E 254

SECRETARIA DE O.P.D.E.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

INFORME FINAL

Abril de 1988

IEH LTDA.
Ingenieros Consultores

E 8

- SECRETARIA DE O.P.D.E. DE BOGOTA -

ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

INFORME FINAL

Bogotá, Abril de 1988

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA

ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

INFORME FINAL

Bogotá, Abril de 1988

CONTENIDO

- LISTA DE TABLAS
- LISTA DE FIGURAS
- LISTA DE PLANOS

		Página
I	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES	
	2.1 ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS ANTERIORES	3
	2.2 OTRA INFORMACION DISPONIBLE	5
III	ESTUDIOS BASICOS	7
	3.1 TOPOGRAFIA	7
	3.2 GEOLOGIA	10
	3.3. GEOTECNIA	21
	3.4 DRENAJE	28
	3.5 INVENTARIO DE DAÑOS	31
IV	ANALISIS DE ESTABILIDAD	36
	4.1 ZONIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO	36
	4.2 ANALISIS MECANISMOS DE FALLA	37
	4.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD	45

./.

CONTENIDO

		Página
	4.4. ANALISIS DE MEDIDAS CORRECTIVAS	49
	4.5 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS	51
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
	5.1 CONCLUSIONES	56
	5.2 RECOMENDACIONES	58
VI	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	60
TABLAS		
FIGURAS		
PLANOS		
ANEXO 1	Registros de Perforaciones, Apiques y Sondeos Geoeléctricos.	
ANEXO 2	Fotografías.	

LISTA DE FIGURAS

Figura No.	
1	Esquema Geológico General
2	Plano Geológico Detallado
3	Zona Inestable "A" - Corte A-A
4	Zona Inestable "B" - Corte B-B
5	Zona Inestable "C" - Corte C-C
6	Carta de Plasticidad
7	Curvas Esfuerzo Deformación y Presiones de Poros Ensayo Triaxial
8	Envolvente de Resistencia Ensayo Triaxial
9	Envolvente de Resistencia Ensayo de Corte Directo
10	Sistema de Alcantarillado Combinado Existente
11	Inventario de Viviendas Afectadas
12	Movimientos Verticales Mojones de Observación
13	Comportamiento de Niveles Piezométricos
14	Zonas Inestables
15	Zona Inestable "A" Sección de Análisis
16	Zona Inestable "B" Sección de Análisis
17	Zona Inestable "C" Sección de Análisis

LISTA DE TABLAS

Tabla No.	
1 a 6	Resultado de Pruebas de Laboratorio.
7	Resumen Medidas Correctivas

LISTA DE PLANOS

Plano No	
1	Levantamiento Topográfico, Localizaciones Apiques y Sondeos Geoeléctricos, Localización Mojones y Grietas.
2	Localización Secciones Transversales y Dirección Movimientos.
3	Plan de Terraceos y Rellenos
4	Sistema de Drenaje Superficial y Subsuperficial.

I. INTRODUCCION

El presente informe contiene los resultados de los estudios contratados por la Secretaría de Obras Públicas del Distrito Especial de Bogotá, para evaluar los problemas de inestabilidad que afectan a los barrios Granada Sur y Montebello, ubicados al Sur-Oriente de Bogotá y plantear y diseñar las medidas correctivas para controlar los factores desestabilizantes.

La zona de estudio corresponde exactamente al sector comprendido entre las calles 20 y 24 Sur y las carreras 1 A y 6.

El estudio se desarrolló en dos fases, la primera orientada a la revisión de la información existente, de carácter topográfico, aerofotográfico, geológico y geotécnico, asi como a producir aquella información adicional que en estos mismos aspectos se estimara necesaria para aclarar el marco geológico de la zona, asi como para precisar la naturaleza y mecánica de los fenómenos de inestabilidad presentes. Como parte de esta fase de adquisición de información adicional se instaló una instrumentación sencilla a base de monumentos superficiales y piezómetros de tubo abierto, los cuales fueron observados en forma sistemática durante la realización del estudio.

La segunda fase de análisis de la información y evaluación de los resultados de los distintos estudios básicos permitió una definición del mecanismo de falla probable, con base en el cual se hicieron los análisis de estabilidad y se evaluó la efectivi-

dad de las diversas medidas correctivas, culminando con el diseño definitivo de las mismas y su cuantificación en términos de cantidades de obra y presupuesto.

En los siguientes capítulos se presenta un recuento de los resultados de cada una de las actividades desarrolladas, en el Capítulo II, se describen los antecedentes del sector en términos de problemas de estabilidad, asi como de reconocimientos y estudios al respecto; en el Capítulo III se describen y analizan los resultados de los estudios básicos adicionales en las distintas áreas de interés para el proyecto, en el Capítulo IV, se muestran los resultados de los análisis de estabilidad y de evaluación de la efectividad de las medidas correctivas; en el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones más importantes del estudio.

También hacen parte de este informe los planos constructivos de las obras y la lista de cantidades de obra y presupuesto de las mismas.

II. ANTECEDENTES

2.1 ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS ANTERIORES

La zona de interés ha sido evaluada a nivel de reconocimientos superficiales en varias oportunidades y desde hace más de 30 años. los primeros reconocimientos estuvieron orientados a evaluar las condiciones de estabilidad de las explotaciones de arcilla, chircales, que desde principios del presente siglo se adelantaban en el área. En un primer reconocimiento de los Geólogos Diezemann y López (1955) estos no registran peligros inminentes de estabilidad que amenacen zonas urbanas vecinas, las cuales por lo demás se encontraban bastante alejadas de los frentes de explotación; sin embargo en la observación de fotos aéreas de la época es evidente el comienzo de fenómenos de inestabilidad en las zonas de explotación, manifiestas en hundimientos y agrietamientos en las coronas de los taludes de excavación.

Un segundo reconocimiento fué realizado por el Geólogo Marino Arce Herrera para el Servicio Geológico Nacional en Enero de 1968, con motivo de movimientos que amenazoban la estabilidad de las viviendas del costado Norte de la Urbanización Montebello (correspondiente a la Calle 24 Sur)y como resultado del cual las explotaciones de arcillas fueron suspendidas y se recomendó el perfilado y suavizado de todos los taludes de explotación para mejorar sus condiciones de estabilidad

además de algunas medidas complementarias de drenaje y arborización; habiéndose aplicado tanto las acciones de perfilado, como de arborización, aunque esta última sin mayor éxito, por daño a los árboles recien sembrados.

A comienzos de 1984, el Ingeniero Luis A. Mancilla G. realizó para la Secretaría de Obras Públicas, un estudio de estabilidad de dos sitios en los Barrios Granada Sur y Montebello; el primero de ellos ubicado en el sector Nor-Oriental del área que actualmente se analiza, el cual esta delimitado por las Carreras 1A y 2A y las Calles 20 y 21 Sur. El segundo sitio hacia el Sur-Occidente del área, corresponde a una zona de botadero, que llena un gran socavón dejado por las explotaciones de arcilla, y cuya inestabilidad podría afectar las viviendas del costado Occidental de la Transversal 2A ver Figura No. 2. Dentro de este estudio se adelantó un censo de las viviendas afectadas en toda al área, que permitió detectar que los daños de las mismas no podrían asociarse a los dos sitios de inestabilidad mencionados y que la inestabilidad de la denominada "zona intermedia", no incluida en dicho estudio, era la responsable de los daños observados. También es significativo señalar como a mediados del mes de Septiembre de 1987, se dió comienzo a un proyecto de vivienta Multifamiliar en la parte baja del segundo sitio, antes mencionado, situación que fue oportunamente notificada por estos consultores a la Secretaría de Obras Públicas a través del Oficio No. 226-87 de IX-8-87 y 328-87 de XI-26-87.

Como parte del estudio realizado por el Ingeniero Mancilla, se lleva-

ron a cabo una serie de trabajos exploratorios a base de apiques y barrenos manuales, asi como una serie de ensayos de laboratorio tanto de clasificación de suelos como de caracterización gèomecánica; cuyos resultados han sido utilizados como parte de la información básica por el presente estudio.

Como consecuencia de sus observaciones y análisis el estudio referido recomendó para ambos sitios sendas medidas de estabilización, consistentes principalmente en terráceos para suavizar la pendiente de los taludes y medidas de drenaje superficial y subsuperficial, los cuales desafortunadamente no fueron implementadas en ningún sector, salvo las acciones de terráceo en el primer sitio referido, las que sin embargo por la falta de las medidas complementarias no contribuyeron a mejorar las condiciones de estabilidad, las que por el contrario se han deteriorado en forma significativa en los últimos cuatro años.

2.2. OTRA INFORMACION DISPONIBLE

2.2.1 Información Cartográfica

La zona cuenta con el siguiente cubrimiento cartográfico:

- Plano General del área en escala 1 : 25.000, realizado en 1938, dada la escala y el espaciamiento de las curvas de nivel la utilidad de esta información para el presente estudio fue marginal.
- Plano en escala 1 : 2.000, con curvas de nivel cada 2.0 m. y resti-

tuído entre los años 1960 y 1969, al parecer sobre fotografías aéreas de 1958.

- Plano en escala 1 :2.000, con curvas de nivel cada 2.0 m. y restituído entre los años 1980 y 1983, con fotografías aéreas de 1977.

2.2.2 Información Aerofotográfica

El área de estudio cuenta con un amplio cubrimiento aerofotográfico desde 1936 hasta 1984, habiéndose empleado en el presente estudio la siguiente información:

Vuelo	Fecha	Escala Aprox.	Fotos Nos.	Observaciones
C-35	III-40	1:22.000	845-846	
C-743	I-55	1: 9.000	1,2,3	
C-855	IX-58	1: 8.000	98 y 99	
C-1319	VI-70	1: 5.000	20,21 y 22	Explotación suspendida comienzo Urbanización Montebello.
C-2161	XII-84	1:25.000	140 y 141	Estado actual del área

Es de señalar la falta de información aerofotográfica en la década de los 60 cuando al parecer las explotaciones de arcilla alcanzaron su máximo desarrollo. De esta última década, solo se pudo disponer de las fotografías tomadas por el Geólogo Marino Arce Herrera, en su informe de Enero de 1968, copia de las cuales se incluyen en el anexo fotográfico del presente informe.

III. ESTUDIOS BASICOS

3.1 TOPOGRAFIA

3.1.1 Levantamiento Topográfico

Para complementar y precisar la información cartográfica disponible, asi como para que sirviera de base a los diseños de las obras, se hizo un levantamiento topográfico de detalle, el cual culminó con la elaboración del plano No. 1, en escala 1:1.000 y curvas de nivel cada metro, el cual hubo de ser referenciado tanto altímetrica como planimetricamente a un sistema arbitrario convenientemente materializado en el terreno, como consecuencia de no haberse encontrado las placas del IGAC en el sector de estudio.

Además de registrar la conformación actual del terreno, en este levantamiento se tomaron detalles de relevancia para el estudio, tales como ubicación y extensión de las grietas, localización de las zonas construidas, y ubicación de los pozos del sistema de alcantarillado, en el sector.

Como parte de este levantamiento se instalaron 15 mojones o monumentos de concreto, cuya ubicación se muestra en el plano No.1 y cuyos movimientos fueron controlados sistematicamente durante la realización

del estudio. Sus resultados se analizan posteriormente.

3.1.2 Evolución del Relieve en la Zona

Tomando como base las fotografías aéreas, asi como la cartografía disponible, en especial esta última, se hizo un estudio comparativo de la evolución de las formas del terreno a través del tiempo, cambios que obviamente reflejan los desarrollo de las explotaciones, asi como de los fenómenos de inestabilidad generados por ellas y de las acciones posteriormente adoptadas para tratar de controlar tales fenómenos.

El propósito de tal estudio se resume en los siguientes puntos:

- Establecer la máxima altura alcanzada por las explotaciones, como punto de partida de los fenómenos de inestabilidad que se observan hoy en día.
- Observar los cambios del terreno una vez suspendida la explotación de las canteras; los que indudablemente son resultado de las acciones de reconformación (perfilado y rellenos) adelantadas en el área a principios de los años 70, asi como de la activación de fenómenos de inestabilidad.

En las Figuras 3 a 5 , se muestran los perfiles que en las distintas épocas mostraba diferentes sectores del área de estudio. Con relación a estas secciones topográficas es pertinente notar que la orientación de las

mismas fue adoptada teniendo en cuenta las direcciones típicas de movimiento detectada con la instrumentación instalada y que parecen definir sectores o masas independientes entre si desde el punto de vista de su estabilidad, como se analiza en el Capítulo IV.

Es importante igualmente indicar que, puesto que el levantamiento topográfico realizado en este estudio no pudo ser referenciado al sistema del IGAC, el subparalelismo en las formas topográficas entre las secciones obtenidas con este último y las tomadas de las cartografías disponibles se interpreta como que no se han sucedido cambios en la sección en cuestión.

3.1.3 Registro de Movimientos

Como ya se mencionó, en la zona afectada por los movimientos se colocaron quince mojones para controlar el desarrollo de las mismas.

En el plano No. 2 , se muestra la dirección y magnitud total de los movimientos ocurridos desde la instalación de los mojones hasta el último control, no se incluye la información en fechas intermedias por las siguientes razones: Después de los primeros controles, se pudo detectar que uno de los puntos de referencia estaba siendo afectado por movimientos, debiendo recurrirse a nuevos puntos fijos, levantados inicialmente, que no habían sido utilizados en los primeros controles.

Adicionalmente durante los últimos controles de campo se verificó la continuidad de los tubos de los piezómetros, introduciendo una varilla de

acero de Ø 1/4", suspendida de un hilo, esto permite detectar en forma aproximada los sitios donde tales tubos se han deflectado dando la posición tentativa de la superficie de fallamiento en cada punto, estos datos se analizan en el Capítulo IV.

En la Figura No. 12, se muestra el comportamiento altimétrico de los distintos puntos, siendo evidente en todos ellos su movimiento descendente.

3.2 GEOLOGIA

3.2.1 Generalidades

En este numeral se presentan los resultados de las investigaciones realizadas para la evaluación de las condiciones geológicas del área inestable y zonas aledañas con el fin de establecer un marco de referencia lo suficientemente claro; elemento indispensable para definir el tipo de exploración del subsuelo más adecuado y acorde con las características de los materiales presentes en el área, asi como el nivel y densidad de la exploración mínima para definir la naturaleza y geometría de los fenómenos de inestabilidad que se estudian.

Con base en el análisis de las aerofotos tomadas en Marzo de 1938 fué posible observar las condiciones naturales de las formaciones geológicas y depósitos cuaternarios presentes en la zona estudiada y establecer su distribución geográfica. El análisis de las aerofotos tomadas en épocas posteriores permitió establecer el progreso del uso de la tierra y en espe-

cial el avance de las explotaciones de arcillas de las diferentes ladrilleras que son el origen, en mayor o menor grado, de los problemas de inestabilidad que hoy se observan; paralelamente a partir de dichas fotos se pudo observar en el tiempo, el avance de las urbanizaciones las cuales indudablemente tienen influencia en la estabilidad del terreno tanto positiva como negativamente.

3.2.2 Geología General

En la Figura No.1 se presenta un esquema geológico de la zona. En ella se indican las principales formaciones geológicas del Terciario a saber : formaciones La Regadera y Bogotá, ésta última cubierta por un depósito coluvial de unas pocas decenas de metros de espesor, no mayor a 20m. como se confirmó en tres de las perforaciones realizadas, en las que se determinaron espesores entre 12,50 y 17,0m. Al sur del área de interés afloran las Formaciones Bogotá y Regadera; mientras al norte se destaca la presencia de un cono de deyección fluvial-lacustre en abanico, el cual presenta canales de erosión profundos y estrechos que indican la presencia de materiales muy susceptibles a la erosión. Entre estos dos depósitos cuaternarios se halló un cinturón angosto de arcillas de la Formación Bogotá, ver Figura No. 2 su geomorfa indica que en el pasado reciente dicha formación fué labrada o entallada por las corrientes de agua superficiales, incluso en algunos sitios se observan pequeños restos de materiales aluviales que a veces se reducen a riegos o pequeñas capas aisladas que reposan sobre las arcillas de la Formación Bogotá.

posteriormente con los asentamientos urbanos, y en forma clara por la acción de las fugas de aguas de los alcantarillados.

g. De acuerdo con las condiciones geológicas actuales, la zona problema involucra tanto el depósito coluvial como a las rocas de carácter arcilloso de la Formación Bogotá. Existen tres tipos de movimientos diferentes: el que afecta el coluvión con un desplazamiento en sentido general NW normal al sistema de grietas principales observado ver Figura No. 2 , un movimiento de rumbo Norte que afecta las arcillas residuales de la Formación Bogotá, localizado en el extremo NE de la Figura No. 2 , y consistente en fenómenos de hundimiento, y un movimiento de las zonas de relleno en el extremo NE del área. Todos ellos de carácter lento y estacional.

h. A través de la cobertura coluvial, dada su textura y estado de agrietamiento actual, el agua desciende rápidamente concentrándose cerca al límite geológico sobre las arcillas de la Formación Bogotá, las cuales sufren procesos de ablandamiento dado su potencial expansivo y generan una zona de debilidad, entre el coluvión y la roca dura, compacta y exenta de fracturas característica de la formación.

i. Los movimientos que afectan la cobertura coluvial se explican en consecuencia como un resbalamiento de esta masa según la zona de debilidad que se genera en las arcillas de la Formación Bogotá próximas al límite geológico con el coluvión, donde las arcillas

presentan fisuras alteradas por meteorización y por la acción de las aguas que percolan a través del coluvión y se concentran allí afectando un espesor unos pocos metros (2 a 3 m), ya que a medida que se profundiza en la formación las arcillas aumentan su consistencia hasta que se encuentra la roca fresca y dura. El sentido general del movimiento principal es al NW, en razón de la tendencia de la paleotopografía sobre la cual se depositó el material coluvial; sin embargo la naturaleza ondulada de dicha superficie explica porque a pesar de los cortes profundos que se practicaron en algunos sectores los movimientos solo aparecen en algunos sitios y no en toda el área.

j. Los movimientos en las arcillas de la Formación Bogotá son de tipo lento, y causados por la degradación de las arcillas por la acción de los agentes meteorizantes, cuya acción fue favorecida por los cortes de las antiguas explotaciones y la naturaleza relativamente blanda y expansiva de las rocas mismas, ver fotos No. 8 y 9.

3.3. GEOTECNIA

3.3.1 Programa de Exploración

Con el objeto de ampliar la información de carácter geotécnico obtenida en el estudio de 1984, asi como para precisar las condiciones geológicas del área de estudio, se llevó a cabo un programa de exploración subsuperficial con las siguientes características:

a. Apiques: Se excavaron un total de 7 apiques con una profundidad promedio de 4.00 m.; cinco de ellos realizados al comienzo de la fase exploratoria, están ubicados en la parte oriental del área y dispuestos en forma paralela a las carreras 1A y 1B. Como consecuencia del espesor de los depósitos de coluvión y/o rellenos que cubren buena parte del área en estudio, asi como por la presencia de grandes bloques de arenisca embebidos en tales depósitos este tipo de exploración se encontró inadecuado y de utilidad marginal suspendiéndose el programa inicialmente planteado.

En la fase final de este estudio y hacia la parte central del área se excavaron dos apiques adicionales de verificación, a fin de confirmar algunas de las conclusiones del estudio geológico.

b. Perforaciones Profundas: En el área intermedia de la zona de interés, no explorada durante el estudio de 1984, se adelantó un programa de perforaciones profundas con taladro rotatorio, cuatro en total con una profundidad promedio de 20.0 m., empleando barrenas corazonadoras de triple tubo y diámetro NQ. Adicionalmente en algunas de ellas se hicieron ensayos de penetración standard en los depósitos de coluvión, sin embargo dada la abundancia de bloques de areniscas que estos presentan, se considera que los resultados de estas pruebas son de poca significación. En todas las perforaciones realizadas se profundizó hasta interceptar el basamento rocoso, constituido en este caso por la Formación Bogotá.

En los huecos dejados por las perforaciones se instalaron piezómetros abiertos de tubos de P.V.C. de 1/2 plg. de diámetro con una cabeza porosa de doble tubo y material granular como la mostrada en la foto No. 12.

Con excepción de la perforación No. 3, donde la cabeza del piezómetro quedó dentro de la Formación Bogotá, en las restantes dicha cabeza se instaló en la interfase coluvión - Formación Bogotá.

c. Exploración Geofísica: Con el propósito de ampliar la información geológica en profundidad, particularmente la relativa a los espesores de coluvión y rellenos, se realizaron 6 sondeos geoeléctricos de resistividad (SEV).

La ubicación de las distintas exploraciones realizadas se muestra en el plano No. 1, donde también se han incluido aquellas realizadas en el estudio de 1984.

Los registros de los apiques y perforaciones, asi como la interpretación de los sondeos geoeléctricos se incluyen en el apéndice No. 1 de este informe; entre tanto que en las fotos 14 a 15 del apéndice fotográfico se muestran los núcleos recuperados en las distintas perforaciones.

3.3.2 Ensayos de Laboratorio

Sobre un buen número de las muestras recuperadas èn las distintas exploraciones, se realizaron ensayos de clasificación y caracterización geomecánica.

Los ensayos de clasificación consistieron principalmente en determinación de límites de Atterberg, lavados sobre tamiz No. 200, determinaciones de humedad natural y algunas de peso unitario, con esta clase de pruebas se caracterizaron todos los tipos de materiales presentes en el sitio : rellenos, coluviones y las arcillas de la Formación Bogotá. Adicionalmente estas últimas, que pudieron ser muestradas en forma "inalterada" fueron caracterizadas geomecanicamente, un gran número de ellas con pruebas de compresión inconfinada y un número reducido con ensayos de resistencia del tipo triaxial y corte directo. Un resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio se presenta en las tablas 1 a 6.

Para el ensayo triaxial se empleó una muestra tomada en la perforación No. 1, en una zona de gran humedad y muy baja consistencia detectada inmediatamente abajo de la interfase coluvión - Formación Bogotá y la cual se ha interpretado como una zona de falla. Los resultados de estas pruebas, curvas esfuerzo deformación y la envolvente de falla obtenida a través de un gráfico P-Q se muestran en las Figuras 7 y 8.

Para la prueba de corte directo se utilizaron muestras precortadas obte-

nidas en la perforación No. 4, las cuales previamente a la etapa de corte fueron inundadas y se permitió su expansión y/o consolidación bajo los esfuerzos normales iniciales de 1.0, 2.0 y 4.0 Kg/cm2, habiéndose observado expansión para los dos primeros niveles de carga indicados. Las etapas de corte, en condiciones drenadas, se realizaron a dos carreras, a fin de aproximar a la resistencia residual de la arcilla, resistencia que se presume se puede estar presentando sobre buena parte de las superficies de deslizamientos. Los resultados de esta prueba y los parámetros de resistencia obtenidos se muestran en la Figura No. 9.

3.3.3 Características Geotécnicas de los Materiales

Geotecnicamente las propiedades de los materiales presentes en el área los podemos sintetizar de la siguiente manera:

a) Depósitos Coluviales: Se trata de masas de naturaleza arcillo arenosa, con bloques de hasta 1,0m. de lado de areniscas de la Formación Guadalupe. Por sus características de plasticidad, ver figura No. 6, es evidente que la matriz de estos depósitos tiene su origen en la alteración de las arcillas de la Formación Bogotá, mezcladas con arenas derivadas de la descomposición de las areniscas. Por sus características texturales y en particular por el intenso y profundo agrietamiento que afectan estos depósitos, la permeabilidad de los mismos puede calificarse de media.

Los rasgos estructurales en la zona de interés no son notables; al sur, en las areniscas de La Regadera y hacia los cerros, se observa que los estratos se inclinan hacia el occidente con ángulos entre 20 y 40° y un rumbo general al NE. Los niveles de la Formación Bogotá son compactos y espesos y su estratificación no es conspicua, en efecto en los núcleos recuperados no se pudo determinar la presencia de estas discontinuidades en forma clara. En resumen el aspecto estructural no es notable y no parece influir en la generación del problema inestabilidad que se estudió.

3.2.3 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico la zona estudiada está localizada en el piedemonte de los Cerros Orientales de Bogotá entre las cotas 2.600 y 2.700 m. Inmediatamente al oriente de la zona de estudio se presenta el frente montañoso que se manifiesta a partir de la cota 2.800m. hasta alcanzar máximos en el alto del Zuque y el Páramo Cruz Verde, cota 3.500 m. Hacia la corona de los cerros entre las cotas 3.200 y 3.400m. se presenta un escarpe rocoso continúo constituido por las areniscas cuarzosas de la Formación Guadalupe, entre las cotas 3.200 a 2.800 la pendiente transversal es menos fuerte y en dicho sector, en sentido oriente-occidente afloran primero la Formación Guaduas y luego la Formación Bogotá en las que predominan rocas de carácter arcilloso (Lodolitas y arcillolitas).

En la zona de interés se hallan depósitos Cuaternarios de piedemonte entre los cuales se destaca el cono de deyección fluvial-lacustre en abanico

en el costado norte y el cual presenta una suave inclinación al oeste, unos 3° según su eje longitudinal y con una inclinación lateral al norte hacia el río San Cristóbal, donde el depósito termina contra el relleno aluvial del mismo río. Este abanico fue erodado por corrientes de agua superficiales que formaron canalones estrechos y profundos, reflejo de que los materiales que lo componen son fácilmente erosionables.

Al sur del abanico se presenta un depósito coluvial constituído por una mezcla de bloques de areniscas y materiales más fino granulares con arenas, limos y arcillas, el cual constituye una capa o manto que recubre las arcillas de la Formación Bogotá. En algunos tramos de los límites del coluvión se aprecia un escarpe más o menos continuo de unos 10 a 15 metros de altura. La parte superficial de dicho depósito se caracteriza por un microrrelieve constituido por pequeños montículos y depresione irregulares donde se concentra la humedad, originando pantanos y pequeñas lagunas pero sin alcanzar a formar canales de drenaje definidos. La capa coluvial no obstante ser un relleno de una paleotopografía, presenta un límite inferior relativamente uniforme, suavemente ondulado, con una inclinación general hacia el NNW, acorde con la pendiente transversal de la antigua superficie topográfica. Al sur y hacia el oriente del depósito coluvial aflora la Formación Bogotá principalmente, y localmente las areniscas de la Formación La Regadera que muestran una inclinación relativamente alta de sus capas hacia el occidente y forman una cuchilla pronunciada que resalta entre las rocas arcillosas que la rodean.

Además de los depósitos cuaternarios antes mencionados se observan flu -

jos de lodos que se originan a partir de la erosión de las arcillas de la Formación Bogotá y que son posteriormente depositados pendiente abajo dando lugar a una topografía característica fácilmente diferenciable de las zonas de erosión (Tierras malas) en las arcillas.

3.2.4 Geología Local

En la Figura No. 2 se presenta la geología detallada de la zona inestable a escala 1:2.000. Dicho plano es el resultado de las observaciones de superficie y es un resumen gráfico de los principales accidentes geológicos observados, tales como: zonas de movimientos, zona de rellenos y botaderos también se indican allí los sitios donde se ejecutaron las perforaciones. A esta escala se define un cinturón de rocas arcillosas de la Formación Bogotá que se interpone entre el depósito coluvial y el cono de deyección fluvial-lacustre. Este cinturón fué labrado por antiguas corrientes de agua y en general su superficie de erosión se presenta a la misma altura de la superficie de depositación del depósito fluvial-lacustre las que localmente se hallan cubiertas por restos de materiales aluviales.

3.2.5 Litoestratigrafía

Julivert en 1961 estudió en detalle los depósitos Cuaternarios del suroriente de Bogotá. En su esquema geológico, el cual cubre la zona estu-

diada, solo indica la presencia de un extenso depósito cuaternario, que identifica como el nivel de Terraza Baja (Fm. Sabana) constituida por depósitos lacustres de naturaleza limosa y color marrón. En este estudio sin embargo se reconoce la presencia de varios depósitos cuaternarios, siendo los principales el coluvión y el abanico fluvio-lacustre que dadas sus características en principio se puede correlacionar con los sedimentos de la Terraza Alta definido igualmente por Julivert. Teniendo en cuenta el objetivo y alcance de este estudio, no entramos a discutir la litoestratigrafía. La edad absoluta del coluvión se podría determinar aprovechando la presencia de un paleosuelo en la base del depósito que se interceptó con las perforaciones que cortaron el depósito.

A continuación se hace una breve descripción de los depósitos Cuaternarios y las Formaciones Geológicas, con especial énfasis en los materiales involucrados en el área inestable y en donde se deben hallar las respuestas al problema de inestabilidad. La secuencia en que se hace la descripción de los depósitos Cuaternarios no necesariamente corresponde a un orden cronológico, de la más reciente a la más antigua, por las razones aducidas anteriormente.

A) Cuaternario

- Flujos de Lodos (Qf). Se trata de flujos de lodos originados a partir de la erosión de las arcillas residuales de la Formación Bogotá en sus partes altas y posterior depositación en los cambios de pendiente. Dan una topografía uniforme y los límites del de-

pósito se pueden trazar fácilmente a partir de las fotos aéreas. El depósito más notable se indica en la Figura No.1 hacia el borde occidental. Flujos locales se muestran en el plano geológico detallado. Su espesor es variable, aunque en general son relativamente poco espesos y conforman una especie de manto de arcillas blandas.

- Cuaternario Aluvial (Qa). Pertenece al río San Cristóbal, y forma una pequeña faja de terreno constituido por grandes bloques de areniscas redondeados, en matriz areno limosa. Su límite se trazó a partir de las fotos aéreas con base al cambio topográfico leve que se observa entre el abanico y este depósito.

- Cono Fluvio-Lacustre (Qat). Está constituido principalmente por areniscas blancas y lentes de arena, con tintes rojizos de oxidación. Su ubicación geográfica se observa en la Figura No. 1 Hacia el tope se observa un nivel delgado de conglomerados. Hacia la parte media limos arenosos. Su espesor es de unos 20 m. y reposa sobre las arcillas de la Formación Bogotá.

- Depósito Coluvial (Qc). Está constituido por una mezcla de bloques de areniscas de diferentes tipos y tamaños, procedentes de la Formación Guadalupe en una matriz de arenas, limos y arcillas y horizontes intercalados de materia orgánica siendo notorio el paleo-suelo próximo a la base del depósito. En razón de su origen, su espesor es variable, sin embargo la paleotopogra-

fía sobre la cual reposa el coluvión parece ser suavemente ondulada y las variaciones de espesores no son significativas, su espesor máximo no parece superar los 20m. en efecto en tres de las perforaciones fluctuaron entre 13,0m. y 17,60m., del orden de altura de los escarpes que se observan en la periferia del depósito en las fotos aéreas.

B) Terciario

En el área afloran las formaciones La Regadera y Bogotá. Las areniscas de La Regadera constituyen una cuchilla que resalta en la topografía del extremo suroccidental del área, ver esquema geológico Figura No. 1. La Formación Bogotá conforma la base de los depósitos Cuaternarios y está compuesta principalmente por estratos macizos de rocas de carácter arcilloso, lodolitas y arcillolitas, de color pardo rojizo, grises y abigarradas, observándose ocasionalmente niveles limos arenosos. Las arcillas son de carácter expansivo según datos del laboratorio y tal como lo indica la presencia de fisuras cuando estan expuestas, ver foto No. 8 . Aunque en su condición fresca son rocas duras, las arcillas de esta formación juegan un papel importante en los mecanismos de deslizamiento observados, especialmente en el contacto coluvión-Formación Bogotá, donde esta última experimentó procesos de alteración y meteorización, antes de la depositación del coluvión.

3.2.6 Geología Aplicada

En el plano geológico de la Figura No. 2 , además de los accidentes geológicos del área, se señala la existencia de las principales grietas, asi como el desarrollo de tres zonas de movimientos, puntos de surgencia de agua y en general los principales aspectos que tienen que ver con los procesos de inestabilidad. De lo consignado en esta figura, asi como de los resultados de las exploraciones profundas, se llega a las siguientes conclusiones de significación desde un punto de vista de ingeniería geológica:

a. La importancia de la definición de un marco geológico adecuado, el cual juega un papel importante en la optimización de la exploración del subsuelo y en la determinación de los posibles fenómenos que se presentan en el área inestable.

b. Aunque en principio los fenómenos de inestabilidad podrían asociarse a la presencia del coluvión como tal dada su naturaleza y textura; la observación de las fotografías aéreas antiguas y en particular de los escapes en su periferia, indican que dichos depósitos presentaban inicialmente condiciones aceptables de estabilidad y que por consiguiente los fenómenos de inestabilidad deben correlacionarse con las actividades antrópicas en el área.

c. El desarrollo de las explotaciones de arcilla para la producción de ladrillo, reflejan la influencia de la presencia y posición de los

depósitos coluviales en el área; es asi como en las canteras ubicadas sobre el costado occidental de la misma donde el coluvión era más espeso, los frentes de excavación muestran cortes verticales muy altos, buscando reducir al máximo el movimiento y remoción de material estéril aún cuando favoreciendo su desestabilización. Un talud típico de éstas explotaciones es el que hoy se observa en la parte posterior de la plaza de mercado del 20 de Julio, donde estuvieron ubicadas las explotaciones de la ladrillera SAIL.

d. En las explotaciones instaladas en sentido E-W, paralelas a la Calle 20 Sur y en las cuales las arcillas de la Formación Bogotá afloran prácticamente en superficie, las técnicas de explotación inadecuadas causaron sin embargo una erosión retrogresiva manifestándose en hundimientos en la parte superior de los cortes y flujos de las arcillas en su parte inferior, tal como se indica en el esquema de la Figura No. 2.

e. El desarrollo de las canteras evidencia por otra parte su trabajo en forma manual, a pico y pala, y muy probablemente a través de la mecánica de favorecer pequeños derrumbes para facilitar la remoción y manejo del material; la utilización de maquinaria solo aparece al comienzo de los años 70, para llevar a cabo las labores de perfilaje recomendadas por el Servicio Geológico Nacional en 1968.

f. La activización de los movimientos del terreno han sido provocados por la acción del hombre con las explotaciones de las arcillas y

Geomecánicamente, el comportamiento esfuerzo-deformación de esta masa está controlado por la matriz, la cual en general presenta una consistencia alta, con valores de qu. con el penetrómetro de bolsillo superiores a 2.5 Kg/cm2; resistencia que se evidencia por otra parte en la gran profundidad de las grietas que se han producido en el depósito, las que según algunos moradores que han realizado obras de recalce en sus viviendas alcanzan profundidades del orden de 7.0 a 9.0m.

Es importante señalar que la matriz del depósito coluvial y como consecuencia de su composición arenosa (40% < % arena<60%), presumiblemente presenta una menor capacidad expansiva que la Formación Bogotá.

b) Formación Bogotá: Como se describe en el numeral 3.2.5, esta formación está constituida en forma predominante por arcillas limosas masivas, compactas y en general de alta a muy alta consistencia, con características de mediana a alta plasticidad, ver Figura No. 6 En el análisis de los registros y muestras tomadas en las distintas perforaciones fué notorio en dos de ellas, la PF-1 y la PF-3, detectar zonas de gran humedad y muy baja resistencia, con índices de consistencia ($Ico = \frac{LL - Wn}{IP}$) muy bajos, ver tablas 1 a 6; estas zonas, en el caso de la PF-1, localizada inmediatamente debajo del depósito coluvial y en la PF-3 algo más profunda se han interpretado como la intercepción de posibles superficies de falla. Es significativo resaltar que el mismo parámetro fué evaluado con

los resultados de las pruebas realizadas por el Ingeniero Mancilla (1984), observándose que en el apique 4, M-4, en cuya descripción se indica la posible intercepción de la superficie de falla se registra igualmente un valor muy bajo en el índice de consistencia.

Los resultados de la prueba triaxial mostrados en las Figuras No. 7 y 8, corresponden a una de las zonas blandas antes mencionadas, sin embargo se estima que los parámetros de resistencia obtenidos $\phi = 18.5°$ y $C' = 0$ no son suficientemente representativos de los que pueden estar actuando si se tiene en cuenta los bajos niveles de deformación que se alcanzan en estas pruebas y que impiden llegar a valores residuales de resistencia. Para tratar de poder obtener dichos valores se realizó una prueba de corte directo sobre muestras precortadas, a las cuales se inundó previamente buscando con ello su resblandecimiento, los resultados más significativos de esta prueba fueron:

- Se evidenció el carácter expansivo de la Formación Bogotá, la cual presentó aumentos de volumen aún bajo esfuerzos superiores a 2.0 Kg/cm2.

- Efectivamente se obtuvieron parámetros de resistencia residual efectivos $\phi = 5.4°$ y $Cr' = 0.04$ Kg/cm2 muy bajos y compatibles con la naturaleza altamente arcillosa de la formación. Es de señalar que tales parámetros son totalmente compatibles con la naturaleza de algunos de los fenómenos observados, especialmente el movimiento principal que ocurre en sentido NW, y

donde las pendientes del terreno son del orden de 12°, no obstante lo cual los movimientos ocurren en forma permanente, aún en época seca.

3.4 DRENAJE

Se entiende por drenaje las condiciones de flujo superficial y subsuperficial de agua en el área de interés, asi como sus variaciones en el tiempo.

3.4.1 Drenaje Superficial

Como se observa en el plano de la Figura No. 10, el área de estudio se encuentra urbanizada en todos sus alrededores; urbanizaciones que cuentan con sistemas de alcantarillados combinados que en general captan la mayor parte de aguas de escorrentía; aunque con los problemas que se analizan más adelante.

En consecuencia la única escorrentía en la zona afectada es aquella derivada de la lluvia que cae directamente sobre la misma, en la cual y por el estado actual de deterioro del terreno, intensamente agrietado y con un microrelieve bastante errático, ver fotos No.23 y 24, no es posible definir un patrón de drenaje, aunque en general puede considerarse que gran parte de las aguas superficiales son captadas en forma relativamente rápida por el denso sistema de grietas que interesa la masa afectada, modificando como es obvio el régimen de agua subsuperficial y

en consecuencia las condiciones de equilibrio de la masa, como se analiza más adelante.

3.4.2 Drenaje Subsuperficial

Desde un punto de vista hidroeológico se plantea el siguiente modelo; un nivel de agua estable y profunda dentro de las arcillas de la Formación Bogotá y que contribuye, por capilaridad, a mantener con un alto grado de saturación (entre 85 y 95 %) todo el macizo arcilloso; la profundidad precisa de este nivel no pudo ser registrada, pero la observación del corte ubicado en la parte posterior de la plaza de mercado del 20 de Julio, asi como las condiciones observadas durante las excavaciones para el centro comercial que se construye en la pata de dicho corte, parecen confirmar la hipótesis planteada. El comportamiento del piezómetro PF-2, ubicado ligeramente por debajo del contacto Coluvión -Formación Bogotá, y que ha permanecido seco durante todo el período de observación, podría interpretarse como una confirmación de tal hipótesis, asi como de la que se plantea a continuación con respecto al régimen de agua en los depósitos de cubierta.

Adicionalmente dentro de la masa coluvial y en las zonas de relleno, de mayor permeabilidad, tanto primaria como secundaria, como resultado de las características ya analizadas, se estima que se desarrolla un nivel de agua colgado que tiene como base la Formación Bogotá, impermeable, y su origen principalmente en las infiltraciones de los sistemas de alcantarillado, particularmente el colector principal de 18" que co-

rre por la Calle 24 Sur, en sentido Oriente-Occidente y el colector de 12" que corre por la Carrera 1B en sentido Sur-Norte y el cual es sometido continuamente a reparaciones por parte de la EAAB. Ver esquema del sistema colector en la Figura No. 10.

Esta situación se ha agravado a ún más recientemente, con la construcción de un descole del sistema colector de la Carrera 1B que atraviesa por el centro de una de las zonas inestables, ver Figura No.10, este tramo también experimenta continuas roturas y mantiene prácticamente saturados los rellenos que ocupan dicho sector.

Con base en los registros piezométricos, particularmente de las perforaciones PF-4 y PF-2, asi como por lo observado durante la excavación de los distintos apiques, es evidente que el comportamiento de este nivel es errático y probablmente existen zonas de concentración de flujo subterráneo; sin embargo para efectos de considerar la influencia de estas aguas en la estabilidad de la masa, cuya incidencia es clara como se desprende de los movimientos registrados, todos ellos medidos en época de muy baja pluviosidad, se ha asumido que el nivel de agua que se registra en la cercania de los puntos de aporte (Calles 24 Sur Carrera 1B) se abate progresivamente a medida que el frente de humedecimiento se aleja de tales sitios, ver Figura No. 3.

A los aportes de agua de las tuberías falladas de acueducto y alcantarillado, debe agregarse en época invernal los efectos del agua de escorrentía que como ya se ha indicado tiende a infiltrarse en forma rápida;

se considera que la mayor incidencia de estas aguas sobre la estabilidad de la masa tiene lugar a través del llenado de las grietas, aumentando los esfuerzos de empuje que tienden a desestabilizarla; ya que en razón de la poca área aferente y por consiguiente los bajos volumenes de agua infiltrados no se considera que los mismos tengan mayor incidencia en los niveles piezométricos; se sabe de otra parte, por versiones de los habitantes de la zona, que en época invernal y particularmente después de intensos y prolongados aguaceros, en el sitio indicado en la Figura No.2, se observan nacederos de agua con una permanencia de dos a tres días, en efecto en este sector se aprecia vegetación típica de zonas pantanosas. Tal observación permite confirmar las siguientes hipótesis:

a. La masa coluvial drena en forma rápida y muy probablemente a través del sistema de grietas principalmente.

b. La Formación Bogotá forma un límite impermeable al flujo de agua a través del coluvión y/o los rellenos.

c. El agua subterránea tiene una dirección preferencial NW, similar a la dirección del movimiento principal que afecta a la zona de interés.

3.5 INVENTARIO DE DAÑOS

Como parte integral del estudio de estabilidad se llevó a cabo un inventario de viviendas afectadas por los movimientos, y con el cual se busco:

a) Ampliar la información con respecto a la naturaleza de los movimientos: zonas más activas, frecuencia de los movimientos, relaciones causa-efecto.

b) Establecer la necesidad o no de desalojar ciertas viviendas por el peligro que ofrecen a sus moradores. En el plano de la Figura No. 11, se muestra la ubicación de aquellas viviendas que vienen siendo afectadas por los movimientos y que como puede observarse, corresponden principalmente a las del costado norte de la Calle 24 -Sur y a las del costado oriental de la Carrera 1B, también se observan algunos daños de importancia sobre las casas ubicadas sobre la Carrera 2A; se han excluido expresamente todas aquellas viviendas que aunque presentan algunos daños, menores, los mismos no se pueden asociar en forma clara a los fenómenos de inestabilidad que se estudian. En dicho plano se ha clasificado el estado de las viviendas de acuerdo con tres categorias: no habitables, son aquellas que por su grado de deterioro actual, no solo de agrietamiento sino condición de basculamiento presenta un riesgo inmediato para sus moradores; habitables pero críticas, presentan daños importantes, tales como grietas abiertas, rotura de vigas de cimentación y algunos otros daños, los cuales sin embargo se localizan en un solo sector de la casa, y las mismas pueden ser recuperadas si se logran detener los movimientos y las no críticas, caracterizadas por daños menores, no estructurales, principalmente en los acabados. También se indica en dicho plano las fechas aproximadas de los desarrollos urbanísticos en cada uno de los tres sectores afectados, asi como la nomenclatura de algunas de las viviendas para propósitos de referencia.

De las versiones de los habitantes de las viviendas, asi como de los daños observados se llega a las siguientes conclusiones:

- Los daños sobre las viviendas de la Calle 24 Sur se empezaron a observar a comienzos de los setenta, principalmente hacia la esquina NW; donde las casas identificadas con los números 2-28 y 2-20 sobre el costado norte de la calle, han experimentado hundimientos del orden de 2.0 m. en sus partes posteriores, inutilizando las zonas de patio allí ubicadas. Daños igualmente serios se registran desde la misma época en la vivienda 2-55 sobre el costado sur de la misma calle.

  Los daños sobre las viviendas ubicadas más hacia el este de las ya indicadas, en particular las localizadas sobre el costado norte de la calle, se han venido acentuando en los últimos cinco años y afectan en particular sus partes posteriores, donde hoy en día se observa el desarrollo de grietas en el suelo por detrás de los paramentos. Estos daños, en general, evidencian una tendencia del movimiento en sentido NW.

- Los daños de las viviendas sobre la Carrera 1B, los cuales apenas empezaban a insinuarse a comienzos de 1984 (Informe Ing. Mancilla), han alcanzado proporciones graves en los últimos tres años y en su desarrollo se evidencia la influencia de varios movimientos; sobre las viviendas al sur de la identificada con el No.21-34, se aprecia claramente el efecto de un movimiento principal en sentido

NW, que ha ocasionado serios daños en los frentes de las viviendas y en el colector de alcantarillado que corre por esta vía, en algunos sitios los desplazamientos en sentido NW son superiores a 1 m. y las grietas se desarrollan más o menos subparalelas a la vía.

En las viviendas al norte de la 21-34, la distorción de las estructuras, algunas de ellas abandonadas, muestran además de cierta influencia de los movimientos en sentido NW, una clara afectación por un movimiento en dirección SN.

- Las viviendas ubicadas sobre la Calle 21 Sur al Oeste de la Carrera 1B, presentan daños menores. Aunque tal situación es atribuible parcialmente a su construcción reciente, es indudable que es la zona más estable dentro de toda el área estudiada y que ella constituye una especie de límite entre la masa afectada por los movimientos NW y los movimientos SN que se detectan en ambos costados de la Carrera 2A.

- Sobre ésta última las viviendas se presentan en general bastante deterioradas, auncuando la vía misma parece ser estable. Como se observa en la foto No.25, las casas en ambos costados de la vía se encuentran basculadas en sentidos opuestos, reflejo de que se trata de movimientos independientes, por lo menos hasta la fecha.

- De las versiones de los habitantes de las viviendas en general, se desprende que los movimientos son permanentes, auncuando su rata

disminuye en épocas de verano y se incrementa en época invernal, particularmente en los últimos años cuando el agrietamiento del terreno se ha pronunciado.

IV. ANALISIS DE ESTABILIDAD

4.1 ZONIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO

De los estudios básicos realizados, se plantea en primera instancia una subdivisión del área en dos sectores: uno estable y otro inestable, separados entre si por una línea imaginaria subparalela a la Calle 24 Sur, como se muestra en la Figura No. 14.

Cabe señalar que dentro del sector estable se ha dejado una zona de Botadero, que fuera identificada en los estudios del Ingeniero Mancilla (1984) como el sitio 2; este sector no presenta actualmente fenómenos de movimiento y no los ha presentado en el pasado, sin embargo por su conformación a base los desechos de las explotaciones y en su parte más superficial de todo tipo de basuras, sus condiciones de estabilidad son precarias, debiendo procederse de ser posible a su remoción o a su aterrazamiento como se recomendó en el estudio mencionado.

Es importante dejar en claro que actualmente sobre este depósito no se encuentran emplazada ningún tipo de estructura y que se trata de una masa recargada sobre un antigio escarpe de explotación, bastante estable, similar al que se observa un poco más al occidente, en la parte posterior de la plaza del Veinte de Julio. Por consiguiente la eventual desestabilización de este depósito por mayor aporte de basuras en su parte

superior o excavaciones inadecuadas en su pata no amenazaría ninguna de las construccipnes existentes, ni a la Transversal 2A; todas ellas ubicadas sobre la parte superior de los escarpes estables, ya mencionados. Se considera sin embargo que ante la presión reciente por desarrollar este sector urbanísticamente, se debe exigir a quien acometa este tipo de proyectos el mejorar las condiciones de estabilidad de dicho talud antes de proceder a cualquier tipo de construcción en la base del mismo.

Dentro del área inestable por otra parte, se reconocen tres movimientos o zonas inestables independientes, controladas por factores geológico-geotécnicos igualmente diferentes. La ubicación y denominación de cada una de estas zonas se muestra en la Figura No.14, y en el numeral siguiente se hace un análisis de los mecanismos de falla que se presumen están controlando los fenómenos.

En términos generales, es significativo sin embargo señalar como las tres zonas inestables detectadas, corresponden respectivamente a tres frentes de explotación para la extracción de arcilla, desarrollados en forma independiente, aunque paralelamente en el tiempo.

4.2 ANALISIS MECANISMOS DE FALLA

4.2.1 Zona Inestale "A"

Es la zona de mayor extensión y la responsable de los daños que se vienen observando sobre la Calle 24 Sur y la Carrera 1B. Su origen está

asociado a las explotaciones de arcilla para la Ladrillera Sida y el fenómeno consiste esencialmente en el movimiento de la Cubierta Coluvial que suprayace las arcillas de la Formación Bogotá, siguiendo en este caso la inclinación de la paleotopografía de dicha formación y que de acuerdo con los registros de las perforaciones y sondeos geoeléctricos presenta una ligera pendiente en dirección NW, ver sección transversal Figura No. 3.

El fenómeno se presume que se inició como resultado de frentes de excavación verticales y de gran altura, para alcanzar en forma rápida las arcillas de la Formación Bogotá, ésta operación produjo el agrietamiento profundo de la masa, como se evidencia claramente en las fotos aéreas de 1970, incrementando la permeabilidad secundaria del depósito, y favoreciendo la captación del agua de escorrentía, de manera que ésta pudiera alcanzar la capa superior de arcillas meteorizadas de la Formación Bogotá,las que se consideran constituye la superfie de falla por donde ocurre actualmente el movimiento.

Como se muestra en el plano geológico detallado, Figura No. 2, actualmente la masa en movimiento involucra no solo el coluvión, sino que éste empuja a los materiales que fueran perfilados y reconformados en la parte inferior del talud, después de los deslizamientos de 1968, cuando se suspendieron las explotaciones de arcilla; de la observación de las fotografías de 1970 y lo registrado en los apiques 6 y 7 se concluye que esta masa involucra materiales naturales, es decir no removidos durante los procesos de explotación, y algunos rellenos; esta masa por otra parte

y desde un punto de vista mecánico tiene un papel pasivo tratando de contener el empuje del depósito coluvial.

El desarrollo urbanístico en los alrededores de la masa inestable ha favorecido la aceleración del movimiento, como resultado de las filtraciones de los sistemas de suministro de agua, asi como de los sistemas de alcantarillado tanto a nivel de redes principales, asi como a nivel de residencia e incrementadas por las fallas de estos como resultado de los mismos movimientos; infiltraciones que en conjunto han llevado al desarrollo de un nivel de agua, bastante alto y cuasi permanente, dentro de la masa inestable, que explica la observación de movimientos aún en época de verano.

De la observación del perfil longitudinal del sector, Figura No.15, caracterizado por una pendiente promedia moderada, inferior a 10°, es aparentemente que los parámetros de resistencia actuantes en la masa deslizante deben ser muy bajos y muy probablemente cercanos a la resistencia residual de los materiales que conforma la superficie de deslizamiento, teniendo en cuenta los desplazamientos importantes que esto ya ha experimentado.

La hipótesis de fallamiento planteada se considera ratificada tanto por los movimientos registrados en los mojones de superficie en el sector, Plano No.2, que muestran en promedio una tendencia general del movimiento con dirección NW. En profundidad se considera igualmente que el mecanismo planteado es corroborado por lo observado en los tu-

bos de los piezómetros, en efecto en los piezómetros PF-1 y PF-4 no se observaron señales de deflección de los tubos no obstante encontrarse en sitios con claras evidencias de movimientos en superficie, la que se interpreta como que los mismos se están moviendo conjuntamente con la masa coluvial en que se encuentran embebidos; entre tanto en la perforación PF-2 en que el piezómetro fue ubicado algo más abajo del contacto coluvión-roca el tubo se ha deflectado a una altura de 14.1 mts., aproximadamente 2.50 m. por encima del fondo del piezómetro, lo que parece confirmar que la superficie del deslizamiento si ocurre a través del contacto Coluvión-Formación Bogotá y particularmente siguiendo la capa de arcilla meteorizada que se detecta en dicho contacto.

Finalmente y teniendo en cuenta la dinámica lenta del movimiento, ya que su desarrollo ha tomado más de 20 años, es claro que el mismo puede calificarse como un fenómeno de reptación que, a pesar de su mayor aceleración en época invernal, no alcanzará en ningún momento características de avalancha o deslizamiento súbito.

4.2.2 Zona Inestable "B"

Aún cuando por sus condiciones geológicas iniciales, ubicación y orientación dentro del área de estudio y la dirección general de los movimientos, las zonas identificadas como C y B se podrían llegar a tratar como una sola; algunas diferencias de orden geológico y otras asociadas a la extensión de las explotaciones de arcilla en cada sitio y a los tratamientos de adecuación posterior de los terrenos, cuando las explotaciones

fueron suspendidas, ameritan su separación desde el punto de vista de su análisis y descripción, aunque no probablemente en sus tratamientos de estabilización.

De acuerdo con los levantamientos geológicos, en este sector afloraba esencialmente la Formación Bogotá, probablemente cubierta por una delgada capa del depósito fluvio-lacustre sobre el que se asienta la Avenida 1° de Mayo; como se observa en la Figura No.1, en este frente los taludes de excavación alcanzaron alturas del orden de 18 mts. y pendientes superiores a los 65°, condiciones que fueron suficientes para provocar fenómenos incipientes de falla, manifiestos en los agrietamientos y hundimientos que se observan en la parte posterior de los cortes en las fotos de 1958.

Es interesante anotar que a esta misma conclusión se puede llegar analizando la estabilidad de los cortes mencionados con base en las características de resistencia no drenadas de las arcillolitas intactas que estuvieron involucradas en el problema inicial y con base en la cual la altura crítica (F.S. = 1.0) para cortes como los referidos oscila entre 15 y 20 m.

Posteriormente en las fotografías de los años 70, con las explotaciones ya suspendidas, los rasgos topográficos evidencian el avance de los hundimientos en la parte alta de los cortes y la formación de zonas de flujo en sus patas; entre tanto en las pendientes topográficas de los planos restituidos con fotografías de 1977, se aprecia que el terreno fué perfilado

y reconformado a pendientes del orden 1.5 H:1 V, actividades en las que fueron incorporados algunos desechos de las antiguas exploraciones a manera de relleno.

En este sentido se considera que los perfiles mostrados en la Figura No.4, son lo suficientemente ilustrativos de la situación descrita, apreciándose además en la topografía reciente, el progreso de los fenómenos de hundimiento que involucran tanto materiales removidos, asi como materiales relativamente sanos, tal como parece confirmarse con el agrietamiento que se aprecia en la parte alta de la zona y en la observación hecha en el tubo del piezómetros PF-3, el cual se encuentra deflectado a 9.50 m. de profundidad. De la observación de los movimientos, tanto horizontales como verticales de los mojones, es claro que este sector (Mojones M-6 y M-7) es actualmente el más activo dentro de toda el área inestable definida.

De otra parte de la observación de la Figura No.14, se concluye que el progreso de este movimiento podría afectar al movimiento de la zona "A" con consecuencias impredecibles.

Aún cuando en la aceleración del fenómeno en esta zona, contribuyen indudablemente las aguas lluvias que son retenidas por la masa inestable, y más recientemente los vertimentos de agua de las casas del costado occidental de la Carrera 2a., que por el movimiento de la zona en cuestión, se han basculado en la misma dirección, ver foto No.25, se considera que tal contribución se manifiesta principalmente en el resblandecimiento y

pérdida de resistencia de los materiales involucrados y no a través de la modificación de las condiciones de agua subterránea que en este sector se estima se encuentra bastante profunda.

4.2.3 Zona Inestable "C"

Corresponde esta zona a la que fuera denominada como sitio 1 en los estudios de 1984.

Geológicamente en el sector afloraban las arcillas de la Formación Bogotá, y a partir de lacota 2645 aproximadamente se estima que la misma aparecía cubierta por el depósito Coluvial.

Como se muestra en los perfiles de la Figura No.5, los frentes de explotación en este sector alcanzaron, como en la zona B, alturas del orden de 20 m. y pendientes cercanas a los 70°, originándose fenómenos de hundimientos y flujos de la misma naturaleza a los referidos para la zona mencionada y tal como se puede apreciar en las fotografías aéreas de 1970.

En la evalución posterior de la topografía en este sector, resulta interesanta notar como en los trabajos de reconformación y perfilado del terreno, se lleva a cabo una descarga de la parte alta del corte, dejando un talud del orden de 16° y aparentemente disponiendo de los materiales retirados en la parte más baja del talud, como puede concluirse de los registros de los apiques excavados allí, tanto para este estudio, así co-

mo para el de 1984.

En consecuencia, en las condiciones actuales se considera que el movi - miento involucra principalmente a los materiales de relleno en la parte más baja del talud, asi como a aquellos materiales perturbados por los cortes originales y que no fueron removidos por los trabajos de perfilado y reconformación, en estas circunstancias se estima igualmente que se trata de un movimiento relativamente superficial con una superficie de falla entre los 3 y 4 m. de profundidad. En la aceleración de este fenómeno ha contribuido de otra parte, las infiltraciones provenientes de los alcantarillados de la Carrera 18, y la Calle 21 Sur; que en forma casi permanente mantienen la masa saturada, como se deduce de los varios manaderos de aguas negras que se observan sobre el talud; situación recientemente agravada aún más, por la sustitución del colector de la Calle 21 Sur por un colector que atraviesa por el centro de la zona en cuestión ver Figura No. 10 y, el cual presenta fugas permanentes; al efecto de las infiltraciones debe adicionarse el de la remoción de escombros en la pata del talud y el cual es realizado en forma continua por los moradores de las viviendas ubicadas allí.

Finalmente es importante hacer notar como los registros de los moviemientos horizontales en los Mojones (M-3 y M-4), ubicados dentro del área definida, con base en los patrones de agrietamiento, como zona inestable "A", muestran una clara influencia de los desplazamientos de la zona inestable "C", reflejo de la complejidad que ha alcanzado el fenómeno de inestabilidad en toda el área, como resultado de la falta de imple -

mentación de medidas correctivas.

4.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD

Para cada una de las zonas inestables definidas, se adelantaron análisis de equilibrio límite, empleando el método de Bishop Modificado y mediante el uso del programa de computador TALUD, de propiedad de la firma, en dichos análisis se evalúo la estabilidad en el momento actual, empleando los parámetros de resistencia obtenidos en las prubas de corte directo y/o triaxial, según la hipótesis de fallamiento que estuviese siendo analizada en cada sitio.

4.3.1 Análisis de Estabilidad Zona "A"

La sección estudiada corresponde a la mostrada en la Figura No. 15, y para su análisis se hicieron las siguientes consideraciones:

a- El movimiento de la masa ocurre a través de una superficie pre-definida por el contracto Coluvión-Formación Bogotá.

b- La superficie de falla propiamente dicha está conformada por la capa de arcillas meteorizadas de la parte superior de la Formación Bogotá.

c- Sobre la superficie actúan parámetros de resistencia residual ($c_r' = .04$ Kg/cm2 y $\emptyset_r' = 5.4°$) como resultado de los grandes desplazamientos que ha experimentado la masa.

d- La masa Coluvial, intensamente agrietada, se comporta como una masa con resistencia nula.

e- Se considera que la masa inestable esta saturada en su parte más alta, como resultado de las infiltraciones de los sistemas de alcantarillado de la Calle 24 Sur y la Carrera 1B.

Los resultados de los análisis se muestran en la Figura No. 15, y de ellos se llega a las siguientes conclusiones:

a) Las condiciones actuales de estabilidad del talud en condición seca son precarias, confirmando lo observado durante las investigaciones y mediciones de campo.

b) La saturación parcial de la masa y para una superficie de saturación bastante probable como la empleada en los análisis e indicada en la misma figura, es suficiente para inestabilizar la masa.

c) Se puede concluir igualmente que si a las condiciones de análisis indicadas, se superpone el efecto del agua de escorrentía llenando temporalmente las grietas que interesan la masa coluvial, los factores de seguridad se reducirán aún más, lo que explica la aceleración de los movimientos durante la época inveranl.

4.3.2 Análisis de Estabilidad Zona "B"

La sección de estudio es la mostrada en la Figura No. 16 y para su aná-

lisis se hicieron las siguiente hipótesis:

a- Dada la homogeneidad de los materiales involùcrados y su naturaleza cohesiva, se presenta una falla de tipo rotacional como la indicada en el esquema de la Figura No. 2.

b- Puesto que la masa ya falló y al parecer el movimiento esta ocurriendo sobre superficies ya definidas, se considera que los parametros de resistencia pico obtenidos en las pruebas de corte sobre muestras precortadas e iguales a $c' = .1$ Kg/cm2 y $\phi' = 7.15°$ son los más adecuados para el análisis.

c- Como se indicó en el numeral 4.2.2., no se considera la existencia de un nivel de agua elevado que afecte la masa inestable.

En los perfiles de la Figura No. 16 se muestra la posición de las superficies de falla más críticas de acuerdo con las hipótesis indicadas y con base en las cuales se llega a las siguientes conclusiones:

a) Efectivamente las condiciones de estabilidad actuales, son marginales (F.S. ± 1.0); explicando el progreso de los movimientos y el desarrollo de nuevas grietas observado durante la realización de este estudio.

b) Es importante resaltar igualmente la coincidencia entre la posición de las superficies de falla más críticas encontradas en los análisis, y el punto en que se observó la deflección del piezómetro PF-3, en

aparente confirmación del mecanismo de falla considerado y analizado.

c) La eventural presencia de aguas lluvias, llenando las grietas que actualmente afectan la masa, producirá una mayor reducción de los factores de seguridad y una aceleración del movimiento.

4.3.3 Análisis de Estabilidad Zona "C"

La sección analizada corresponde a la mostrada en la Figura No. 17 y para su evaluación se hicieron las siguientes consideraciones:

a- De acuerdo con lo observado en los distintos apiques excavados en el sector la masa en movimiento es relativamente superficial. (3 a 4 mts.).

b- La masa inestable involucra principalmente materiales revueltos originados en los fenómenos de inestabilidad iniciales y en las actividades de perfilado posteriores tal como se analiza en 4.2.3, y los cuales se mueven sobre las arcillas meteorizadas de la Formación Bogotá.

c- El movimiento se ha extendido hacia el sur interceptando la masa coluvial.

d- Los parámetros de resistencia más probables son similares a los que actúan en el sector B.

En el perfil de la Figura No. 17, se indica la posición de las superficies de falla más críticas después de generar para cada condición de análisis más de 50 superficies, y de las cuales se obtienen las siguientes conclusiones:

a- En condiciones secas y dado el talud relativamente moderado, el mismo es estable.

b- La saturación de la masa, situación bastante probable como se refleja en los numerosos afloramientos de agua que se observan en el talud y originada en la falla de los alcantarillados de la Carrera 1B y en particular del descole de éste último a través de la masa en consideración, produce una reducción dramática en los factores de seguridad, explicando los movimientos observados durante este estudio.

4.4 ANALISIS DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para cada una de las zonas críticas definidas y sobre las mismas secciones analizadas se hizo una evaluación de medidas correctivas aplicables a cada situación, y cuya implementación en términos de los factores de seguridad resultantes en cada caso se muestran en las Figuras No. 15, 16 y No.17, respectivamente.

En la tabla No. 7, se hace un resumen de las medidas analizadas en cada situación y se califica su aplicabilidad en términos de su efectividad y costo.

Se hace notar en dicha tabla, como los subdrenajes y el drenaje profundo no se consideran medidas necesarias, teniendo en cuenta que el origen de las aguas subsuperficiales está en los sistemas de acueducto y alcantarillado defectuosos y que por consiguiente su control debe hacerse mediante la reparación y/o sustitución de tales sistemas.

Al considerar las diferentes medidas aplicables en cada zona inestable y contemplar su implementación en forma integral resultan aparentes las siguientes conclusiones:

a- Los sistemas de acueducto y alcantarillado en el área de influencia de la zona de estudio deben ser sustituidos y reconstruidos en forma inmediata.

b- Teniendo en cuenta que en las tres zonas inestables definidas, las obras de aterrazamiento y los rellenos de contrapeso aparecen como las más viables técnica y económicamente y que dichas zonas cubren en general todo el área definida como zona inestable, ver Figura No.14 , se estima conveniente la integración de estas medidas a fin de facilitar su construcción y su operación posterior.

Como resultado del planteamiento anterior se recomienda la evacuación y demolición de todas las viviendas ubicadas sobre la Carrera 2A y sobre la Calle 21 Sur, al occidente de la Carrera 1B; muchas de las cuales se encuentran en condiciones muy precarias de estabilidad. Ver planos No. 3 y No. 4.

c- La implementación de las medidas correctivas indicadas y no obstante su costo, se justifica en el hecho de controlar el progreso del fenómeno, que aunque relativamente lento podría extenderse afectando las viviendas al sur de la Calle 24 Sur y el oriente de la carrera 1B, con un alto costo social y económico.

d- Los factores de seguridad resultantes de la implementación de los medios correctivos son adecuados en la medida que los terrenos permanezcan desocupados, debiendo transformarse la zona en una área de parque o recreación.

4.5 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS

4.5.1 Terráceo y Rellenos

a. Objetivo

Esta operación consiste en la remoción parcial del material inestable, dándole una conformación suave y la construcción de rellenos de contrapeso en la base de los taludes para incrementar los factores estabilizantes.

A través de esta operación se crea simultaneamente una superficie adecuada para aplicar medidas de protección, asi como para facilitar el crenaje superficial eliminando cambios abruptos en la topografía. Ver plano No. 3.

b. Excavaciones

Las operaciones de excavación deben avanzarse de arriba hacia abajo, conformando las terrazas o bermas en forma progresiva.

Esta excavación debe adelantarse con Bulldozer y en las bermas debe dejarse una pendiente longitudinal no menor al 1% para facilitar el drenaje.

Los taludes de diseño deben lograrse tan fieles como sea posible al diseño original.

Deberá mantenerse unas buenas condiciones de drenaje de las bermas y taludes mientras avanza su construcción.

c. Tratamiento de Grietas

En todos aquellos sitios donde después de adelantadas las operaciones de excavación se observen grietas, estas deberán ser tratadas, abriendo una trinchera de 1 m. de ancho siguiendo el curso de la grieta y con una profundidad variable entre 1.0 y 1.50. Estas se llenarán posteriormente con material de recebo con un bajo contenido de finos y un índice de plasticidad inferior al 5%; estas labores también deberán adelantarse en las fundaciones de las zonas de los rellenos de contrapeso.

d. Rellenos de Contrapeso

Estos se conforman con los materiales provenientes de las excavaciones para las terrazas, eliminando los sobretamaños (partículas con diáme -

tro mayor a 8 plg.) y con excepción hecha de los materiales de filtro en la base del relleno inferior, cuyas especificaciones serán iguales a las de los materiales para los subdrenes.

Para adelantar la construcción de los rellenos se deberá realizar primero una adecuación de sus fundaciones, descapotando el terreno y removiendo todos aquellas zonas que a juicio del Interventor presenten características geotécnicas cuestionables.

Los rellenos se construirán en capas de no más de 30 cms. de espesor y deberán tener un porcentaje de compactación no inferior al 92% del proctor standard.

4.5.2 Cunetas

En el plano No. 4, se muestran los detalles de los distintos tipos de cunetas empleados, asi como su ubicación.

Estas cunetas deberán hacerse en concreto de 210 Kg/cm2 y un espesor de 10 cms. y deberán llevar un refuerzo en malla de acero (A-37) de Ø 3 mm. y un arreglo de 5 x 5 cms.

Las cunetas podrán construirse directamente sobre los materiales de fundación (material in-situ y/o rellenos compactados) y deberán fundirse en tramos alternos de no más de 1 mts. de largo cada uno; las juntas deberán ser rellenadas con material bituminoso.

La construcción de las cunetas deberá adelantarse tan pronto como los niveles de las distintas bermas o terrazas vayan siendo alcanzados.

4.5.3 Subdrenajes

Se ha contemplado el uso de subdrenajes debajo de la cuneta localizada en la pata del relleno de contrapeso y en la fundación de la zona de relleno en general, ver plano No. 4.

Estos subdrenes deberán construirse con tubería perforada de drenaje, PVC de 10 cm. (4 plg.) de diámetro.

Dichos tubos deberán colocarse rodeados con material de filtro de las siguientes características:

Tamiz	% Pasa
1-1/2"	100
3/4"	75 - 100
1/2"	60 - 85
No. 4	30 - 55
No. 16	10 - 30
No. 50	0 - 20
No. 200	0

En la zona de fundación estos subdrenes se colocarán en trincheras de 1.50 m. de profundidad y .50 m. de ancho siguiendo aproximadamente la pendiente del terreno.

En el subdren ubicado debajo de la cuneta que sigue la pata de relleno de contrapeso, el tubo deberá colocarse un mínimo de 80 cms. por debajo del vértice exterior de la cuneta y tendrá la misma pendiente longitudinal que esta última.

4.5.4 Empradizado

Todos los taludes de excavación y de relleno, asi como las bermas o terrazas deberán empradizarse , empleando cespedones adecuadamente fijados y regados para garantizar su rápido crecimiento.

4.5.5 Secuencia General de Actividades

Para la construcción de las medidas referidas la siguiente secuencia general de actividades puede ser seguirda:

a) Evacuación y demolición viviendas Carrera 2A y Calle 21 Sur.

b) Construcción subdrenes y tratamiento de grietas en la zona de fundación de los rellenos de contrapeso.

c) Excavación de las terrazas.

d) Conformación de los rellenos de contrapeso.

e) Cunetas y subdren inferior de Pata.

f) Empradizado y protección de terrazas y taludes de corte y relleno.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aun cuando a lo largo del informe algunas de las conclusiones y recomendaciones ya han sido planteadas, en este capítulo haremos un recuento de las principales.

5.1 CONCLUSIONES

a. La zona de estudio se puede dividir en dos zonas, una estable hacia el sur de la Calle 24 Sur y otra inestable al norte de la calle mencionada.

b. En la zona inestable se observa el desarrollo de tres fenómenos de movimiento, relativamente independientes, los cuales sin embargo, de no ser controlados oportunamente conformarán una gran masa inestable que puede propagarse fuera de los límites de la zona estudiada, amenazando una zona densamente poblada.

c. El origen de todos los movimientos estuvo en las explotaciones de arcilla, sin mayor técnica en lo que respecta al desarrollo de los frentes de extracción. Estas explotaciones dejaron la masa en condiciones precarias de equilibrio, las que posteriormente se vieron agravadas aún más por los asentamientos humanos en la parte alta de las zonas de explotación y en particular por los aportes de agua (de acueducto y alcantarillado) hacia la masa inestable.

d. La mayor masa en movimiento, Zona A, se desliza siguiendo el contacto Coluvión-Formación Bogotá, y es detonado por la doble acción del agua, incrementando las presiones de poros y resblandeciendo las arcillas meteorizadas de la parte superior de la formación.

El movimiento es de naturaleza lenta, tipo reptación por lo que no es de esperarse movimientos súbitos de consecuencias catastróficas.

e. Las zonas "B" y "C", se originaron como movimientos rotacionales dentro de la Formación Bogotá, favoreciendo la formación de zonas de flujo que se mueven algo más rápido que la Zona "A", aun cuando tampoco es de esperarse un movimiento acelerado.

f. El avance de todos los fenómenos es retrogresivo, y la zona continuará en consecuencia deteriorandose a menos que las medidas correctivas y preventivas sean adoptadas.

g. La evacuación de las viviendas indicadas en el numeral 3.5 debe adelantarse en forma inmediata, conjuntamente con la demolición de las mismas para prevenir su reocupación. De otra parte la evacuación y demolición de las viviendas sobre la Carrera 2B y la Calle 21 Sur, al occidente de la Carrera 1B, debe levantarse sin demoras para poder dar comienzo a las obras de Terraceo recomendadas.

h. Aun cuando el subdrenaje es un elemento importante en la estabilización del área, se considera que la reparación y/o sustitución de los sistemas defectuosos de acueducto y alcantarillado de las zonas aledañas es la solución más adecuada, ya que estos son el origen de

las aguas subsuperficiales encontradas.

i. Aun cuando el costo total de las obras recomendadas puede aparecer alto, los beneficios de su implementación sobre un importante núcleo humano de bajos y escasos recursos es evidente.

5.2 RECOMENDACIONES

a- Proceder inmediatamente a la revisión y reparación y/o sustitución de los sistemas de acueducto y alcantarillado en la zona del estudio y particularmente sobre la Calle 24 Sur y la Carrera 1B. En esta última suspendiendo en forma inmediata el descole que atraviesa la zona inestable "C" y que está detonando los movimientos que allí se registran actualmente. Para desaguar la Carrera 1B será necesario reconstruir el colector sobre la Calle 21 Sur, Ver Figura No.10, que fue suspendido.

b- Procurar conjuntamente con la E.A.A.B., la adopción de técnicas y controles de construcción para los sistemas de acueducto y alcantarillado en zonas potencialmente inestables que reduzcan al mínimo las infiltraciones potenciales, de forma tal que estos elementos de mejora a las comunidades no se conviertan en detonantes de nuevos problemas.

c- Solicitar la colaboración de la ciudadanía, pidiendo una revisión detallada de los sistemas de acueducto y alcantarillado de sus viviendas, en lo posible requiriendoles el empleo de tuberías más

flexibles, tipo PVC.

d- Implementar todo el programa de estabilización recomendado a la mayor brevedad posible, aun cuando preferencialmente en época seca para las labores de terráceo y conformación de rellenos.

e- En la zona considerada estable en este estudio, ver Figura No. 14, la S.O.P. deberá exigir de los urbanizadores potenciales la implementación de medidas de protección de los taludes que allí se encuentran y con las cuales se deberán obtener los siguientes objetivos:

- Evitar la desestabilización de la zona de botadero, de ser posible mediante su remoción total.

- Evitar la degradación de los taludes, mediante la construcción de cunetas revestidas en concreto en las coronas y el empradizado adecuado de las superficies.

- Impedir el desarrollo de nuevos viviendas entre los parámetros posteriores de las casas ubicadas sobre la Transversal 2A y el borde del escarpe, estas zonas deben por el contrario perfilarse para evitar la acumulación de agua sobre ellas.

ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

Cantidades de Obra y Presupuesto*

	Item	Un.	Cantidad	Precio Unitario $	Valor Total $
1.	Localización Topográfico Obra	SG	1	200.000	200.000
2.	Excavaciones				
2.1	Exc.para Terrazas	m3	50.000	800	40.000.000
2.1	Exc. Cunetas	m3	490	900	441.000
2.2	Exc.Zanjas Subdren	m3	370	900	333.000
2.3	Remoción Sobrantes.	m3	18.400	400	7.360.000
3.	Rellenos				
3.1	Rellenos Mat.Excavación	m3	32.500	500	16.250.000
3.2	Rellenos Mat.Filtro.	m3	1.450	3.000	4.350.000
4.	Concretos (Incluye malla de refuerzo)				
	Cuneta Tipo 1	ml	1.310	3.500	4.585.000
	Cuneta Tipo 2	ml	410	5.000	2.050.000
	Cuneta Tipo 3	ml	225	10.000	2.250.000
5.	Subdren				
	Suministro e instalación tubería drenaje PVC Ø 4"	ml	500	700	350.000

Barrios Granada Sur y Montebello
Canti. de Obra y Presupuesto*
Hoja 2

	Item	Un.	Cantidad	Precio Unitario $	Valor Total $
6.	Protección Taludes. (Empreadizado)	m2	30.000	150	4.500.000
				TOTAL	$ 82.669.000

NOTA: Este presupuesto no incluye el valor de la adquisición de los terrenos.

T A B L A S

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO - 1

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GRANADA SUR Y MONTEBELLO — Enero 1988

SONDEO	AP-1	AP-1		AP-2	AP-2	AP-2	AP-2		AP-3	AP-3
MUESTRA	M-1	M-2		M-1	M-2	M-3	M-4		M-1	M-2
PROFUNDIDAD (m)	2.2	3.7		1.60	2.60	3.20	4.0		.80	1.60
HUMEDAD NATURAL ω (%)	22.3	19.9		22.6	32.2	19.1	26.2		18.1	19.0
PESO UNITARIO γ (T/m^3)										
RELACION DE VACIOS										
LIMITE LIQUIDO	43.5	62.0		40.4	50.3	36.4	69.8		43.0	57.0
LIMITE PLASTICO	17.3	20.5		17.8	21.3	17.4	24.6		15.0	18.0
INDICE DE PLASTICIDAD IP	26.2	41.5		22.6	29.0	19.0	45.2		28.0	39.0
% QUE PASA TAMIZ No 200		60.9				58.4			55.5	52.5
CLASIFICACION USC	CL	CH		CL	CL-CH	CL-S	CH		CL-S	CH-S
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (Kg/cm^2)										
PENETROMETRO DE BOLSILLO R_p (Kg/cm^2)										
MODULO DE DEFORMACION E_u (Kg/cm^2)										
INDICE DE ~~COMPRESION~~ Consistencia. Ico	.81	1.04		.79	.85	.91	.96		.89	.97
INDICE DE RECOMPRESION C_r										
PRESION DE PRECONSOLIDACION σ_p (Kg/cm^2)										
FORMACION GEOLOGICA	Rell. Mat. Constr.	Idem		Rell. Mat. Explotación	Idem	Nivel Orgánico	F. Bogotá		Coluvión	Idem

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO - 2

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GRANADA SUR Y MONTEBELLO — Enero 1988

SONDEO	AP-3	AP-3		AP-4	AP-4	AP- 4		AP-5	AP-5	
MUESTRA	M-3	M-4		M-1	M-1A	M-2		M-1	M-3	
PROFUNDIDAD (m)	2.40	3.10		.80	1.60	2.20		.60	2.0	
HUMEDAD NATURAL ω (%)	20.3	26.7		40.0	18.9	19.8		12.4	17.5	
PESO UNITARIO γ (T/m^3)										
RELACION DE VACIOS										
LIMITE LIQUIDO	55.2	46.0		102.5	59.0	53.6		26.0	47.0	
LIMITE PLASTICO	18.0	19.0		36.5	20.0	19.2		13.0	15.5	
INDICE DE PLASTICIDAD IP	37.2	27.0		66.0	39.0	34.4		13.0	31.5	
% QUE PASA TAMIZ No 200		59.6				67.8		48.4	44.5	
CLASIFICACION USC	CH	CH		CH	CH	CH		SC	SC	
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (Kg/cm^2)										
PENETROMETRO DE BOLSILLO R_p (Kg/cm^2)		.71		.95	1.03	.99		1.05	.94	
MODULO DE DEFORMACION E_u (Kg/cm^2)										
INDICE DE ~~COMPRESION~~ Consistencia Ico	.94									
INDICE DE RECOMPRESION C_r										
PRESION DE PRECONSOLIDACION σ_p (Kg/cm^2)										
FORMACION GEOLOGICA	Idem	Idem		Relleno Mat. Const.	Coluvión	Idem		Coluvión	Idem	

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO - 3

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GRANADA SUR Y MONTEBELLO — Enero 1988

SONDEO	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1
MUESTRA	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-5	M-6	M-10	M-7	M-7
PROFUNDIDAD (m)	1.0-1.45	4.0-4.4	5.0-5.50	8.5-8.90	10.5-10.65	10.8-11.0	12.0-12.45	12.0-12.45	13.1	13.25
HUMEDAD NATURAL ω (%)	34.6	12.0	14.60	24.90	27.3	24.4	30.2	25.2	49.6	54.12
PESO UNITARIO TOTAL γ (T/m^3)	1.73	2.10	2.08	2.00	2.06	2.07	2.00			
RELACION DE VACIOS										
LIMITE LIQUIDO	86.5	25.0	37.0	37.0	44.2	47.0	63.0	41.3	53.3	56.3
LIMITE PLASTICO	31.7	15.7	16.4	16.4	20.5	21.7	21.4	18.0	23.7	24.6
INDICE DE PLASTICIDAD IP	54.8	9.3	20.6	20.6	23.7	25.3	41.6	23.3	29.6	54.1 31.7
% QUE PASA TAMIZ No 200										
CLASIFICACION USC	CH	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL	CH	CH
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (Kg/cm^2)					.87	2.41				
PENETROMETRO DE BOLSILLO R_p (Kg/cm^2)										
MODULO DE DEFORMACION E_u (Kg/cm^2)										
INDICE DE ~~COMPRESION~~ Consistencia I_{co}	.95	1.40	1.09	.59	.71	.89	.79	.69	.125	.04
INDICE DE RECOMPRESION C_r										
PRESION DE PRECONSOLIDACION σ_p (Kg/cm^2)										
FORMACION GEOLOGICA	Coluvión	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Fm. Bogotá	Idem	Idem	Idem

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO - 4

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GRANADA SUR Y MONTEBELLO — Enero 1988

SONDEO	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1	PF-1		PF-2	PF-2	PF-2
MUESTRA	M-7	M-Bolsa	M-13	M-15	M-16	M-18		M-1	M-2	M-3
PROFUNDIDAD (m)	13.4	16.20	17.0-17.2	18.2-20.2	20.3-20.8	22.0-22.5		14.5-15.8	15.8-16.9	16.9-18.4
HUMEDAD NATURAL ω (%)	25.2	34.9	19.9	10-6	10.3	11.1		22.7	23.0	27.9
PESO UNITARIO TOTAL γ (T/m^3)	1.97		2.10	2.27	2.28	2.32			2.00	1.95
RELACION DE VACIOS										
LIMITE LIQUIDO	59.8	63.6	94.0	46.0	41.6	38.0		46.6	62.2	64.3
LIMITE PLASTICO	24.7	21.6	23.6	16.5	16.3	20.0		21.5	21.2	25.0
INDICE DE PLASTICIDAD IP	35.1	42.0	70.4	29.5	25.3	18.0		25.1	41.0	39.3
% QUE PASA TAMIZ No 200										
CLASIFICACION USC	CH	CH	CH	CL	CL	CL		CL	CH	CH
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (Kg/cm^2)	1.11		9.1	12.4	11.0	5.0			2.73	2.6
PENETROMETRO DE BOLSILLO R_p (Kg/cm^2)			4.8	5.0	5.0	5.0			2.40	2.4
MODULO DE DEFORMACION E_u (Kg/cm^2)										
INDICE DE ~~COMPRESION~~ Consistencia I_{co}	.98	.68	1.05	1.20	1.24	1.49		.95	.96	.93
INDICE DE RECOMPRESION C_r										
PRESION DE PRECONSOLIDACION σ_p (Kg/cm^2)										
FORMACION GEOLOGICA	Fm. Bogotá	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem		Coluvión?	Fm. Bogotá	Fm. Bogotá

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO - 5

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GRANADA SUR Y MONTEBELLO — Enero 1988

SONDEO	PF-2	PF-2		PF-3	PF-3	PF-3	PF-3	PF-3	PF-3	
MUESTRA	M-5	M-7		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-5	
PROFUNDIDAD (m)	19.8-20.2	24.0-25.0		0-1.70	5.25-6.90	6.9-7.90	10.2-11.4	13.5-14.5	13.5-14.5	
HUMEDAD NATURAL ω (%)	19.1	21.9		22.8	28.0	26.8	25.6	58.2	33.9	
PESO UNITARIO TOTAL γ (T/m^3)	2.07	2.07		2.03	1.93	1.96	1.95	1.56	1.87	
RELACION DE VACIOS										
LIMITE LIQUIDO	47.3	44.1		61.0	62.4	65.0	28.4	87.0	125.0	
LIMITE PLASTICO	21.3	26.0		20.0	22.4	21.0	18.8	27.0	29.5	
INDICE DE PLASTICIDAD IP	26.0	21.1		41.0	40.0	44.0	9.6	59.3	95.5	
% QUE PASA TAMIZ No 200	50.7									
CLASIFICACION USC	SC	CL		CH	CH	CH	CL	CH	CH	
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (Kg/cm^2)	5.3	Fisuras 1.6		2.3	1.67	1.35	2.17		3.0	
PENETROMETRO DE BOLSILLO R_p (Kg/cm^2)	5	3.6		1.80	1.60	1.50	2.0	0.1	4.0	
MODULO DE DEFORMACION E_u (Kg/cm^2)										
INDICE DE ~~COMPRESION~~ Consistencia I_{co}	1.08	1.05		.93	.86	.87	.29	.48	.95	
INDICE DE RECOMPRESION C_r										
PRESION DE PRECONSOLIDACION σ_p (Kg/cm^2)										
FORMACION GEOLOGICA	Fm. Bogotá	Idem		Aluvial ?	Fm. Bogotá	Idem	Idem	Idem	Idem	

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO-6

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GRANADA SUR Y MONTEBELLO — Enero 1988

SONDEO	PF-4	PF-4	PF-4	PF-4						
MUESTRA	M-1	M-2	M-3	M-4						
PROFUNDIDAD (m)	14.6-16.1	14.65	16.1-17.6	16.1-17.6						
HUMEDAD NATURAL ω (%)	18.4	18.45	20.9	21.02						
PESO UNITARIO TOTAL γ (T/m^3)	2.07		2.12	2.18						
RELACION DE VACIOS										
LIMITE LIQUIDO	50.6	47.4	51.1	49.2						
LIMITE PLASTICO	17.4	19.4	22.6	22.4						
INDICE DE PLASTICIDAD IP	33.2	28.0	28.5	26.8						
% QUE PASA TAMIZ No 200										
CLASIFICACION USC	CL-CH	CL	CH	CL-CH						
RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q_u (Kg/cm^2)	2.71		1.70	2.23						
PENETROMETRO DE BOLSILLO R_p (Kg/cm^2)	2.20									
MODULO DE DEFORMACION E_u (Kg/cm^2)										
INDICE DE COMPRESION Consistencia I_{co}	.97	1.03	1.06	1.05						
INDICE DE RECOMPRESION C_r										
PRESION DE PRECONSOLIDACION σ_p (Kg/cm^2)										
FORMACION GEOLOGICA	Fm. Bogotá	Idem	Idem	Idem						

TABLA No. 7 ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

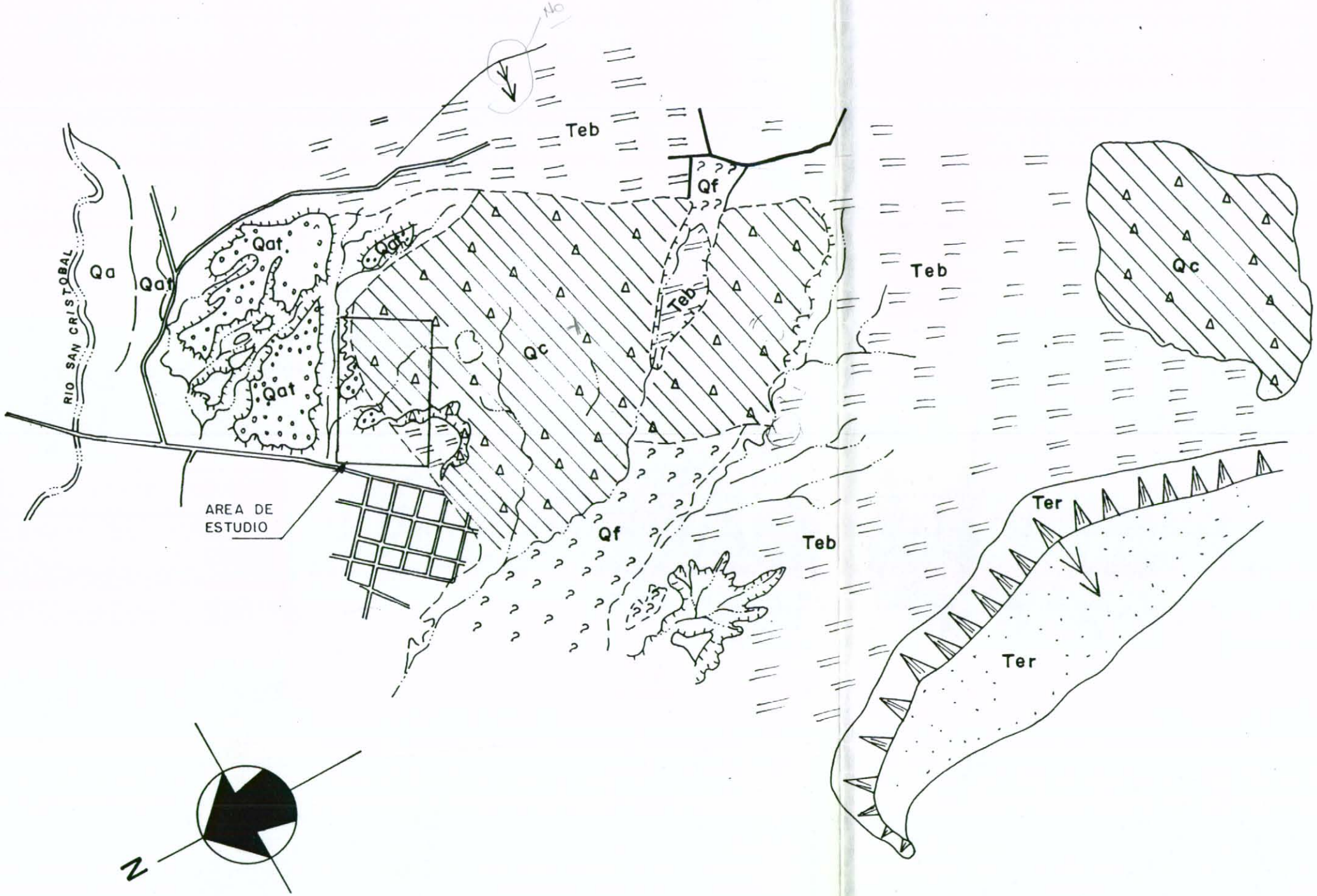
RESUMEN MEDIDAS CORRECTIVAS

Medida Correctiva / Zona Inestable	Sustitución Sist. Acue. y Alcant.	Drenaje Superficial	Anclajes	Terraceo Corona y Rellenos Contrapeso	Otras Medidas
ZONA "A"	Necesario Insuficiente Costo razonable	Necesario Insuficiente costo razonable	Favorable Muy costoso Se requerirían más de 10.000 mt. de anclaje.	Adecuado Costo razonable	Mejorar la resistencia de los materiales de la superficie de falla. Muy incierto.
ZONA "B"	No parece tener incidencia	Necesario Insuficiente Costo razonable	No es necesario Muy costoso	Adecuado Costo razonable	
ZONA "C"	Necesario Suficiente Costo razonable	Necesario Insuficiente costo razonable	Inadecuado	Favorable el Terráceo; rellenos innecesarios	

NOTAS: a- Ni los subdrenajes, ni el drenaje profundo se estima necesario dado el origen de las aguas subsuperficiales, las cuales deben controlarse en origen, esto es en los sistemas de acueducto y alcantarillado defectuoso.

b- Los subdrenajes incorporados en los diseños finales tienen por objeto la protección de las fundaciones de los rellenos de contrapeso y el evitar una eventual saturación de los mismos.

FIGURAS



CONVENCIONES

CUATERNARIO

- Qa — Depósitos aluviales recientes
- Qf — Depósitos de Flujos de lodo
- Qat — Depósito Fluvio-Lacustre
- Qc — Depósito coluvial

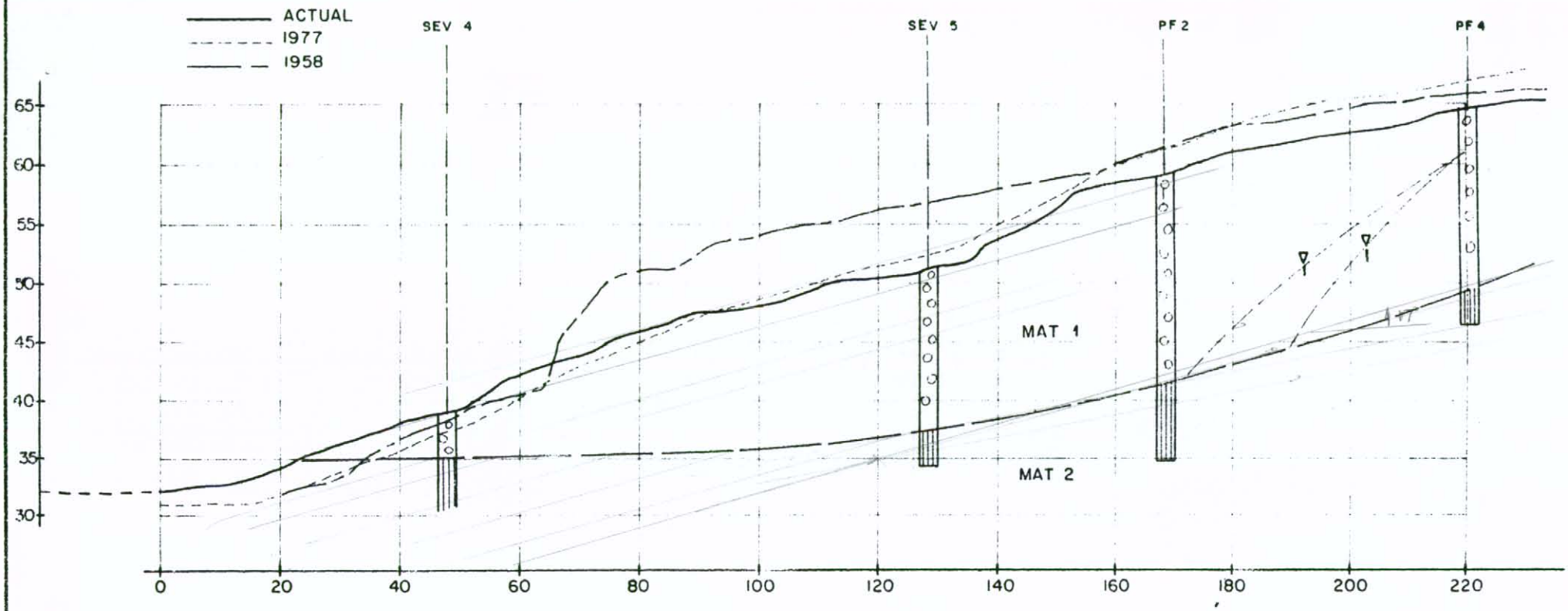
TERCIARIO

- Ter — Formación Regadera areniscas .
- Teb — Formación Bogotá rocas de caracter arcillosa principalmente (Lodolitas y arcillolitas)

OTRAS

- Escarpe rocoso
- Borde de talud (Terrazas)
- Buzamiento otogeologico medio alto
- Zona erosionada en arcillas tierras malas " bad lands"
- Carretera
- Zona urbana
- Corriente de agua (Rio San Cristobal)

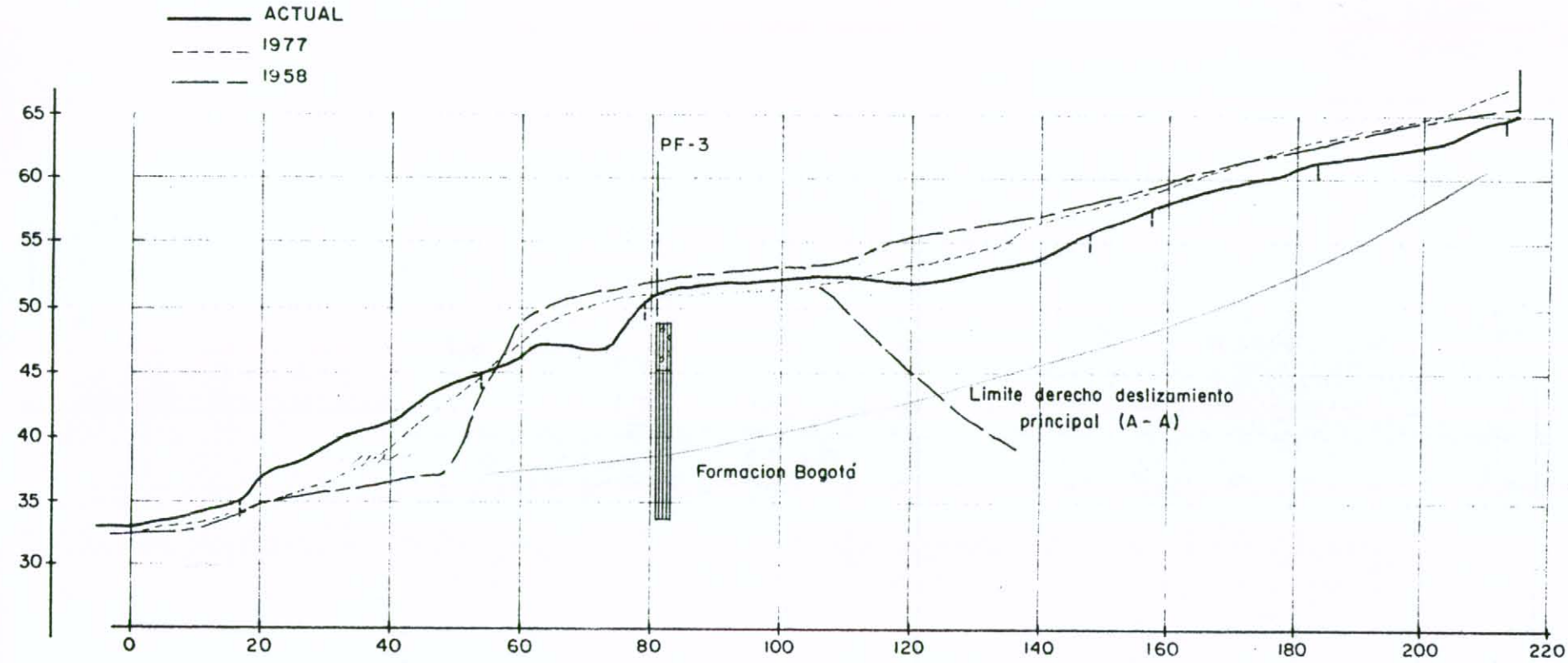
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	**S.O.P.** SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS OBRA BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE ESQUEMA GEOLOGICO GENERAL	ESCALA 1:15.000 FECHA III - 88	FIG. No 1



ESC VERT : 1:500
ESC HOZ : 1:1000

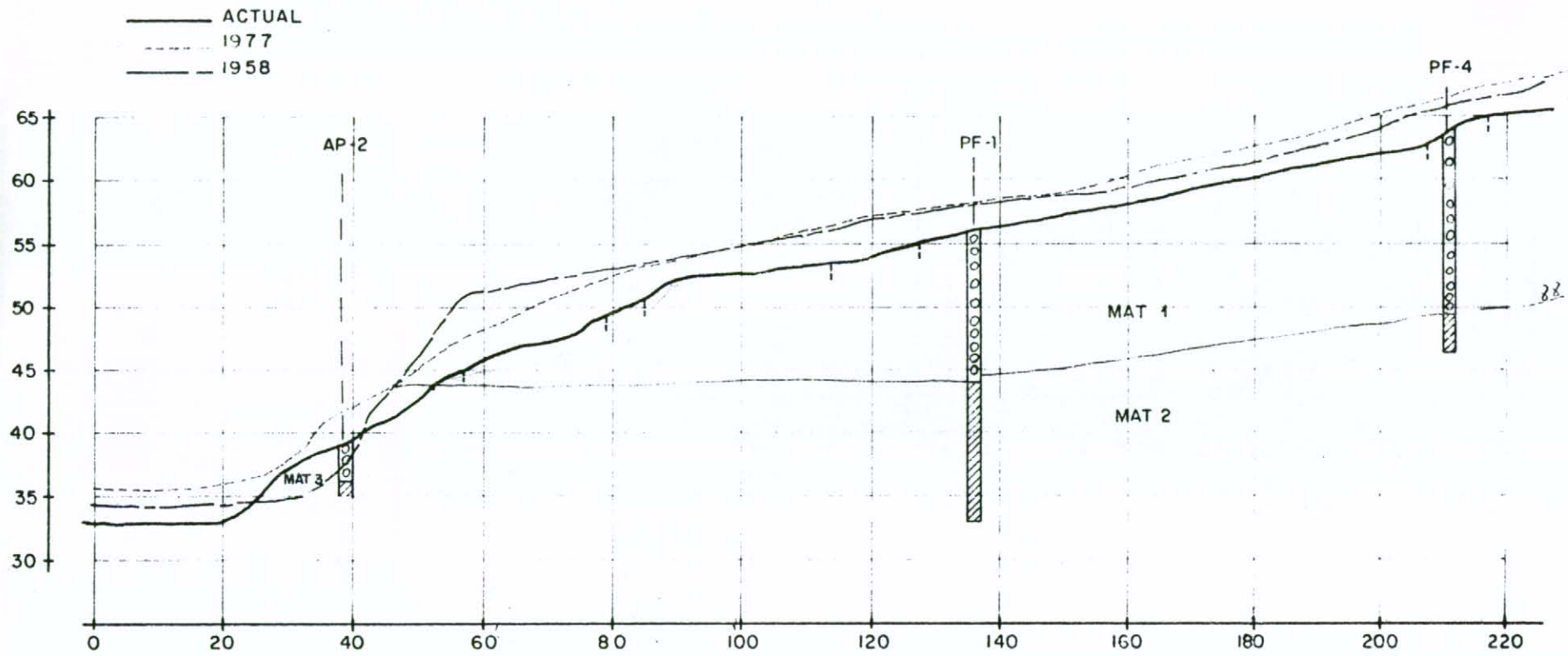
MAT 1 - Depositos coluviales.
MAT 2 - Formación Bogotá.

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	S. O. P. SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA. ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE ZONA INESTABLE 'A' CORTE A - A	FIG 3 FECHA □ -88



ESC VERT : 1:500
ESC HORZ : 1:1000

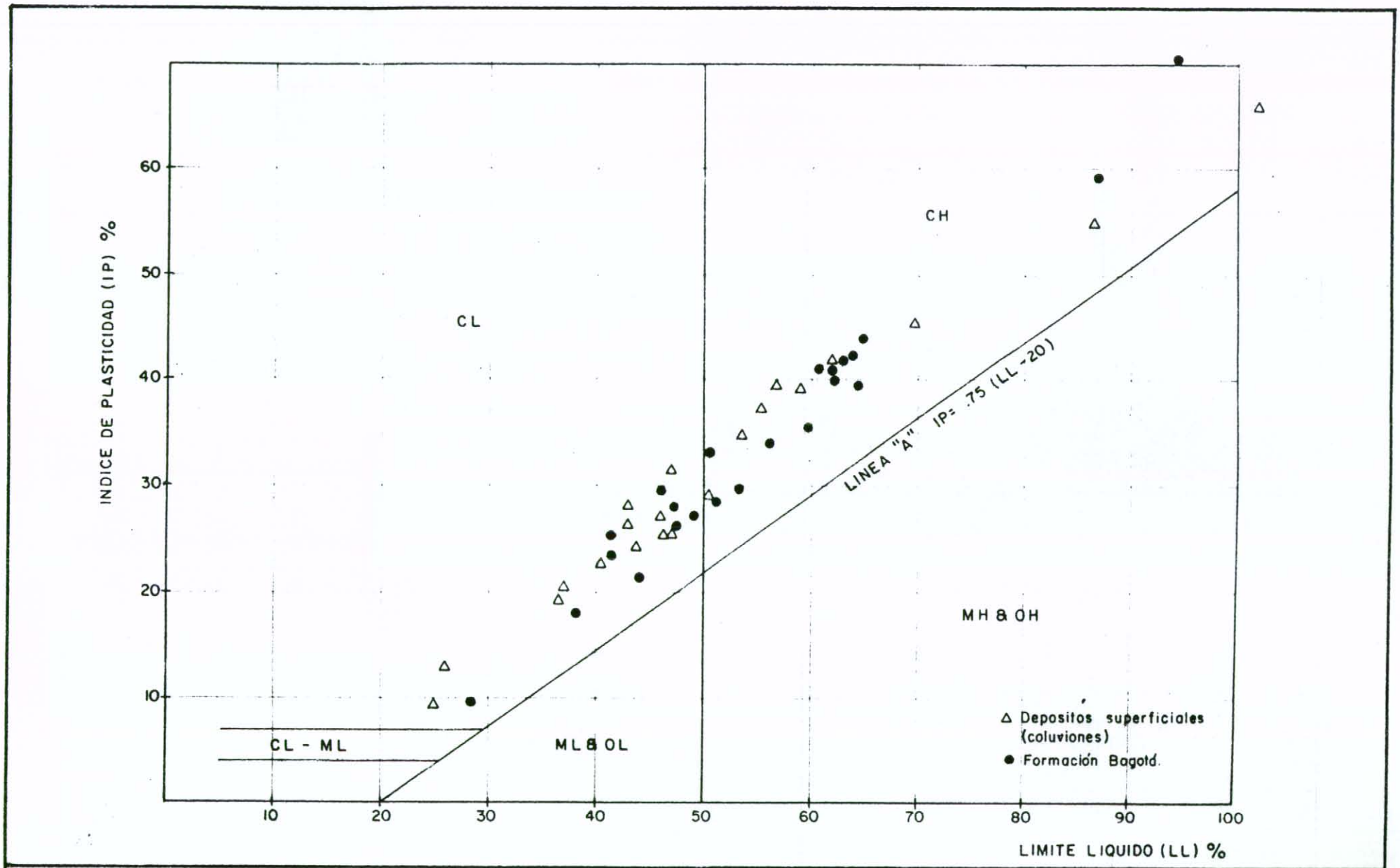
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	**S. O. P.** SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE: ZONA INESTABLE 'B' CORTE B - B	FIG. 4 FECHA: II - 88



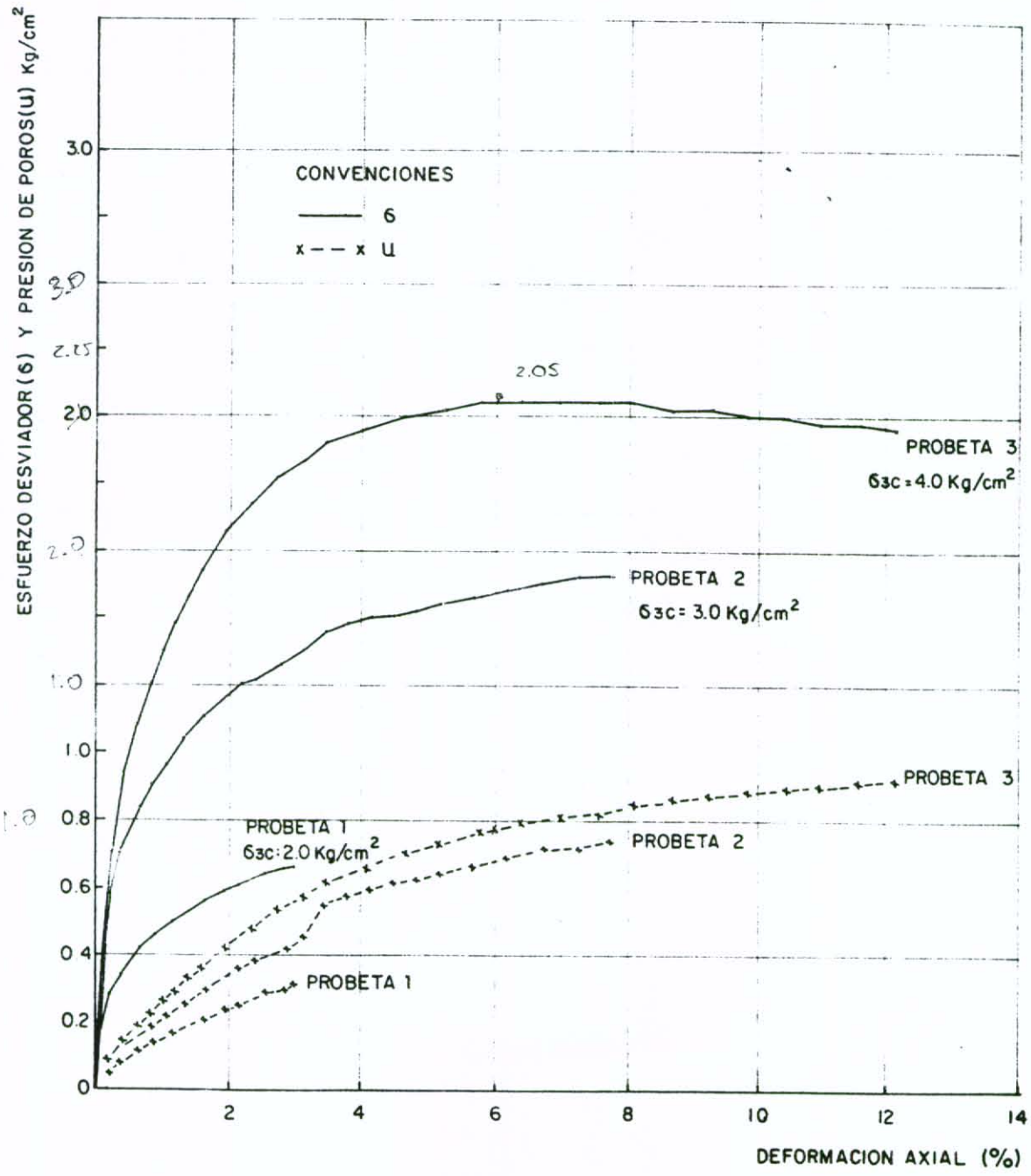
ESC VERT: 1:500
ESC HOZ. 1:1000

MAT 1 - Depositos coluviales.
MAT 2 - Formacion Bogotá.
MAT 3 - Relleno

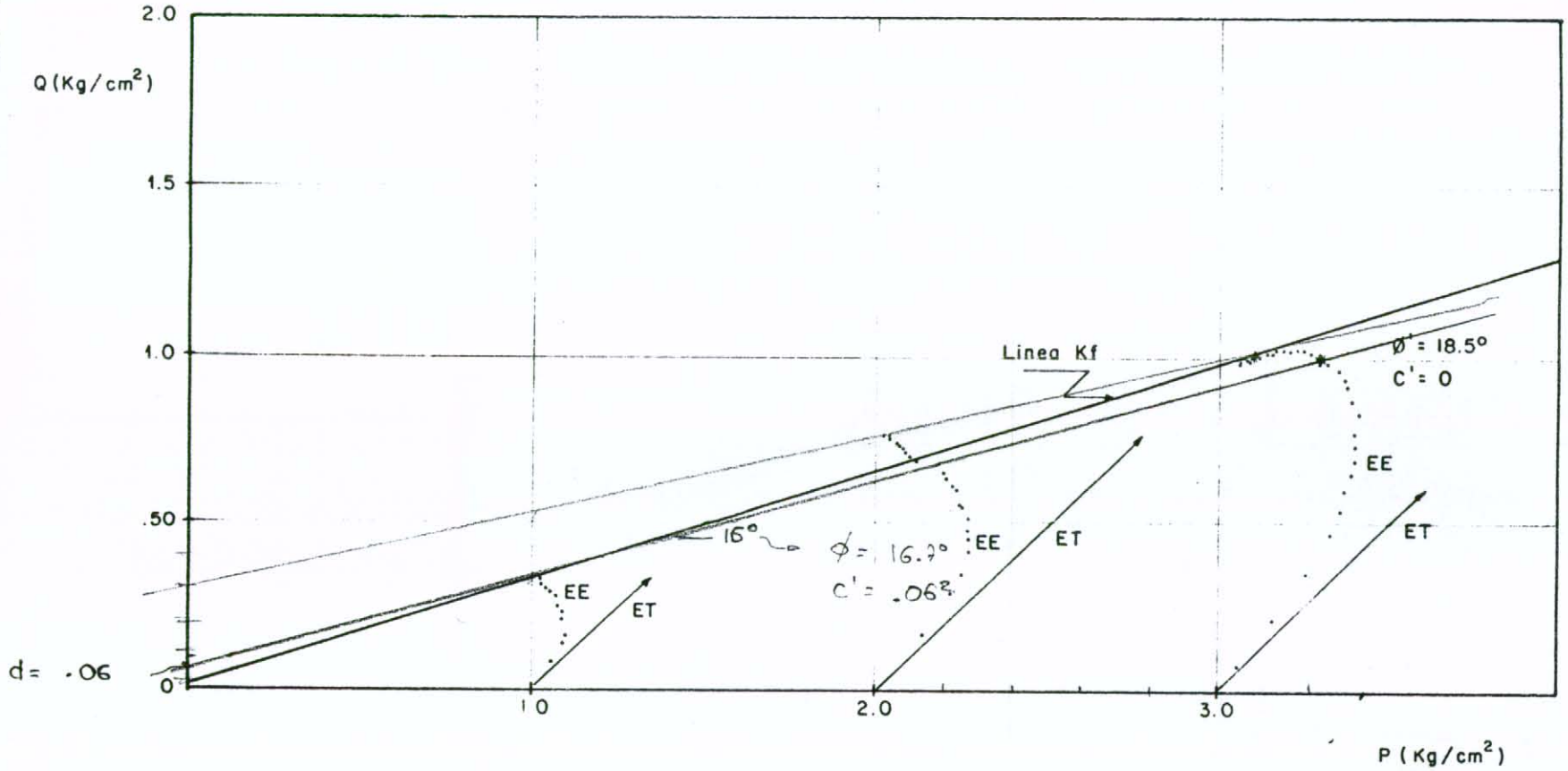
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	**S. O. P** SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE ZONA INESTABLE 'C' CORTE C-C	FIG. 5 FECHA. II-88



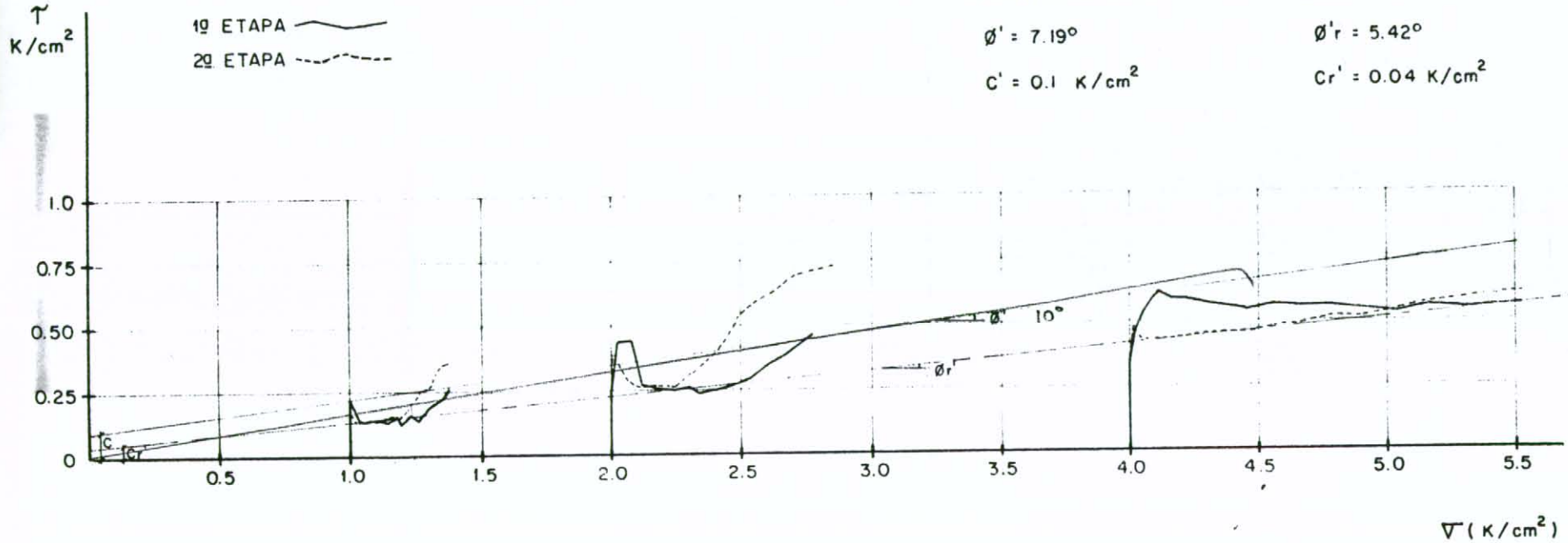
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	S. O. P. SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE: CARTA DE PLASTICIDAD	FIG. 6 FECHA: II-88



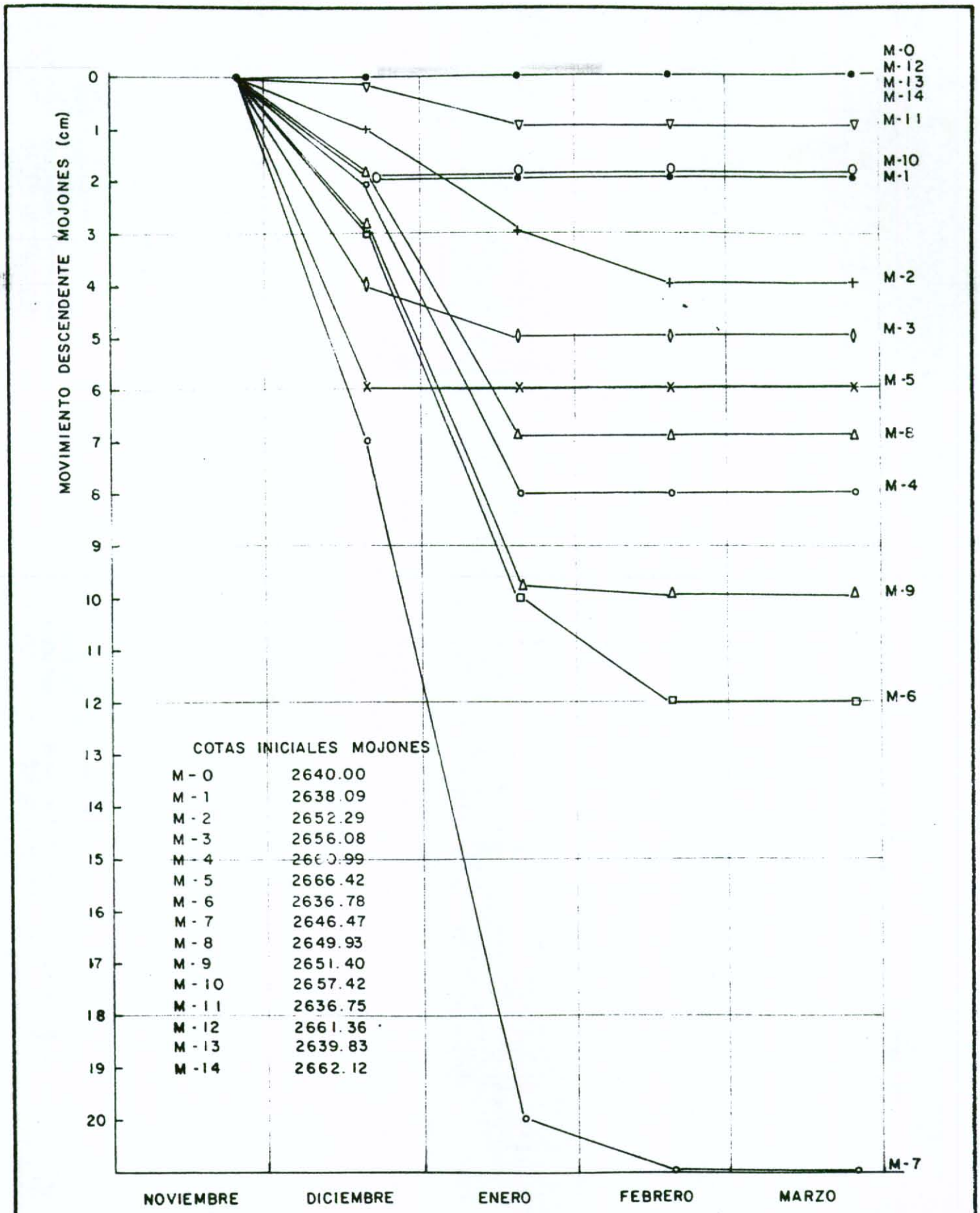
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	S. O. P. SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE CURVAS ESFUERZO DEFORMACION Y PRESIONES DE POROS ENSAYO TRIAXIAL PF-1, M-7	FIG. 7 FECHA II-88



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	**S. O. P.** SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE: ENVOLVENTE DE RESISTENCIA PRUEBA TRIAXIAL CU-PF-1 M-7 PROF. 13.0 - 13.14	FIG. 8 FECHA: II-88



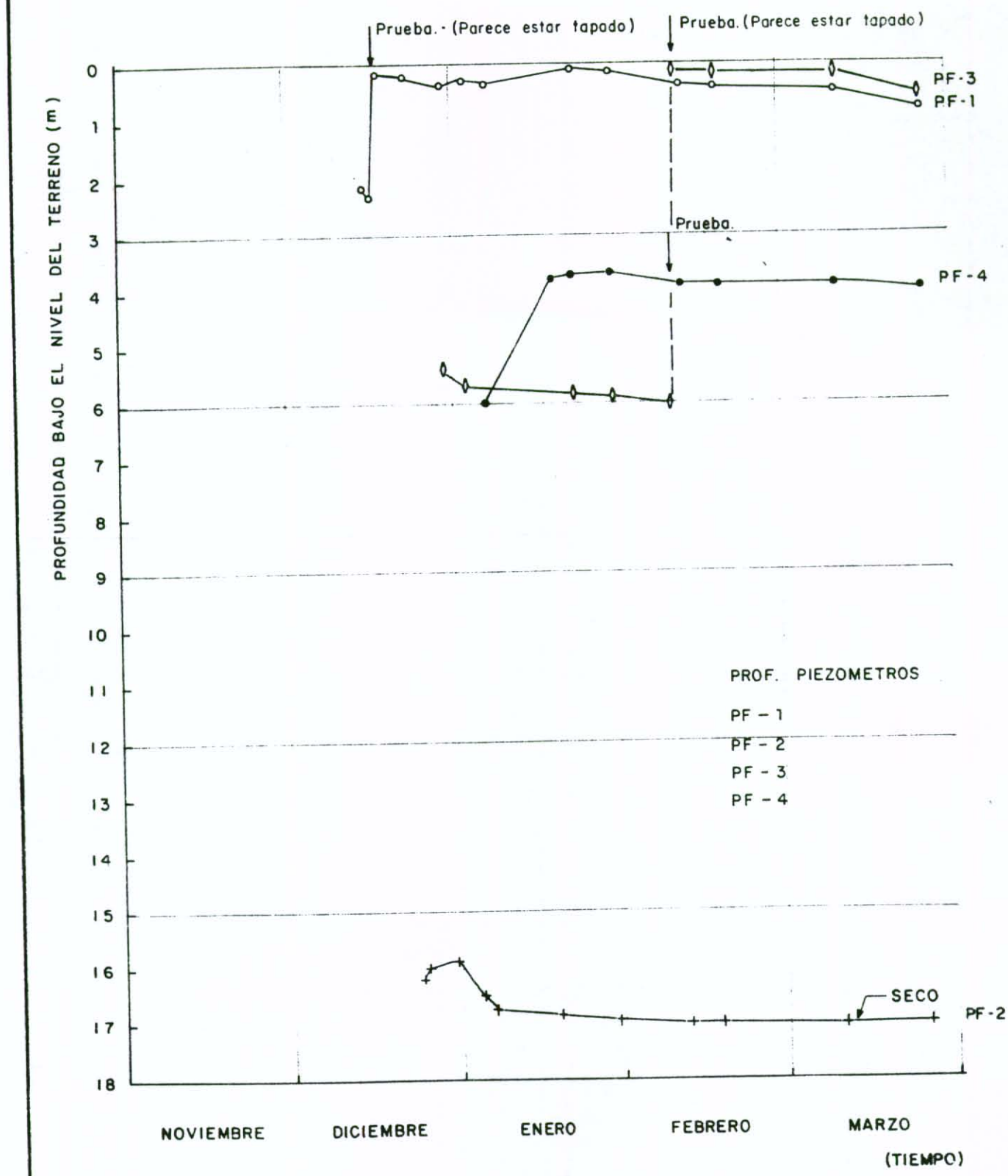
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	S. O. P SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE ENVOLVENTES DE RESISTENCIA ENSAYO DE CORTE DIRECTO PF - 4, M - 3 (Precortado)	FIG. 9 FECHA: II - 88



COTAS INICIALES MOJONES

M - 0	2640.00
M - 1	2638.09
M - 2	2652.29
M - 3	2656.08
M - 4	2660.99
M - 5	2666.42
M - 6	2636.78
M - 7	2646.47
M - 8	2649.93
M - 9	2651.40
M - 10	2657.42
M - 11	2636.75
M - 12	2661.36
M - 13	2639.83
M - 14	2662.12

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	S. O. P. SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE MOVIMIENTOS VERTICALES MOJONES DE OBSERVACION	FIG. 12 FECHA: III-88



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.	S. O. P. SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROYECTO PLAN DE EMERGENCIA ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO	CONTIENE: COMPORTAMIENTO DE NIVELES PIEZOMETRICOS	FIG. 13 FECHA: III-88

CORRELACION GEOELECTRICA

Con base en los datos anteriores se construyeron dos secciones geoeléctricas (fig.9 y 10), en las cuales se resume el trabajo realizado.En estas secciones se muestran las relaciones entre las capas geoeléctricas presentes en el área de estudio.

SECCION GEOELECTRICA I

Une los sondeos 1,5,y 2 en dirección S.W.aproximadamente.

En la sección geoeléctrica, se observa que el depósito coluvial tiene un espesor máximo de 24 mts. en el sitio donde se realizó el sondeo No. 2 y va disminuyendo progresivamente en los sondeos No.5 (12 mts) y en el No.1 (5 mts.).En el sondeo No.1 aparece una profundidad de 5 metros hasta 15 metros una capa con una resistividad de 36 ohm-m que se ha interpretado como arcillas y arenas arcillosas (esta interpretación se basa en algunos apiques hechos en estudios anteriores en donde se observa la presencia de dicha capa a una profundidad hasta de 6 metros). Finalmente aparece una capa con resistividades muy bajas la cual se ha interpretado como arcillas ferruginosas.

SECCION GEOELECTRICA II

Un los sondeos No. 6 y 4, con una dirección S.E. aproximadamente.

En esta sección se observa que el depósito caluvial va disminuyendo de espesor hacia el N.w.y hacia el S.W, lo cual es muy claro en la morfología observada en estos sitios. En el sitio en donde se realizó el sondeo No.4 aparece a una profundidad de 4 metros hasta 17 metros, una capa

de arcilla limosa, donde la impresión de acuñarse hacia el N.E.Finalmente aparece una capa con resistividades muy bajas interpretadas como arcillas ferruginosas.

CONCLUSIONES

El depósito coluvial es mas espeso en la parte sur del área (sondeo No. 2) y va haciendose menos espesa en dirección norte y noroeste (sondeos 1 y 4) la cual concuerda con lamorfología.

La presencia de una capa de arcilla y arenas arcillosas en el sondeo N 1, se dedujo de algunos apiques y de un pequeño cambio de las resistividades, las cuales se manifiestan en una deflexión de la curva respectiva.

S.E.V.1

CAPA	PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	RESIST. (ohm-m)	INTERPRETAC
1	0-0.80	0.80	150	Suelo
2	0.80-5.20	4.40	21	Bloques y gravas en matriz arcillosa.
3	5.20 -15.0	9.80	36	Arcillas y arenas arcillosas.
4	15.0-?	?	9	Arcillas ferruginosas.

S.E.V.2

1	0-1.0	1.0	210	Suelo
2	1.0-3.0	2.0	100	Coluvión en matriz arcillosa seca.
3	3.0-14.0	11.0	30	Coluvión en matriz arcillo-saturada.
4	14.0 -24.0	10.0	75	Coluvión en matriz arcillo limosa satur.
5	24.0-?	?	8	Arcillas

S.E.V. 3

Capa	Profundidad	Espesor	Resistividad	Interpretacion
1	0-0.5	0.5	120	Suelo
2	0.5-6.0	5.5	13	Depósito coluvial y desechos de construccion en matriz arcillosa
3	6.0-13.0	7.0	16	Arcilla limosa húmeda
4	13.0- ?	?	7	Arcillas ferruginosas.

S.E.V.4

1	0.-0.6	0.6	100	Suelo
2	0.6-4.0	3.40	50	Gravas y arenas matriz arcillosa
3	4.0-15.0	11.0	17	Arcillas limosas
4	15.0 ?	?	9	Arcillas

S.E.V.5

1	0.0.80	0.80	150	Suelo
2	0.8-5.0	4.20	40	Bloques en matriz arcillosa
3	5.0-12.0	7.0	95	Gravas y bloques en matriz limo-arcillosa.
4	12.0- ?	?	7	Arcillas ferrogi nosas.

S.E.V. 6

CAPA	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (ohm-m)	Interpretación
1	0.-0.60	0.60	160	Suelo
2	0.60-4.0	3.40	320	Coluvión en matriz arcillosa seca
3	4.0-15.0	11.0	100	Coluvión en matriz arcillosa humeda.
4	15.0-?	?	10	Arcillas ferruginosas.

Fecha: Enero 29 de 1988

Proyecto: GRANADA SUR Y MONTEBELLO

Operador: G.G.U.

GEINCO LTDA

S.E.V. No. 1

MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV(mv)	K m	ρ ohm-m	OBSERVACIONES
0.5	1.5	187	2.531	6.28	85	
	2.5	461	1.021	18.85	42	
	4.0	447	232	49.48	26	
	6.0	378	77	112.31	23	
	8.0	321	36	200.28	22	
	10.0	263	20	313.37	24	
	12.0	400	23	451.40	26	
	15.0	452	15	706.07	23	
5.0	15.0	448	179	62.83	25	
	20.0	756	157	117.81	24	
	25.0	385	48	188.50	23	
	30.0	659	50	274.89	21	
10.0	30.0	645	112	125.66	21	
	40.0	602	43	235.62	17	
	50.0	532	21	376.99	15	
	60.0			549.78		
	75.0			867.86		
25.0	75			314.16		
	100			589.05		
	125.0			942.48		
	150.0			1.374.40		
50.0	150.0			628.30		
	175.0			882.34		
	200.0			1.178.10		
75.0	200.0			719.95		
	250.0			1.191.19		
	300.0			1.767.15		

Fecha: Enero 29 de 1988

Proyecto: GRANADA SUR Y MONTEBELLO

Operador: G.G.U.

GEINCO LTDA

S.E.V. No. 2

MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV(mv)	K m	ρ ohm-m	OBSERVACIONES
0.5	1.5	279	7.784	6.28	176	
	2.5	212	1.528	18.85	136	
	4.0	206	430	49.48	103	
	6.0	243	134	112.31	62	
	8.0	276	67	200.28	49	
	10.0	208	27	313.37	41	
	12.0	199	17	451.40	38	
	15.0	178	8	706.07	32	
5.0	15.0	170	107	62.83	39	
	20.0	153	52	117.81	40	
	25.0	230	47	188.50	35	
	30.0	283	34	274.89	33	
10.0	30.0	276	84	125.66	37	
	40.0	155	18	235.62	25	
	50.0	224	13	376.99	22	
	60.0			549.78		
	75.0			867.86		
25.0	75.0			314.16		
	100.0			589.05		
	125.0			942.48		
	150.0			1.374.40		
50.0	150.0			628.30		
	175.0			882.34		
	200.0			1.178.10		
75.0	200.0			719.95		
	250.0			1.191.19		
	300.0			1.767.15		

Fecha: Enero 29 de 1988

Proyecto: GRANADA SUR Y MONTEBELLO

Operador: GILBERTO GARCES ULLOA

GEINCO LTDA

S.E.V. No. 4

MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV(mv)	K m	ρ ohm-m	OBSERVACIONES
0.5	1.5	495	5859	6.28	74	
	2.5	466	1490	18.85	60	
	4.0	360	345	49.48	47	
	6.0	564	203	112.31	40	
	8.0	426	72	200.28	34	
	10.0	470	49	313.37	33	
	12.0	494	28	451.40	26	
	15.0	445	14	706.07	22	
5.0	15.0	451	148	62.83	20	
	20.0	453	59	117.81	15	
	25.0	411	28	188.50	14	
	30.0	375	17	274.89	12	
10.0	30.0	368	37	125.66	13	
	40.0	244	11	235.62	11	
	50.0	728	22	376.99	11	
	60.0			549.78		
	75.0			867.86		
25.0	75.0			314.16		
	100.0			589.05		
	125.0			942.48		
	150.0			1.374.40		
50.0	150.0			628.30		
	175.0			882.34		
	200.0			1.178.10		
75.0	200.0			719.95		
	250.0			1.191.19		
	300.0			1767.15		

Fecha: Enero 29 de 1988

Proyecto: GRANADA SUR Y MONTEBELLO

Operador: GILBERTO GARCES ULLOA

GEINCO LTDA

S.E.V. No 5

MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV(mv)	K m	ρ ohm-m	OBSERVACIONES
0.5	1.5	160	2454	6.28	96	
	2.5	189	732	18.85	73	
	4.0	154	150	49.48	48	
	6.0	119	50	112.31	47	
	8.0	180	46	200.28	51	
	10.0	165	29	313.37	55	
	12.0	148	20	451.40	61	
	15.0	202	16	706.07	56	
5.0	15.0	205	180	62.83	55	
	20.0	172	73	117.81	49	
	25.0	199	37	188.50	35	
	30.0	131	13	274.89	27	
10.0	30.0	131	28	125.66	27	
	40.0	296	24	235.62	19	
	50.0	342	16	376.99	18	
	60.0			549.78		
	75.0			967.86		
25.0	75.0			314.16		
	100.0			589.05		
	125.0			942.48		
	150.0			1.374.40		
50.0	150.0			628.30		
	175.0			882.34		
	200.0			1.178.10		
75.0	200.0			719.95		
	250.0			1.191.19		
	300.0			1.767.15		

Fecha ~~Enero 29 de 1988~~

Proyecto GRANADA SUR Y MONTEBELLO

GEINCO LTDA

Operador: GILBERTO GARCES ULLOA

S.E.V. No. 6

MN/2 m	AB/2 m	I (mA)	ΔV(mv)	K m	ρ ohm-m	OBSERVACIONES
0.5	1.5	265	8936	6.28	211	
	2.5	211	3001	18.85	268	
	4.0	147	796	49.48	267	
	6.0	142	274	112.31	217	
	8.0	149	154	200.28	209	
	10.0	102	62	313.37	190	
	12.0	~~71.5~~	27	451.40	170	
	15.0	206	36	706.07	123	
5.0	15.0	209	454	62.83	136	
	20.0	151	126	117.81	98	
	25.0	198	72	188.50	75	
	30.0	309	56	274.89	50	
10.0	30.0	311	131	125.66		
	40.0	254	32	235.62	~~53~~ 30	
	50.0	153	10	376.99	23	
	60.0			549.78		
	75.0			867.86		
25.0	75.0			314.16		
	100.0			589.05		
	125.0			942.48		
	150.0			1.374.40		
50.0	150.0			628.30		
	175.0			882.34		
	200.0			1.178.10		
75.0	200.0			719.95		
	250.0			1.191.19		
	300.0			1.767.15		

FIG Nº 9 SECCION GEOELECTRICA I - SONDEO 1-5 Y 2

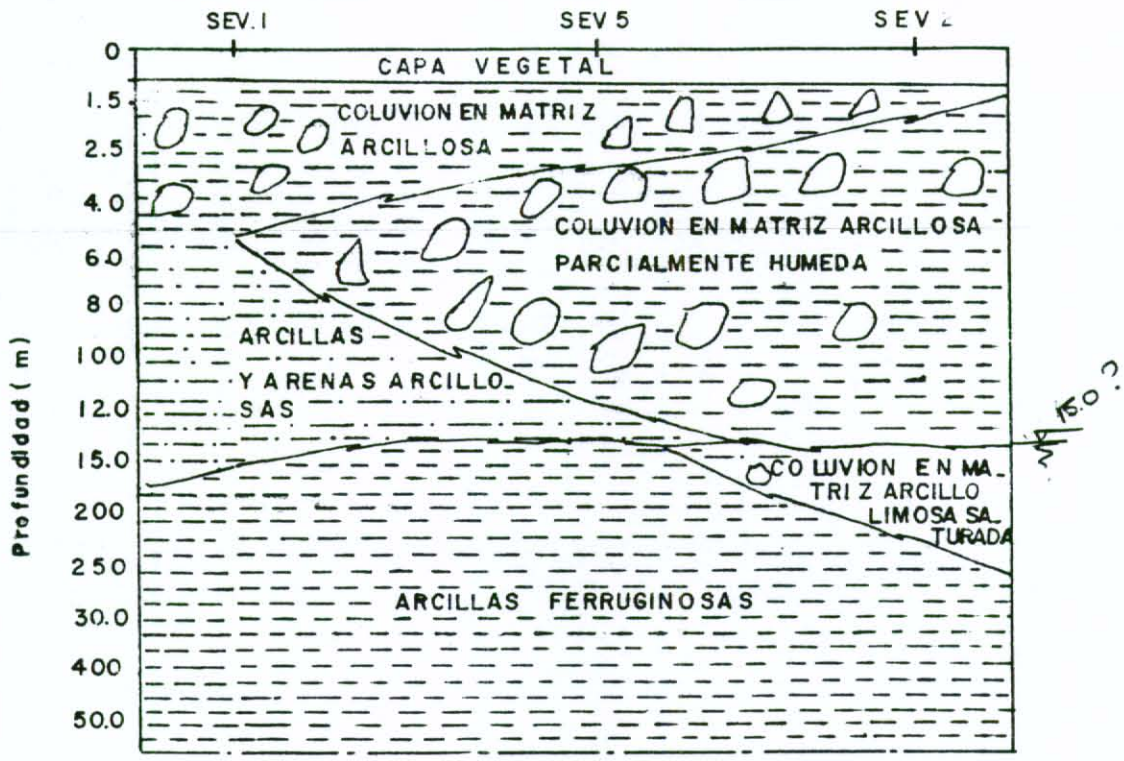


FIG. Nº 10 SECCION GEOELECTRICA II - SONDEO 6 Y 4

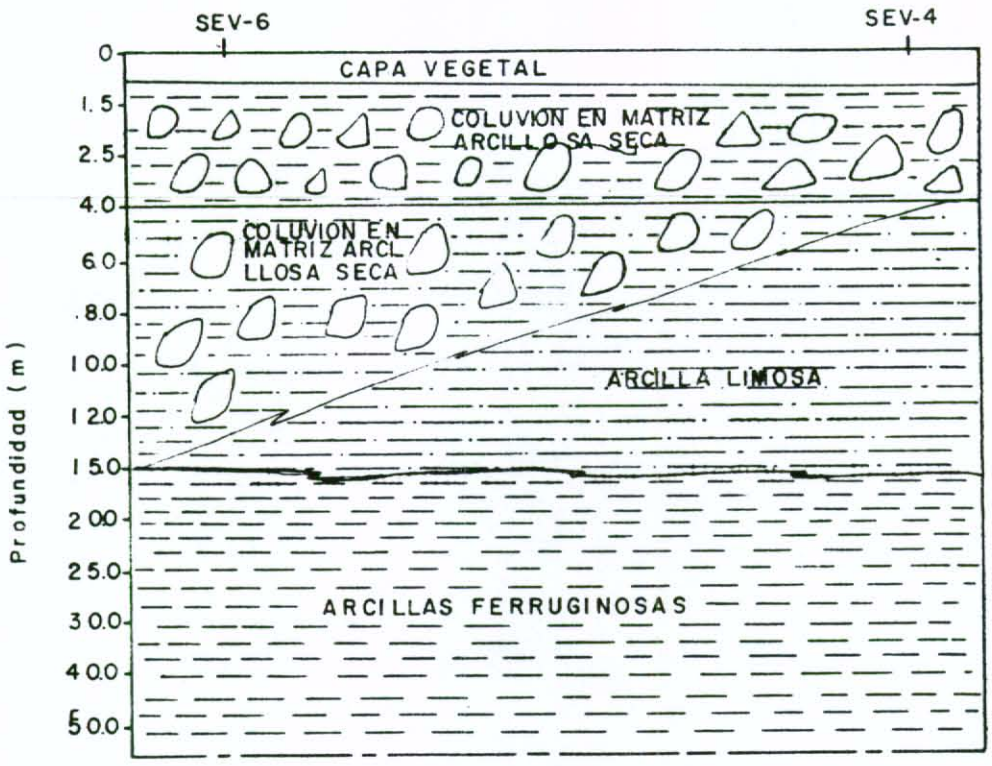


FIG. – 3 SONDEO Nº 1

FIG Nº 4 SONDEO Nº 2

BLOQUES Y GRA-
VAS EN MATRIZ
ARCILLOSA

ARCILLAS Y ARENAS
ARCILLOSAS

ARCILLAS FERRUGI-
NOSAS

ρ_a Ωm

Plancha: _____ Sondeo No. 1 Operador : _____ Fecha: FEBRERO 1.988

PLANCHA: GRANADA SUR Y MONTEFRIO

FIG. Nº 4 - SONDEO Nº 2 Nº 1

COLUVION EN MATRIZ ARCILLOSA SECA

COLUVION CON MATRIZ ARCILLOSA, PARCIALMENTE SATURADO

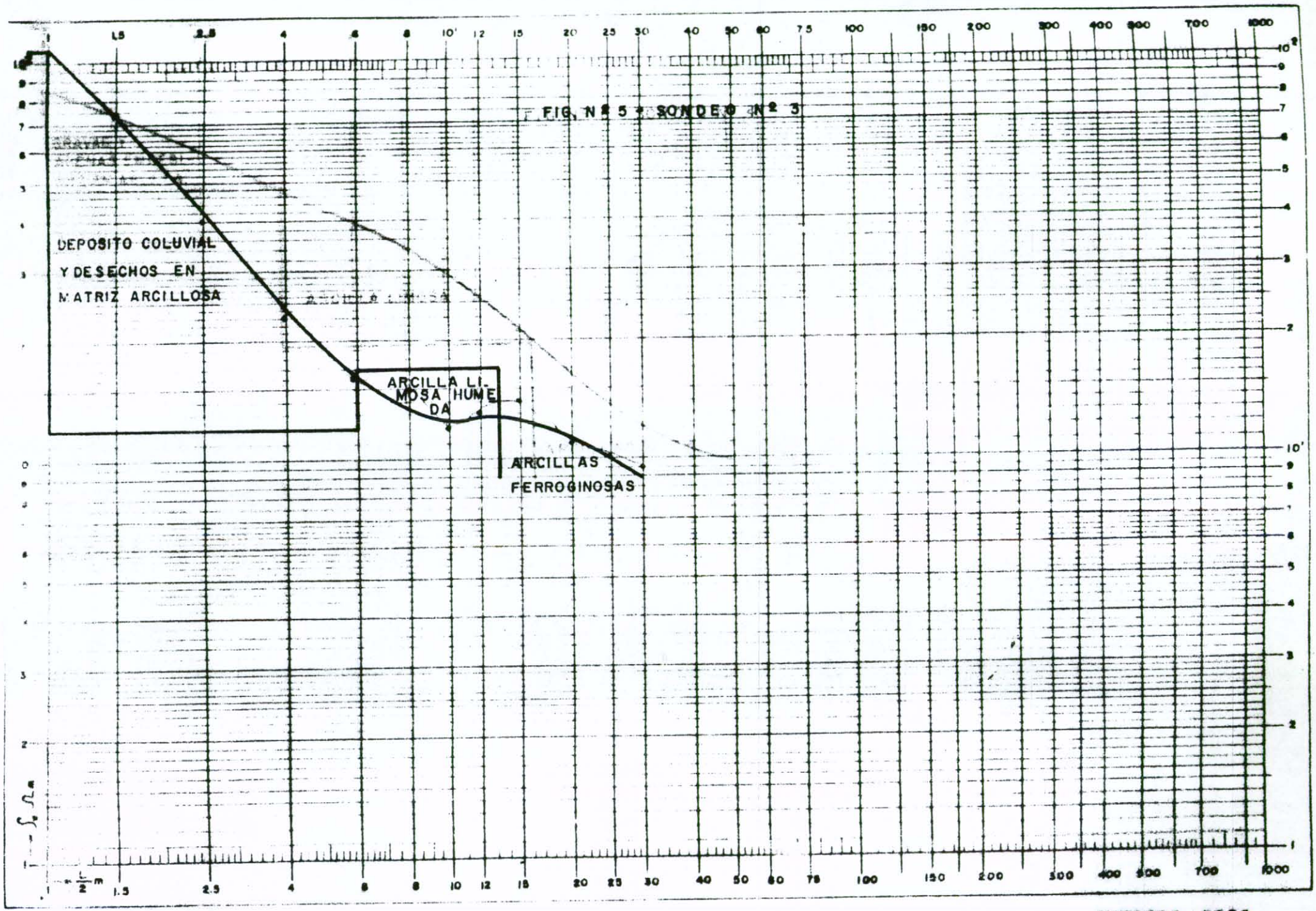
COLUVION EN MATRIZ ARCILLO-LIMOSA SATURADO

ARCILLAS FERRUGINOSAS

Plancha ____ Sondeo No. 2 Operador: ____ Fecha: FEB. 1.988

Proyecto GRANADA SUR Y MONTESELLO

FIG. Nº 5 - SONDEO Nº 3



Plancha: _____ Sondeo No 3 Operador _____ Fecha: FEBRERO 1988

Proyecto: GRANADA SUR Y MONTEBELLO

FIG. Nº 6 - SONDEO Nº 4

GRAVAS Y ARENAS EMBEBIDAS EN ARCILLA.

ARCILLA LIMOSA

ARCILLAS

Plancha: Sondeo Nº 4 Operador:

Fecha: FEBRERO 1.988

Proyecto GRANADA Y MONTEBELLO

FIG. Nº 7 SONDEO 5

SUELO

BLOQUES EN MATRIZ ARCILLOSA

GRAVAS Y BLOQUES EN MATRIZ LIMO-ARCILLOSA

ARCILLAS FERRUGINOSAS

ρ_a Ω.m

$\frac{L}{2}$ m

1.5 2.5 4 6 8 10 12 15 20 25 30 40 50 60 75 100 150 200 300 400 500 700 1000

Plancha. _____ Sondeo No. 5 Operador: _____ Fecha. FEBRERO 1.988

A N E X O 1 - Registros de Perforaciones, Apiques y Sondeos Geoeléctricos

REGISTRO DE PERFORACION

P-1

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO
LOCALIZACION:
COTA TERRENO: PROFUNDIDAD:
SISTEMA: ROTACION EQUIPO: ACKER
MARTILLO: PESO ___ KG. ___ CAIDA ___ CM. ___ ϕ PERF. 7.57 CM.

CLIENTE: S.O.P.
PERF.: J.A SUPERV.: J.R
INIC.: DIC 3/87 TERM.: DIC 11/87
REVISO: G.A.R. HOJA 1 DE 3

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO: CONVENCION	PERFIL ESTRATIGRAFICO: PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO: DESCRIPCION VISUAL	MUESTRAS: Nº Y TIPO	MUESTRAS: PROFUN (MTS) DE	MUESTRAS: PROFUN (MTS) A	MUESTRAS: GOLPES 15 cm	MUESTRAS: GOLPES 15 cm	MUESTRAS: GOLPES 15 cm	OBSERVACIONES
			RELLENOS ARCILLA CARMELITA CON FRAGMENTOS DE LADRILLO.							
		.75								
1.0			CAPA VEGETAL, LIMO ARCILLOSO NEGRO CON RAICES.	SS	1.0	1.45	3	7	9	☒ M-1
		1.50								
2.0			BLOQUE DE ARENISCA, GRIS CLARA CON MANCHAS DE OXIDACION.							
		2.75								
3.0			FRAGMENTOS DE ARENISCO EN MATRIZ ARCILLO ARENOSA, GRIS OXIDADA.	SS	2.75	3.20	9	6	5	
		3.20	IDEM							
		3.45	IDEM							
4.0		4.00	ARCILLA ARENOSA CARMELITO-AMARILLENTA CON GRAVAS.	SS	4.00	4.45	7	9	9	☒ M-2
		4.45	BLOQUE DE ARENISCA AMARILLO GRISACEO CON OXIDACIONES							
5.0		5.00	ARCILLA AMARRILLO QUEMADO, OXIDADA CON FRAGMENTOS DE ARENISCA.							☒ M-3
			IDEM CON MENOS GRAVA.	SS	5.50	5.95	7	8	8	
6.0		5.95	IDEM							
7.0										
		7.50	IDEM	SS	7.50	7.95	5	13	16	
8.0		7.95	ARCILLA GRIS CARMELITA CON PEQUEÑOS FRAGMENTOS DE ARENISCA.							
		8.50	IDEM	SS	8.50	8.95	4	6	19	☒ M-4
9.0		8.95	IDEM							
				R						

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 9.00 mt

REGISTRO DE PERFORACION

PF1

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION

CLIENTE S.O.P

COTA TERRENO ROTACION PROFUNDIDAD ACKER

PERF. J.A SUPERV. J.R

INIC. DIC. 3/87 TERM. DIC 11/87

SISTEMA EQUIPO

MARTILLO: PESO ___ KG. ___ CAIDA ___ CM. ___ ϕ PERF. 7.57 CM.

REVISO G.A.R. HOJA 2 DE 3

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS.)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	A	GOLPES 15 cm	15 cm	15 cm	
			IDEM							☒ M-5
			ARCILLA GRIS-ROJIZA, CON PUNTOS AMARILLOS DE OXIDACION CONSISTENTE.	Sh	10.50	11.00				RPI-2.75-2.25-2.50 Kg/cm²
11.0		11.00	ARCILLA CAFE-ROJIZA, CON MANCHAS DE OXIDACION Y FRAGMENTOS DE GRAVA. SE INTERCEPTA UN BLOQUE DE ARENISCA.							
12.0		12.00	ARCILLA GRIS CLARA CON VETAS ROJIZAS Y MANCHAS DE OXIDACION, SE INTERCEPTO UN DELGADO NIVEL DE MATERIA ORGANICA	SS	12.00	12.45	7	7	8	RPI-1.75-1.25-1.50 Kg/cm²
		12.45	CONTINUA ARCILLA GRIS CON VETAS ROJIZAS ALGO HUMEDA.							☒ M-6 ☒ M-10
13.0		13.00	ARCILLA GRIS ROJIZA, CON MANCHAS DE OXIDACION AMARILLAS, CONSISTENTE Y FISURADA.	Sh	13.00	13.50				RPI-3.50-3.00-4.50 Kg/cm²
		13.50								☒ M-7
14.0			ARCILLA ROJIZA CON MANCHAS AMARILLAS Y VETAS GRISES, FISURADA, CONSISTENTE DE HUMEDAD MODERADA.	R						RPI-4.00-4.20-4.00 Kg/cm²
		14.30	IDEM	Sh	14.50	15.00				RPI 4.50-3.70-4.00 Kg/cm²
15.0		15.00	ARCILLA LIMOSA GRIS-ROJIZA CON MANCHAS AMARILLAS CONSTANTE; EN LA PARTE SUPERIOR SE NOTA UNA ZONA BLANDA, PROBABLEMENTE DEBIDO AL LODO DE PERFORACION.	R						RPI > 4.50 Kg/cm²
16.0		16.20	IDEM; A 16.20 SE REPITE EL FENOMENO DE ABLANDAMIENTO DE LA PARTE SUPERIOR AUNQUE SE NOTA MAS BLANDO Y HUMEDO QUE EN EL CASO ANTERIOR.	R						☒ M-Bolsa RPI > 4.50 Kg/cm² ☒ M-13
17.0		17.20	IDEM							
18.0				R						RPI > 4.50 Kg/cm²
		18.70	IDEM O 18.70 SE OBSERVA ZONA MAS HUMEDA Y BLANDA.							
19.0				R						RPI > 4.50 Kg/cm² ☒ M-15

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh = Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVEST: M 9.00 mt.

REGISTRO DE PERFORACION

P-1

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION: _____

COTA TERRENO: _____ PROFUNDIDAD: _____

CLIENTE: S. O. P.

PERF.: J.A SUPERV.: J.R

INIC.: DIC 3/87 TERM.: DIC 11/87

SISTEMA: ROTACION EQUIPO: ACKER

MARTILLO: PESO ____ KG. ____ CAIDA ____ CM. ____ ϕ PERF. 7.57 CM.

REVISO: _____ HOJA 3 DE 3

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	PROFUN (MTS) A	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	
		20.30		R						RPi 4.5 Kg/cm²
			IDEM							☒ M-16
				R						RPi 4.5 Kg/cm²
		20.80								
21.0			IDEM							
				R						RPi 4.5 Kg/cm²
22.0		22.00								☒ M-8
			ARCILLA GRIS CON MANCHAS ROJAS, FISURADA, CONSISTE POCO HUMEDA							
23.0			FIN DE LA PERFORACION 23.0 m.							SE INSTALO UN PIEZOMETRO A 10.9m DE PROFUNDIDAD.

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. _____ mt.

REGISTRO DE PERFORACION

P-2

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION

COTA TERRENO _____ PROFUNDIDAD _____

CLIENTE S. O. P.

PERF. J. A SUPERV. J. R

INIC. DIC 15/87 TERM. DIC 21/87

SISTEMA ROTACION EQUIPO ACKER

MARTILLO: PESO ____ KG. ____ CAIDA ____ CM. ____ ϕ PERF. 7.57 CM.

REVISO G.A.R HOJA 1 DE 3

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	PROFUN (MTS) A	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	
1.0			ARCILLA LIMOSA AMARILLENTA, CON MANCHAS CAFE OSCURAS Y GRISES CON FRAGMENTOS DE ARENISCAS, CONSISTENCIA MEDIA.	R						RPi - 1.25, 1.20, 1.30 Kg/cm²
		1.50	IDEM	SS	1.50	1.95	5	5	6	
2.0		1.95	ARCILLA LIMOSA AMARILLENTA MUY OXIDADA CON MANCHAS CAFE Y GRIS, CON FRAGMENTOS DE ARENISCA HUMEDA.	R						RPi - 1.25, 1.00, 1.20 Kg/cm²
3.0										
		3.50	IDEM		3.50	3.80	6	12		
		3.80	IDEM							
4.0		4.20	ARCILLA LIMOSA OXIDADA CON VETAS CAFE Y GRIS. SE INTERCEPTO UN BLOQUE DE ARENISCA DE MAS DE 60 cm DE LADO.	R						RPi - 1.30, 1.25 Kg/cm²
5.0										
		5.50	IDEM	SS	5.50	5.80	4	6		
6.0			ARCILLA GRIS OSCURA CON MANCHAS DE OXIDACION, CONTINUA BLOQUE DE ARENISCA DE MAS DE 60 cms DE DIAMETRO.							
7.0										
			ARCILLA LIMOSA GRIS OXIDADA, CON FRAGMENTOS DE ARENISCA	SS	7.30	7.75	17	9	9	
8.0			IDEM							
			IDEM	SS	8.50	8.65	15			
9.0			ARCILLA LIMOSA AMARILLA CON MANCHAS GRISES Y FRAGMENTOS DE ARENISCA, SE INTERCEPTO UN BLOQUE DE ARENISCA DE 30 cms. DE DIAMETRO.	R						RPi-2.5, 2.0, 1.75 Kg/cm²

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 3.00 mt.

REGISTRO DE PERFORACION

P-2

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION

COTA TERRENO _____ PROFUNDIDAD _____

CLIENTE S.O.P.

PERF. J.A SUPERV. J.R

INIC. DIC 15/87 TERM. DIC 21/87

SISTEMA ROTACION EQUIPO ACKER

MARTILLO: PESO ____ KG. ____ CAIDA ____ CM. ____ ϕ PERF. 7.57 CM.

REVISO G.A.R. HOJA 2 DE 3

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	A	GOLPES 15 cm	15 cm	15 cm	
11.0			MEZCLA DE ARCILLA GRIS ROJIZA CON FRAGMENTOS DE ARENISCA TAMAÑO GRAVA. SE INTERCEPTO UN BLOQUE ARENISCA DE 25 cms DE DIAMETRO.	R						
		11.50	IDEM							
12.0				R						
13.0		13.00	ARCILLA GRIS OSCURA, CON VETAS CAFE CLARAS Y FRAGMENTOS DE ARENISCAS TAMAÑO GRAVA.							RPi - 1.25, 1.50, 1.00 Kg/cm²
14.0										
		14.25	ARCILLA LIMOSA GRIS OSCURA CON PUNTOS AMARILLENTOS, CONSISTENTE, SE OBSERVAN SENALES DE MATERIA ORGANICA, HUMEDAD SIGNIFICATIVA.							
15.0				R						RPi - 4.25, 3.75, 3.25 Kg/cm²
										☒ M-1
		15.80	LIMO ARCILLOSO GRIS, CON ARENA FINA Y MANCHAS ROJIZAS Y CAFE							
16.0				R						RPi - 2.00, 2.75, 3.25 Kg/cm²
										☒ M-2
17.0		16.90	LENTE DE GRAVAS SEMIREDONDEADAS EN MATRIZ ARCILLOSA AMARILLO-GRISACEA.							
		17.20	ARCILLA GRIS CLARA MUY OXIDADA CON MANCHAS ROJIZAS.							
		17.80	ARCILLA GRIS - ROJIZA, CONSISTENTE, HUMEDAD MEDIA.	R						RPi - 4.50, 3.70, 3.50 Kg/cm²
18.0										☒ M-3
		18.40	LIMO ARCILLOSO CAFE ROJIZO CON VETAS GRISES Y AMARILLAS, CONSISTENTE, HUMEDAD MEDIA.							
19.0										
		19.80								☒ M-5

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh = Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 3.00 mt.

REGISTRO DE PERFORACION

P-2

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION

COTA TERRENO PROFUNDIDAD

CLIENTE S. O. P.

PERF. J. A SUPERV. J. R

INIC. DIC 15/87 TERM. DIC 21/87

SISTEMA ROTACION EQUIPO ACKER

MARTILLO: PESO ___ KG. ___ CAIDA ___ CM. ___ ϕ PERF. 7.57 CM.

REVISO G. A. R. HOJA 3 DE 3

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	PROFUN (MTS) A	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	
			LIMO GRIS VERDOSO CON ALGO DE ARENA FINA, SE DESINTEGRA AL PERFORARLO.	R						
21.0		21.00	IDEM, SE OBSERVAN FELDESPATOS EN DESCOMPOSICION.	R						RPi 4.5 Kg/cm²
22.0		22.00	CONTINUA EL NIVEL LIMOSO, HACIENDOSE MAS ARCILLOSO CON LA PROFUNDIDAD; A MEDIDA QUE SE PROFUNDIZA SE OBSERVAN VETAS CAFE ROJIZAS.	R						RPi 4.5 Kg/cm²
23.0										
24.0		24.00	ARCILLA LIMOSA GRIS CON VETAS MORADAS, FISURADA, CONSISTENTE HUMEDAD MEDIA.	R						RPi 4.5 Kg/cm² ☒ M-7
25.0		25.00	FIN DE LA PERFORACION 25.0 m.							SE INSTALO UN PIEZOMETRO ENTRE 16.0 Y 17.0 m. DE PROFUNDIDAD, EN EL CONTACTO COLUVIONFORMACION BOGOTA.

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 3.00 mt

REGISTRO DE PERFORACION

PF-3

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION

COTA TERRENO PROFUNDIDAD

CLIENTE S. O. P.

PERF. J. A SUPERV. J. R

INIC. DIC 23/87 TERM. DIC 26/87

SISTEMA ROTACION EQUIPO ACKER

MARTILLO: PESO ___ KG. ___ CAIDA ___ CM. ___ ϕ PERF. ___ CM.

REVISO G. A. R.

HOJA 1 DE 2

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	A	GOLPES 15 cm	15 cm	15 cm	
1.0			LIMO ARCILLOSO GRIS CON ALGO DE ARENA FINA, CON MANCHAS AMARILLAS DE OXIDACION CONSISTENTE, SECA	R						RPi- 1.75, 1.50, 1.75 Kg/cm²
2.0			IDEM							
			ARCILLA LIMOSA GRIS CLARA CON OXIDACIONES, SE OBSERVAN VETAS CAFE OSCURAS COMO DE MATERIA ORGANICA.	R						
			ARCILLA LIMOSA GRIS-CARMELITA CON ARENA Y GRAVA, MANCHAS NEGRAS Y CAFES DE MATERIA ORGANICA.	R						
3.0		2.50	IDEM							
		3.00	ARCILLA CAFE CLARA, CON OXIDACION, CONSISTENCIA MEDIA, Y ALGO HUMEDA.	R						RPi- 2.00, 2.50, 1.75 Kg/cm²
4.0		3.80	ARCILLA GRIS CLARA, MUY OXIDADA CON FRAGMENTOS DE ARENISCA DURA TAMAÑO GRAVA; HUMEDAD MEDIA A ALTA. SE HACE MAS BLANDA EN LA PARTE INFERIOR.							RPi- 1.50, 1.30, 1.50 Kg/cm²
5.0										
		5.25	ARCILLA GRIS CON VETAS CARMELITAS, OXIDADA, BAJA CONSISTENCIA Y HUMEDAD ALTA. A PARTIR DE 5.75 LA CONSISTENCIA AUMENTA.	R						☒ M - 2 RPi- 2.50, 2.75, 1.75 Kg/cm²
6.0										
7.0		6.90	ARCILLA LIMOSA GRIS CLARA, OXIDADAS CON VETAS CARMELITAS, BLANDA EN LA PARTE SUPERIOR Y MAS CONSISTENTE HACIA ABAJO	R						☒ M - 3 RPi- 1.75, 2.00, 2.25 Kg/cm²
8.0		7.90	ARCILLA GRIS AMARILLENTA CON VETAS ROJIZAS Y COLOR LADRILLO, LIGERAMENTE HUMEDA, CONSISTENCIA MEDIA.	R						
9.0		9.00	ARCILLA ROJIZA CON VETAS GRISES, OXIDADA HUMEDAD BAJA ARCILLA GRIS HABANA CON VETAS ROJIZAS Y MANCHAS DE OXIDACION.							RPi- 3.00, 2.50, 2.70 Kg/cm²

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 3.00 mt.

REGISTRO DE PERFORACION

P-3

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION

COTA TERRENO _____ PROFUNDIDAD _____

CLIENTE S. O. P.

PERF. _____ SUPERV. _____

INIC. DIC 23/87 TERM. DIC 26/87

SISTEMA ROTACION EQUIPO ACKER

MARTILLO: PESO ____ KG. ____ CAIDA ____ CM. ____ ϕ PERF. ____ CM.

REVISO G. A. R.

HOJA 2 DE 2

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	PROFUN (MTS) A	GOLPES 15 cm.	GOLPES 15 cm.	GOLPES 15 cm.	
			ARCILLA GRIS CLARA OXIDADA.							RPI-1.25, 1.50, 1.00 Kg/cm²
		10.50	LIMO GRIS CON ARENA FINA Y PEQUEÑAS INCRUSTACIONES NEGRAS, CONSISTENTE LIGERAMENTE HUMEDA.							☒ M-4
										RPI-4.00, 3.75, 3.00 Kg/cm²
12.0		12.00	SE HACE ALGO MAS SECA.							
			IDEM							
			AL FINAL DEL BARRENO SE REGISTRA UNA ARCILLA GRIS CLARA, MUY HUMEDA.							
		13.60	ARCILLA GRIS CLARA CON VETAS ROJIZAS, OXIDADA, MUY BLANDA EN LA PARTE SUPERIOR. SE HACE CONSISTENTE CON LA PROFUNDIDAD.	R						RPI 0.20, 0.25, 0.25 Kg/cm² ☒ M-5 RPI-3.25, 3.40 Kg/cm²
		14.60	FIN DEL SONDEO 14.60 m.							SE INSTALO PIEZOMETRO A 13.00 m.

MUESTRAS: R= Rotación SS= Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 3.00 mt

REGISTRO DE PERFORACION

P-4

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION:

COTA TERRENO: PROFUNDIDAD:

CLIENTE: S.O.P.

PERF.: J. A SUPERV.: J. R

INIC.: DIC 28/87 TERM.: ENE 5/88

SISTEMA: ROTACION EQUIPO: ACKER

MARTILLO: PESO ___ KG. ___ CAIDA ___ CM. ___ ϕ PERF. 7.57 CM.

REVISO: G.A.R

HOJA 1 DE 2

(MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO			MUESTRAS						OBSERVACIONES
	CONVENCION	PROFUND (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	A	GOLPES 15 cm.	15 cm.	15 cm.	
		0.40	RELLENO, ARCILLA CARMELITA CON DESECHOS DE CONSTRUCCION.							
			LIMO ARCILLOSO NEGRO, CON RAICES Y FRAGMENTOS DE ARENISCA.	R						
1.0		1.00	MEZCLA DE LIMO ARCILLOSO AMARILLO QUEMADO, CON FRAGMENTOS DE ARENISCA TAMAÑO GRAVA.							
2.00				R						
3.00		3.00	SE INTERCEPTA BLOQUE DE ARENISCA.							
		3.20	CONTINUA BLOQUE DE ARENISCA GRIS CLARA.							
			ARCILLA LIMOSA AMARRILLO QUEMADA, MEZCLADA CON BLOQUES DE ARENISCA DE MAS DE 10 cms. DE DIAMETRO.	R						
4.00										
		4.50	IDEM.							
5.0				R						
		5.70	BLOQUE DE ARENISCA GRIS CLARA.							
6.0										
		6.30	ARCILLA LIMOSA CAFE-AMARILLENTA, CON VETAS NEGRAS ORGANICAS, HUMEDA. SE INTERCEPTA UN BLOQUE DE ARENISCA DE MAS DE 20 cms. DE DIAMETRO.	R						
7.0										
		7.60	ARCILLA LIMOSA AMARILLA-CAFE CON VETAS NEGRAS DE MATERIA ORGANICA, OXIDADA, Y MEZCLADA CON FRAGMENTOS DE ARENISCA.	R						
8.0										
9.0			IDEM							
		9.40	PEQUEÑOS BLOQUES DE ARENISCA EN MATRIZ GRIS-AMARILLENTA OXIDADA.							

MUESTRAS: R= Rotación SS = Cuchara Partida Sh= Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM 9.00 mt

REGISTRO DE PERFORACION

P-4

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS B. GDA SUR Y MONTEBELLO

LOCALIZACION:

COTA TERRENO: PROFUNDIDAD:

SISTEMA: ROTACION EQUIPO: ACKER

MARTILLO: PESO ___ KG. ___ CAIDA ___ CM. ___ ϕ PERF. 7.57 CM.

CLIENTE: S. O. P.

PERF.: J.A SUPERV.: J.R

INIC.: DIC 28/87 TERM.: ENE 5/88

REVISO: G. A. R

HOJA 2 DE 2

PROFUN (MTS)	PERFIL ESTRATIGRAFICO: CONVENCION	PROFUN (MTS)	DESCRIPCION VISUAL	MUESTRAS: Nº Y TIPO	PROFUN (MTS) DE	PROFUN (MTS) A	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	GOLPES 15 cm	OBSERVACIONES
		10.20	ARCILLA LIMOSA HABANA GRISACEA OXIDADA, CON FRAGMENTOS DE ARENISCA.	R						
11.0			SE INTERCEPTA BLOQUE DE ARENISCA DE 10 cms DE LARGO.							
		11.50	FRAGMENTOS DE ARENISCA GRIS CLARA, CON ALGO DE MATRIZ ARCILLOSA.	R						
12.0		12.20	BLOQUES DE ARENISCA GRIS OXIDADA CON LENTES DE ARCILLA HABANA GRISACEA.	R						
		12.75	IDEM	R						
13.0		13.50	ARCILLA CAFE ROJIZA CON FRAGMENTOS DE ARENISCA, OXIDADA, INCRUSTACIONES FOSILES DE TRONCOS; AL FINAL DEL BARRENO SE REGISTRAN ABUNDANTES FRAGMENTOS DE ARENISCA.	R						
14.0										
		14.65	ARCILLA ROJIZA, OXIDADA, CONSISTENTE ALGO HUMEDA.	R						☒ M-2 RPi-2.25, 2.10, 2.50 Kg/cm² ☒ M-1
15.0			ARCILLA GRIS CLARA CON VETAS ROJIZAS MANCHAS AMARILLENTAS, CONSISTENTE, BAJA HUMEDAD.							RPi-2.75, 3.00, 2.50 Kg/cm²
16.0		16.10	ARCILLA GRIS CLARA, CON MANCHAS AMARILLAS Y VETAS ROJIZAS. SE INTERCEPTAN DOS DIACLASAS CON 40° DE INCLINACION CON LA HORIZONTAL.	R						☒ M-3 RPi-4.00, 3.75, 3.50 Kg/cm² ☒ M-4
17.0		17.60	FIN DE LA PERFORACION 17.60 m							SE INSTALO UN PIEZOMETRO A 14.60
18.0										

MUESTRAS: R = Rotación SS = Cuchara Partida Sh = Tubo Shelby

NIVEL FREATICO: ▽

REVESTIM. 9.00 mt

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO.

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION: PARTE BAJA ZONA DE DESLIZAMIENTO SOBRE LA CARRERA 1ª

PLANTA:

REF: AP Nº 1

PROF. TOTAL: 4.00m

FECHA: NOV 17/87

NIVEL FREATICO: NO SE ENCONTRO

OPERADOR:

SUPERVISION: L. S

DESCRIPCION	PROF. ①	COTA DEL TERRENO:	PROF. ②	PROF. ③	MUEST.	NOTAS
RELLENO, LIMO ARCILLO ARENOSO DE COLOR NEGRO, CON RESTOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION.		1.0				NO SE REGISTRO NINGUN TIPO DE FLUJO DE AGUA HACIA LA EXCAVACION.
		2.0		M-1	☒	
		3.0				
EN EL FONDO SE DETECTARON DOS BLOQUES DE ARENISCA QUE IMPIDIERON CONTINUAR.		4.0 FIN DEL APIQUE 4.0 m.		M-2	☒	

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION: PARTE BAJA ZONA DE DESLIZAMIENTO.

PLANTA:

REF: AP Nº 2

PROF. TOTAL: 4.00 m

FECHA: NOV 17/87

NIVEL FREATICO: NO SE ENCONTRO

OPERADOR:

SUPERVISION: L. S

DESCRIPCION	PROF ①	COTA DEL TERRENO	PROF. ②	PROF. ③	MUEST.	NOTAS
ARCILLA DE COLOR ROJIZO, CON VETAS GRISES, CON PRESENCIA DE DE CANTOS HASTA DE 60 cms. SECA. MATERIAL MOVIDO.*		1.0		M-1	☒	
ARCILLA GRIS CON VETAS ROJAS.		2.0				RPi .50 Kg/cm²
ARCILLA LIMOSA GRIS CON ALGO DE ARENA, RAICES, MATERIA ORGANICA (CAPA VEG. ANTIGUA).		3.0		M-2	☒	EN LA TRANSICION SE OBSERVA UN AUMENTO IMPORTANTE DE HUMEDAD.
ARCILLA ROJIZA CON VETAS GRISES.				M-3	☒	SE OBSERVA UN OJO DE AGUA NEGRA SOBRE LA PARED SUR A 3.20 m
		4.0 FIN DEL APIQUE 4.0m		M-4	☒	LOS VECINOS INFORMAN QUE LA CAPA SUPERIOR ES RESULTADO DE DESLIZAMIENTO.

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION: COSTADO NORTE, INTERSECCION CALLE 21 SUR Y CARRERA 18.	PLANTA:	REF: AP Nº 3	PROF. TOTAL: 3.10 m.
		FECHA: NOV 17/87	NIVEL FREATICO:
		OPERADOR:	
		SUPERVISION: L. S	

DESCRIPCION	PROF. (1)	COTA DEL TERRENO:	PROF. (2)	PROF. (3)	MUEST.	NOTAS
RELLENO, LIMO ARENO GRAVOSO NEGRUZCO, CON RESTOS DE MAT. DE CONSTRUCCION.		0				
ARCILLA COLOR AMARILLA CON VETAS GRISES, CON ABUNDANTES FRAGMENTOS DE ARENISCA. (COLUVION)				M-1	☒	A 1.20 SE OBSERVA UN OJO DE AGUA DE ALCANTARILLADO.
	1.0			M-2	☒	RPi - 1.25 Kg/cm²
	2.0					RPi - 1.50 Kg/cm²
				M-3	☒	RPi - 1.75 Kg/cm²
LA PRESENCIA DE GRANDES BLOQUES IMPIDEN CONTINUAR.	3.0	FIN DEL APIQUE 3.10 m.				RPi - 2.00 Kg/cm²
				M-4	☒	LA EXCAVACION A PARTIR DE 1.20 m SE MANTUVO HUMEDA Y PRESENTABA RIESGO DE DERRUMBAMIENTO.

gr

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO.

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION: PARTE INTERMEDIA ZONA DE DESLIZAMIENTO, CERCA A LA CARRERA 18, AL LADO DE LA PERFORACION. P-1 .

PLANTA:

REF: AP Nº 4

PROF. TOTAL: 3.00 m.

FECHA: NOV 18/87

NIVEL FREATICO: NO SE ENCONTRO

OPERADOR: L. S

SUPERVISION:

DESCRIPCION	PROF. ①	COTA DEL TERRENO:	PROF. ②	PROF. ③	MUEST	NOTAS
RELLENO LIMO ARCILLOSO NEGRUZCO, CON FRAGMENTOS DE ARENISCA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.		1.0				
ARCILLA AMARILLO QUEMADO CON VETAS GRISES, CON ABUNDANTE PRESENCIA DE FRAGMENTOS DE ARENISCA Y ALGO DE ARENA. LOS FRAGMENTOS DE ROCA ALCANZAN HASTA 60cms. DE LADO.		2.0			M-1	RPi 3.5 Kg/cm²
					M-2	RPi 3.5 Kg/cm²
		3.0 FIN DEL APIQUE 3.0 m.				A 2.70 SE EMPIEZA A NOTAR FLUJO DE AGUA DE ALCANTARILLA HACIA LA EXCAVACION.

qr

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION:

PARTE ALTA DE LA ZONA DE DESLIZAMIENTO, CONTRA LA CARRERA 18, AL LADO DE LA PERFORACION P-4.

PLANTA:

REF: AP Nº 5

PROF. TOTAL: 2.50 m.

FECHA: NOV 18/87

NIVEL FREATICO: NO SE ENCONTRO

OPERADOR:

SUPERVISION: L. S

COTA DEL TERRENO:

DESCRIPCION	PROF. ①	PROF. ②	PROF. ③	MUEST.	NOTAS
CAPA VEGETAL Y MATERIAL DE RELLENO.					
ARENA ARCILLOSA AMARILLA CON BASTANTE GRAVA HUMEDA.	1.0 2.0		M-1 M-2 M-3		RPi - 4.5 Kgr/cm² RPi 2.5 Kgr/cm² A 1.60 SE OBSERVA FLUJO DE AGUA LOCALIZADA, CON OLOR FUERTE.

FIN DEL APIQUE 2.50 m.

QF

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION: PARTE MEDIA ZONA DE DESLIZAMIENTO PRINCIPAL.

PLANTA:

REF: AP Nº 6

PROF. TOTAL: 3.80

FECHA: MARZO 18/88

NIVEL FREATICO: VER NOTAS

OPERADOR:

SUPERVISION: G. A.

DESCRIPCION	PROF. ①	COTA DEL TERRENO:	PROF. ②	PROF. ③	MUEST	NOTAS
COLUVION. LIMO ARCILLOSO GRIS OXIDADO CON ABUNDANTES FRAGMENTOS DE ARENISCAS.		10 20 30				A 3.00 SE DETECTO FLUJO DE AGUA NEGRA HACIA LA EXCAVACION.

FIN DE APIQUE 3.80 m.

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores

PROYECTO: . ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS.

OBRA: BARRIOS GRANADA SUR Y MONTEBELLO

REGISTRO DE APIQUES Y TRINCHERAS

LOCALIZACION: PARTE BAJA DESLIZAMIENTO MAYOR.

PLANTA:

REF: AP Nº 7

PROF. TOTAL: 3.00 m

FECHA: MARZO 18/88

NIVEL FREATICO: NO SE ENCONTRO

OPERADOR:

SUPERVISION:

DESCRIPCION	PROF. ①	COTA DEL TERRENO:	PROF. ②	PROF. ③	MUEST.	NOTAS
RELLENO - LIMO ARENOSO CARMELITO OSCURO O NEGRO CON FRAGMENTOS DE LADRILLO Y ESCORIA.		1.0				
ARCILLA GRIS MUY OXIDADA Y FISURADA EN LA PARTE BAJA MAS MAS HUMEDA Y BLANDA.		2.0				
		3.0 FIN DEL APIQUE 3.0 m				