	1	2.00	10.50	7.65	0.77	1.164	1.164	0.75	0.63	20.08	16.733	33.29	33	7.65	5.02
S1	M7	5.50	6.00	5.750	12	16	19	35	2.4	1	2.00	11.50	8.15	0.82	1.125	1.125	0.75	0.63	29.538	24.615	37.19	37	8.15	6.18
S1	M9	7.00	7.45	7.225	6	7	12	19	2.4	1	1.90	13.73	8.90	0.89	1.071	1.071	0.75	0.63	15.264	12.72	30.95	31	8.90	5.34
S1	M10	8.00	8.45	8.225	7	8	9	17	2.4	1	2.10	17.27	11.45	1.14	0.946	0.946	0.75	0.63	12.061	10.051	29.18	29	11.45	6.39
S1	M11	9.00	9.45	9.225	42	30	32	62	2.4	1	2.10	19.37	12.55	1.25	0.909	0.909	0.75	0.63	42.284	35.236	41.55	42	12.55	11.12
S1	M12	9.55	10.00	9.775	19	20	21	41	2.4	1	2.10	20.53	13.15	1.32	0.891	0.891	0.75	0.63	27.383	22.819	36.36	36	13.15	9.68
S2	M1	0.55	1.00	0.775	4	6	7	13	3.1	1	2.00	1.55	3.88	0.39	1.581	1.581	0.75	0.63	15.41	12.842	31.03	31	3.88	2.33
S2	M2	1.55	1.90	1.725	6	7	54	13	3.1	1	2.00	3.45	4.83	0.48	1.446	1.446	0.75	0.63	14.101	11.751	30.33	30	4.83	2.82
S2	M4	3.50	3.80	3.650	29	50	50	79	3.1	1	2.10	7.67	7.12	0.71	1.208	1.208	0.75	0.63	71.6	59.666	49.54	50	7.12	8.34
S2	M7	6.00	6.45	6.225	8	15	19	34	3.1	1	2.00	12.45	9.33	0.93	1.043	1.043	0.75	0.63	26.591	22.159	36.05	36	9.33	6.79
S2	M8	7.55	8.00	7.775	12	18	15	33	3.1	1	2.20	17.11	12.43	1.24	0.913	0.913	0.75	0.63	22.599	18.832	34.41	34	12.43	8.51
S2	M9	8.55	9.00	8.775	25	29	62	54	3.1	1	2.20	19.31	13.63	1.36	0.876	0.876	0.75	0.63	35.489	29.574	39.32	39	13.63	11.16

N_{45} Número de golpes para el 45% de energía del martillo de 140 lbs (Estimado para Colombia)
NF Nivel freático (n. e. : No encontrado)
σ_v Esfuerzo vertical total
σ_v' Esfuerzo vertical efectivo
Rs Parámetro utilizado para el CN, Rs = sv'/pa
C_N Factor de corrección por confinamiento efectivo
Ncorr Número de golpes corregido
ϕ Ángulo de fricción interna

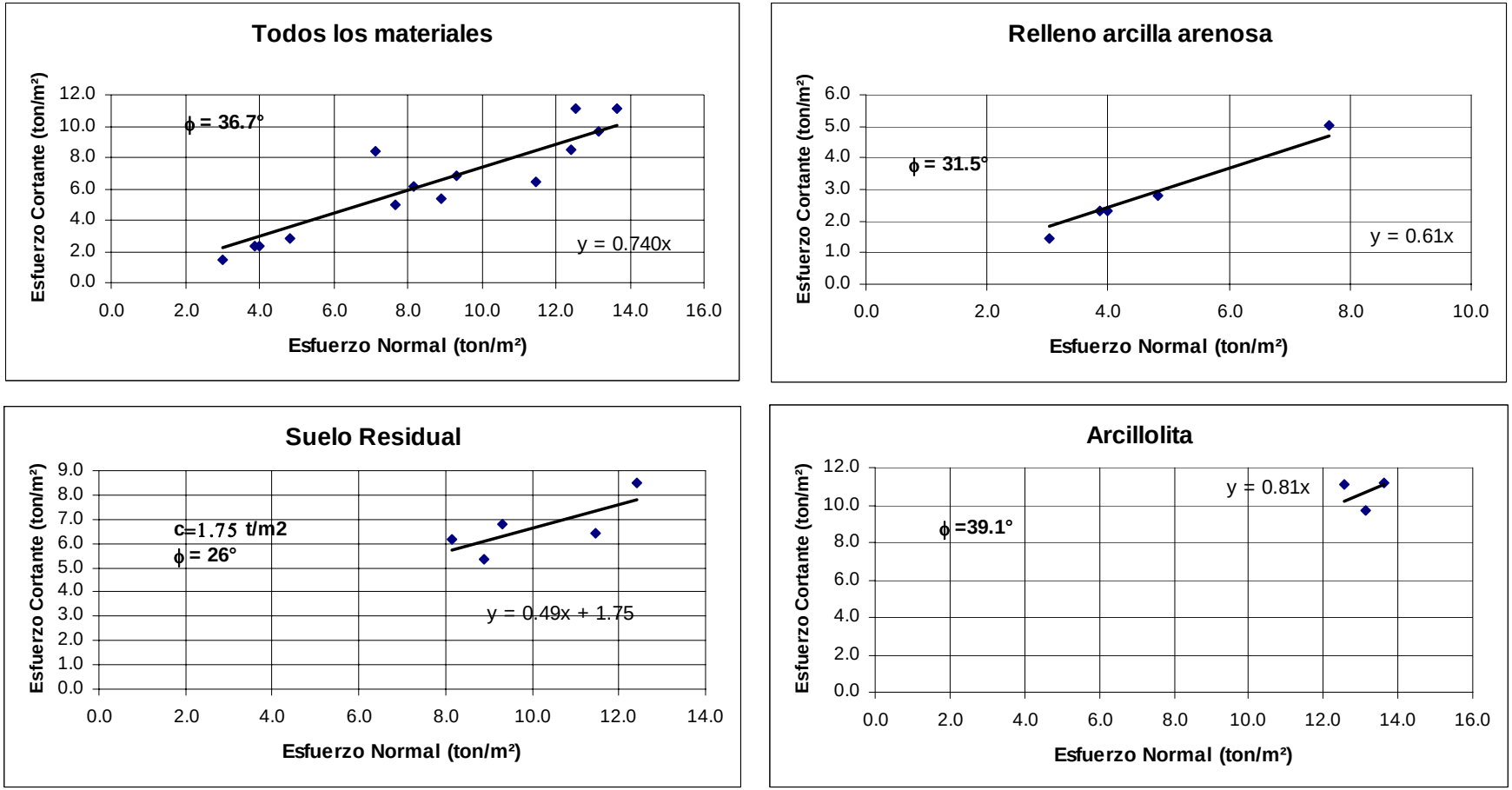


Figura 5-2 Relación entre el número de golpes del ensayo de SPT y el ángulo de fricción

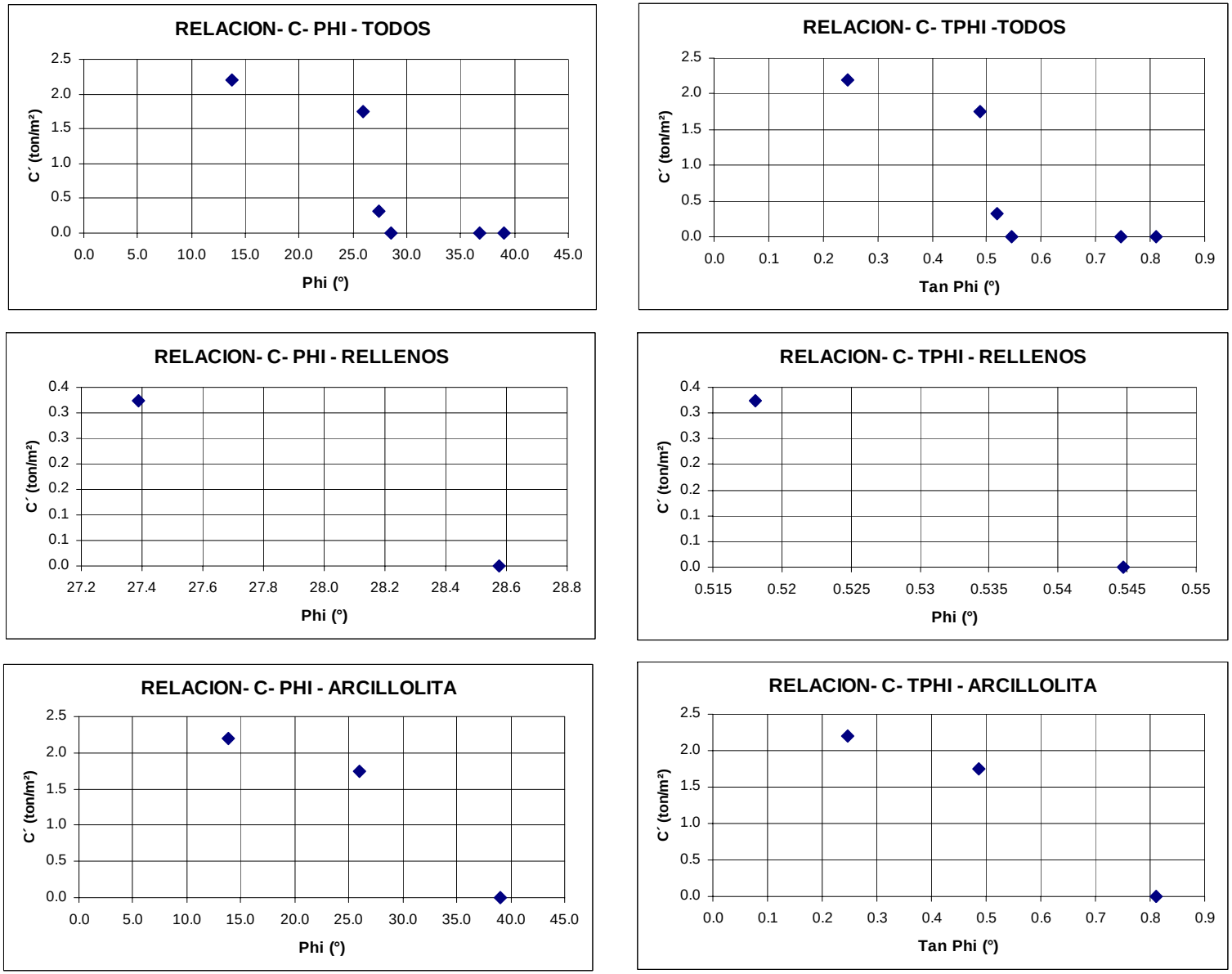
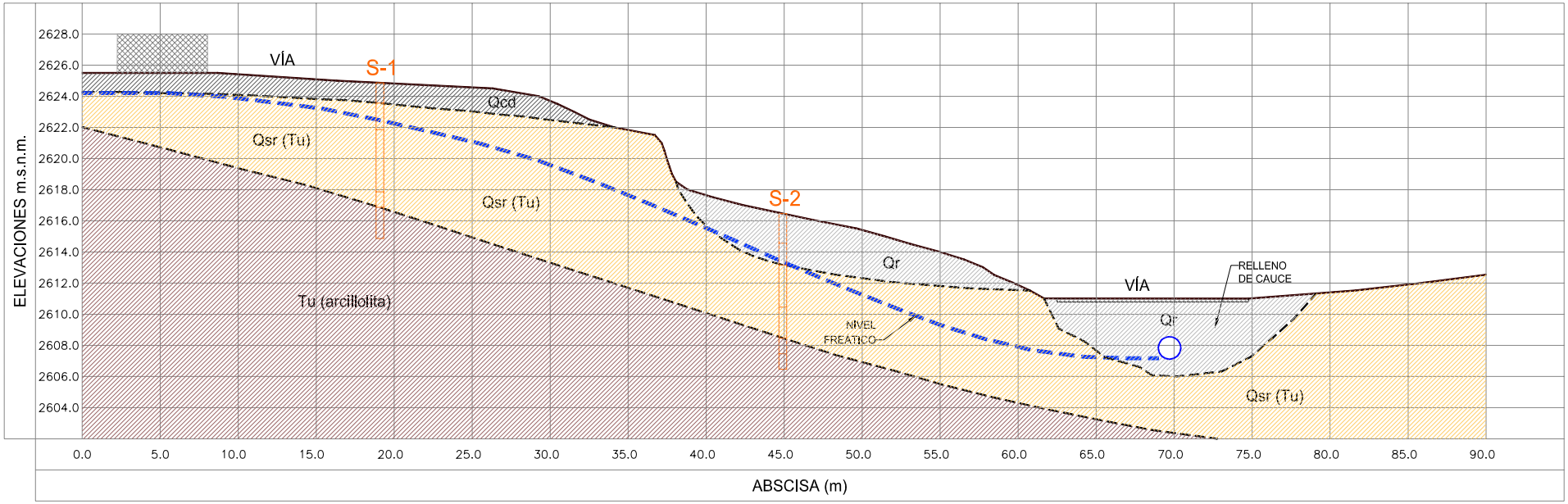


Figura 5-3 Relación entre el ángulo de fricción y la cohesión de los materiales

Tabla 5-2 Propiedades geomecánicas de los materiales

Material	**Peso unitario γ** (ton/m3)	**Cohesión (c')** (ton/m2)	**Angulo de fricción** grados
Arcilla arenosa	1.9	0.0	31.5
Relleno heterogéneo	1.8	0.3	27.4
*Suelo Residual	2.0	1.7	26.0
Arcillolita	2.1	0.0	39.1

* La diferencia que se tiene entre el valor del ángulo de fricción para el suelo residual, difiere al obtenido del ensayo de corte directo, debido a que este ensayo fue realizado en condición inundada, la cual es una condición extrema para las condiciones en que se encuentra el talud.



SECCIÓN B-B

ESCALA: H=1:250; V1:250

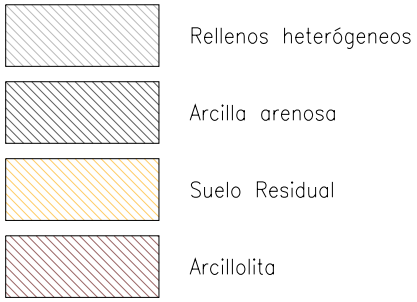


Figura 5-4 Modelo geotécnico de la sección B-B

6 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

El día 16 de mayo 2006, se realizó una visita de evaluación y diagnóstico estructural a las viviendas ubicadas en la Carrera 17 con Calle 74 sur, con el propósito de observar el estado actual de las viviendas y establecer que variables o factores realmente intervinieron en la afectación de la resistencia y estabilidad estructural, teniendo en cuenta que en algunas viviendas se han presentado efectos de agrietamiento y en otras se ha hecho necesario la respectiva demolición.

6.1 Concepto estructural

El sector en donde se encuentran ubicadas las viviendas presenta una pendiente bastante pronunciada en el sentido occidente – oriente, entre las carreras 17A y 17, desarrollándose las viviendas hacia las zonas exteriores, dejando los patios o zonas verdes hacia el centro de la manzana.

Lo anterior conlleva a que se generen dos tipos de situaciones sobre las viviendas: la primera, las localizadas hacia la corona o parte alta del talud (hacia la carrera 17A) y la segunda, en donde las viviendas se localizan hacia la parte baja del talud (en cercanía a la carrera 17).

En la primera zona, las viviendas se encuentran en buen estado, es decir, que no presentan fisuraciones o agrietamientos excesivos que sean evidentes, por lo que se puede decir que en general se manifiestan estables y no presentan por el momento problemas asociados a estabilidad o fallas totales o parciales de elementos básicos estructurales, siendo sistemas estructurales conformados por muros en mampostería no reforzada.

En la segunda zona, es totalmente diferente a la primera, teniendo en cuenta que en la actualidad ha tocado demoler algunas viviendas por el estado tan precario de estabilidad y la amenaza de derrumbe sobre sus habitantes; otras viviendas, se encuentran en pésimo estado estructural en donde se aprecian grietas y movimientos diferenciales que demuestran el estado tan crítico e inestable para ser utilizadas.

Los sistemas estructurales de soporte encontrados en las viviendas de la segunda zona, corresponden básicamente a muros confinados en algunos casos, como por ejemplo la casa que se encontraba en plena construcción (en la actualidad se encuentra abandonada, en mejores condiciones estructurales que las casas vecinas, pero con una presencia de humedad excesiva) y otra la casa vecina, en donde su sistema estructural se conforma por muros en mampostería no reforzada y sin vigas de amarre por lo que se presenta mucho más deteriorada.

Estas viviendas de la segunda zona, al ser de dos pisos como mínimo y con una planta arquitectónica a un solo nivel, genera la necesidad de construir en la parte posterior de las viviendas un muro de contención (que por las evidencias encontradas fue construido en concreto ciclópeo) para contener el corte realizado sobre el talud. Este muro de contención dadas sus características propias no es estable y no fue construido con toda la técnica necesaria; adicionalmente, fue adosado integralmente con la estructura de soporte de las viviendas, causando una transferencia de empuje lateral hacia el sistema

estructural de muros, el cual genera sobre esfuerzos de compresión y corte sobre los muros de carga, y en consecuencia sobre la cimentación respectiva.

El empuje sobre los muros de contención es producido permanentemente por la componente activa del suelo, que se ve incrementada sustancialmente por la presencia de agua proveniente de la infiltración propia del terreno; adicionalmente, efectos dinámicos como el sismo pueden generar una componente adicional de empuje lateral. .

Revisando el entorno de la manzana, hacia la carrera 17A, donde se encuentra que la parte superior del talud, se aprecia que no existen las vías pavimentadas ni los sumideros necesarios para el control y desagüe de las aguas lluvias; por lo que cuando se presentan lluvias, las aguas se dirigen sin control por la calle 74A sur y se estrellan directamente sobre las viviendas localizadas en la carrera 17A, desviando la corriente hacia sus lados causando infiltraciones y corrientes de agua incontroladas. Esta presencia de agua ha hecho que se aumenten considerablemente los empujes activos sobre los muros de contención de las viviendas localizadas en la zona inferior del talud (se evidencia este alto contenido de agua en el talud, por la presencia de humedad generalizada tanto en los muros de contención existentes como en los muros y placas de las estructuras de las viviendas).

Por otra parte, se realizaron las obras necesarias para la instalación de un colector de aguas negras de 36´´ hacia el año 2004, sobre la carrera 17, con profundidades de excavación del orden de 4.0m, haciendo que se haya desconfinado en parte el suelo localizado hacia el frente de las viviendas y en consecuencia afectado la estabilidad de las viviendas.

6.2 Conclusiones y recomendaciones

Teniendo en cuenta todos los criterios anteriormente expuestos, se puede deducir lo siguiente:

1. El problema de afectación de las viviendas (Zona 2) es integral y está conformado por diferentes variables que son independientes, pero que han actuado en forma simultánea, a saber: (se enumeran en orden de importancia o de incidencia)

    - Aumento del nivel freático en el talud por la presencia del agua lluvia que no es canalizada en la parte superior, generando sobre presiones en el talud.
    - Sistemas estructurales precarios de las viviendas al no poseer muros de contención estables e independientes respecto de la estructura de soporte de las viviendas.
    - Sistema estructurales de las viviendas que no cumplen con las Normas de construcciones sismo resistentes (NSR-98)
    - Efecto de desconfinamiento del terreno por la instalación del colector de aguas negras de 36´´ sobre la carrera 17.

2. Todos los anteriores efectos, han producido sobre los sistemas estructurales de soporte de las viviendas de la Zona 2 evidencias de volcamiento y concentraciones de esfuerzos, que se manifiestan en asentamientos diferenciales o movimientos, que se han traducido en grietas diagonales sobre los muros principales y en algunos casos en colapso total de las viviendas.

3. Las viviendas localizadas en la parte superior del talud (Zona 1) por el momento se encuentran estables, pero en la medida en que se siga presentando la infiltración de agua van a ocurrir fallas en los muros de contención que aún persisten en la Zona 2 y en consecuencia, se van a presentar movimientos del terreno que van a afectar directamente a las viviendas del costado superior. Por lo tanto, es de vital importancia la solución del control de agua superficial en la parte superior para garantizar en parte la estabilidad de estas viviendas.

4. Los muros de contención actuales, así se encuentren inclinados, están ayudando a la estabilidad del talud y por ende a las viviendas localizadas en la parte superior. No se deben demoler sin tener otro sistema de contención alterno que mantenga en parte la estabilidad del talud.

5. Las viviendas localizadas en la parte inferior deben demolerse en su totalidad

6. Realizar la pavimentación de las vías en la parte superior (carrera 17 A y calle 74 A sur), con sus respectivos sumideros de aguas lluvias y descoles controlados, para minimizar la infiltración superficial.

7. Revisar que no existan otras fuentes de agua, que se estén infiltrando dentro de la manzana en cuestión, sean por filtraciones de agua potable o aguas negras.

8. Revisar los pozos del alcantarillado sobre la carrera 17 A, para verificar que no existen filtraciones o roturas.

7 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

7.1 Clima

La caracterización del clima del área se llevó a cabo con base en la información de los elementos constitutivos del mismo, sobre los cuales se dispone de información.

7.1.1 Información disponible

De acuerdo con las investigaciones adelantadas tanto en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en la CAR y en el IDEAM, aunque existen varias estaciones de medición, en no todas ellas se miden los elementos del clima necesarios para los objetivos propuestos. De las estaciones analizadas se seleccionó la de Doña Juana, cuya información corresponde con el mayor número de elementos y adicionalmente, es la más cercana al área de interés.

La caracterización de la precipitación media se adelantó con la información correspondiente a la estación Casa Blanca, la cual posee una serie que data de 1976, representativa para los análisis realizados y por otra parte, dada su cercanía con el área de interés, parece ser la que mejor refleja el régimen de precipitación desde el punto de vista de su distribución espacial y en el tiempo.

Si bien, es cierto la estación Quiba está mas cerca del área de interés, la información que de ella se tiene es escasa y corresponde a series incompletas de un menor número de años.

En la Figura No 1 se presenta la localización de las estaciones y el patrón de distribución territorial de la precipitación media mensual en la Sabana de Bogotá, obtenido por INGEOMINAS en el marco del estudio de deslizamientos en el área cercana a la que es objeto del presente estudio.

Dentro de este orden de ideas se seleccionó para efecto de análisis la información sobre temperatura media del aire, Humedad Relativa media mensual y Brillo solar de la estación Doña Juana y los valores totales mensuales de precipitación correspondientes a la estación Casa Blanca en el tanque de la EAAB Sierra Morena.

De los análisis realizados con anterioridad para estudios similares de áreas cercanas se puede concluir que el clima del área es, con muy pocas diferencias, similar al de la Sabana de Bogotá, tal como se puede apreciar en los párrafos siguientes:

7.1.2 Precipitación media

De acuerdo con el patrón de distribución territorial, los valores medios anuales multianuales de precipitación son menores que en el resto de la Sabana, El valor total anual medio multianual, de acuerdo con la información de la estación Casablanca es de 616 mm, valor que coincide con lo observado en el patrón de isoyetas de la Figura 7-1.

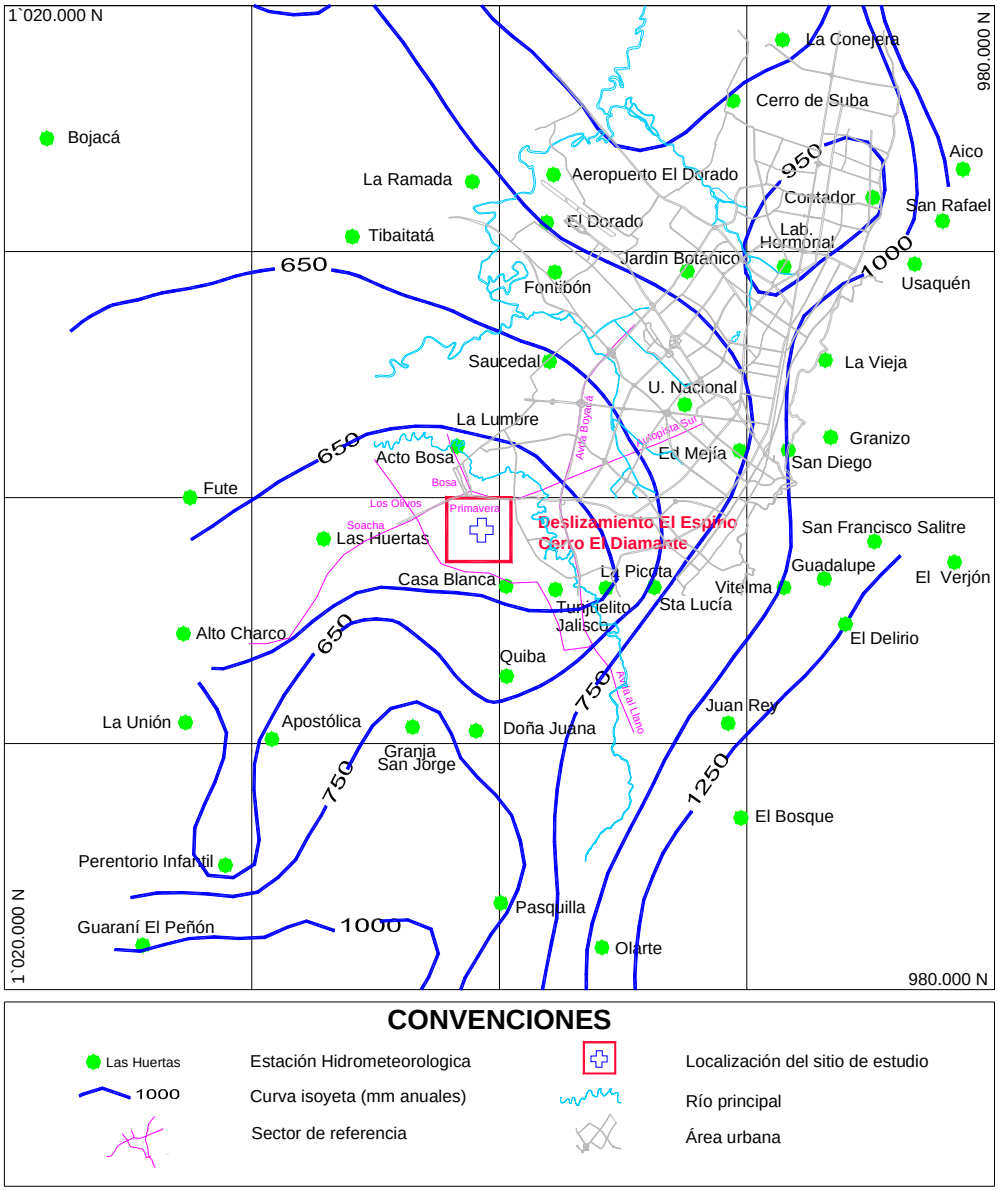


Figura 7-1 Localización de las estaciones y patrón de distribución de la precipitación media (Ingeominas; 2002)

7.1.3 Distribución territorial

La definición de la distribución territorial en la Sabana de Bogotá la realizó INGEOMINAS en el marco de los estudios de deslizamientos en El Espino, área localizada en el sur oriente de la Sabana. Como se puede apreciar en la Figura 7-1, Los mayores valores de precipitación media anual multianual se presentan en el nororiente de la ciudad y

decrecen hacia el sur y sur oeste de la Sabana, En el área de interés se observan valores medios anuales del orden de 650 mm, que coinciden con lo obtenido de la información de Casablanca, como se dijo antes.

7.1.4 Distribución temporal

La distribución intra anual de la precipitación media multianula obedece a un modelo bimodal, en el que se evidencian dos períodos lluviosos intercalados con períodos secos. El primer período lluvioso o húmedo corresponde a los meses de marzo a mayo, en el que tiene ocurrencia el 36,7 % de la precipitación anual. El segundo se localiza entre los meses de octubre y noviembre, en el que ocurre el 22,1 % del total anual. El primer período seco corresponde a los meses de enero y febrero, y a Julio a agosto el segundo. La variación intra anual de la precipitación en el área se aprecia en la Figura 7-2.

Los meses más secos, en promedio multianual son enero, con 20,6 mm; febrero donde se presentan 28,7 mm y diciembre, mes en el que ocurren 30,5 mm. Por otra parte, los más húmedos o de mayor precipitación son los meses de marzo, abril, mayo y octubre, con valores superiores a 70 mm.

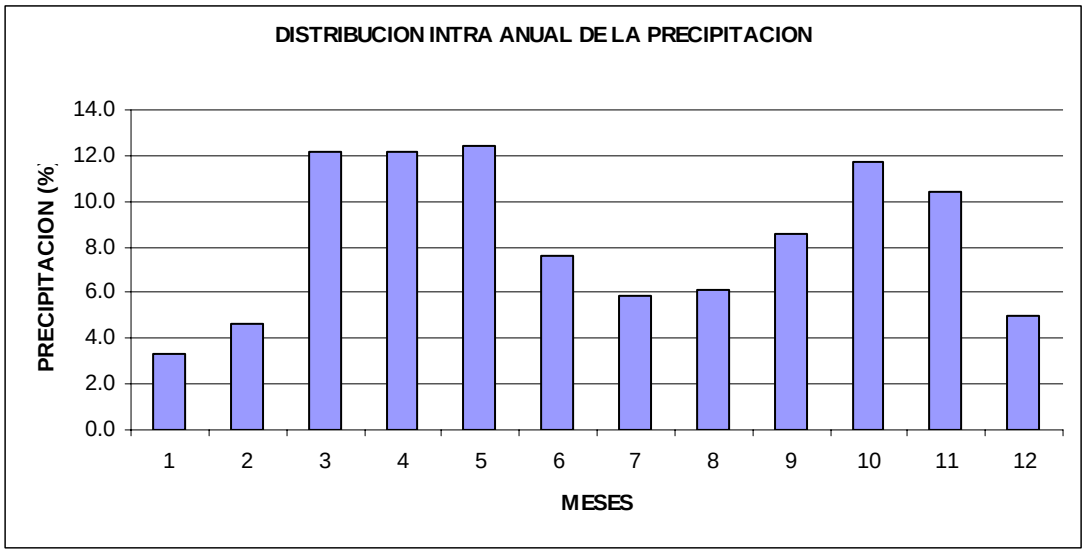


Figura 7-2 Distribución intra anual de la precipitación

7.1.5 Temperatura del aire, Humedad Relativa y evapotranspiración

La temperatura media del aire muestra pocas variaciones dentro del año; su valor medio es de 12,5° C .Los mese más cálidos son octubre, noviembre, marzo, abril y mayo donde se alcanzan valores de 13° C. El más frío es el de julio, con 11 ° C.

La Humedad Relativa es casi constante. Muestra una variación máxima del 10 % dentro del año. Los meses más secos son enero y febrero con valores de 69 y 70 %, respectivamente. El más húmedo es julio, donde el valor medio multianual de la humedad relativa alcanza el 78 %.

La evapotranspiración se calculó utilizando la metodología propuesta por Hargreaves, en la cual se tienen en cuenta la temperatura media del aire, la humedad relativa y la relación entre el número de horas de luz en el día y el número potencial de éstas para cada mes.

En la Tabla 7-1 se aprecian los valores de las variables del clima y los de evapotranspiración potencial obtenidos tal como se indicó antes

Tabla 7-1 VALORES MEDIOS MENSUALES MULTIANUALES DE VARIABLES CLIMATOLOGICAS

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
T ° c	12	12	13	1|3	13	12	11	12	12	13	13	12
.H,R ,. %	69	70	73	73	77	75	78	75	71	71	73	72
B.SOLAR	194	149	148	131	128	144	129	157	156	148	134	183
d	.98	.91	1.02	1.00	1.04	1.01	1.04	1.04	.99	1.01	.95	.98
EVAP POT	63	57	62	61	54	53	44	54	60	66	58	57

7.2 Hidráulica

Los análisis hidráulicos adelantados tuvieron como objetivo la localización y dimensionamiento del sistema de captación y conducción de las aguas drenadas mediante los drenes horizontales propuestos a lo largo del talud occidental del área donde se presentaron los deslizamientos y fallas del talud existente.

Para tal fin se adelantó la revisión y verificación en campo de las redes de alcantarillado pluvial y sanitario existentes, a la definición de la localización de los pozos y sumideros del primero de los citados, de manera que se pudiera, con respecto a sus cotas, realizar la entrega del sistema de drenaje particular del área de interés.

Paralelamente, se realizó la verificación de los sistemas domiciliarios de aguas servidas en las viviendas localizadas en el área y se constató que todas ellas, con excepción de las identificadas con la nomenclatura 74A18 Sur y 74A 26 Sur, están conectadas al ramal de la carrera 18 de la red principal. Esto mismo ocurre con las aguas lluvias. Los predios antes citados poseen una red interna compleja, de diseño no convencional que entrega a los colectores que se localizan en la calle 74 Sur.

De lo anterior se puede concluir que salvo la existencia de conducciones internas deficientes, las aguas que se presentan en el talud del área problema no proviene de los sistemas de alcantarillado, es posible que su origen tenga ocurrencia en aguas de lavado de patios no captadas ni conducidas al sistema de alcantarillado que se infiltran y fluyen hasta interceptar el talud en el cual se evidencia su presencia.

Dentro de este orden de ideas, se propone captar las aguas de cada uno de los drenes horizontales mediante los cuales se pretende extraer las aguas del subsuelo, mediante tubería de PVC acoplada a la parte final de las tuberías que los conforman, y llevarlas hasta una tubería de PVC, igualmente, de dos (2) pulgadas de diámetro, la cual las conducirá hasta el sumidero transversal existente en el extremo norte de la vía aledaña al área., desde el cual ingresarán al sistema de alcantarillado pluvial.

Las tuberías de captación y conducción se colocarán una vez se haya reconformado el terreno, de manera que se obtengan las cotas de clave indicadas en los planos.

En el plano de obras se presentan la localización y los detalles constructivos de las obras propuestas.

8 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La evaluación de la amenaza se realizó a partir de la evaluación de los factores de seguridad a la falla de las secciones geotécnicas A y B, presentadas en el Plano 3. Para ello se llevaron a cabo corridas de análisis de estabilidad, para determinar las superficies de falla en los siguientes escenarios:

- Condición actual
- Excavación del alcantarillado.
- Excavación y retiro de los rellenos heterogéneos para la construcción de las obras.
- Construcción de obras de contención.

En las corridas se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- Nivel freático
- Saturación total de los materiales
- Condición estática
- Condición seudo estática (sismos de a_{max} = 0.24g y $2/3a_{max}$ = 0.16g, y a= 0.05g)

Los análisis fueron ejecutados en el programa Slide v 5.0 (Rocscience Inc., 2003), el cual permite la modelación de distintas geometrías de taludes, la incorporación de varios materiales (estratos) y la presencia de niveles freáticos; se emplearon superficies no circulares analizadas por el modelo de Bishop, a partir del cual se determinaron los factores de seguridad en las condiciones evaluadas.

Los valores de factor se seguridad se presentan en la Tabla 8-1, y una muestra de los resultados gráficos del programa en las Figura 8-1 a Figura 8-13. La evaluación de la amenaza es conceptual y parte de la experiencia del Director de Proyecto en problemas similares.

La evaluación de la amenaza actual para los predios consideraros en el presente estudio se obtiene una calificación de amenaza media, y para los lotes que fueron reubicados por el DPAE se encuentran en amenaza alta.

Al acometer las obras propuestas para la estabilización de la ladera, se llega a una amenaza media en el área de estudio.

Tabla 8-1 Factores de seguridad de los análisis de estabilidad ejecutados

BARRIO BOGOTA SUR

SECCION A-A

CONDICION	Estatico	Seudo estático		
		a = 0.05g	a = 0.16g	a = 0.24g
Condición actual	1.556	1.401	1.141	1.000
Condición saturado	1.039	0.932	0.753	0.655
Excavación alcantarillado	1.545	1.386	1.124	0.983
Excavación alcantarillado saturado	1.051	0.941	0.758	0.661
Excavación alcantarillado falla local	0.157	0.144	0.113	0.096
Excavación alcantarillado saturado falla local	0.060	0.052	0.044	0.036
Excavación construcción gaviones	1.537	1.411	1.186	1.057
Excavación construcción gaviones saturado	0.910	0.82	0.639	0.579
Con obras	1.875	1.664	1.324	1.147
Con obras saturado	1.143	1.007	0.789	0.676

SECCION B-B

CONDICION	Estatico	Seudo estático		
		a = 0.05g	a = 0.18g	a = 0.24g
Condición actual	1.954	1.719	1.346	1.154
Condición saturado	1.128	0.982	0.751	0.634
Excavación alcantarillado	1.912	1.683	1.321	1.136
Excavación alcantarillado saturado	1.081	0.995	0.732	0.622
Excavación alcantarillado falla local	1.229	1.209	1.112	1.041
Excavación alcantarillado saturado falla local	0.120	0.122	0.125	0.127
Excavación construcción gaviones	1.292	1.212	0.966	0.821
Excavación construcción gaviones saturado	0.548	0.500	0.365	0.297
Con obras	2.059	1.744	1.357	1.163
Con obras saturado	1.190	1.035	0.798	0.681

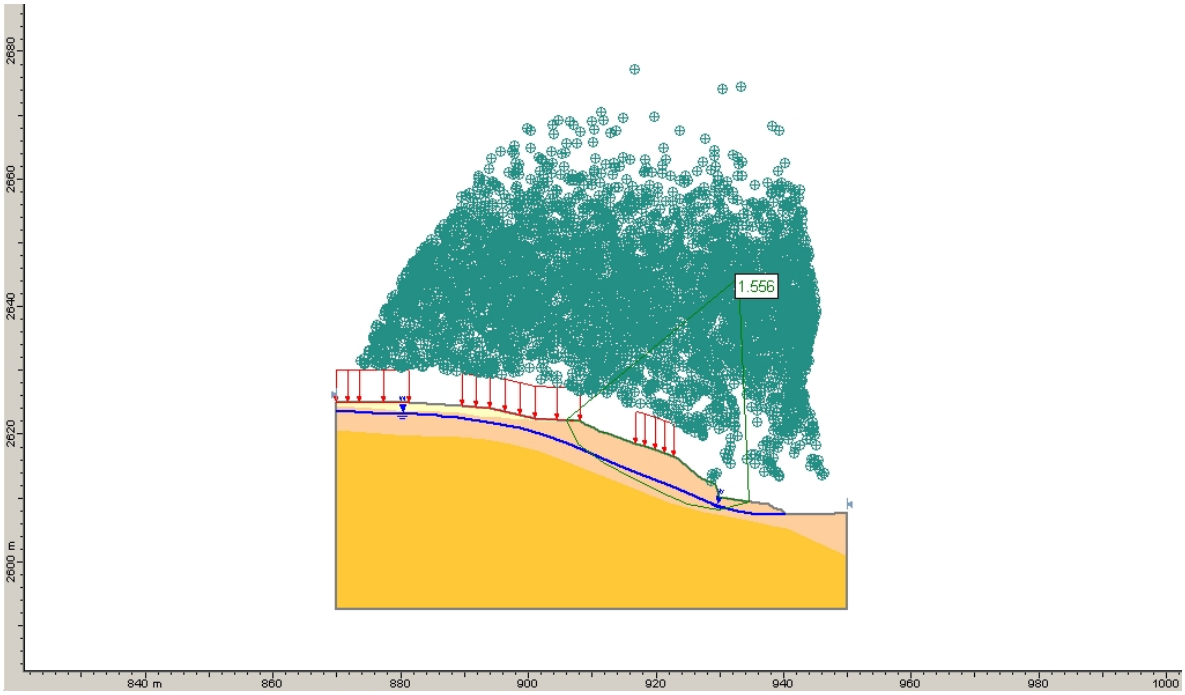


Figura 8-1 Condición actual estático

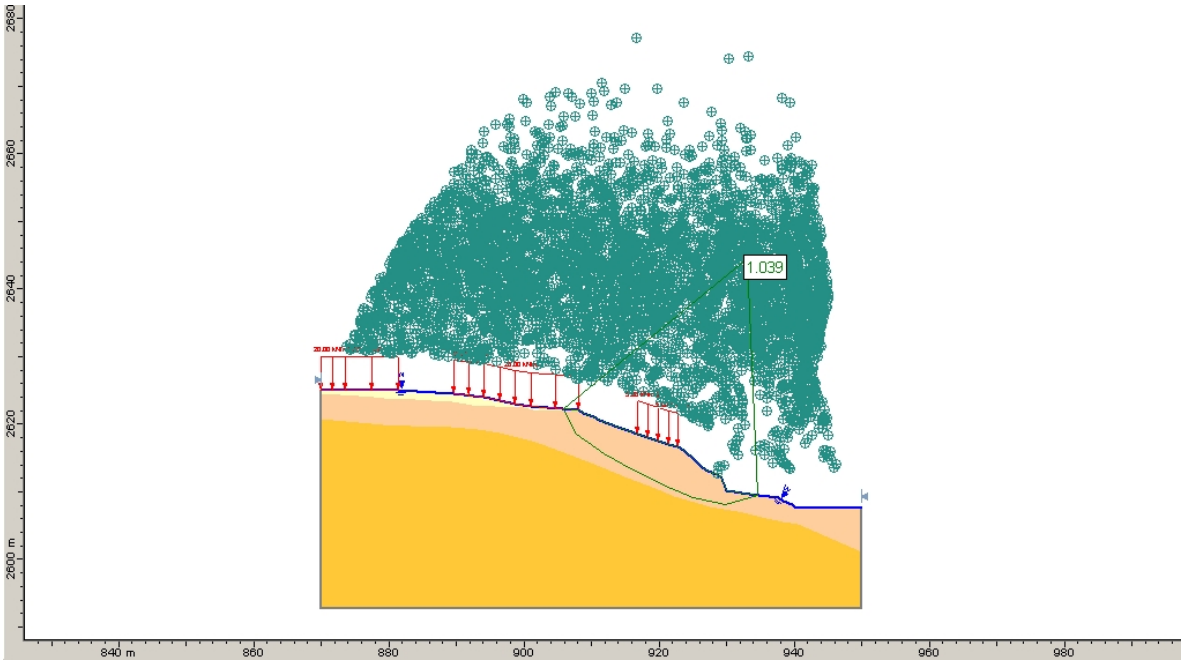


Figura 8-2 Condición actual estático saturado

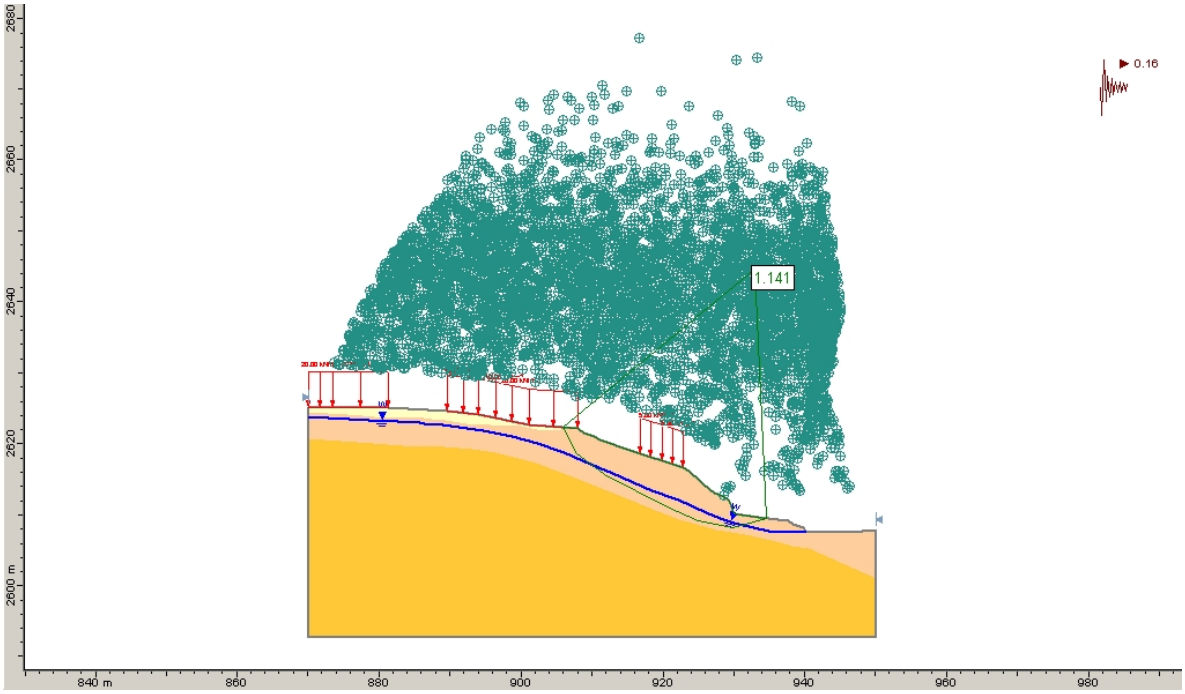


Figura 8-3 Condición actual seudo estático a = 0.16g

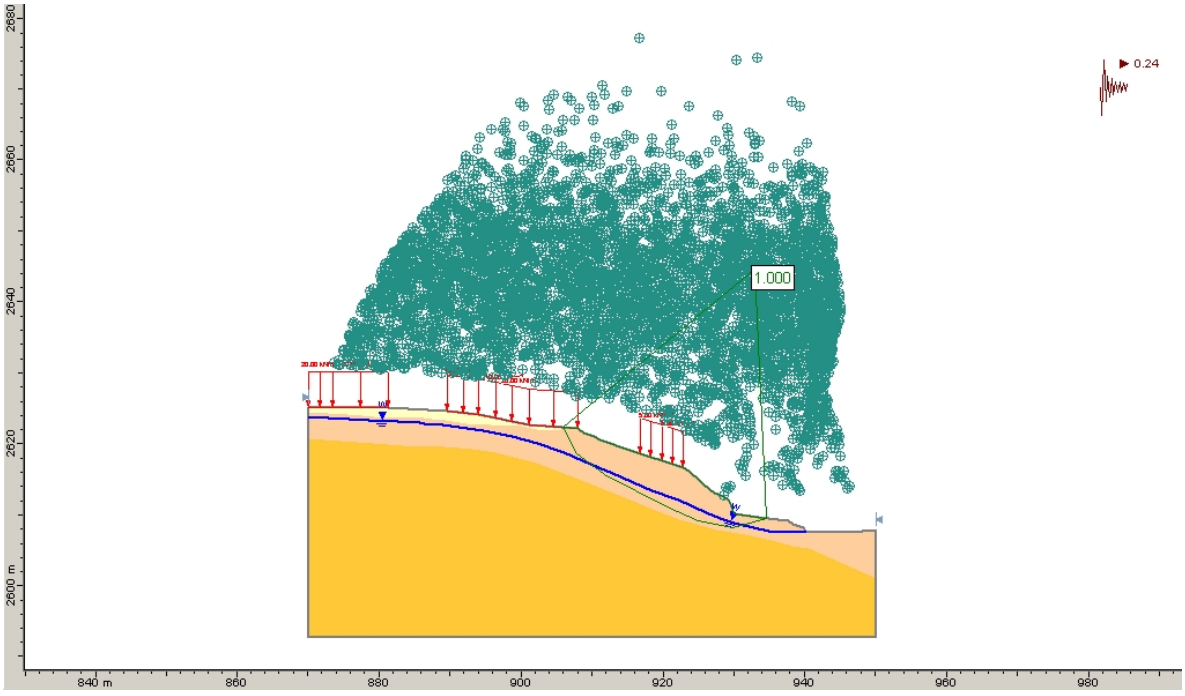


Figura 8-4 Condición actual seudo estático a = 0.24g

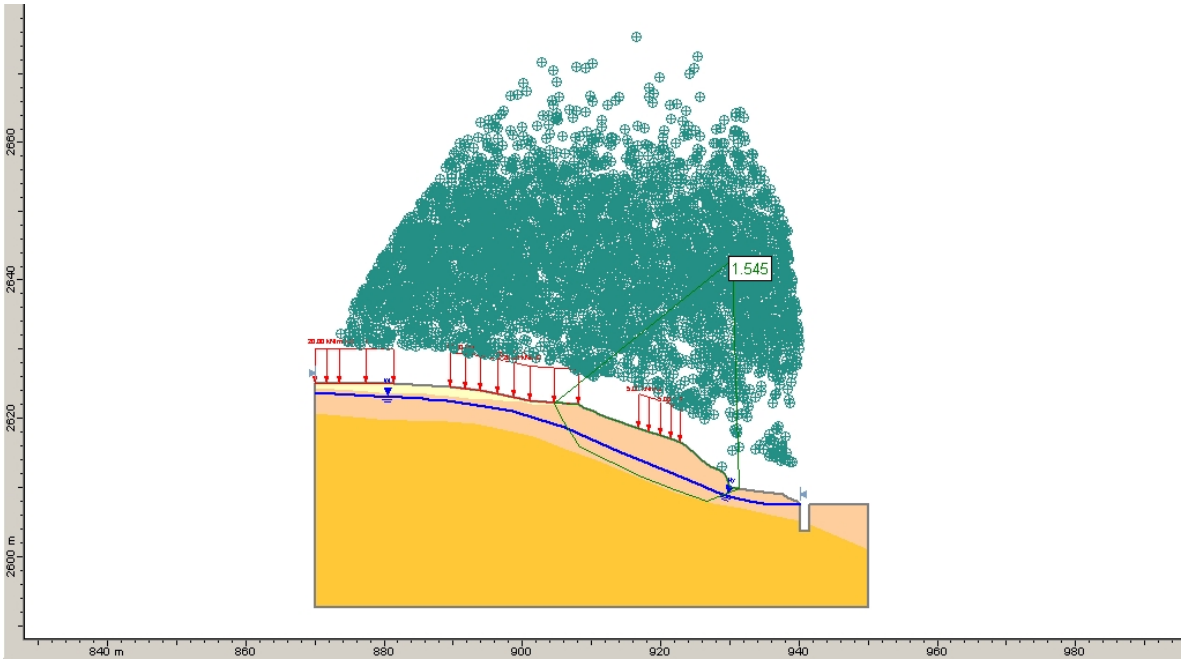


Figura 8-5 Excavación de alcantarillado estático

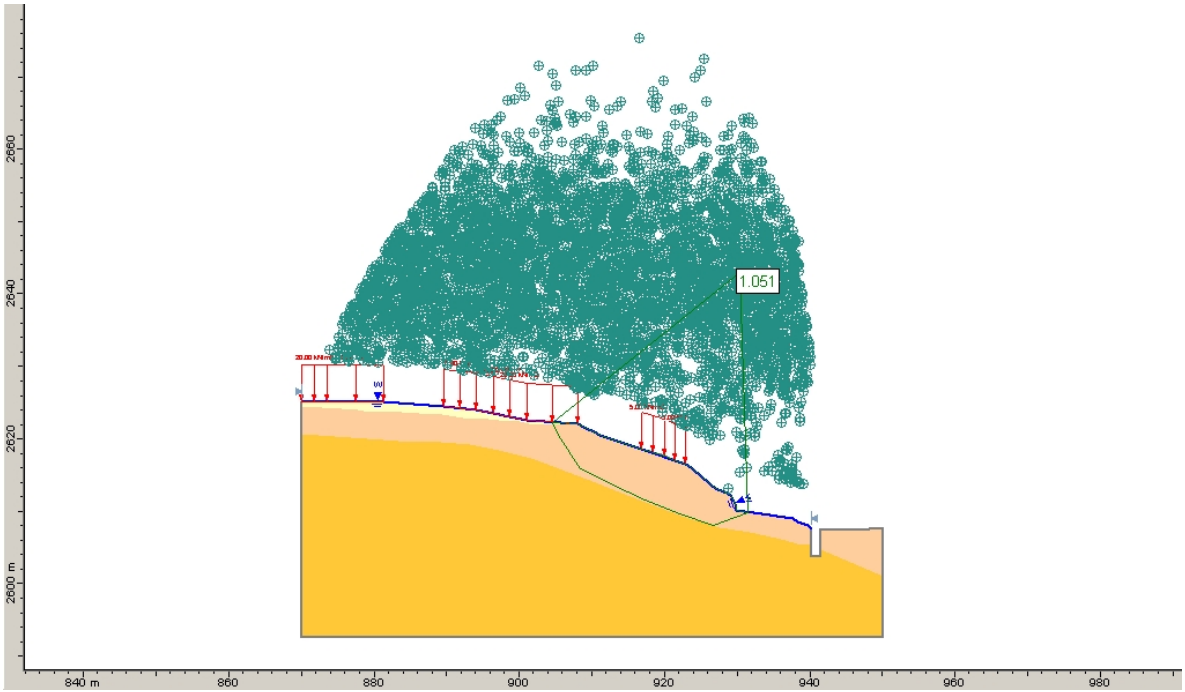


Figura 8-6 Excavación de alcantarillado estático - saturado

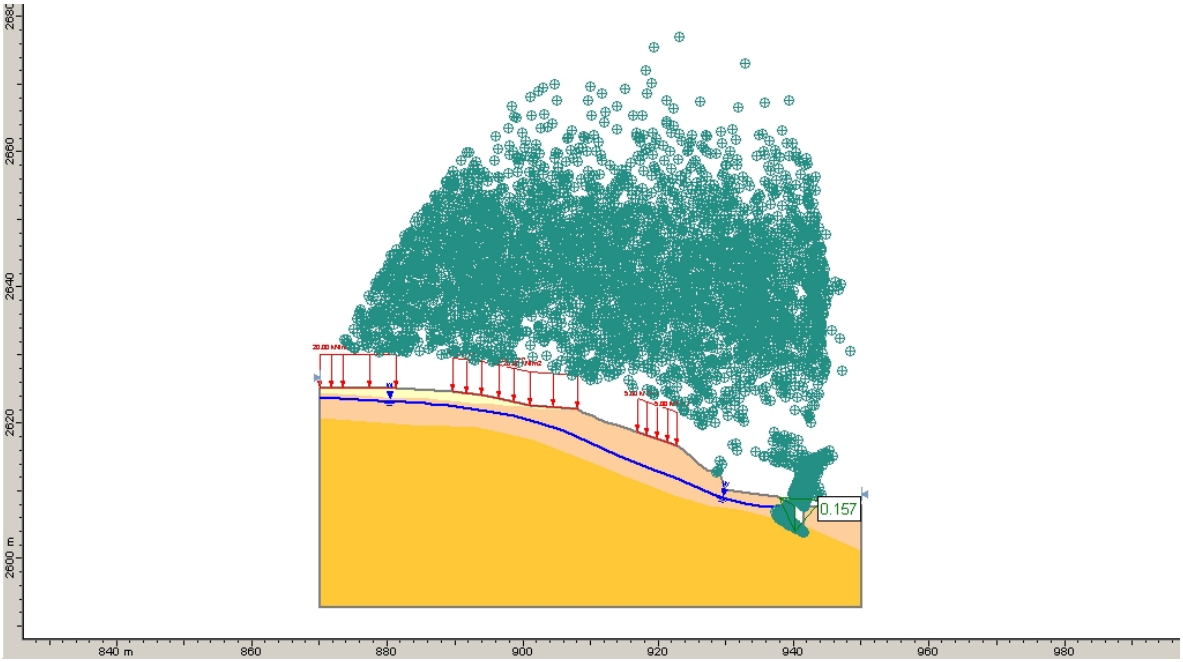


Figura 8-7 Excavación de alcantarillado estático – falla local

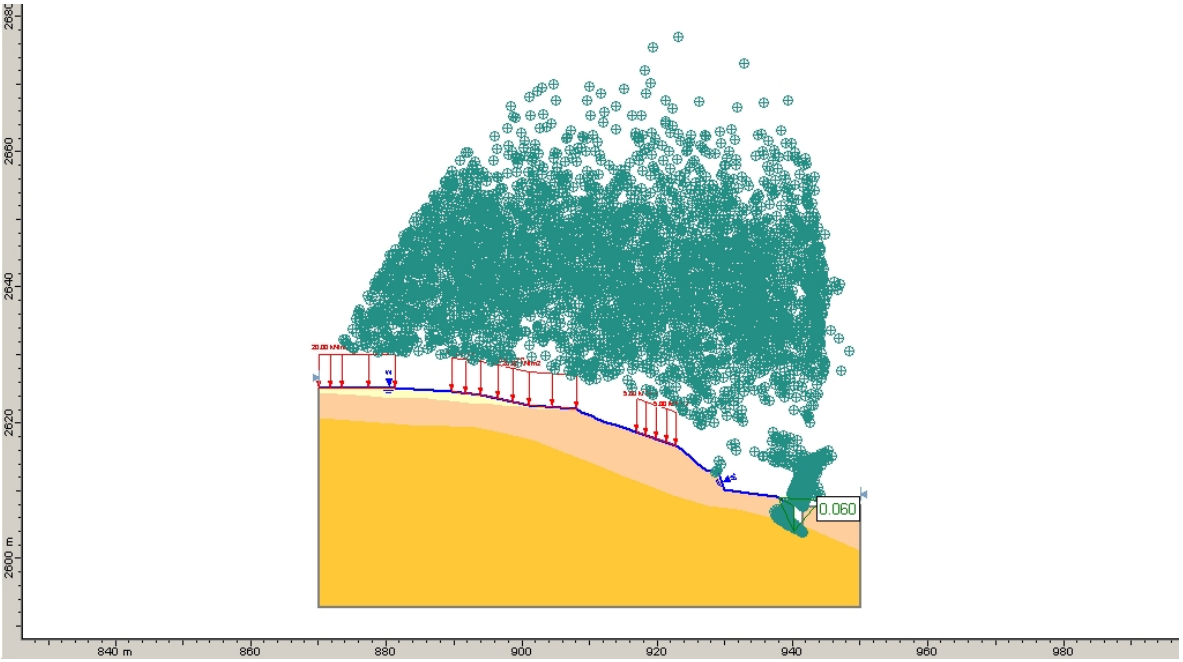


Figura 8-8 Excavación de alcantarillado estático – saturado falla local

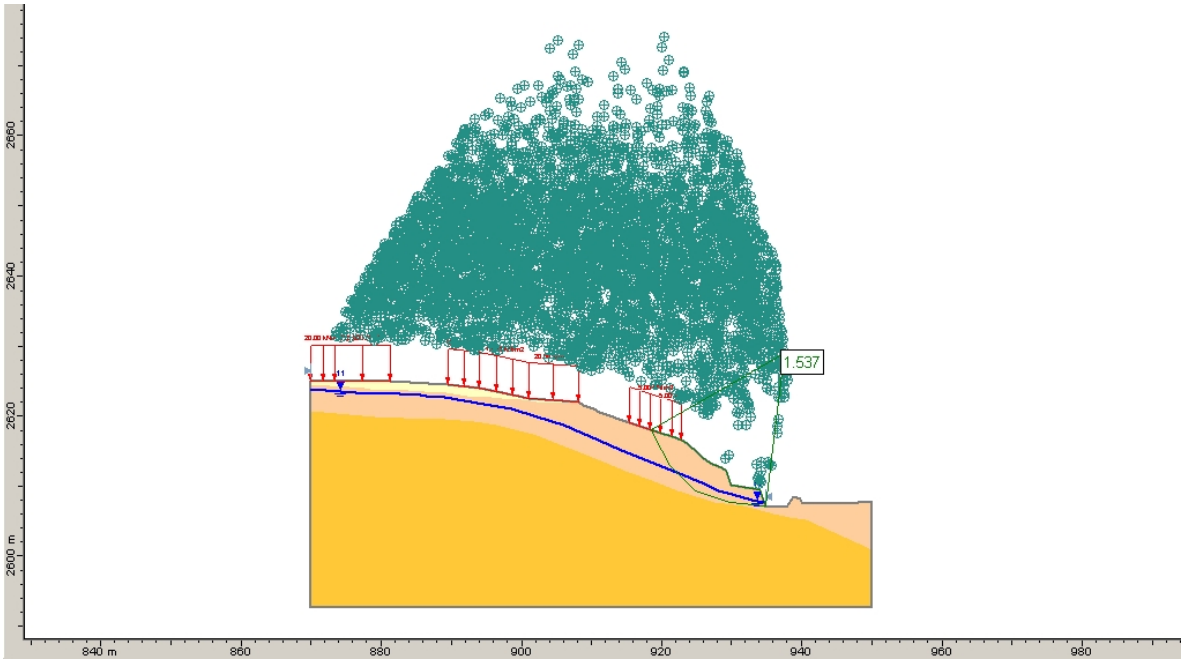


Figura 8-9 Excavación para construcción de gaviones estático

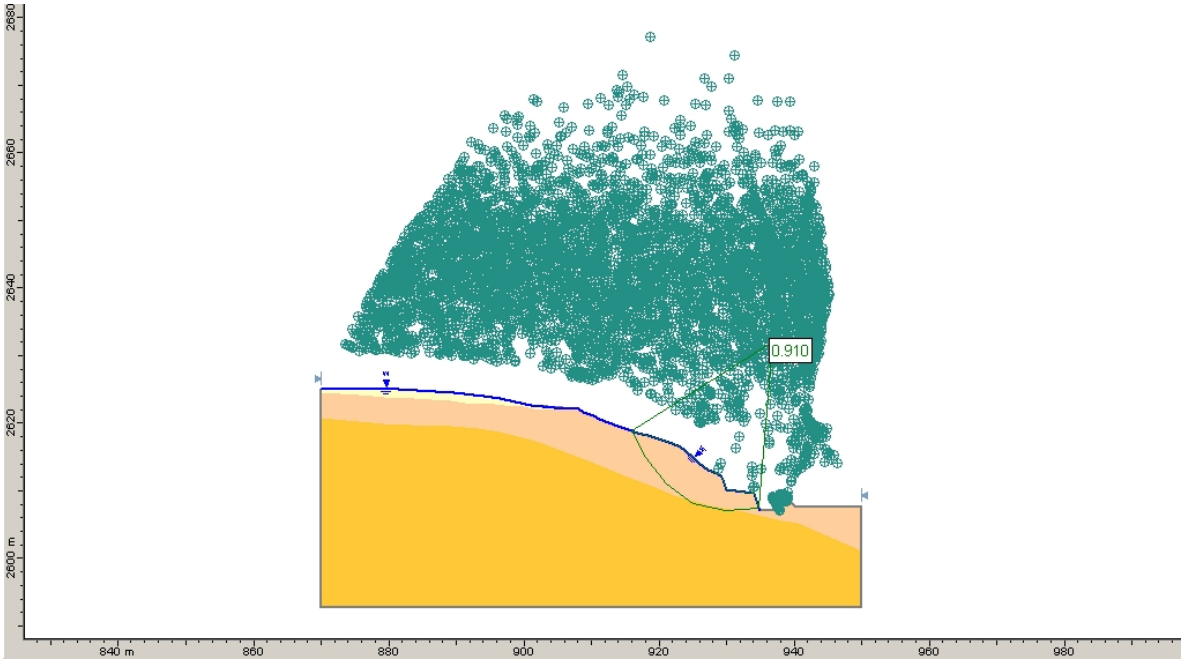


Figura 8-10 Excavación para construcción de gaviones estático - saturado

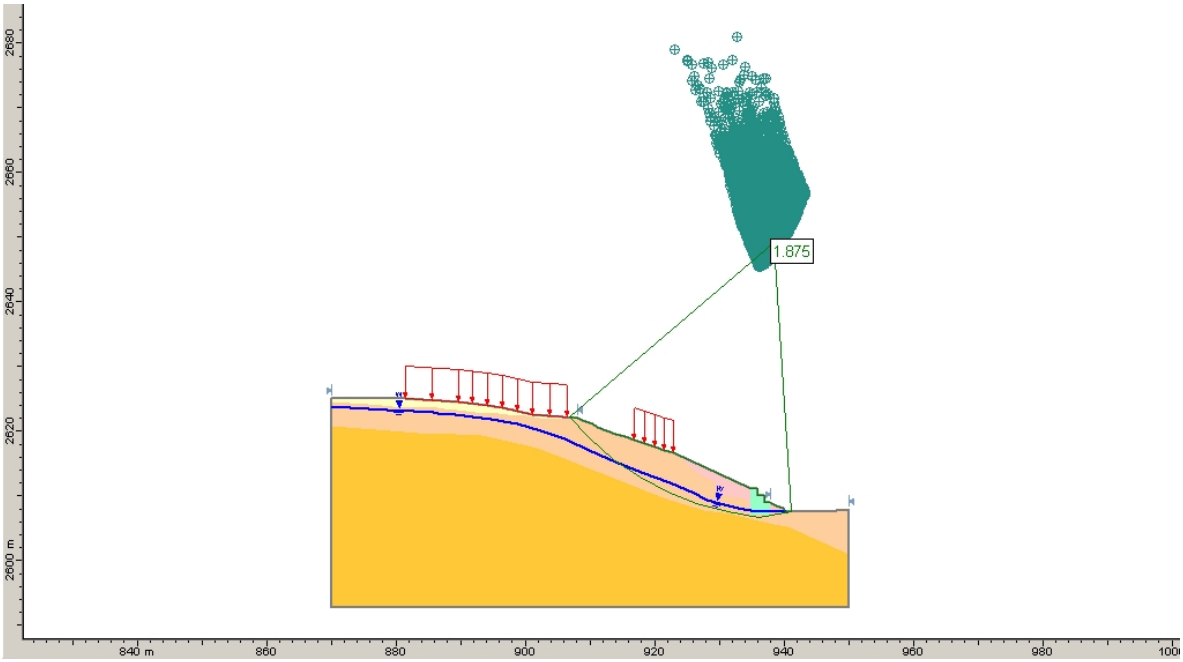


Figura 8-11 Con obras estático

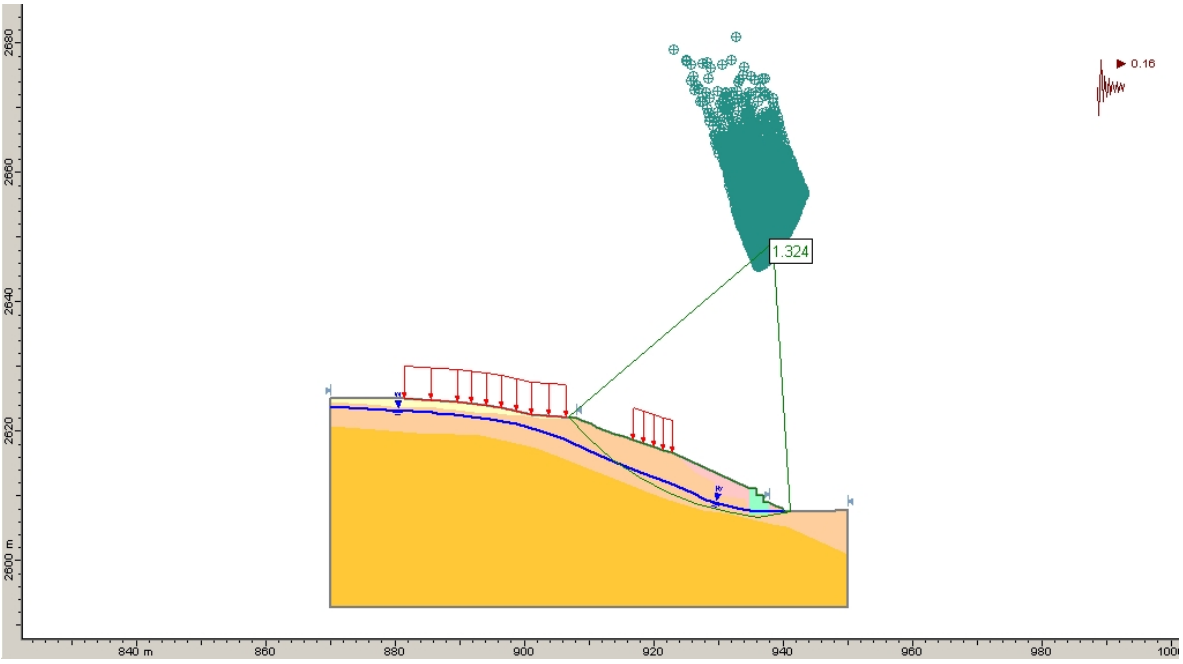


Figura 8-12 Con obras seudo estático a =0.16g

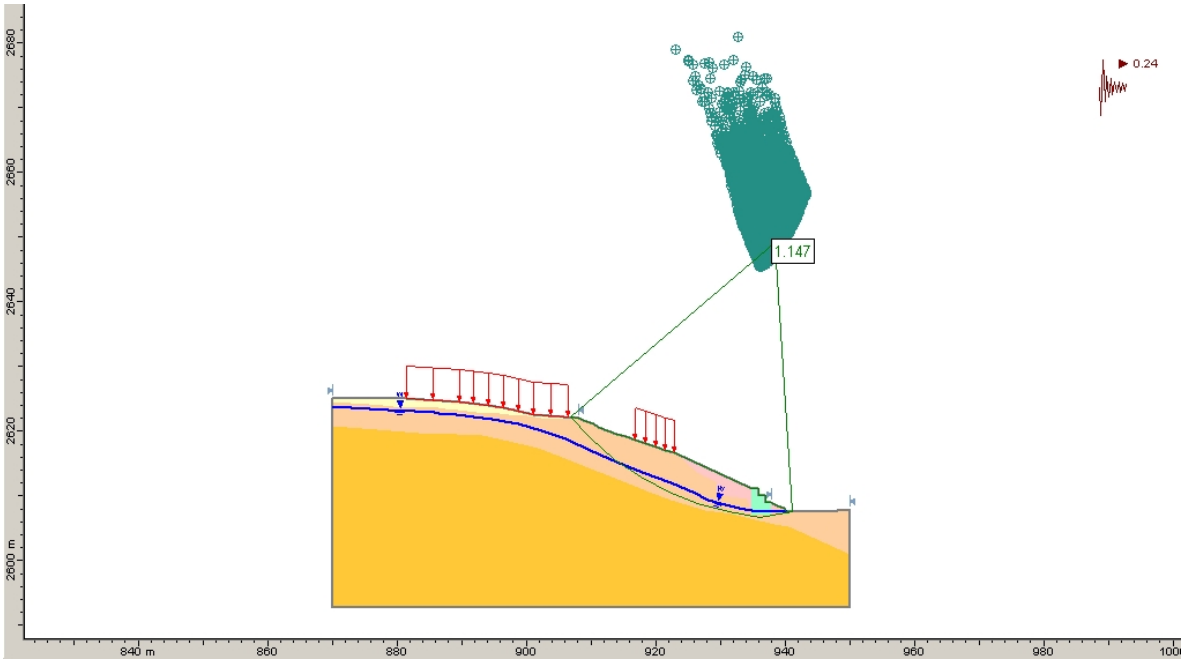


Figura 8-13 Con obras seudo estático a =0.24g

9 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

9.1 Vulnerabilidad Física

Para la evaluación de la vulnerabilidad se empleó como medida la tipología de las viviendas en el área de estudio. Dicha calificación de la calidad de la edificación, se obtiene de la encuesta socioeconómica, en la Tabla 7-1 se presenta la clasificación que por vulnerabilidad física se considera en el estudio para el Sitio 3 – Bogotá Sur.

Tabla 7-1 Clasificación de la vulnerabilidad

Vulnerabilidad Física	Descripción
Alta	Vivienda con muros portantes no confinados, estructuras en materiales de recuperación o viviendas prefabricadas.
Media	Edificación con muros portantes no confinados o combinación de confinados y pórtico con muros no confinados.
Baja	Pórtico, mampostería estructural, muros portantes confinados.

En el Plano 5 se presenta la clasificación por vulnerabilidad física de las viviendas en la zona de estudio.

9.2 Inventario de Viviendas

A las 10 viviendas localizadas dentro de la zona de estudio se les realizó una encuesta socio-económica, en la cual se evaluó básicamente el estado de la construcción, la calidad de los materiales y la percepción que tienen sobre los problemas relacionados principalmente con los daños en las estructuras de las viviendas. Los resultados obtenidos a partir de las encuestas son los siguientes:

- El 50 % de las construcciones se encuentran localizadas en la corona del talud, el 40 % en la media ladera y el 10 % están en la base del talud. El 80% de las viviendas se consideran completas.

- Del conjunto de viviendas encuestadas, el 100% se encuentran actualmente habitadas y predominan las construcciones unifamiliares con un número de residentes que oscila entre 1– 9. Con respecto a la población infantil, en el 75 % de los hogares hay niños y como máximo en una vivienda habitan 4 niños. En el 70% de las viviendas habitan sus propietarios, y el 30 % restante son viviendas alquiladas.

- En el sitio se observan construcciones de uno y dos pisos, predominando las viviendas de un piso con el 60 % del total; como entrepiso el 50 % tienen estructura de concreto, el 10 % en madera y el restante 40 % utiliza otro tipo de material. En la cubierta se utilizan elementos de asbesto cemento, concreto y zinc, soportados en estructuras de madera y concreto principalmente.

- Estructuralmente predominan los sistemas en mampostería simple y muros portantes no confinados. En cuanto al tipo de cimentación la mayoría de viviendas cuentan con

zapatas aisladas y con vigas de amarre, soportadas sobre un estrato de suelo residual; algunas carecen de cimentación. En general, la calidad de las construcciones se considera regular y se observan deficiencias en los procesos constructivos.

- Los elementos estructurales correspondientes a muros portantes y estructurales, columnas, vigas, nudos de los pórticos, escaleras y cubiertas presentan daños leves en la mayoría de las viviendas. Con respecto a los elementos no estructurales correspondientes a muros exteriores, instalaciones eléctricas y líneas de acueducto, presentan daños leves.

- La medida que determina la emergencia en el sitio, corresponde principalmente a las grietas presentes en los pisos y muros interiores de las construcciones, que según sus habitantes se manifiestan desde la ejecución de una excavación de 4.0m de profundidad durante la construcción del alcantarillado en la base de la ladera.

- La totalidad de viviendas cuenta con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica; el 90 % cuentan con el servicio de gas natural y el 80 % con el servicio de teléfono. En la parte alta del área de estudio la calle no se encuentra pavimentada, mientras que en base de la ladera pasa una vía de servicio urbano la cual se encuentra pavimentada.

Los resultados de la encuesta en forma de histograma se presentan en el Anexo 3.

10 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Para la evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa se empleó la matriz de decisión propuesta por González (2005), la cual se muestra en la Tabla 10-1, en ella se combinan los resultados de las evaluaciones de amenaza por fenómenos de remoción en masa y vulnerabilidad de las viviendas.

Tabla 10-1 Matriz de Riesgo

		AMENAZA		
		ALTA	**MEDIA**	**BAJA**
VULNERABILIDAD	**ALTA**	ALTA	ALTA	MEDIA
	MEDIA	ALTA	MEDIA	BAJA
	BAJA	MEDIA	BAJA	BAJA

Al combinar los resultados de los planos de amenaza con obras (Plano 4A) y el de vulnerabilidad (Plano 5) se obtiene que en el área de estudio el riesgo es medio, sin embargo para la vivienda identificada con la placa cll 74 sur No. 17 P – 09, el riesgo es alto por lo precaria calidad de la construcción de la vivienda.

En el Plano 6 se muestra la calificación por riesgo para la zona de estudio.

En relación, con la vivienda identificada con la placa 17P-09, se encuentra en riesgo alto, debido a que su vulnerabilidad es alta ante fénomenos de remoción en masa, por el tipo de construcción que presenta (cerramiento en latas de zinc). Además es vulnerable a eventos naturales como vientos de alta velocidad. Por lo tanto recomendamos que sus propietarios hagan lo necesario por aumentar la capacidad de resistencia ante eventos naturales de la estructura de la vivienda.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 Evaluación Estructural

1. El problema de afectación de las viviendas (Zona 2) es integral y está conformado por diferentes variables que son independientes, pero que han actuado en forma simultánea, a saber: (se enumeran en orden de importancia o de incidencia)

   - Aumento del nivel freático en el talud por la presencia del agua lluvia que no es canalizada en la parte superior, generando sobre presiones en el talud.
   - Sistemas estructurales precarios de las viviendas al no poseer muros de contención estables e independientes respecto de la estructura de soporte de las viviendas.
   - Sistema estructurales de las viviendas que no cumplen con las Normas de construcciones sismo resistentes (NSR-98)
   - Efecto de desconfinamiento del terreno por la instalación del colector de aguas negras de 36´´ sobre la carrera 17.

2. Todos los anteriores efectos, han producido sobre los sistemas estructurales de soporte de las viviendas de la Zona 2 evidencias de volcamiento y concentraciones de esfuerzos, que se manifiestan en asentamientos diferenciales o movimientos, que se han traducido en grietas diagonales sobre los muros principales y en algunos casos en colapso total de las viviendas.

3. Las viviendas localizadas en la parte superior del talud (Zona 1) por el momento se encuentran estables, pero en la medida en que se siga presentando la infiltración de agua van a ocurrir fallas en los muros de contención que aún persisten en la Zona 2 y en consecuencia, se van a presentar movimientos del terreno que van a afectar directamente a las viviendas del costado superior. Por lo tanto, es de vital importancia la solución del control de agua superficial en la parte superior para garantizar en parte la estabilidad de estas viviendas.

4. Los muros de contención actuales, así se encuentren inclinados, están ayudando a la estabilidad del talud y por ende a las viviendas localizadas en la parte superior. No se deben demoler sin tener otro sistema de contención alterno que mantenga en parte la estabilidad del talud.

5. Las viviendas localizadas en la parte inferior deben ser demolidas en su totalidad.

6. Realizar la pavimentación de las vías en la parte superior (carrera 17 A y calle 74 A sur), con sus respectivos sumideros de aguas lluvias y descoles controlados, para minimizar la infiltración superficial.

7. Revisar que no existan otras fuentes de agua, que se estén infiltrando dentro de la manzana en cuestión, sean por filtraciones de agua potable o aguas negras.

8. Revisar los pozos del alcantarillado sobre la carrera 17 A, para verificar que no existen filtraciones o roturas.

11.2 Evaluación Hidráulica

1. Las aguas que se presentan en el talud del área problema no proviene de los sistemas de alcantarillado, es posible que su origen tenga ocurrencia en aguas de lavado de patios no captadas ni conducidas al sistema de alcantarillado que se infiltran y fluyen hasta interceptar el talud en el cual se evidencia su presencia.

2. Para dar solución al problema, se propone captar las aguas de cada uno de los drenes horizontales mediante los cuales se pretende extraer las aguas del subsuelo, mediante tubería de PVC acoplada a la parte final de las tuberías que los conforman, y llevarlas hasta una tubería de PVC, igualmente, de dos (2) pulgadas de diámetro, la cual las conducirá hasta el sumidero transversal existente en el extremo norte de la vía aledaña al área., desde el cual ingresarán al sistema de alcantarillado pluvial.

11.3 Evaluación Geotécnica

1. A partir de la exploración de campo, la caracterización geotécnica y los análisis de estabilidad, se observa que la falla de las casas de la parte baja de la ladera se debió al desconfinamiento de los materiales tipo relleno heterogéneo, sobre los que estaban construidas dichas viviendas.

2. La presencia de grietas y fisuras en las viviendas de la parte superior de la ladera, se debe principalmente a la calidad de la construcción, y al proceso de reacomodación de los materiales en la ladera, una vez se efectuarón los trabajos de excavación, instalación y compactación del alcantarillado. Por lo tanto la estabilidad general de la ladera esta en condiciones de seguridad tales que no afectan a las estructurasl de las viviendas. de la carrera 18 por calle 74 sur (corona del talud).

3. La construcción de un muro de contención en gaviones, permitirá reducir la deformación de la ladera, medida que debe ser complementada con drenes subhorizontales para el alivio de las presiones de poros al interior de la masa de suelo de la ladera. Dado que las corridas de análisis de estabilidad muestran que el material suelo residual cuando esta sometido a saturación, baja la resistencia y por tanto el factor de seguridad a la falla se hace desfavorable.

12 OBRAS DE MITIGACIÓN

12.1 Tipo de obras

La estabilización de la ladera de la zona de estudio requiere de obras geotécnicas de fácil consecución, las cuales se describen a continuación.

Excavación y retiro de rellenos heterógeneos

En primer lugar debe retirarse el material de relleno que se encuentra en la actualidad bajo las cimentaciones de las casas demolidas, la excavación comprendería una profundidad variable entre 2.0 a 3.0 m, con un volumen aproximado de 1781 m3.

Demolición de viviendas

Para realizar dichos trabajos es necesario el retiro o demolición de las casas identificadas con las placas carrera 17 No. 74-05 sur (esquina norte oriental de la zona de estudio) y la carrera 17 No. 74-39 sur, así como la eliminación de los muros, placas de piso, y escombros existentes en las viviendas desalojadas anteriormente.

La vivienda que se debe desaloja como resultado del presente estudio es la siguiente:

Vivienda	ID catastral	Propietario	Costo a pagar
Carrera 17 No. 74-05 sur	002530 20 - 12	Samuel García	$ 20,400,000 *Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV*
Carrera 17 No. 74-39 sur	002530 20 - 15		Esta vivienda ya fue reubicada y comprada por el DPAE

Muro de contención en gaviones

Por tratarse de un problema de presión de tierras, se proyecta la construcción de un muro en gaviones que contenga la ladera y minimice la tasa de deformación de esta. El muro será del orden de 4.0 m de altura, de los cuales 2.0 m estarán enterrados bajo el nivel actual del terreno, garantizando que el suelo de fundación del muro sea roca, lo cual será corroborado por el Ing. Especialista en Geotecnia, al momento de tener completa la excavación, y antes de iniciar la instalación del muro. Detrás del muro se colocará geotextil no tejido para evitar el paso de finos y garantizar el drenaje.

En el Plano 7 “Localización Obras” se muestra la disposición en planta y perfil del muro de contención.

Drenajes subhorizontales

Para aliviar las presiones de poro al interior de la ladera, es necesaria la implantación de un sistema de drenes subhorizontales que evacue el agua y la conduzca al alcantarillado de forma adecuada. En el plano 8 “Detalles drenajes” se muestra la forma en que dicho

sistema debe construirse. La tubería de los drenes como también la de la conducción será de 2".
En la zona de relleno la tubería debe ir encamisada por medio de una tubería de 3" que evite el contacto directo de la tubería de conducción con el relleno.

Relleno en material granular

Por último, con el objeto de recuperar las dimensiones morfológicas de la ladera se propone la construcción de un relleno en material granular tipo afirmado, compactado por capas de 30 cm al 90% del ensayo de proctor estándar, el cual tendrá una inclinación de 22° con la horizontal, o taludes 1V:2.5H.

Empradización con cespedón

Con el fin de dar un manejo paisajístico se propone la instalación de cespedón de pasto kikuyo, para el control de la erosión del relleno granular.

12.2 Procedimiento constructivo

Se deben hacer el retiro de las demoliciones de las viviendas, luego se procederá a la ejecución de las excavaciones y retiro de los rellenos heterogéneos, hasta el nivel en que se encuentre el suelo residual caracterizado por arcilla rojiza de plasticidad alta. Luego deben fijarse los niveles en los que quedaran localizados el muro de gaviones y los drenajes subhorizontales.

Realizado lo descrito en el anterior párrafo, se construirá el muro en gaviones garantizando que se utilizaran tamaños de bloques adecuados, así como la calidad de la malla de triple torsión, tal como se define en las especificaciones técnicas presentadas en el Anexo 6.

La instalación de los drenes subhorizontales se hará una vez se tenga lista la excavación, y se realizará por medio de equipos adecuados que garanticen la inclinación recomendada del 5%, y una longitud de 20 m.

Alcanzadas las cotas del muro de gavión, se continuará con la instalación del relleno granular en capas, garantizando una pendiente de 1V:2.5H, hasta rematar con la topografía actual del terreno.

13 PRESUPUESTO DE OBRAS

A continuación se presenta en la Tabla 13-1 el presupuesto detallado para la construcción de las obras de mitigación, las cantidades de obra y los precios unitarios se presentan en el Anexo 6.

Tabla 13-1 Presupuesto detallado Sitio 3 Bogotá Sur

I - Construcción de obras

Item	Descripción	UNIDAD	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
1.0	***GENERALES***				
1.1	Localización y replanteo	m2	$ 1,251	728	$ 910,728
	Subtotal				**$ 910,728**
2.0	***EXCAVACIONES***				
2.1	Demolición de viviendas	m2	$ 55,427	360	$ 19,953,750
2.2	Demolición de muros y placas viviendas reasentadas	m2	$ 51,041	221	$ 11,280,024
2.3	Excavación con máquina material común (incluye cargue)	m3	$ 9,873	1712	$ 16,902,576
2.4	Excavación en roca para muro de gaviones (incluye cargue)	m3	$ 28,535	448.0	$ 12,783,680
2.5	Transporte y disposición de sobrantes de excavación (distancia menor a 20 Km)	m3	$ 28,167	2373	$ 66,843,725
	Subtotal				**$ 127,763,755**
3.0	***OBRAS DE DRENAJE***				
3.1	Drenes subhorizontales L = 20 m diam = 2"	ml	$ 196,038	140	$ 27,445,250
3.2	Conducción de drenajes Tubería (diam = 2")	ml	$ 39,563	55	$ 2,168,025
	Subtotal				**$ 29,613,275**
4.0	***RECONFORMACIÓN DE TALUDES***				
4.1	Muro de gaviones (incluye mano de obra y material)	m3	$ 122,550	462	$ 56,618,100
4.2	Geotextil no tejido NT-1600	ml	$ 26,543	61	$ 1,605,821
4.3	Relleno granular (tipo afirmado)	m3	$ 51,353	2320	$ 119,138,767
4.4	Reconformación del terreno	m2	$ 24,170	475	$ 11,480,750
4.5	Empradización con cespedón	m2	$ 8,688	475	$ 4,126,800
	Subtotal				**$ 192,970,238**
5.0	***ASEO***				
5.1	Aseo de la obra	m2	$ 2,750	1000	$ 2,750,000
	Subtotal				**$ 2,750,000**
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				**$ 161,037,758**
	Administración	%		10	$ 16,103,776
	Imprevistos	%		10	$ 16,103,776
	Utilidades	%		5	$ 8,051,888
	IVA sobre la utilidad	%		16	$ 1,288,302
	COSTO TOTAL				**$ 202,585,500**

II- Reubicación de viviendas

1.0	***Reubicación vivienda***				
1.1	Vivienda Carrera 17 No. 74 - 05 Sur. Decreto 226 de 2005 - Vivienda Tipo 1 VUR= 50 SMLV	un	$ 20,400,000	1	$ 20,400,000
	Subtotal				**$ 20,400,000**
	COSTO TOTAL				**$ 20,400,000**

Referencias: *Ver Plano 7 Localización de obras*
Ver Plano 8 Detalles Drenajes
Anexo 5 Cantidades de Obra
Anexo 6 Especificaciones Técnicas

14 LIMITACIONES

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

15 BIBLIOGRAFÍA

- DACD (2006). Plancha L-56 escala 1:500, Plano de manzana catastral. Departamento Administrativo de Catastro Distrital.
- DPAE (2006). Diagnóstico Técnico No. DI-2484
- EAAB (2001). Planta – áreas de drenaje – cimentación – localización. Barrios Bogotá Sur y El Consuelo.
- INGEOMAR LTDA (2005). Problemas de agrietamiento de las casas de la carrera 17 con calle 74 sur.
- Sociedad Colombiana de Geotecnia (2005). Concepto Técnico sobre la Estabilidad de la Ladera Occidental, Carrera 17N, calle 74 A sur, Barrio Bogotá Sur – Ciudad Bolívar, Bogotá D. C.
- www.sire.gov.co Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá.

ANEXO 1 Registro fotográfico



Fotografía 1: Aspecto de la vivienda que no fue reubicada por el DPAE, por no presentar agrietamiento



Fotografía 2: Panorámica de las viviendas afectadas por la excavación del alcantarillado de la Carrera 17 N.



Fotografía 3: La carrera 17 N, presenta un buen estado, no se aprecian fisuras en el pavimento rígido.



Fotografía 4: Grietas y fisuras en las viviendas que fueron demolidas.



Fotografía 5: Agrietamiento de las losas de piso de las viviendas, las grietas son paralelas a las curvas de nivel.



Fotografía 6: Estado actual de la viviendas de la parte alta del talud, nótese las grietas en los muros de fachada.

ANEXO 3 Resultados Encuestas Socioeconómicas



Casa 12 Carrera 17N # 74 – 05 Sur



Casa 11 Calle 74 Sur # 17 N - 25



Casa 10 Calle 74 Sur # 17 P - 09



Casa 9 Calle 74 Sur # 17 P - 13



Casa 8 Carrera 18 # 74 - 06 Sur



Casa 7 Carrera 18 # 74 - 14 Sur



Casa 6 Carrera 18 # 74 - 26 Sur



Casa 5 Carrera 18 # 74 A - 06 Sur



Casa 4 Carrera 18 # 74 A - 10 Sur



Casa 3 Carrera 18 # 74 A - 14 Sur