

**UNIDAD PARA LA PREVENCIÓN
Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
UPES**

E 198,1

000001

**ACTUALIZACIÓN ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS
BARRIOS GRANADA SUR, MONTEBELLO, PADUA, VILLA NATALY
Y SAN LUIS**

Contrato No. 1314-33-97

**INFORME FINAL
REVISADO**



**INGENIERÍA E HIDROSISTEMAS LTDA.
Ingenieros Consultores**

90

SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C. , DICIEMBRE DE 1997

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	9
3. OBJETO Y ALCANCE DE LOS ESTUDIOS	10
3.1 CRITERIOS BÁSICOS	10
3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	10
3.3 PLAN DE INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO	11
3.4 ACTUALIZACIÓN INVENTARIO DE AFECTACIONES	12
4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	15
4.1 MARCO GEOLÓGICO LOCAL	15
4.2 MOVIMIENTOS DEL TERRENO	16
4.2.1 Movimientos Superficiales	16
4.2.2 Movimientos en Profundidad	16
4.2.3 Conclusiones a Partir de las Observaciones de Movimientos	17
4.3 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS	18
4.3.1 Perfiles Transversales	18
4.3.2 Parámetros de Resistencia	19
4.3.3 Condiciones del Agua Subsuperficial	19
4.3.4 Mecanismos de Falla y Análisis de Estabilidad	20
4.3.3.1 Talud Cuerpo Principal	20
4.3.3.2 Taludes Sector de San Luis	21
4.4 AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO	22
5. MEDIDAS REMEDIALES	24
5.1 CRITERIOS BÁSICOS	24

5.2 TALUD CUERPO PRINCIPAL	24
5.2.1 Evaluación de Alternativas	24
5.2.1.1 Naturaleza de las Soluciones Previas	24
5.2.2.2 Soluciones Consideradas	24
5.2.2.3 Características de la Solución Adoptada	25
5.3 TALUD ORIENTAL SECTOR SAN LUIS	26
5.4 INSTRUMENTACIÓN	26
5.5 PLANOS DE LAS OBRAS	27
5.6 PRESUPUESTOS DE LAS OBRAS	27
5.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	27
5.7.1 Acarreos Materiales Sobrantes.	27
5.7.2 Drenes Horizontales.	27
5.7.3 Perfilado del Terreno.	28
5.8 PLAN PROPUESTO DE EJECUCIÓN DE OBRAS	28
5.8.1 Cuerpo Principal	28
5.8.2 Talud Oriental San Luis	28
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES	30
6.1 CONCLUSIONES	30
6.2 RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32

LISTA DE CUÁDROS

1. Seguimiento de Topografía.
2. Inventario de Viviendas Afectadas.
- 3.A. Presupuesto General de Las Obras Correctivas - Alternativa 1 (Pilotaje).
- 3.B. Presupuesto General de las Obras Correctivas - Alternativa 2 (Pedraplen).
4. Presupuesto General de las Obras Correctivas - Alternativa 3 (Drenajes). Recomendada.

LISTA DE FIGURAS

1. Geología General
- 2.A Desplazamientos Norte y Este Mojones 1.1 y 1.2
- 2.B Desplazamientos Norte y Este Mojones 2.3 y 2.4
- 2.C Desplazamientos Norte y Este Mojones 3.5 y 3.6
- 2.D Desplazamientos Norte y Este Mojones 3.7 y 4.8
- 2.E Desplazamientos Norte y Este Mojones 4.9 y 4.10
- 2.F Desplazamientos Norte y Este Mojones 5.11 y 5.12
- 2.G Desplazamientos Norte y Este Mojones 6.13 y 6.14
- 2.H Desplazamientos Norte y Este Mojón 6.15
- 3.A Inclínómetro No. 1 - Amarre por la Pata
- 3.B Inclínómetro No. 2 - Lote Portón Real - Amarre por la Pata
- 3.C Inclínómetro No. 3 - Amarre por la Pata
- 4.A Secciones Geológicas - Sección A-A (1997)
- 4.B Secciones Geológicas - Sección B-B (1997)
- 4.C Secciones Geológicas - Sección C-C (1997)
- 4.D Secciones Geológicas - Sección D-D (1997)
- 5.A Secciones de Análisis - Sección A-A (1997)
- 5.B Secciones de Análisis - Sección B-B (1997)
- 5.C Secciones de Análisis - Sección C-C (1997)
- 6.A Secciones de Análisis - Sección A-A (1997) - Alternativa con Pilotes

- 6.B Secciones de Análisis - Sección A-A (1997) - Alternativa con Pedraplén
7. Evolución Topográfica
8. Secciones de Análisis - Sección D-D- (1997) - San Luis
9. Talud Cuerpo Principal de Deslizamiento - Solución con Pilotes Q Vs F.S.
10. Talud Cuerpo Principal de Deslizamiento Empuje Lateral Sobre Pilotes (LORENTE DE NO).

LISTA DE PLANOS

1. Localización Perforaciones Para Instrumentación.
2. Inventario de Viviendas Afectadas.
3. Planta General - Alternativa Recomendada - Drenajes.
4. Sección A-A y Detalles.

APÉNDICE

1. Registro de Perforaciones

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los resultados de los estudios Geológicos - Geotécnicos de actualización de los Barrios Granada Sur, Montebello, Padua, Villa Nataly y San Luis ubicados entre las calles 20A y 26 y las carreras 1A y 6 al sur occidente de Santafé de Bogotá. El estudio se llevo a cabo en virtud del contrato 1314-33-97 suscrito entre la firma Ingeniería e Hidrosistemas IEH Ltda, y el Fondo para la Prevención y Manejo de Emergencias de Santafé de Bogotá Distrito Capital FOPAE.

El estudio se realizó entre el 12 de julio y el 1 de diciembre de 1997.

2. ANTECEDENTES

El contrato fue suscrito con la firma Ingeniería e Hidrosistemas IEH Ltda habida cuenta que entre finales de 1987 y abril de 1988, esta misma organización adelantó un estudio Geológico-Geotécnico de la misma zona para la Secretaría de Obras Públicas del Distrito, como resultado del cuál propuso una serie de obras y acciones correctivas, así como de recomendaciones que no fueron implementadas, mientras que, y por lo contrario, en el mismo lapso se adelantaron una serie de construcciones en la pata de las áreas inestables, tales como Portón Real, Villa Nataly, Padua y San Luis construcciones que en general han venido sufriendo los rigores de los flujos de material que choca contra ellas, aunque sin afectallas estructuralmente en la mayoría de los casos, con excepción del sector de San Luis.

Efectivamente, de particular interés para esta revisión es el análisis de la inestabilidad que afecta el sector sur del área, barrio San Luis, zona que para la época del estudio de 1987 se presentaba estable aunque su condición de equilibrio era calificada de marginal y en la que entonces no se había construido el conjunto referido, el cual en la actualidad experimenta serias afectaciones en varias de las viviendas.

No esta por demás anotar que la S.O.P del Distrito hizo una primera evaluación del área de estudio, con un carácter muy preliminar y limitado, en 1984.

De igual manera cabe señalar que la UPES a comienzos de 1997, solicitó un concepto sobre los problemas en el área al INGEOMINAS y que fue esta misma entidad la que le recomendó revisar los estudios de 1987. La UPES igualmente ha emitido en el último año una serie de conceptos sobre el estado de algunas viviendas y recomendaciones específicas para su desalojo y demolición.



3. OBJETO Y ALCANCE DE LOS ESTUDIOS

3.1 CRITERIOS BÁSICOS

El estudio como su nombre lo indica se orientó a verificar la naturaleza y mecánica de los fenómenos de inestabilidad que ha venido afectando el área de interés desde hace más de 15 años y cuyo origen desde siempre se ha asociado a la deficiente explotación del área para la extracción de arcilla y la producción de ladrillo entre las décadas de los 40 y los 60, actividades suspendidas de manera definitiva a mediados de los años 70.

La revisión se llevó hasta la evaluación de las medidas correctivas, de manera de ajustarlas y rediseñarlas para las condiciones creadas por los cambios topográficos en los últimos diez años.

Teniendo en cuenta los antecedentes y objetivos mencionados el consultor planteo un estudio sobre la siguientes criterios.

- Dar validez y vigencia a toda la información geológica y geotécnica levantada entre 1987 y 1988. Por lo anterior no se realizaron ni nuevos levantamientos geológicos, ni nuevos ensayos de caracterización geomecánica; solo una revisión de los mismos.
- Hacer un nuevo levantamiento topográfico para satisfacer los objetivos de revisión y ajuste del diseño, habida cuenta de las modificaciones introducidas en el área de estudio por las construcciones adelantadas entre 1987 y 1997, así como por el progreso que han tenido los fenómenos de inestabilidad.
- Llevar a cabo una verificación de la mecánica y dinámica de los movimientos a través de la instalación y seguimiento de una red de mojones para el control superficial de movimientos, así como de un sistema de instrumentación profunda, con pozos de observación e inclinómetros, cuyas perforaciones fueron utilizadas además para revisar la interpretación de la estratigrafía del área.

3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó el levantamiento topográfico de toda el área afectada y sectores aledaños, de tal manera de registrar los cambios sufridos por el terreno como consecuencia de los movimientos de las masas inestables y de la intervención en sus patas para la construcción de nuevas viviendas.

El levantamiento planimétrico se adelantó con distanciómetro partiendo de una poligonal base de amarre, referenciada a las siguientes placas IGAC:

- | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------------|
| • CD - 854 | N : 97681.514 | E : 98668.121 | Cota : 2597.48 msnm |
| • CD - 855 | N : 97894.121 | E : 98810.066 | Cota : 2592.62 msnm |

K

Adicionalmente se realizaron 9 poligonales cerradas con un grado de precisión mayor a 1 : 10000 y tres poligonales abiertas complementarias. Este trabajo incluyó además, el levantamiento detallado de sardineles, paramentos de las construcciones, cercas, grietas y escarpes y de los sitios de perforación para colocación de instrumentación, así como la ubicación de 15 mojones para los controles de movimiento superficial.

Altimétricamente se adelantó un levantamiento de precisión a partir de la placa IGAC CD - 854. Las nivelaciones se hicieron siguiendo los ejes de las vías y secciones transversales espaciadas cada 10 ó 20 m dependiendo de la condición del terreno. El error de estas nivelaciones esta por debajo de 1 cm.

Con base en esta información se elaboró un nuevo plano topográfico del área en escala 1 :1000 y curvas de nivel cada 1.0 m, el cual resulta adecuado para los propósitos del trabajo, ver Plano 1.

3.3 PLAN DE INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO

Como ya se mencionó, se adelantó un programa de comprobación de la disposición de las masas inestables y sus mecanismos de falla mediante la implementación de una campaña de observación y seguimiento, la cual se extendió por casi 90 días, desde el 17 de agosto hasta el 19 de noviembre.

La instrumentación instalada fue la siguiente:

- Colocación de 15 monumentos superficiales con varillas de acero de 3/8 plg. penetrando 1 m dentro del suelo y protegida por un tubo de PVC relleno con concreto. Ver localización de los mojones en el Plano 1. Sobre estos mojones se realizaron en total 5 campañas de seguimiento. Ver componentés de los desplazamientos en el Cuadro 1 y en las Figuras 2A a 2H.
- Tres pozos abiertos con tubos de PVC de 1.5 plg. de diámetro para observar niveles de agua; estos dispositivos fueron descendidos hasta alcanzar el basamento rocoso, conformado por las arcillolitas abigarradas de la formación Bogotá. Las perforaciones con pozo de observación se identifican como P- 1 , P- 2 y P- 3 y sus profundidades fueron de 19.4, 20.2 y 20.2 m respectivamente . Ver Plano 1 y registros de las perforaciones en el apéndice 1.

En estos pozos se adelantaron 5 campañas de registro, cuyos resultados fueron:

FECHA	PIEZOMETRO 1 (m)	PIEZOMETRO 2 (m)	PIEZOMETRO 3 (m)
Octubre 7/97	4.95	14.51	9.03
Octubre 14/97	4.96	14.52	9.07
Octubre 20/97	4.96	14.55	9.13
Octubre 27/97	4.97	14.59	9.18
Noviembre 4/97	4.98	14.62	9.23
Noviembre 10/97	5.00	14.65	9.26

Estos niveles son muy similares a los observados en 1987 en las perforaciones realizadas, así como los deducidos en los sondeos geoelectricos verticales realizados entonces y que en esta oportunidad fueron reinterpretados nuevamente con este propósito, así como para revisar la profundidad del basamento rocoso.

5

Es importante tener en cuenta que la falta de un período intenso de lluvias en el presente año y muy especialmente en los meses de octubre y noviembre no ha permitido observar como responden los niveles de agua a los períodos de lluvias prolongadas, ya que definitivamente, como se analiza más adelante, el agua es el factor reactivante de los movimientos.

- Tres tubos de inclinómetros para observar las deformaciones de la masa en profundidad y precisar la posición de las superficies de falla. Las perforaciones con tubo de inclinómetro se identificaron como I - 1, I - 2 e I - 3 y sus profundidades fueron de 30, 17 y 11 m respectivamente. Ver localización en el Plano 1 y registros de las perforaciones en el apéndice 1. En estos tubos se adelantaron 4 campañas de registros, cuyos resultados se muestran en las Figuras 3A a 3C.

3.4 ACTUALIZACIÓN INVENTARIO DE AFECTACIONES

Previa una consulta a la información disponible en la UPES sobre el estado actual de las viviendas afectadas por los movimientos, IEH Ltda adelantó una nueva inspección de las mismas. La condición de la cada vivienda y la posibilidad de continuar habitándolas se evaluó mediante un sistema de ponderación, que se explica a continuación.

Este programa comprendió el reconocimiento de 238 viviendas localizadas en los barrios Montebello, Granada Sur, Padua, Villa Nataly y San Luis, las cuales fueron evaluadas teniendo en cuenta los siguientes fenómenos: presencia de grietas, desplazamientos y hundimientos en muros, placas y pisos, factores que se calificaron de la siguiente manera:

- Grietas

<= a 2.0 mm	1.0 puntos.
de 2.0 mm a 2.0 cm	2.0 puntos.
> a 2.0 cm	3.0 puntos.

- Desplazamientos

<= 5.0 mm	1.0 puntos.
De 5.0 mm a 5.0 cm	2.0 puntos.
> a 5.0 cm	3.0 puntos.

- Hundimientos

Leve (< a 1.0 cm)	1.0 puntos.
Severo(1.0 a 5.0 cm)	2.0 puntos.
Grave (> 5.0 cm)	3.0 puntos.

Si se tiene en cuenta que un muro puede estar agrietado y desplazado, los pisos y las placas agrietadas y hundidas, se tendrá para cada factor una calificación máxima de 6.0 puntos y un valor máximo de 18 puntos para la vivienda más afectada. Se definieron entonces los siguientes rangos de variación para la calificación del estado de las viviendas:

- < de 6.0 puntos : Viviendas con afectación baja.
- Entre 6.0 y 12 puntos : Viviendas con afectación media.

- > de 12 puntos : Viviendas con afectación alta.

En el Plano 2 y en el Cuadro 2 se resumen los resultados de este inventario.

Las siguientes son las principales conclusiones de esta evaluación :

- No todas las viviendas calificadas con afectación alta, requieren ser desalojadas; como es el caso de la mayoría de las viviendas así calificadas en el barrio Montebello y localizadas sobre las calles 24 A y 25 sur, sin embargo deben considerarse como de riesgo, en la medida que de no adelantarse trabajos de estabilización su deterioro continuara progresando hasta llegar a hacerlas inhabitables.
- En el Plano 2 se muestra el límite del área con viviendas afectadas, este puede interpretarse igualmente como el de la masa inestable, notándose su correspondencia con la delimitación más reciente realizada por el INGEOMINAS; también se nota el avance retrogresivo respecto a los límites identificados en el estudio de 1987.
- Con base en este inventario y teniendo en cuenta únicamente el estado actual de las viviendas se formulan la siguientes recomendaciones; se hace notar que en relación con las viviendas a desalojar, existe coincidencia con los conceptos Nos. 20, 21 y 22 y otros emitidos por profesionales de la UPES - FOPAE:

Barrio Montebello. Se deberán desalojar y demoler las casas identificadas con los números 70 y 71 sobre la transversal 2A sur y las casas No 1 a 6 sobre la calle 24 A sur. Las unidades 3 a 6 están prácticamente demolidas en su totalidad y los lotes respectivos funcionan como casalotes habitados.

Las viviendas señaladas con los números 7 a 14 sobre la calle 24 A sur, calificadas con alto grado de afectación por el deterioro que se observa en la parte posterior de las mismas, también deben ser consideradas en los planes de desalojo, no obstante que su situación, al menos parcialmente, es menos crítica.

Las viviendas Nos. 38 a 43 y 60 a 62, aunque muestran signos de alto deterioro, por su ubicación podrían ser recuperadas si las obras remediales se adelantan de manera pronta; entre tanto deben ser observadas por un periodo cuidadosamente y en el evento de mayor deterioro proceder a su desalojo.

Barrio Granada Sur. Las viviendas señaladas con los números 92 a 99, 106 y 107 y 110 a 112 sobre la carrera 2A deben ser desalojadas de manera pronta, tal como lo ha expresado la UPES en conceptos previos. Las unidades 113, 114 y 115 sobre la carrera 1B, actualmente deshabitadas, deben demolerse para evitar su reocupación. Las viviendas números 86 a 91 ubicadas sobre la calle 21 sur, también reportadas en los conceptos de la UPES, igualmente deben ser demolidas, aunque hayan sido reparadas por sus propietarios.

Barrio San Luis. Las viviendas 1 y 2, amenazadas por el choque de pequeños flujos de lodos disparados por lluvias intensas y/o los drenajes no controlados de las aguas de las casas 70 y 71, ubicadas en la parte alta del talud, se deben mantener en alerta para que en los casos de alta precipitación sean desalojadas; el riesgo se podrá disminuir cuando sean demolidas las casas 70 y 71 y se minimizaría aún más al mejorar la protección del talud.

La misma consideración se tiene para las viviendas 39 a 41, esta última con el mayor grado de deterioro, sin embargo como se verá más adelante, es necesaria su demolición para la implementación de las medidas correctivas recomendadas.

Las numeradas del 42 al 50, 65 al 73 y 88 al 96 deben ser desalojadas de manera pronta; en efecto, las viviendas 49, 50, 72, 73, 95 y 96 de las cuales las cuatro últimas se encuentran ya deshabitadas por la alta deformación de los muros y desplazamiento de placas, amenazando colapso; al parecer por el sistema constructivo y estructural son las que están soportando la mayor parte de los empujes, el colapso de una de ellas haría perder el soporte lateral que mantienen en conjunto, induciendo la falla de las demás como en un sistema de naipes; por la misma razón se debe evitar su demolición hasta tanto no se construyan las medidas correctivas necesarias.

En los barrios Padua y Villa Nataly no se observan daños estructurales en las vivienda, lo cual es explicable por su ubicación en parte plana, por fuera de las masa inestable. Sin embargo, se ven amenazadas por las patas de las zonas inestables que a manera de flujos de tierra, con muy poca energía, continuaran desplazandose hasta sus paramentos produciendo incomodidad y dificultades de acceso, mientras no se adelanten obras de control. Por lo anterior se debe mantener sobre ellas un programa de observación rutinario. En situación parecida se encuentra el edificio de Portón Real, sin embargo, en este caso el muro de cerramiento, localizado dentro de la masa inestable, muy probablemente experimentará presiones para las cuales ha sido diseñado y en consecuencia podrá mostrar problemas de deflexiones y agrietamientos que no deberán poner en riesgo la estructura del edificio.

4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

4.1 MARCO GEOLÓGICO LOCAL

En este numeral se resumen los aspectos más importantes de la geología local, con base en lo levantado en 1987 y observaciones adicionales realizadas en el curso de estos nuevos trabajos.

En la Figura 1 se presenta la geología detallada de la zona inestable a escala 1:2.000. A esta escala se reconoce un cinturón de rocas arcillosas de la formación Bogotá que además de conformar el basamento rocoso del área se interpone entre un depósito coluvial y un cono de deyección fluvial-lacustre. Este cinturón fue 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; este depósito sin embargo, no están involucrados por los fenómeno de inestabilidad.

En el área de estudio se reconoce la presencia de varios depósitos cuaternarios, siendo particularmente importantes para efectos de los fenómenos de inestabilidad, los siguientes:

- Flujos de Lodos (Qf). Se trata de flujos originados a partir de la erosión de los coluviones y las arcillas residuales de la formación Bogotá en sus partes altas y posterior depositación en los cambios pendiente. Su espesor es variable, aunque en general son relativamente poco espesos y conforman una especie de manto de arcillas blandas, hoy en día mezclados además con basuras y desechos de construcción.
- Depósito Coluvial (Qc). Está constituido por una mezcla de bloques de areniscas de diferentes tipos y tamaños, procedentes de formación Guadalupe, en una matriz de arenas, limos y arcillas y horizontes intercalados de limos orgánicos, siendo localmente aparente la presencia de un paleosuelo próximo a la base del depósito. En razón de su origen, su espesor es variable, sin embargo la paleotopografía 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 22 m. en efecto en las perforaciones efectuadas en 1987 y en este nuevo estudio fluctúa entre 13.0 m. y 22 m, del orden de altura de los escarpes que se observan, especialmente en el sector de San Luis.
- Depósito Antrópico (Qcm).-Esta constituido por los materiales de desecho de las explotaciones de arcilla de la formación Bogotá, mezclados con bloque y arcillas de los depósitos coluviales superiores; al parecer estos materiales fueron dispuestos allí al final de la fase de explotación de la cantera dentro de las labores de recuperación del área. Geotécnicamente resulta muy difícil la distinción entre estos materiales y los coluviales, tanto por su textura, así como por su condición actual de humedad y consistencia, por esta razón para efectos del comportamiento geotécnico se manejan conjuntamente como un depósito "uniforme".

• Teb

Teb

En relación con el Terciario en la zona de interés aflora la formación Bogotá. Las areniscas de la formación Regadera constituyen una cuchilla que resalta en la topografía del extremo sur occidental del paisaje regional pero específicamente no aparecen en la zona misma de estudio. La formación Bogotá subyace en general 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 de textura limo arenosa; al parecer un nivel de estos se registra en algunos sitios en el contacto entre el coluvión y esta formación. Las arcillas son de carácter expansivo y por sus características juegan un papel importante en el mecanismo de deslizamiento observado, el cuál tiene lugar en el contacto coluvión-formación Bogotá. En este sector la arcilla parece haber experimentado procesos de alteración y meteorización antes de la depositación del coluvión, manifestándose en la actualidad como una banda de material blando, remoldeado y de baja resistencia que controla los movimientos del terreno.

4.2 MOVIMIENTOS DEL TERRENO

4.2.1 Movimientos Superficiales

Como ya se mencionó en las Figuras 2A a 2H se presentan los resultados de los monitoreos sobre los 15 mojones instalados sobre la superficie de las masas inestables. De su observación se puede establecer la siguientes apreciaciones:

- Los movimientos registrados están en general dentro de los rangos de precisión de las mediciones, en otras palabras, en el período de observación, la magnitud aparente de los desplazamientos no es del todo concluyente sobre las tendencias de los movimientos. Esta apreciación explica también porque, en 9 de los mojones se presentan cambios radicales en las direcciones de los vectores de desplazamiento entre fechas de monitoreo. En resumen se considera que en el período de observación y para los nueve mojones con el comportamiento mencionado, los movimientos fueron prácticamente nulos. En este grupo de mojones está incluido el 3.7 localizado en predios del edificio de Portón Real, actualmente en construcción.
- No obstante lo anterior, los mojones 4.10, 5.11, 6.13 y 6.15 ubicados sobre la zona inestable principal presentan tendencias de desplazamiento relativamente consistentes, que ratifican un movimiento de la gran masa inestable delimitada en 1987 en dirección preferencial N 42° W, tal como entonces se había establecido; se considera además que la magnitud de los desplazamientos, entre 4.6 y 2.5 cm sigue estando afectada por la precisión de las mediciones, dada la longitud de las visuales a los puntos de referencia, variable entre 100 y 160 m.

Se hace notar igualmente que los mojones 6.13 y 6.15 parecen haberse movido todo el tiempo, mientras que el 4.10 y el 5.11 reflejan una mayor actividad a partir de octubre en coincidencia con el desarrollo de algunas pocas lluvias.

- En el sector de San Luis los mojones 2.3 y 2.4, ver Figura 2B, muestran igualmente tendencias consistentes de movimiento, también en dirección N 20° W y N 42° W. La magnitud de los movimientos registrados con magnitudes del orden de 2.0 cm son algo más representativos en la medida de las distancias más cortas a los puntos de referencia, del orden de 30 m.

4.2.2 Movimientos en Profundidad

De la lectura de los tres inclinómetros instalados se pueden hacer la siguientes apreciaciones.

- El inclinómetro I - 1 instalado en el talud de San Luis, Figura 3A, y sobre el supuesto de que por su profundidad, 30 m, su base no se mueve se observan desplazamientos de la cabeza del orden de 6 mm, que se mantienen relativamente uniformes hasta los 17.5 m de profundidad sugiriendo un comportamiento translacional de la masa ; por debajo de estos los desplazamientos son mucho menores y erráticos, lo que parece indicar la presencia de la superficie de falla, la cuál podría tener hasta 4.0 m de espesor. Se hace notar sin embargo, que teniendo en cuenta la orientación de las ranuras de los tubos de inclinómetro, en sentido N 45° W aproximadamente, los desplazamientos hacia atrás que muestra el inclinómetro son opuestos a los de los mojones 2.3 y 2.4. No encontrándose por el momento una explicación satisfactoria y siendo necesario continuar con estas observaciones.

Desafortunadamente y sobre ese particular debe anotarse que para la última medición, realizada en la tercera semana de noviembre, el tubo de inclinómetro se encontró obstruido a partir de los 18 m, con lo cuál prácticamente este dispositivo esta perdido.

- El inclinómetro I - 2 instalado en la parte alta del lote de Portón Real; muestra desplazamientos en sentido NW (orientación dada a las ranuras del tubo) en promedio de 7 mm y máximos de hasta de 12 mm, que afectan los primeros 13 m, donde se ubicaría la superficie de falla. Esto coincide de manera bastante precisa con lo estimado en los estudios de 1987. Se hace notar igualmente un movimiento relativamente continuo entre su instalación y la última fecha de monitoreo, lo que podría reflejar el efecto de las obras que se adelantan en su parte baja.
- El inclinómetro I - 3 instalado en la parte baja de la masa inestable refleja el desarrollo de una superficie de falla a los 6 m, nuevamente muy próxima al contacto coluvión - formación Bogotá en este sector. En la última medición los desplazamientos más altos son del orden de 6 mm y son relativamente uniformes hasta la profundidad referida. Este comportamiento confirma el carácter translacional del movimiento ; se hace notar que en este sector los movimientos han tenido lugar en el último mes y que la medición de octubre 3 parece haber tenido problemas de lectura, ya que los desplazamientos medidos en la cabeza se redujeron en 5.5 mm entre dicha fecha y la última observación.

En síntesis los desplazamientos registrados en los tres inclinómetros se acentúan como en el caso de los controles superficiales a partir del mes de octubre y sus valores máximos no superan 1 cm, bastante inferiores a los medidos en los mojones. Lo anterior unido a la consistencia de las mediciones los hace algo más confiables y contribuye a ratificar los problemas de fidelidad que se considera afectan a los monitoreos superficiales, a menos que se utilicen técnicas de seguimiento más costosas y complejas.

4.2.3 Conclusiones a Partir de las Observaciones de Movimientos

En este numeral se presentan las conclusiones más importantes de los monitoreos efectuados, en combinación con las apreciaciones que en el mismo sentido se pueden hacer a partir de los daños que presentan las viviendas y teniendo como referente lo observado desde los estudios realizados hace diez años.

- De acuerdo con los criterios reportados en la literatura se trata de movimientos muy lentos; en efecto, se pueden inferir tasas de desplazamiento inferiores a los 20 cm año, tanto con base en las mediciones realizadas, como de la observación de la evolución que ha tenido el cuerpo principal del deslizamiento en 10 años y la afectación de los paramentos posteriores de las viviendas ubicadas en el costado norte de la calle 24 sur, sobre la corona de la masa inestable.

- El carácter del movimiento es translacional retrogresivo, como se evidencia por la uniformidad de los desplazamientos en profundidad y la ampliación del área afectada, que se ha extendido hacia el SE. En principio, como consecuencia de la no implementación de medidas correctivas y también por el desarrollo de construcciones en la parte baja del área, los cuales han cortado la pata de las zonas en movimiento, afectando aún más su precario equilibrio.
- Los movimientos que afectan el área están controlados por el contacto coluvión-formación Bogotá, como se había propuesto en el estudio de 1987.
- Todas las evidencias tienden a sugerir un movimiento general de toda el área en sentido N 40° W, el cual en el período de observación julio - noviembre de 1997, no ha sido notorio, del orden de 1 cm.
- No obstante lo anterior, se considera que se pueden distinguir cuerpos con dinámicas locales propias, muy especialmente el del talud que afecta al barrio San Luis, que en 1987 se encontraba estable.
- Los denominados cuerpos B y C de deslizamiento, delimitados en los estudios de 1987, parecen estar integrados al movimiento principal, denominado A en los estudios previos. Esta condición sin embargo, no elimina la posibilidad de ocurrencia de movimientos locales menores en sentido perpendicular a las curvas de nivel, principalmente cuando se hacen excavaciones en las patas del talud.
- Aunque la falta de una temporada lluviosa intensa durante el período de observación limita la correlación entre movimientos y eventos pluviométricos, los pequeños desplazamientos registrados parecen acentuarse con las pocas lluvias ocurridas, lo cual es refrendado plenamente por los habitantes del área, que indican que los movimientos más importantes se han dado en épocas de lluvias prolongadas e intensas.

4.3 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

A partir de las observaciones anteriores, el trabajo de evaluación se orientó a revisar los criterios con que se habían adelantado las evaluaciones de estabilidad en 1987. Lo anterior como paso previo a la revisión de las medidas correctivas y su rediseño.

4.3.1 Perfiles Transversales

En las Figuras 4A a 4B se muestran las secciones transversales características del área de estudio, cuya ubicación se muestra en el Plano 1. Estas secciones han sido revisadas con base en la información obtenida durante los estudios previos de 1987, en la de los estudios de suelos realizados para las construcciones de Portón Real y el conjunto residencial San Luis y finalmente en los registros de las perforaciones que para fines de instalación de instrumentación se realizaron en esta ocasión. Ver registros en el apéndice 1.

En términos generales, las secciones AA, BB y CC con la incorporación de los nuevos datos mantienen las características de espesor de coluvión, entre 14 y 15 m propuestas en 1987. Se hace notar sin embargo, en el corte BB (sector de Portón Real) un mayor espesor de depósito hacia su parte media y baja, en contraste con lo planteado en 1987.

La sección DD corresponde al sector de San Luis. Como puede apreciarse el depósito coluvial disminuye al igual que en el otro sector hacia la parte alta del talud, en su parte intermedia se interpretan espesores del orden de 22-m. Se hace notar igualmente que, durante la perforación del inclinómetro I - 1 no se registro la presencia de agua, y por el contrario, esta se perdió de manera continua.

4.3.2 Parámetros de Resistencia

En los estudios de 1987 se realizaron pruebas de corte directo y triaxiales sobre los materiales de la formación Bogotá, con base en los cuales se midieron los siguientes parámetros :

	Angulo de Fricción Efectivo	Cohesión Efectiva ton/m ²
• Resistencia Pico	18.5°	0
• Resistencia Residual	7.2°	1.0
• Resistencia Residual Mínima	5.4°	0.4

Cabe agregar que los parámetros de resistencia mínimos se utilizaron para los análisis de 1987. Estos parámetros fueron revisados habiéndose introducido los siguientes ajustes :

	Angulo de Fricción Efectivo	Cohesión Efectiva ton/m ²
• Resistencia Pico	16.6°	0.6
• Resistencia Residual	10.0°	0

En el caso de los parámetros de resistencia residual y consultando la literatura técnica se consideró poco adecuado mantener un intercepto de cohesión, por otra parte una revisión de la envolvente propuesta en 1987 permite una definición, más coherente también con la literatura, de un ángulo de fricción algo más alto. Esto sin embargo, no tiene efectos en los análisis de estabilidad en la medida en que en el rango de esfuerzos de interés, las resistencias al corte con una u otra envolvente son despreciables.

Respecto de los materiales coluviales de cubierta y teniendo en cuenta una condición de debilitamiento a lo largo de las superficies de falla se adoptó un ángulo de fricción de 17° y una cohesión nula. Parámetros ya utilizados en 1987.

4.3.3 Condiciones del Agua Subsuperficial

Como resultado de las observaciones de niveles de agua en las perforaciones y evidencias de campo, esta consultoría ha planteado que en condiciones normales el depósito coluvial tiende a permanecer seco, con excepción de la parte más alta en inmediaciones de la calle 24 Sur y la transversal 2A donde como resultado de la rotura de las tuberías de alcantarillado y suministro de agua se tiende a mantener una condición de agua permanente. Ver registro P-1 y lo observado en 1987 en la PF-4; este nivel sin embargo, se abate rápidamente hacia el NW como resultado de la permeabilidad del depósito. Ver registro P-2 y perforación PF- 2 del estudio de 1987.

No obstante lo anterior, es importante hacer notar que en el estudio de 1987 se establecía que el coluvión aunque no tenía agua libre si mantiene un alto grado de saturación por capilaridad, del orden del 75 al 100%; así mismo que la formación Bogotá de composición arcillosa se encontraba aparentemente saturada y actuaba como una barrera impermeable, a partir de la cual las aguas lluvia e infiltradas de las tuberías se retenían y acumulaban. Hipótesis de trabajo que se siguen considerando válidas.

De otra parte y como ya se mencionó los habitantes del área coinciden en la siguientes observaciones:

- En la pata de la masa, principalmente en el extremo NW del área se observan nacederos de agua después de periodos prolongados de lluvias, los cuales se observan por varios días. Ver informe 1987.
- Los movimientos importantes en el costado NW y que afectan a las construcciones de la calle 24 sur del área se producen en coincidencia con periodos prolongados de lluvias.

Estas apreciaciones se interpretan en los siguientes términos: el coluvión es una masa relativamente permeable, condición que indudablemente se ve incrementada por el agrietamiento y fisuración que presenta en su superficie. En estas condiciones y dado su grado de saturación previo, resulta aparente una relativo rápido ascenso de los niveles de agua en épocas de lluvias intensas y/o prolongadas, modificando el estado de esfuerzos efectivos y produciendo inestabilidad.

4.3.4 Mecanismos de Falla y Análisis de Estabilidad

A partir de lo señalado en los numerales 4.2.3 y 4.3.4 se han considerado los siguientes mecanismos de falla.

4.3.3.1 Talud Cuerpo Principal

Para la masa principal del depósito, representada por la sección AA, ver Figura 5A, el proceso de inestabilidad se disparará como consecuencia de la infiltración y acumulación de agua en su interior, durante lluvias intensas y/o prolongadas. Los aportes de agua de las tuberías de alcantarillado y de acueducto contribuyen a mantener en las épocas secas un nivel de agua en la parte alta que si bien no parece provocar movimientos si disminuye la estabilidad general; este último problema solo podrá ser controlado a partir de la estabilización general del área.

Con base en lo anterior, se corrieron análisis de estabilidad de equilibrio límite con el programa TALUD. MOD y utilizando la subrutinas de bloque y con superficies delimitadas, teniendo en cuenta el carácter de la falla siguiendo el contacto coluvión-formación Bogotá. En estos análisis se observa los siguientes resultados en términos de factor de seguridad:

CONDICIÓN	FS
Con agua de las tuberías/ Epoca Seca	1.18
Totalmente saturado	.83
Con el N.F 5 m por debajo superficie	.95
Con el NF 10 m por debajo superficie	1.17

Estos resultados confirman lo apreciado por los habitantes de la zona en el sentido de que es en lluvias prolongadas cuando el terreno empieza a moverse. Debe tenerse en cuenta además que por la gran exposición que presenta el talud, casi 6 ha, su muy poca pendiente, del orden de 12° , y su grado actual de fracturamiento el proceso de retención y acumulación de agua en su interior se da en forma relativamente rápida.

4.3.3.2 Taludes Sector de San Luis

No obstante reconocer una condición marginal de estabilidad en el talud oriental de este sector, para IEH Ltda este se encontraba estable en 1987, apreciación basada en las evidencias de campo y en el buen estado que presentaban las viviendas en su parte alta, construidas varios años atrás y las cuales fueron inspeccionadas entonces.

En consecuencia para efectos de este estudio, se toma como referente la condición topográfica del talud en 1987 y se estudian las modificaciones introducidas por las obras para la construcción del conjunto residencial San Luis, como probable elemento detonante del proceso.

Como puede observarse en la Figura 7, para la adecuación de los terrenos de el conjunto San Luis se adelantó una remoción significativa de material en la pata del talud, a partir de la cual y según las versiones de los residentes se empezaron a marcar las manifestaciones de daños en las construcciones de la parte alta y que en época más reciente, también han involucrado a las viviendas construidas en la parte baja. El fenómeno ha sido como en el caso del cuerpo principal relativamente lento.

Para evaluar este talud se consideró nuevamente una falla siguiendo el contacto coluvión-formación Bogotá.

Considerando una condición de talud seco, solo con presencia de agua en la parte alta por los infiltraciones a partir de las tuberías de alcantarillado, los análisis de estabilidad comparativos entre las condiciones 1987 y 1997 reflejan una reducción de los factores de seguridad del talud del orden de un 12%, mostrando además que las superficies más críticas alcanzan puntos como en los que hoy se observan hundimientos y grietas. Esta reducción, a la luz de las consideraciones previas sobre la estabilidad del área, se estiman suficientes para haber iniciado un fenómeno de inestabilidad. Se considera incluso, que lo que pudo haber ocurrido fue una reactivación del movimiento del coluvión en este sector, fenómeno que probablemente se inició durante la explotación de la cantera, como se insinúa en algunas de las fotografías de la época.

En estos mismos análisis se nota además que la construcción de las viviendas en la pata del talud a manera de sobrecarga colocan el talud para condiciones normales en una condición próxima a la estabilidad, situación que sin embargo, implica que estas estructuras actúen como obras de contención experimentando sollicitaciones (esfuerzos y deformaciones) para las cuales no fueron diseñadas y de allí el grado de deterioro que hoy presentan.

Los resultados de los análisis referidos son, ver Figura 8:

AÑO 1987		
	Toda la Longitud	Hasta Transv. 2A Sur
Con Agua de las Tuberías de Alc.	1.13	1.06

AÑO 1997		
	Toda la Longitud	Hasta Transv. 2A Sur
Con Agua de las Tuberías de Alc.	1.0	.93
Con viviendas en la pata	1.06	1.04

Para estos análisis se ha adoptado para la zona de falla unos parámetros de resistencia promedio entre la resistencia residual y la pico, definidas en el numeral 4.3.2, teniendo en cuenta que si bien se puede haber dado alguna reducción en los mismos como resultado de los desplazamientos ocurridos, estos todavía son pequeños y no permiten considerar una condición de resistencia residual, como si sucede en el cuerpo principal del depósito.

Se hace notar que en este talud no se ha introducido la influencia del agua saturando el talud por las siguientes razones: el área expuesta es poca, el talud no presenta fisuración intensa y su pendiente es muy fuerte; a pesar de esto, es indudable que en períodos prolongados de lluvia se puede presentar infiltraciones afectando aún más la precaria estabilidad del corte.

Un segundo talud de importancia en el sector de San Luis es el que mira en dirección norte, enfrentando las viviendas 1 a 19, algunas de las cuales se vieron afectadas por flujos de lodos que chocaron contra ellas en 1995. El talud se encuentra principalmente en la formación Bogotá y como cuerpo es estable, sin embargo los materiales que lo componen, por su naturaleza arcillosa son altamente susceptibles al intemperismo, que provoca la alteración y pérdida de las propiedades del material expuesto el cual se meteoriza y ante eventos de lluvias muy fuertes es arrastrado y rueda en la forma como ya ha sucedido. En este sector las acciones por lo tanto son de control de erosión, similares a las que se han tratado de implementar, es decir con trinchos y la siembra de vegetación. Sin embargo, estas obras no tiene el planeamiento y sobre todo el mantenimiento que es necesario para su adecuada operación.

4.4 AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

Tomando como base los análisis anteriores, a continuación se hace una evaluación del área en términos cualitativos de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo y se propone una sectorización para su manejo.

En términos de amenaza, y mirada esta solo desde el aspecto de la probabilidad de ocurrencia de movimientos por deslizamiento, toda el área de afectación delimitada en el Plano No 2 correspondería a una zona amenaza alta, ya que se encuentra afectada por un fenómeno activo de deslizamiento; sin embargo, y al considerar simultáneamente el aspecto de la energía que es liberada por el movimiento y su dinámica es evidente que un calificativo más apropiado es el de amenaza intermedia.

Respecto de la vulnerabilidad de las viviendas, es evidente que es alta la de todas aquellas ubicadas directamente sobre la masa inestable y en vecindades de sus escarpes, muchas de las cuales hoy en día presentan condiciones de inhabitabilidad y deben ser desalojadas y demolidas de manera inmediata, como se señaló en el numeral 3.4. De otra parte las viviendas ubicadas en la pata del

deslizamiento, específicamente en los desarrollos Portón Real, Villa Nataly y Padua presentan una vulnerabilidad baja en la medida que su grado de exposición es menor, al ubicarse por fuera de la masa inestable y solo verse afectadas por los flujos de tierra que se forman en la pata de la masa inestable, causando problemas de incomodidad. Lo anterior mientras no se adelanten obras correctivas integrales.

Tratamiento aparte se le da al sector de San Luis ya que se ubica dentro de una zona inestable con una actitud topográfica muy diferente a la de los conjuntos de vivienda ya referidos. Por una parte, las evidencias de campo y los mismos análisis de estabilidad indican que las viviendas localizadas en el extremo oriental de los bloques, estarían sobre la pata de la masa inestable e incluso estarían contribuyendo a mantener la precaria estabilidad del sector; en este orden de ideas su vulnerabilidad es alta y así lo refleja su condición estructural actual. Las demás viviendas en estos bloques y aun cuando actualmente se están viendo algo afectadas, dadas las características del sistema estructural empleado, se estima que al independizarse de las viviendas más próximas al talud, las deformaciones deben disminuir apreciablemente o desaparecer.

Con base en lo anterior y en términos de amenaza y riesgo se hace una sectorización del área en dos zonas, ver Plano No 2. La zona más amplia corresponde al área de afectación ó amenaza potencial alta a intermedia, ajustada a límites definidos sobre los ejes de las vías. Dentro de esta área se define una segunda zona que se califica de alto riesgo, en la medida que a pesar de las obra remediales propuestas más adelante, la situación de afectación de las viviendas es irrecuperable y que aun después de construidas las obras, no es una zona utilizable para el desarrollo de vivienda.

Los criterios que se proponen para el manejo de estas áreas son las siguientes :

- En el área de riesgo alto todas aquellas viviendas que sobre la masa inestable ó en su pata presenten una afectación alta y media, de acuerdo con los criterios expuestos en el numeral 3.4; en donde se especifican cuales deben ser desalojadas. Es importante sin embargo, enfatizar que este riesgo desde el punto de vista de pérdidas de vidas humanas es eliminable, habida cuenta de la naturaleza lenta del fenómeno y por lo tanto de la oportunidad que ello ofrece para evacuar oportunamente a los afectados, no así para proteger sus viviendas.
- Las viviendas con daños menores que se ubiquen en la zona de alto riesgo y en tanto que no se vean afectadas por las obras remediales propuestas podrían permanecer habitadas; esto aplica específicamente para las viviendas 15 a 20, sobre la calle 24A sur; la 74 a 85 y las ubicadas sobre la carrera 1A entre calles 21 y 22 sur.
- Las viviendas con afectaciones altas por fuera del área de riesgo alto y dentro del área de afectación ó amenaza, podrán ser recuperadas siempre y cuando se adopten de manera pronta las medidas pertinentes para estabilizar la zona, aún así deberán minitorearse de manera rutinaria y sistemática. La demora en la toma de acciones concretas, llevaría con el tiempo a declarar el área como de alto riesgo.

5. MEDIDAS REMEDIALES

5.1 CRITERIOS BÁSICOS

En el cuerpo principal y dados los desarrollos constructivos que han tenido lugar en la parte baja del área inestable, no existe posibilidad alguna de implementar las medidas recomendadas en 1987. Adicionalmente, es claro que las precarias acciones correctivas que han sido intentadas a nivel de las patas de las zonas inestables, en inmediaciones de los sectores de Villa Nataly y San Luis, no han tenido un mayor efecto.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta la gran dimensión del área inestable, se considera que las medidas que puedan ser propuestas y construidas, solo se podrán dirigir a controlar (parar) los movimientos con factores de seguridad mínimos aceptables, no mayores a 1.2 y que en ningún caso habilitan el terreno para el desarrollo de nuevas viviendas.

5.2 TALUD CUERPO PRINCIPAL

5.2.1 Evaluación de Alternativas

5.2.1.1 Naturaleza de las Soluciones Previas

No obstante que desde siempre se ha reconocido el papel detonante del agua en la reactivación del movimiento, en 1987 las medidas planteadas buscaban esencialmente el aumento de la resistencia en la parte baja del depósito a través de terraplenes actuando a manera de contrapeso, condición en la cual el control del agua en el interior del depósito se hacía menos crítico. Esta solución se implementaba así, por que el control del agua en el interior del coluvión implicaba una inversión importante para subdrenes de gran profundidad.

Como ya se mencionó, actualmente físicamente es imposible implementar la solución original.

5.2.2 Soluciones Consideradas

Tratando de evitar la solución de drenes, se plantearon las siguientes soluciones alternativas

1. La colocación de filas de pilotes dentro de la masa, con una profundidad variable entre 18 y 24 m, penetrando 1/3 de la longitud en coluvión dentro del basamento rocoso. Esta solución se evaluó para alcanzar un valor del factor de seguridad de 1.2, permitiendo un talud casi totalmente saturado, 3 m por debajo de la superficie. Ver Figura 9. Para la carga tomada por los pilotes se utilizó el modelo propuesto por Lorente de No, la cual se muestra en los gráficos de la Figura 10. Con base en estos resultados se encontró necesario la instalación de 15 filas de pilotes, de 1.0 m de diámetro, espaciados entre ejes cada 2 m para un total de 2900 pilotes, cuyo costo superaba los

5000 millones de pesos. Es pertinente anotar que esta solución ha sido empleada en países como Japón empleando pilotes de acero, embebidos o no en concreto. Ver sección de análisis en la figura No. 6A y cuadro de presupuesto No. 3A.

2. Una segunda solución considerada fue la de practicar una remoción de aproximadamente 20 m del material de la pata del talud y reemplazarlo con pedraplén fundado 3 m por debajo de la superficie de falla. Esta solución tiene técnicamente algunos inconvenientes, especialmente el manejo de un factor de seguridad muy bajo durante construcción, lo que obliga a desarrollar una construcción por etapas y a asumir los riesgos de mayores daños en las viviendas de la parte alta. De otra parte, en esta alternativa para alcanzar el factor de seguridad requerido es necesaria la colocación de una fila de drenes horizontales en la parte alta de la masa inestable. El valor de esta solución se estimó en algo más de 2500 millones de pesos. Ver figura No. 6B y cuadro No. 3B.
3. Dado el costo de las alternativas anteriores, se encontró viable económicamente considerar nuevamente el control del agua en el interior de la masa mediante la instalación de drenajes horizontales profundos ó trincheras drenantes.

Las trincheras por la profundidad requerida, 12 o 13 m, y su ubicación en medio de la masa inestable podría derivar en mayores problemas de estabilidad y mayores afectaciones en las viviendas mientras son construidas, por lo tanto se descarto su inclusión. La solución con drenes resulto ser la más económica.

5.2.2.3 Características de la Solución Adoptada

Teniendo en cuenta que la alternativa seleccionada busca impedir los efectos del agua, esta es necesario manejarla superficialmente y en profundidad, a través de las siguientes acciones:

- Control de las infiltraciones, para lo cual será necesario adelantar:
 1. Obras de drenaje superficial, cunetas, para manejo rápido y eficiente de las aguas de escorrentía.
 2. Perfilado de la superficie y sellado de grietas y fisuras.
 3. Empradización y reforestación general del área.
- Medidas de drenaje de aguas subsuperficiales que impidan el ascenso del nivel del agua por encima de niveles críticos. Para ello se contempló la colocación de cuatro filas de drenes horizontales de PVC de 2 plg de diámetro y 40 a 75 m de profundidad, espaciados cada 15 m y colocados con una inclinación de 1° (1.7 %) respecto de la horizontal.
- Obras de drenaje subsuperficial y protección estructural en la pata para controlar los fenómenos de flujos que hoy en día se presentan. Estas se realizarán con muros en gaviones de no más de 3 m de altura.

Bajo las condiciones creadas por las obras propuestas los factores de seguridad que se tendrían son:

FACTOR DE SEGURIDAD			
CONDICIÓN	Sección AA	Sección BB	Sección CC
Con drenes operando durante lluvias intensas	1.2	1.35	1.7

5.3 TALUD ORIENTAL SECTOR SAN LUIS

Teniendo en cuenta la geometría del talud así como las más probables razones de su inestabilidad, la falta de soporte en su pata se proponen las siguientes acciones :

- Demolición del bloque de viviendas contiguo al talud ya que su estado estructural es bastante crítico.
- Construcción en el área evacuada de una estructura de contrapeso flexible, básicamente un terraplén de material seleccionado de 10 m de altura, con una berma intermedia de 5 m sobre un lecho de material areno gravoso filtrante.
- Protección del talud con engramado y medidas de drenaje para el control de la escorrentía en la corona del talud.

Bajo las condiciones creadas por las obras propuestas los factores de seguridad que se tendrían son:

AÑO 1997		
	Toda la Longitud	Hasta Transv. 2A Sur
Con Agua de las tuberías y terraplén	1.81	1.50

5.4 INSTRUMENTACIÓN

Es muy importante tener en cuenta que las obras para estabilización de taludes se formulan con base en la mejor interpretación que se le puede dar a las condiciones encontradas ; sin embargo, ello no implica que los resultados deseados se den de manera inexorable, por lo anterior y teniendo en cuenta que al adelantarse las obras propuestas la instrumentación colocada en esta ocasión será destruida, una vez concluidas las obras se deberá instalar una instrumentación consistentes en :

- 20 mojones para control de movimientos superficiales
- 7 Inclínómetros; tres sobre un eje en dirección N 45° W AA, dos en al dirección la calle 24A sur, uno en la parte alta del talud del conjunto San Luis y otro en la parte media del mismo. Los dos inclinómetros restantes se deben colocar uno en inmediaciones del I - 2 y el otro en la parte intermedia de la sección CC. Estos inclinómetros deben bajarse entre 20 y 25 m, verificando su penetración en la formación Bogotá.
- 7 piezómetros de tubo abierto al lado de los tubos de inclinómetros y a profundidades del orden de los 15 a 20 m, dentro de la masa coluvial y ligeramente por encima de la superficie de falla.

5.5 PLANOS DE LAS OBRAS

En los Planos 3 y 4 se muestra la ubicación en planta y los detalles de las obras y planes propuestos.

5.6 PRESUPUESTOS DE LAS OBRAS

En el Cuadro No. 4 se presenta el presupuesto de las obras elaborados con base en una cuantificación de las cantidades de obra a ejecutar y precios unitarios analizados para las condiciones de Santafé de Bogotá, vigentes a la fecha.

5.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dada la naturaleza simple de las obras propuestas estas se deberán ejecutar de acuerdo a las especificaciones que para este tipo de obras exige el Instituto Nacional de Vías INVIAS, incluyendo otras dictadas por el antiguo MOPT que son vigentes actualmente por no estar referenciadas en las actuales. En la tabla siguiente se citan las especificaciones que regirán los procesos constructivos de las obras correctivas recomendadas y a continuación se complementan algunas que lo requieren y se dicta la norma para el "Perfilado del Terreno" no citada.

ACTIVIDAD	NORMA
Excavaciones a Máquina en coluvión	II - 200, II - 210
Relleno con Material Seleccionado	II - 220,
Demolición de Viviendas	II - 201
Acarreos Materiales Sobrantes	IX - 900
Concretos	VI - 671, VI - 630
Acero de Refuerzo	VI - 640
Colocación de Tuberías	VI - 660, VI - 661
Drenes Horizontales	VIII - 820, MOPT-C-417
Mantos de Drenaje	VI - 673
Gaviones	VI - 681
Empradización	VIII - 810

5.7.1 Acarreos Materiales Sobrantes.

La Norma especificada esta definida para una unidad de m3/km, sin embargo se aclara que el precio unitario presentado en el presupuesto se ha determinado para un sobre-acarreo de 5.0 km.

5.7.2 Drenes Horizontales.

La norma citada MOPT-C-417, no contempla el uso del geotextil como material protector del dren, por lo tanto, este debe ser suministrado e instalado por el contratista y su costo incluido dentro del valor unitario exigido por metro lineal de dren. El geotextil será del tipo no tejido, referencia NT 1400, que cumpla con lo especificado en la norma VIII - 820 ; su colocación se hará revistiendo el tubo previamente perforado con tiras de geotextil que tengan de ancho la superficie del tubo más 3.0 cm para traslapo mínimo, fijadas mediante un cordón de fibra sintética colocado y templado en forma

helicoidal que no permita el desplazamiento del geotextil sobre el tubo. El mortero para el anclaje final de la cabeza del dren tendrá una dosificación 1:3 y cumplir las normas respectivas. Todo el método constructivo y demás procedimientos deben ser previamente aprobados por la interventoría y todos los costos de insumos, suministro, equipos, herramientas y mano de obra deben ser incluidos en el valor unitario por metro lineal.

5.7.3 Perfilado del Terreno.

No existe norma específica que se adapte a las necesidades de la obra. Se entiende como perfilado las labores de explanación, sellado de grietas, relleno de pequeñas concavidades, irregularidades del terreno, cauces o carcavas locales, suavizando la superficie del terreno del tal forma que el flujo del aguas de escorrentía hacia las cunetas recolectoras, se realice de manera fácil y continua, sin que se origine infiltración y erosión.

El trabajo en si del perfilado se desarrollará con buldozer de máximo 95 HP tipo D5 o similar, apoyado por una cuadrilla de obreros y herramientas menores para el llenado de grietas; el material proveniente de la labor de explanación ir siendo colocado en áreas aledañas que necesiten relleno anulando así concavidades y zonas bajas donde pueda acumularse humedad ; la profundidad máxima de perfilado será de 0.50 m, profundidades mayores se considerarán y pagarán como excavaciones.

La medida será el metro cuadrado y su precio debe incluir todos los costos de equipos, herramientas, combustibles, personal y mano de obra.

5.8 PLAN PROPUESTO DE EJECUCIÓN DE OBRAS

5.8.1 Cuerpo Principal

La secuencia constructiva sería la siguiente:

1. Construcción de las terrazas para la implementación del sistema de drenaje subsuperficial, empezando por la superior, simultáneamente se pueden realizar los perfilados y comenzar con la construcción de la cuneta recolectora de la batería respectiva.
2. Finalizada la primera terraza se empezará la construcción de la primera batería de sub-drenes horizontales.
3. Construcción de la cuneta con disipadores para la entrega final al sistema pluvial existente.
4. Construcción del muro en gavión en la pata del cuerpo principal del deslizamiento.
5. Instalación de la instrumentación, esta labor se debe comenzar una vez finalicen las obras correspondientes al primer nivel de terraza.
6. Empradización y reforestación, labor que debe empezar al finalizar los trabajos de instrumentación.

5.8.2 Talud Oriental San Luis

La secuencia constructiva sería la siguiente :

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

6.1 CONCLUSIONES

- 1 • Los estudios realizados, especialmente por los monitoreos de movimientos, ratifican las apreciaciones de 1987 respecto de la naturaleza y mecánica de los movimientos que afectan los barrios de Granada Sur, Montebello, Villa Nataly, Padua y San Luis.
- 2 • El área inestable y por la naturaleza retrogresiva del movimiento, se ha extendido hacia el SE, aunque de manera lenta, lo que significa que de no adelantarse obras correctivas se continuará ampliando.
- 3 • No obstante la naturaleza muy lenta de los movimientos, lo que en principio es una ventaja frente a otro tipo de deslizamientos con una dinámica más rápida por permitir la prevención de pérdida de vidas humanas, el área constituye una zona de riesgo alto para el desarrollo de cualquier tipo de construcción, ya que estas inevitablemente se verán afectadas por los movimientos.
- 4 • La falta de implementación de las obras recomendadas en 1987 y el no haber declarado la zona como área de riesgo y uso restringido y por el contrario el haberse permitido el desarrollo de viviendas en su parte baja interviniendo las patas de las masas inestables, han contribuido al mayor deterioro de las partes altas de la zona afectada.
- 5 • Los nuevos desarrollos de Portón Real, Villa Nataly y Padua se encuentran ubicados en zona estable y el estado actual de las viviendas en estos así lo confirma. Sin embargo, mientras no se adelanten las obras correctivas propuestas, estas viviendas se continuarán viendo afectadas por los flujos de tierra que llegarán hasta sus paramentos, causando problemas de acceso y la necesidad de obras de limpieza, como lo han experimentando desde su construcción.
- 6 • El desalojo y demolición de algunas viviendas debe adelantarse de manera inmediata de acuerdo con los criterios y recomendaciones formuladas en los numerales 3.4 y 4.4.
- 7 • Las medidas correctivas propuestas se consideran que podrán permitir parar los movimientos, pero en ningún momento el desarrollo de nuevas construcciones en el área.
- 8 • Todo indica que el sector del barrio San Luis fue desestabilizado de manera definitiva por las obras de adecuación y excavación adelantadas en la pata del talud oriental para dar mayor espacio a la urbanización. Algunas de las viviendas deberán ser demolidas debido a su precario estado actual, así como para dar espacio a las obras remediales propuestas.

1. Demolición de viviendas empezando por vecinas a la pata del talud.
2. Descapote del sector donde se ubicará la estructura de contrapeso.
3. Construcción de la tubería recolectará del manto filtrante.
4. Construcción del manto filtrante hasta la altura de la primera berma.
5. Construcción de la estructura de contrapeso.
6. Repetir 4. y 5. Hasta la altura final de la estructura.
7. Construcción de las cunetas de drenaje y estructura de entrega.
8. Construcción de la instrumentación.
9. Empradización y Reforestación.

6.2 RECOMENDACIONES

- Los sistemas de drenes horizontales deben ser mantenidos en forma periódica, se recomienda la revisión al menos bimensual de cada dren registrando su condición de operación y midiendo las descargas que este mostrando y haciendo al menos anualmente inyección de agua a baja presión para remover las incrustaciones o taponamientos que se hayan podido presentar. Aunque este sistema de estabilización es muy efectivo, su comportamiento a largo plazo esta ligado a estrictas medidas de conservación.
- El monitoreo de los pozos de observación, los inclinómetros y los mojones de control superficial debe continuarse. En este sentido se deberá procurar la recuperación del inclinómetro I-3, que se encuentra taponado a los 18 m.
- La UPES debe concientizar a la comunidad afectada sobre la importancia de la protección y conservación de los pozos, mojones e inclinómetros, ya que son fundamentales para continuar monitoreando el proceso y posteriormente para verificar la bondad de las obras realizadas.
- La zona debe ser declarada de alto riesgo, impidiéndose la construcción de nuevas viviendas. El área rehabilitada debe ser destinada a usos recreativos.

000033

CUADROS

CUADRO No.1
SEGUIMIENTO DE TOPOGRAFIA

Mojón	Lectura Inicial		agosto 17 Observ. 1		septiembre 1-97 Observ. 2		septiembre 17 Observ. 3		Octubre 1-97 Observ. 4		Noviembre 10 - 97 Observ. 6		Noviembre 18 - 97 Observ. 8	
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
1.1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,183	-0,298	-0,135	-1,031	-0,175	-1,123	-5,777	-1,109	1,319	-1,750
1.2	0,000	0,000	0,000	0,000	3,505	-1,162	1,433	-0,691	0,274	-0,237	-4,246	-2,050	-0,835	1,223
2.3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,401	-0,239	1,086	-0,737	1,261	-1,822	1,010	-1,762	-3,153	-1,105
2.4	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,110	-0,611	0,210	-0,779	0,818	-0,788	0,778	-1,188	-1,394	-1,292
3.5	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,795	-0,622	-1,621	0,098	0,250	-2,552	-0,488	0,491	1,886	3,304
3.8	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,095	0,217	-0,579	-0,157	0,520	-1,917	0,646	-0,853	0,843	2,343
3.7	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,799	-0,041	1,267	0,675	0,353	0,933	0,317	-1,694	-0,459	0,428
4.8	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,498	-0,860	-1,101	-0,805	-0,057	-3,284	-0,023	-1,314	0,526	3,860
4.9	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,582	-0,860	-0,494	-0,080	0,388	-1,141	0,095	-0,586	-0,286	1,759
4.10	0,000	0,000	0,000	0,000	1,791	0,936	0,826	1,413	1,978	0,629	5,403	-4,978	3,234	-3,262
5.11	0,000	0,000	2,338	0,547	1,958	-0,078	1,337	0,164	2,686	-0,706	3,901	-1,094	2,671	-1,644
5.12	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,766	2,495	-0,575	1,681	0,195	1,089	0,581	0,983	1,948	-1,731
6.13	0,000	0,000	-1,263	0,010	0,833	-2,904	2,162	-3,833	1,333	-2,951	2,363	-3,610	1,698	-3,146
6.14	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,122	1,134	-0,963	0,999	-1,743	0,297	-1,443	0,691	0,053	-0,829
6.16	0,000	0,000	0,730	2,229	1,694	-2,011	2,403	-3,101	2,740	-1,568	2,799	-1,481	2,440	-1,629

000034

CUADRO No. 2
INVENTARIO DE VIVIENDAS AFECTADAS

BARRIO	LOTE No.	DIRECCIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Montebello				
	1	Calle 24 A 2-64	18	Casa prefabricada. No habitable, desalojar.
	2	2-62	18	Casa prefabricada. No habitable, desalojar.
	3	2-54	18	Casa lote, demolida en un 80%, desalojar.
	4	2-50	18	Lote, demolido totalmente, Desalojar
	5	2-40	18	No se observó. Esta demolida parcialmente, Desalojar.
	6	2-34	18	Casa lote, demolida el 80%, desalojar.
	7	2-28	18	Parte trasera afectada. 30%. Observar.
	8	2-20	18	Parte trasera afectada. 30%. Observar.
	9	2-12	18	Parte trasera afectada. 30%. Observar.
	10	2-06	18	Parte trasera afectada. 30%. Observar.
	11	1A-98	18	Nose vío. Patio trasero caído. Afectac. 30%. Observar.
	12	1A-94	18	Parte trasera afectada. 30%. Observar.
	13	1A-86		No se observó. Observar.
	14	1A-80	18	Parte trasera afectada. 20%. Observar.
	15	1A-76		No se observó.
	16	1A-78		No se observó. 50% de afectación
	17	1A-66		No se observó.
	18	1A-62	3	Afectada solo en el patio trasero 20%.
	19	1A-58		No se vio. Patio trasero afectado, 20%.
	20	1A-52		No se observó.
	21	1A-35		No hay afectación
	22	1A-43		No hay afectación
	23	1A-55		No hay afectación
	24	1A-63	6	Cañerías afectadas.
	25	1A-69	6	Cañerías afectadas.
	26	1A-73		No se observó.
	27	1A-75		Resume agua. (Anterior Laguna)
	28	1A-87		
	29	1A-95		No esta afectada.
	30	2-01	1	Resume agua. (Anterior Laguna)
	31	2-11		Resume agua. (Anterior Laguna)
	32	2-15	6	Solo el frente
	33	2-21	8	Casa inclinada respecto a la anterior.
	34	2-27	8	Casa inclinada respecto a la anterior.
	35	2-35	10	Parte frontal 30%
	36	2-47	13	La afectación es del 30%
	37	2-55	18	La casa original fue demolida, la actual esta afectada en un 70%
	38	2-61	15	La afectación es del 60%. Observar.
	39	Trans. 2A 24 A 10	15	Fue remodelada, afectación 60%. Observar.
	40	24 A 20	18	Afectación 80%. Observar.
	41	24 A 30	18	Afectación 100%. Observar
	42	24 A 40	18	Afectación 100%. Observar.
	43	Calle 25 s 2-72	18	Casa lote, afectación del 80%. Observar.
	44	2-68	12	Afectación del 80%
	45	2-62	15	Afectación del 50%
	46	2-54	15	Afectación del 50%
	47	2-46	11	Afectación del 40%
	48	2-28	11	Afectación 30%
	49	2-24	5	Afectación 30%
	50	2-20	7	Afectación 30%
	51	2-17	7	Afectación 20%
	52	2-23	7	Afectación 20%
	53	2-31	7	Inclinación respecto a la anterior. 20%
	54	2-35	7	Inclinación respecto a la anterior. 20%
	55	2-39	6	Afectación en el frente.
	56	2-55	7	Afectación en el frente.
	57	2-59	7	Se asienta. Fue reparada
	58	2-63	9	Afectación en el frente.
	59	2-71	10	Afectación en el frente.
	60	2-77	15	Asentamientos severos e inclinación. Fue reparada. Observar.
	61	2-83	16	Inclinación severa. Afectación del 50%. Observar.

CUADRO No. 2

INVENTARIO DE VIVIENDAS AFECTADAS

BARRIO	LOTE No.	DIRECCIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
	62	2-93	15	Inclinación severa. Afectación del 50%. Observar.
	63	Trans. 2A 25-16	12	Inclinación severa. Afectación del 50%. Observar.
	64	25-24	8	Casa lote, afectación 40%
	65	Calle 26 s 2-98		No se observó. Parece no afectada.
	66	2-94	5	Afectación frontal e inclinación.
	67	2-90	3	Afectación frontal e inclinación
	68	2-84	3	Afectación frontal e inclinación
	69	2-76		No esta afectada.
	70	Trans. 2A 25-35	18	Afectación total. Desalojar.
	71	25-43	17	Afectación 90%. Desalojar.
	72	25-51	10	Afectación 60%. Observar.
	73		10	Afectación 60%. Observar.
Granada Sur Segundo Sector				
	74	Calle 22 s 1 A 26		No esta afectada
	74A	1 A 12	2	Inclinación respecto a la casa anterior.
	75	Car. 1B 21 - 76		No esta afectada
	76	21 - 68	9	Reparación continua de cañerías
	77	21 - 62	9	No se observó.
	78	21 - 54		No se observó, afectado el frente
	79	21 - 48	7	Hundimientos, problemas con cañerías.
	80	21 - 40	8	Hundimientos, problemas con cañerías.
	81	21 - 34		Casa demolida, existe prefabricada, afectación 40%
	82			Casa demolida. lote
	83		12	Casa prefabricada, afectación 60%
	84			Casa demolida. lote
	85			Casa demolida. lote
	86	Car. 1B 20 A 97	8	Hundimientos y agrietamientos leves. Desalojar.
	87	Calle 21 s 1 B 20	11	Hundimientos problemas con cañerías. Desalojar.
	88	1 B 26	13	Separación entre viviendas, afectación 60%. Desalojar.
	89	1 B 50	13	Fue reconstruida, afectación del 60%. Desalojar.
	90	1 B 38	12	Separación entre viviendas, afectación 70%. Desalojar.
	91	Car. 2 20 A 80	14	Fue reconstruida, afectación del 70%. Desalojar.
	92	Car. 2A 21 - 96	14	Fue reconstruida, afectación del 60%. Desalojar.
	93	21 - 88	14	Afectación del 60%. Desalojar.
	94	21 - 86	14	Afectación del 60%. Desalojar.
	95	21 - 76	14	Separación entre viviendas, afectación 70%. Desalojar.
	96	21 - 70	18	Afectación 100%. Desalojar.
	97			Lote
	98	21 - 56	18	Se ha reconstruido cuatro veces. Vivienda prefabricada. Desalojar.
	99	21 - 48	15	Afectación 70%. Desalojar.
	100	21 - 40	2	Casa nueva.
	101	21 - 37	13	Afectación del 80%
	102 a 105			Lotes.
	106	21 - 73	18	Afectación del 100%. Desalojar.
	107	21 - 75	18	Afectación del 100%. Desalojar.
	108			Lote
	109			Lote
	110	21 - 89	18	Afectación del 100%. Desalojar.
	111	21 - 93	18	Afectación del 80%. Desalojar.
	112	21 - 97	15	No se Observó. Desalojar.
	113		18	No esta habitada, afectación del 90%. Desalojar.
	114			Casa demolida
	115		18	No esta habitada, afectación del 90%. Desalojar.
	116	Car. 1 1 - 21		No esta afectada
	130	Car. 1A 21 - 36	8	Grieta de separación entre casas. (No se Observó).
	131	21 - 27	8	Grieta de separación entre casas. (No se Observó).
	132	21 - 21	8	Grieta de separación entre casas. (No se Observó).
	133	21 - 13	10	Inclinada, afectación leve. (no se observó)
	134	21 - 05	13	Inclinada, afectación 50%. (no se observar). Observar.
Villa Nataly	117 a 125			No hay afectación. Observar casas ubicadas frente al área deslizada.

CUADRO No. 2

INVENTARIO DE VIVIENDAS AFECTADAS

BARRIO	LOTE No.	DIRECCIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Padua	126 a 127			No hay afectación.
	128		18	Casa destruida y demolida
	129			No esta afectada
San Luis				
	1	Calle 25 A 4 A 20	12	Alto riesgo, flujos de lodo en época invernal, puertas y ventanas afectadas. Cañerías.
	2	4 A 24	10	Alto riesgo, flujos de lodo en época invernal, puertas y ventanas afectadas.
	3	4 A 26	5	No se observó
	4	4 A 30	5	No se observó
	5	4 A 32	5	No se observó
	6	4 A 36	3	Poca afectación.
	7	4 A 38		No se observó
	8	4 A 42		No se observó
	9	4 A 44		No se observó
	10	4 A 48	7	Desplazada respecto a la anterior.
	11 a 26			Afectación baja.
	27	Calle 25 s 4 A 53	5	Desplazada respecto a la anterior.
	28	4 A 49	5	Problemas con cañerías
	29	4 A 47		No se observó
	30	4 A 43		No se observó
	31	4 A 41	5	Problemas con cañerías
	32	4 A 37	5	Problemas con cañerías
	33	4 A 35		No se observó
	34	4 A 31		No se observó
	35	4 A 29		No se observó
	36	4 A 25	5	Problemas con cañerías
	37	4 A 23		No se observó
	38	4 A 19	7	Problemas con cañerías
	39	4 A 17	7	No se Observó
	40	4 A 13	7	No se Observó
	41	4 A 11	15	Afectación del 70%. Observar.
	42	4 A 08	13	Inclinada. Afectación del 70%. Observar.
	43	4 A 06	13	Inclinada. Afectación del 70%. Observar.
	44	4 A 12	13	Inclinada. Afectación del 70%. Observar.
	45	4 A 14	6	Puertas y ventanas afectadas.
	46	4 A 18	6	Puertas y ventanas afectadas.
	47	4 A 20	6	Puertas y ventanas afectadas.
	48	4 A 24	6	Puertas y ventanas afectadas.
	49	4 A 26	5	Afectación 25%
	50 a 64			Afectación baja.
	65	Calle 24 As 4 A 05	13	Afectación del 45%. Observar.
	66	4 A 07	13	No se observó. Observar.
	67	4 A 11	13	Puertas y ventanas afectadas. Afect. 30%. Observar.
	68	4 A 13	7	Puertas y ventanas afectadas. Afect. 20%
	69	4 A 17		No se observó
	70	4 A 19		No se observó
	71	4 A 23	7	Puertas y ventanas afectadas. Afect. 20%
	72 a 87			Afectación baja.
	88	4 A 04	7	Desplamiento de andén e inclinación. 20%. Desalojar.
	89 a 91			No se observaron. Desalojar.
	92		12	Puertas y ventanas afectadas. Afect. 60%. Desalojar.
	93		12	Inclinada respecto a la anterior, Afect 80%. Desalojar.
	94		15	Puertas y ventanas afectadas. Afect. 80%. Desalojar.
	95	4 A 24	18	Muros y placas afectadas. Afect. 100%. Desalojar.
	96	4 A 28	18	Muros y placas afectadas. Afect. 100%. Desalojar.
	97 a 105			Amenazadas por desplazamiento del muro de contención.

CUADRO N° 3A

PRESUPUESTO GENERAL DE LAS OBRAS CORRECTIVAS
ALTERNATIVA 1 (Pilotaje)

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Localización y replanteo	S.G.	1,00	2.000.000,00	2.000.000,00
2	Excavaciones y demoliciones				
2,1	Excavaciones a máquina en coluvión	m3	5.000,00	4.750,00	23.750.000,00
2,2	Demolición de viviendas	m2	2.508,00	25.285,00	63.414.780,00
2,3	Acarreos de materiales sobrantes	m3	5.000,00	3.623,00	18.115.000,00
	Total excavaciones y demoliciones				105.279.780,00
4	Obras de arte				
4,1	Concreto para pilotes (Incluye acero)	m	22.510,00	140.000,00	3.151.400.000,00
4,2	Concreto para vigas cabezal	m3	4.500,00	189.074,00	850.833.000,00
4,3	Acero de refuerzo	kg	405.000,00	1.098,33	444.823.650,00
	Total obras de arte				4.447.056.650,00
5	Obras de protección				
5,1	Siembra de arboles	u	1.450,00	3.520,00	5.104.000,00
	Total obras de protección				5.104.000,00
6	Instrumentación	S.G.	1,00	35.000.000,00	35.000.000,00
	Costo total de las obras				4.594.440.430,00

* CUADRO N° 3B

**PRÉSUPUESTO GENERAL DE LAS OBRAS CORRECTIVAS
ALTERNATIVA 2 (Pedraplen)**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Localización y replanteo	S.G.	1,00	2.000.000,00	2.000.000,00
2	Excavaciones y demoliciones				
2,1	Excavaciones a máquina en coluvión	m3	30.450,00	4.750,00	144.637.500,00
2,2	Demolición de viviendas	m2	2.508,00	25.285,00	63.414.780,00
2,3	Ácarreos de materiales sobrantes	m3	30.450,00	3.623,00	110.320.350,00
	Total excavaciones y demoliciones				318.372.630,00
3	Rellenos				
3,1	Rellenos con material seleccionado (Pedraplen)	m3	97.500,00	21.075,00	2.054.812.500,00
	Total rellenos				2.054.812.500,00
4	Obras de arte				
4,1	Concreto para cunetas tipo I	m	160,00	40.316,67	6.450.667,20
4,2	Concreto para obras de entrega	m3	3,00	189.007,00	567.021,00
4,3	Acero de refuerzo	kg	150,00	1.098,33	164.749,50
4,4	Tubería de entrega (Concreto 20" incluye excavación y rellenos)	m	25,00	187.459,05	4.686.476,25
	Total obras de arte				11.868.913,95
5	Obras de drenaje				
5,1	Drenes horizontales	m	465,00	83.432,00	38.795.880,00
	Total obras de drenaje				38.795.880,00
6	Obras de protección				
6,1	Engramado de taludes	m2	1.200,00	3.712,00	4.454.400,00
6,2	Siembra de arboles	u	1.450,00	3.520,00	5.104.000,00
	Total obras de protección				9.558.400,00
7	Instrumentación	S.G.	1,00	25.000.000,00	25.000.000,00
	Costo total de las obras				2.460.408.323,95

CUADRO N° 4

PRESUPUESTO GENERAL DE LAS OBRAS CORRECTIVAS
ALTERNATIVA 3 RECOMENDADA (Drenajes)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
OBRAS EN EL CUERPO PRINCIPAL					
1	Localización y replanteo	S.G.	1,00	2.000.000,00	2.000.000,00
2	Excavaciones y demoliciones				
2,1	Excavaciones a máquina en coluvión	m3	19.723,00	4.750,00	93.684.250,00
2,1	Perfilado de taludes	m2	20.000,00	677,00	13.540.000,00
2,2	Demolición de viviendas	m2	2.508,00	25.285,00	63.414.780,00
2,3	Acarreos de materiales sobrantes	m3	19.723,00	3.623,00	71.456.429,00
	Total excavaciones				242.095.459,00
3	Obras de arte				
3,1	Concreto para cunetas tipo I	m	297,00	40.316,67	11.974.050,99
3,2	Concreto cuneta tipo I con disipadores	m	102,00	42.726,00	4.358.052,00
3,3	Concreto para cunetas tipo II	m	560,00	42.726,00	23.926.560,00
3,4	Concreto para cunetas tipo III (Con disipadores)	m	45,00	49.956,00	2.248.020,00
3,5	Concreto para obras de entrega	m3	3,50	189.007,00	661.524,50
3,6	Acero de refuerzo	kg	290,50	1.098,33	319.064,87
3,7	Tubería de entrega (Concreto 27" incluye excavación y rellenos)	m	57,50	167.632,00	9.638.840,00
	Total Obras de arte				53.126.112,36
4	Obras de drenaje				
4,1	Drenes horizontales	m	2.830,00	83.432,00	236.112.560,00
	Total obras de drenaje				236.112.560,00
5	Obras de protección				
5,1	Gaviones	m3	910,00	45.833,00	41.708.030,00
5,2	Engramado de taludes	m2	1.036,73	3.712,00	3.848.326,91
5,3	Siembra de arboles	u	1.200,00	3.520,00	4.224.000,00
	Total obras de protección				49.780.356,91
6	Instrumentación	S.G.	1,00	35.000.000,00	35.000.000,00
	TOTAL OBRAS EN EL CUERPO PRINCIPAL				618.114.488,27
OBRAS EN SAN LUIS					
1	Localización y replanteo	S.G.	1,00	2.000.000,00	2.000.000,00

CUADRO N° 4

PRESUPUESTO GENERAL DE LAS OBRAS CORRECTIVAS
ALTERNATIVA 3 RECOMENDADA (Drenajes)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
2	Excavaciones y demoliciones				
2.1	Excavaciones a máquina en coluvión	m3	3.500,00	4.750,00	16.625.000,00
2.2	Demolición de viviendas	m2	780,00	25.285,00	19.722.300,00
2.3	Acarreos de materiales sobrantes	m3	3.500,00	3.623,00	12.680.500,00
	Total excavaciones				49.027.800,00
3	Rellenos				
3.1	Rellenos con material seleccionado	m3	8.658,25	21.075,00	182.472.618,75
	Total rellenos				182.472.618,75
4	Obras de arte				
4.1	Concreto para cunetas	m	255,00	17.097,00	4.359.735,00
4.2	Concreto obras de entrega (Disipador)	m3	5,00	189.007,00	945.035,00
4.3	Acero de refuerzo	kg	415,00	1.098,33	455.806,95
4.4	Tubería de entrega (Concreto 18" incluye excavación y rellenos)	m	6,00	84.498,00	506.988,00
	Total Obras de arte				6.267.564,95
5	Obras de drenaje				
5.1	Mantos de drenaje	m2	3.700,00	28.379,17	105.002.929,00
5.2	Filtro Recolector	m	84,50	70.852,00	5.986.994,00
	Total obras de drenaje				105.002.929,00
6	Obras de protección				
6.1	Engramado de taludes	m2	1.400,00	3.712,00	5.196.800,00
6.2	Siembra de arboles	u	250,00	3.520,00	880.000,00
	Total obras de protección				6.076.800,00
	Costo total de las obras				350.847.712,70
	COSTO TOTAL DE LAS OBRAS				968.962.200,97

SECCIONES GEOLOGICAS
FIGURA 4.A

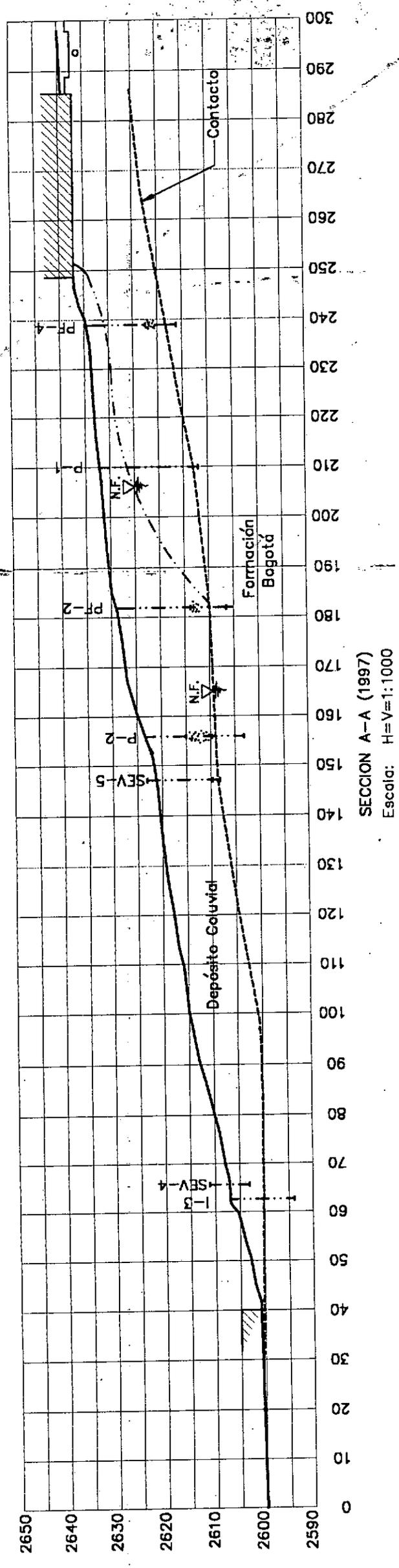
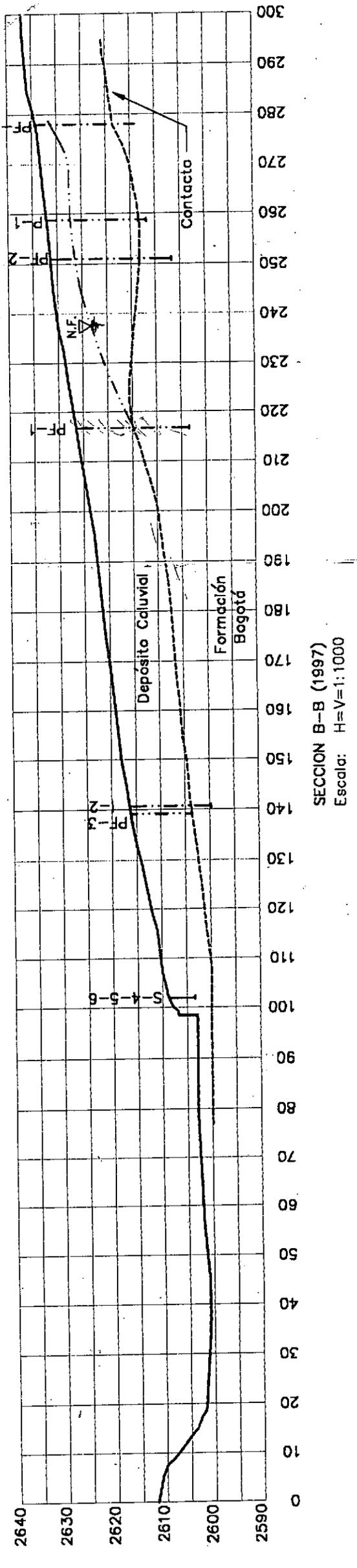


FIGURA 4.B



SECCIONES GEOLÓGICAS

000043

FIGURA 4.C

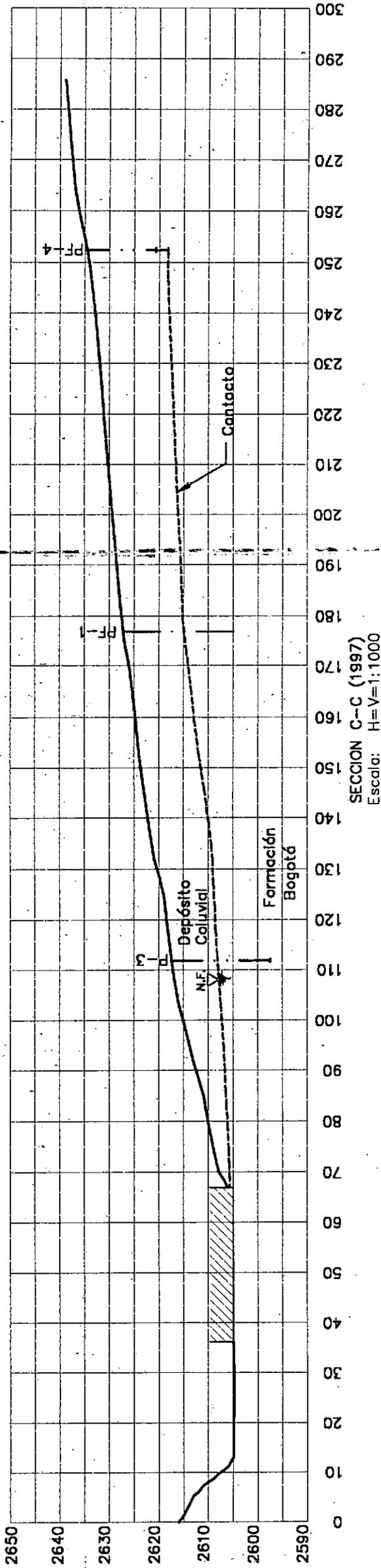
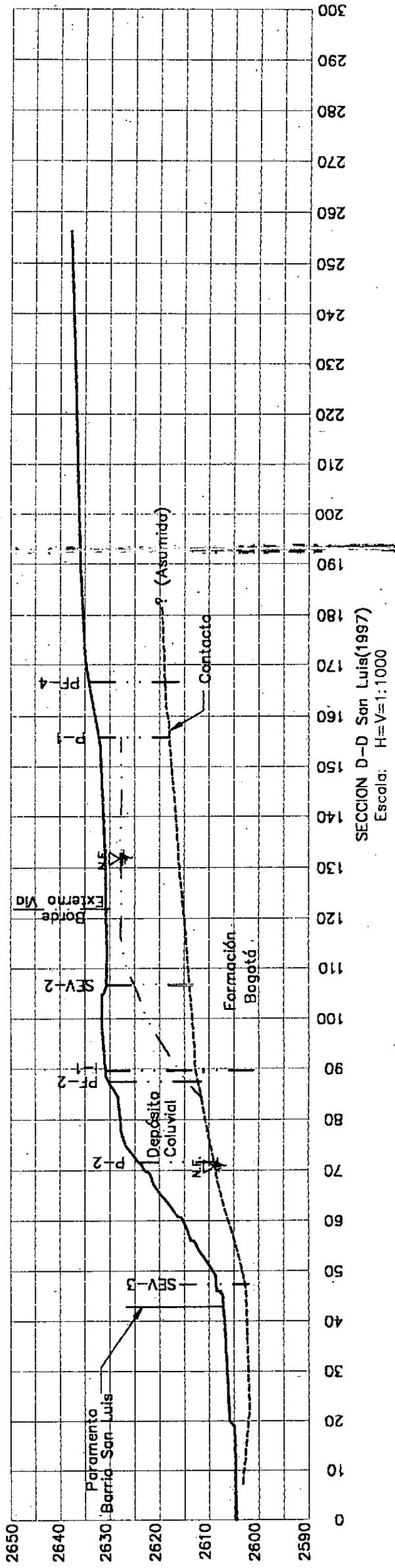


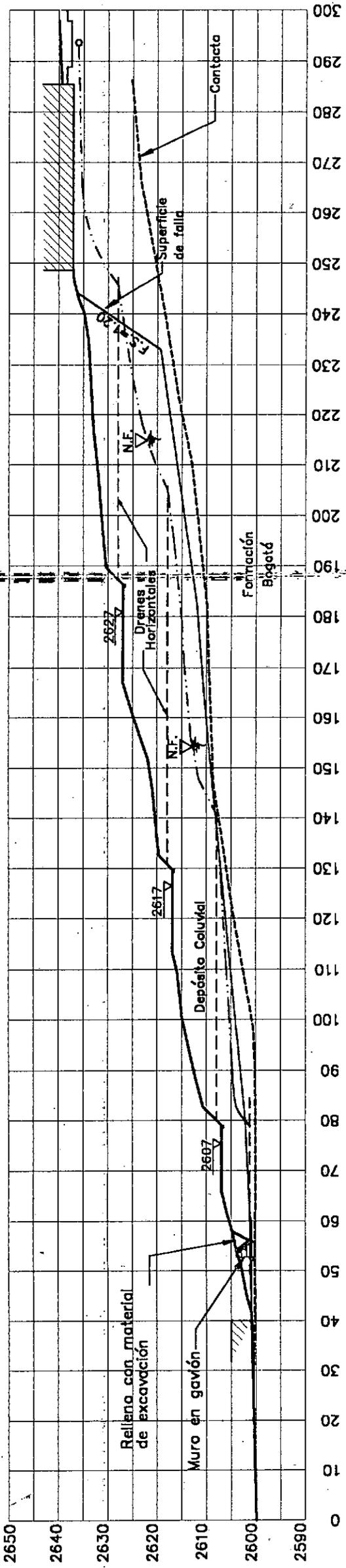
FIGURA 4.D



SECCIONES DE ANALISIS

FIGURA 5.A

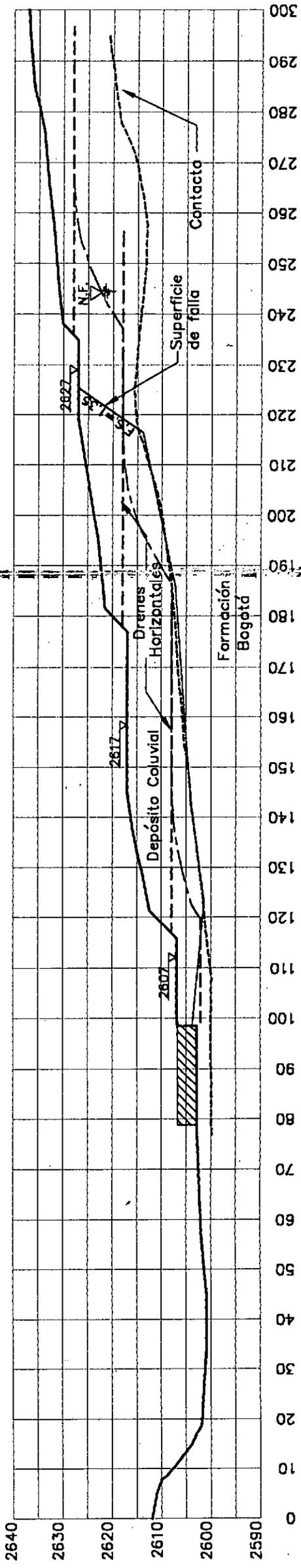
000044



SECCION A-A (1997)

Escala: H=V=1:1000

FIGURA 5.B



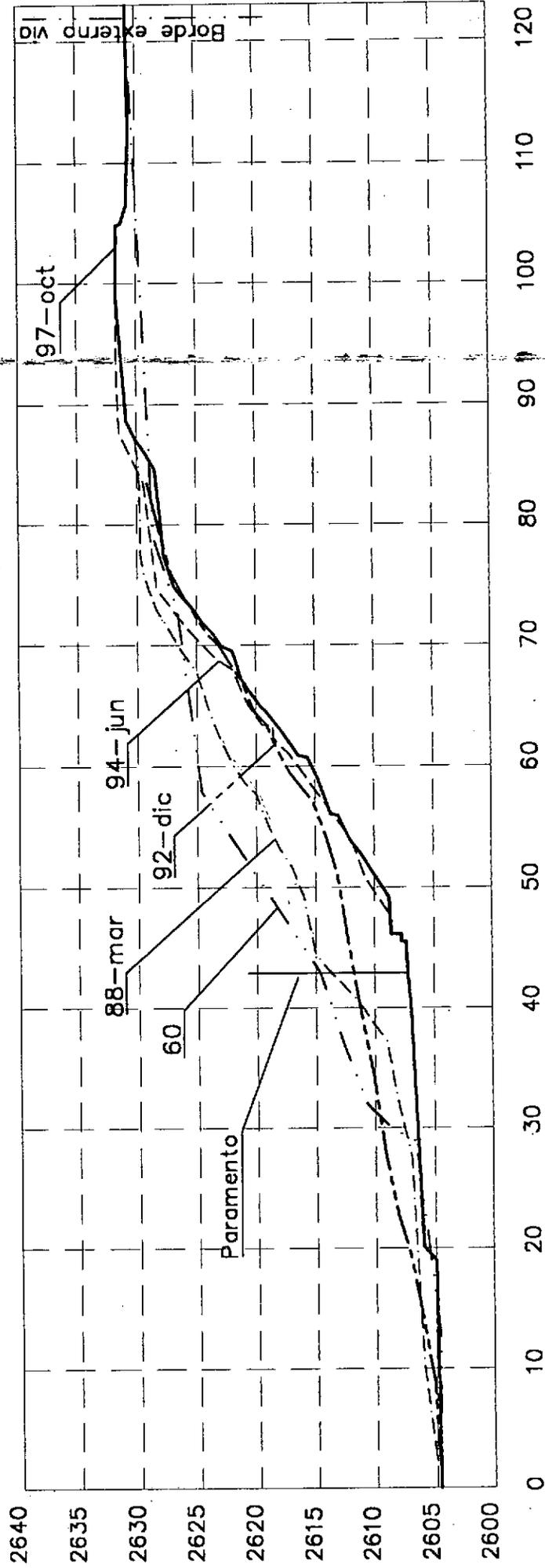
SECCION B-B (1997)

Escala: H=V=1:1000

000045

UPES

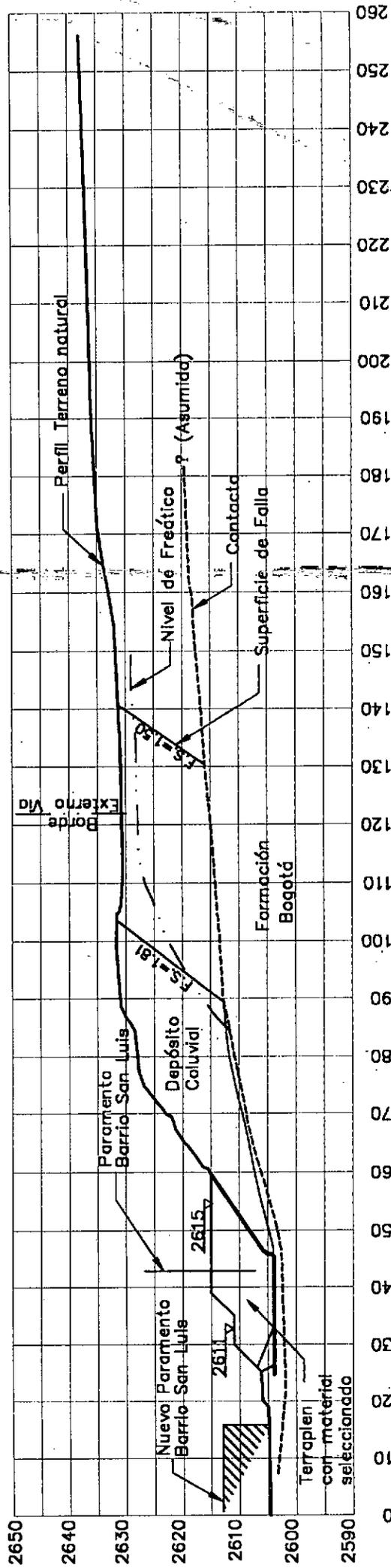
FIGURA 7
EVOLUCION TOPOGRAFICA
SAN LUIS (Corte D-D)
Escala: 1:500



SECCIONES DE ANALISIS

000046

FIGURA 8



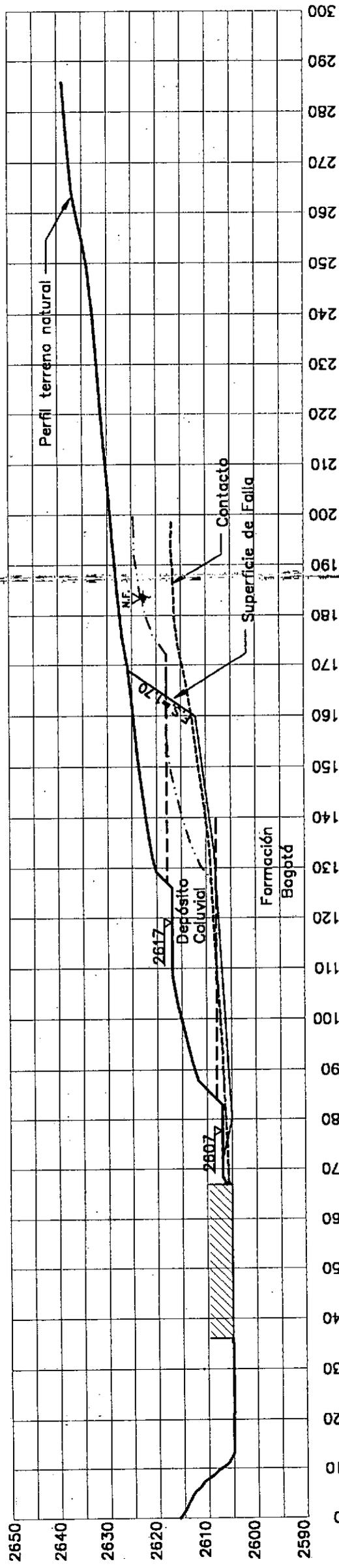
SECCION D-D San Luis(1997)

Escala: H=V=1:1000

SECCIONES DE ANALISIS

000047

FIGURA 5.C

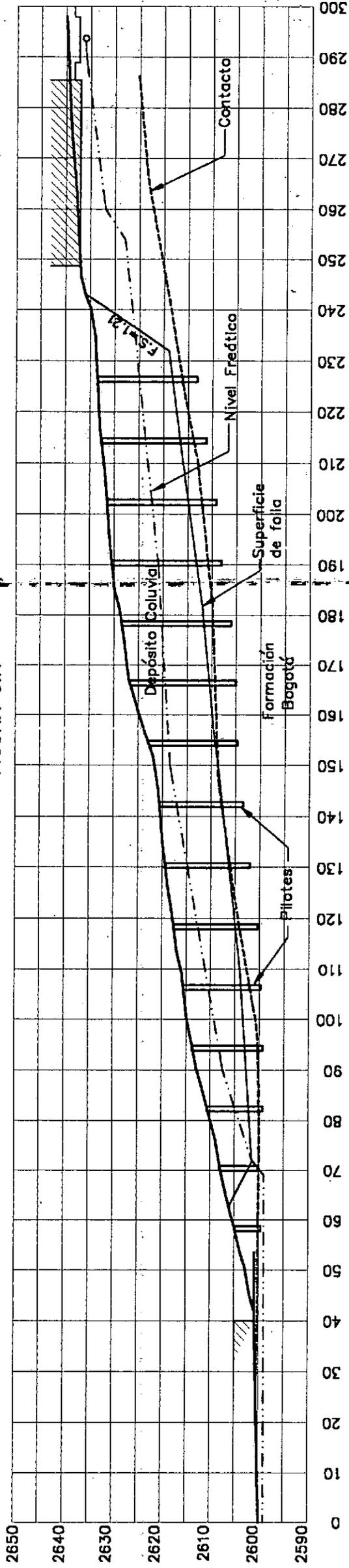


SECCION C-C (1997)

Escala: H=V=1:1000

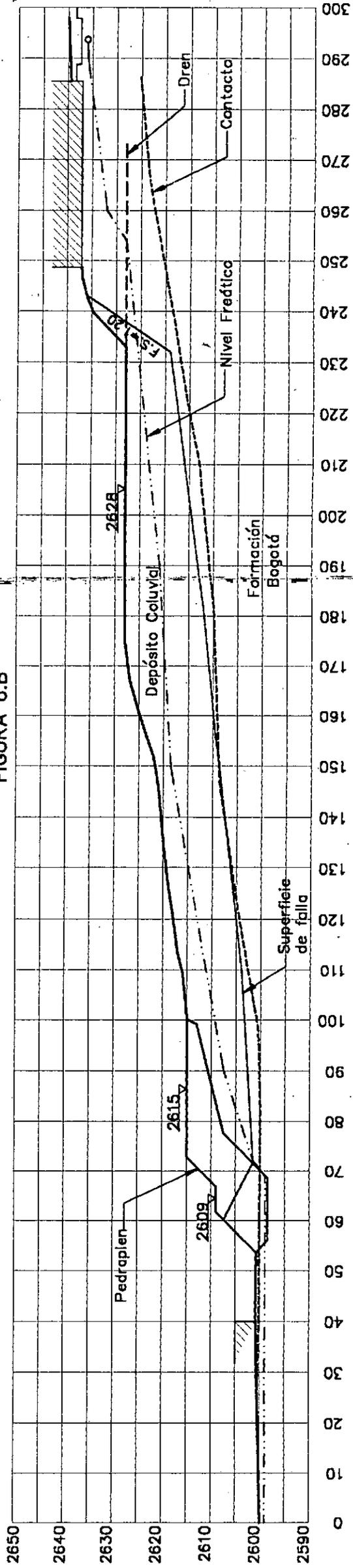
SECCIONES DE ANALISIS
FIGURA 6.A

000048



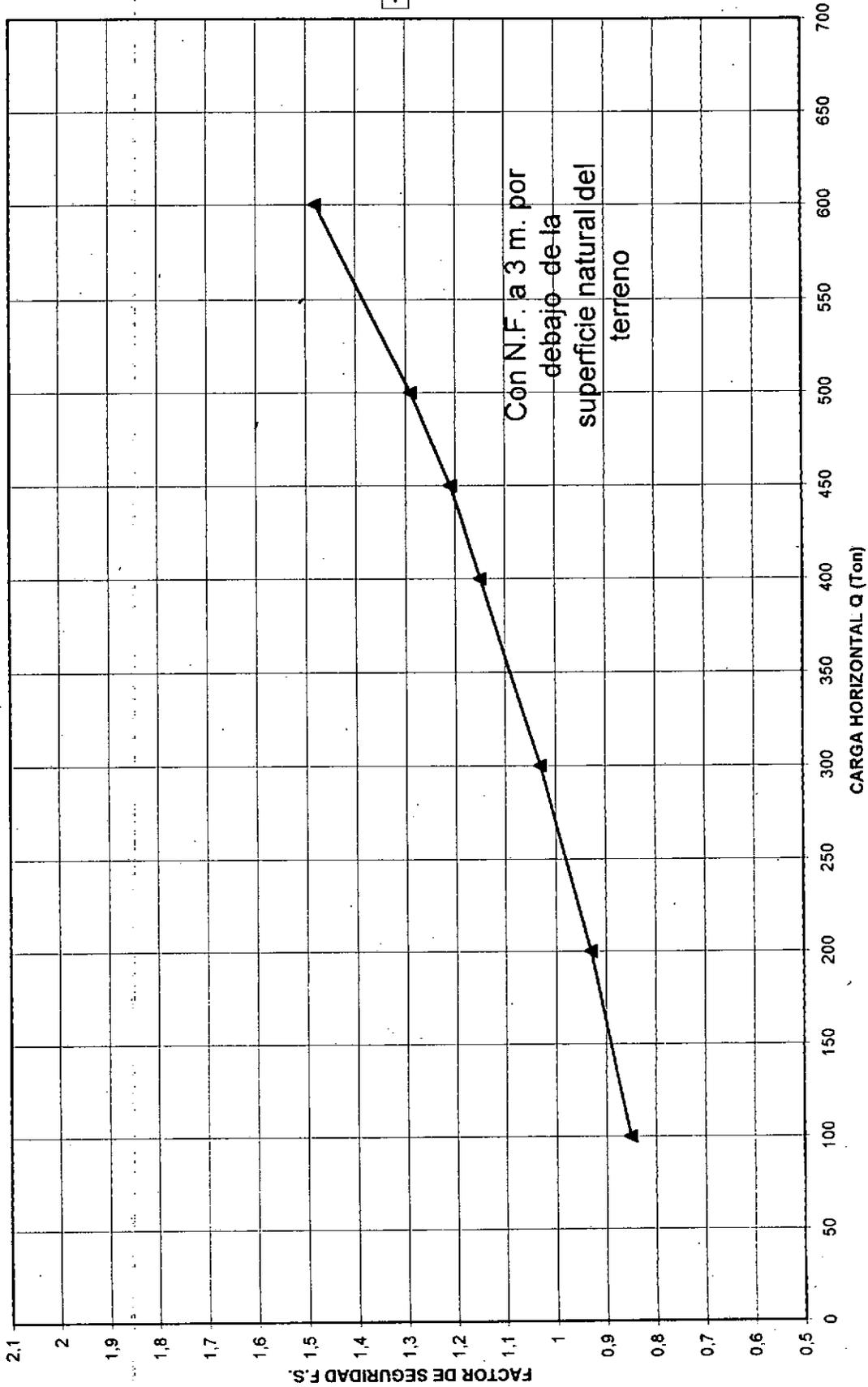
SECCION A-A (1997)
ALTERNATIVA CON PILOTES
Escala: H=V=1:1000

FIGURA 6.B



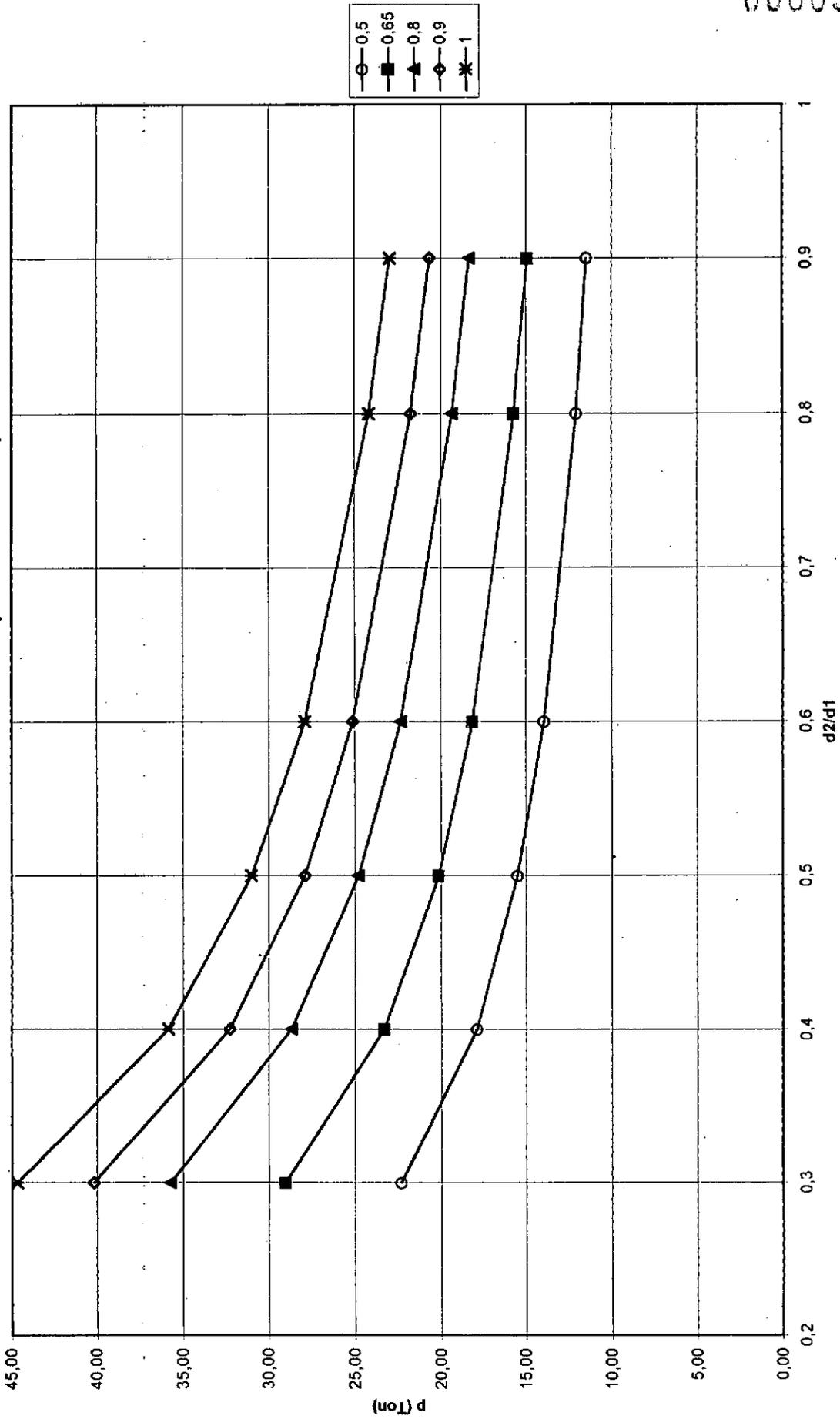
SECCION A-A (1997)
ALTERNATIVA CON PEDRAPLEN
Escala: H=V=1:1000

FIGURA 9
TALUD CUERPO PRINCIPAL DE DESLIZAMIENTO
SOLUCION CON PILOTES
Q Vs F.S.



—▲— F.S.

FIGURA 10
TALUD CUERPO PRINCIPAL DE DESLIZAMIENTO
EMPUJE LATERAL SOBRE PILOTES (LORENTE DE NO)



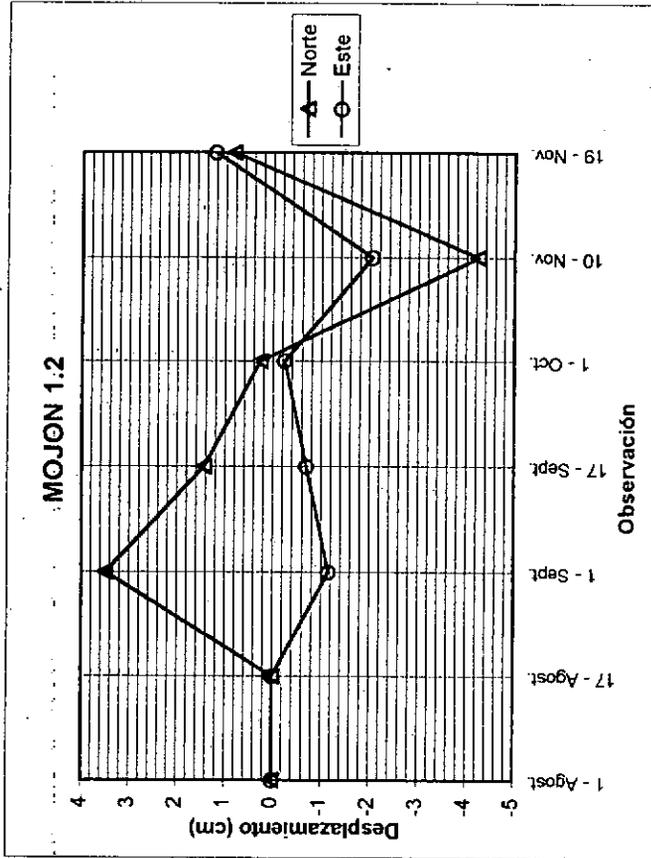
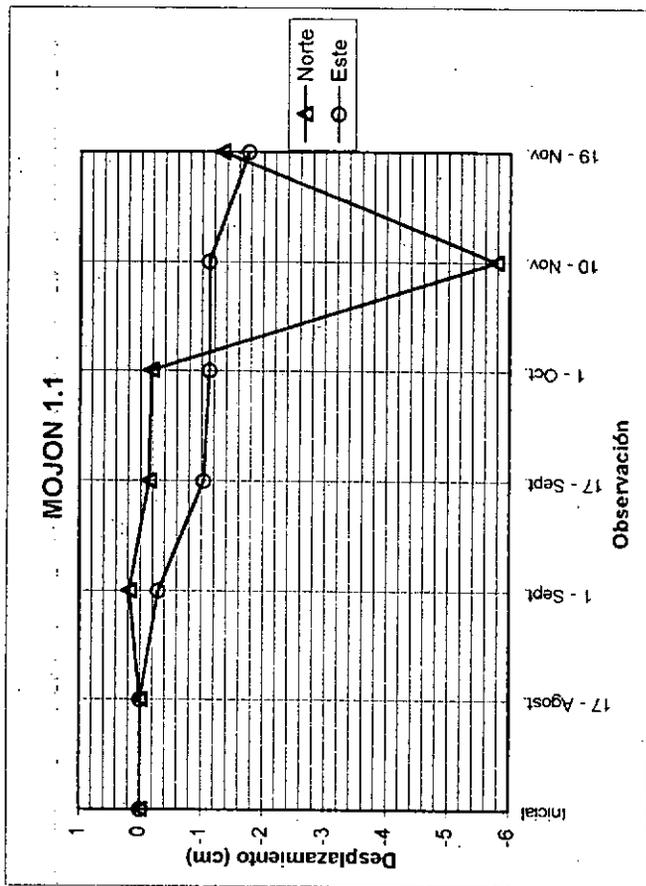
000051

PLANOS

000052

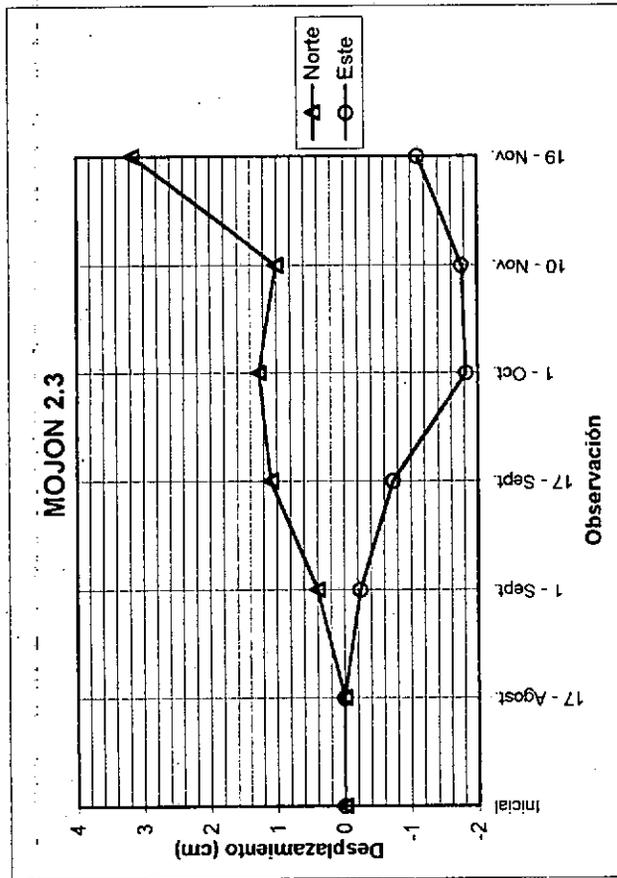
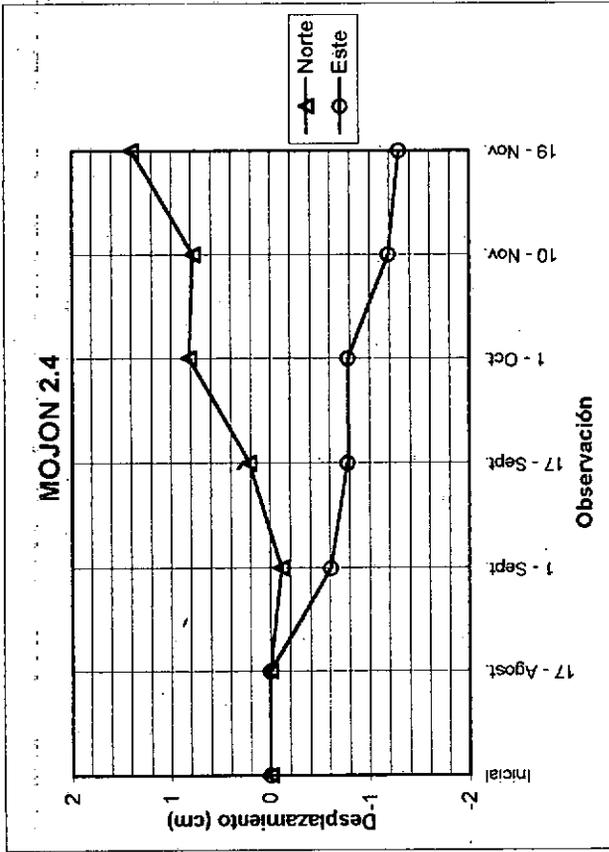
FIGURAS

FIGURA No. 2A
DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 1.1 Y 1.2



000053

FIGURA No. 2B
DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 2.3 Y 2.4



000054

FIGURA No. 2C
DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 3.5 Y 3.6

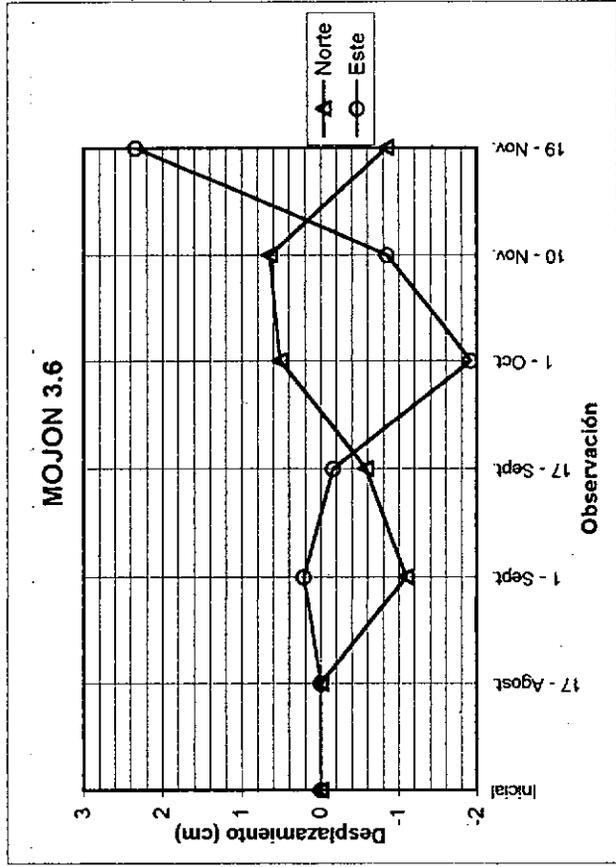
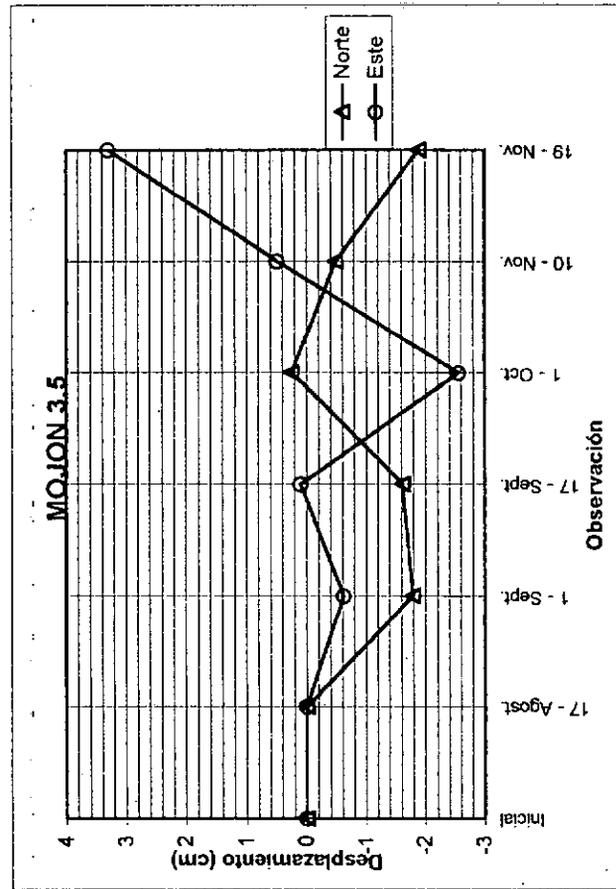
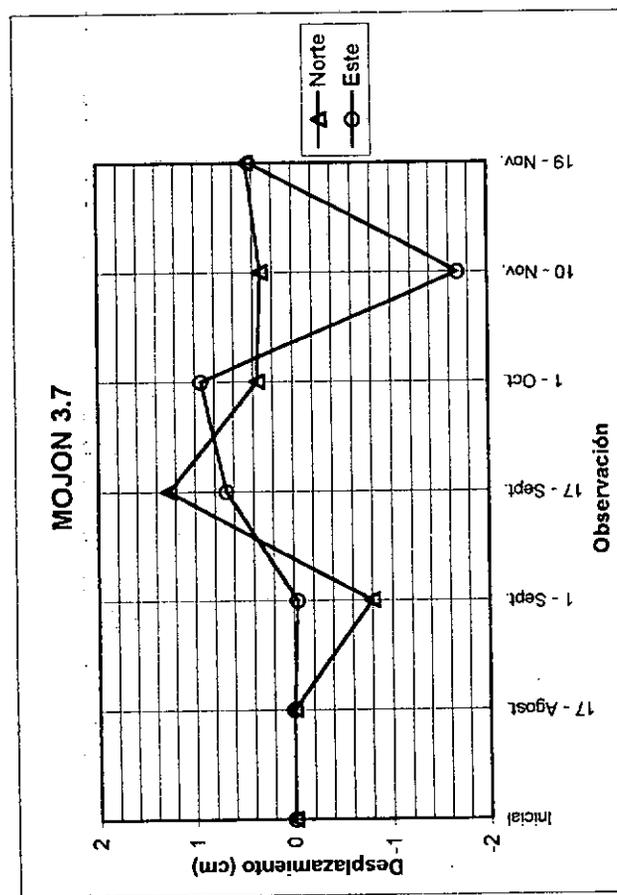
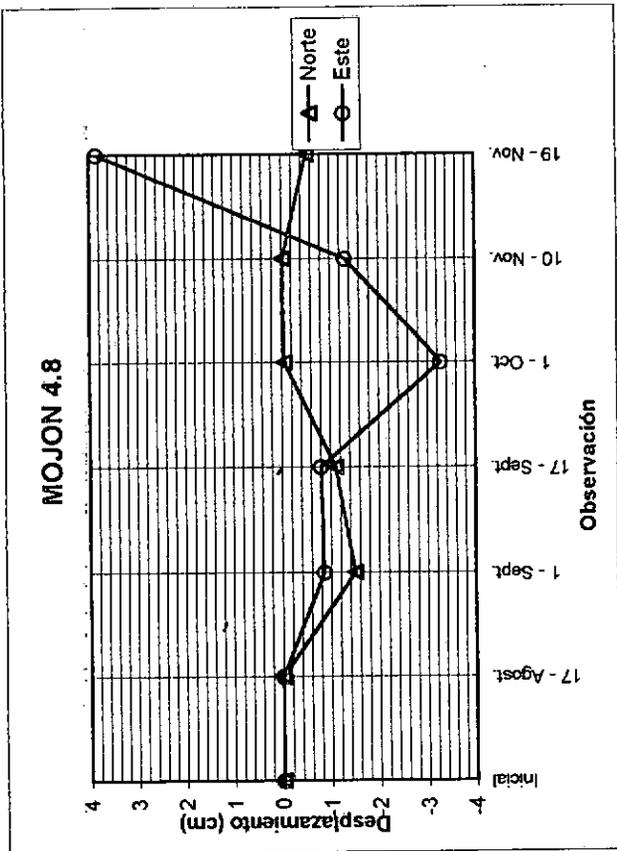


FIGURA No. 2D
DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 3.7 Y 4.8



000056

FIGURA No. 2E
 DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 4.9 Y 4.10

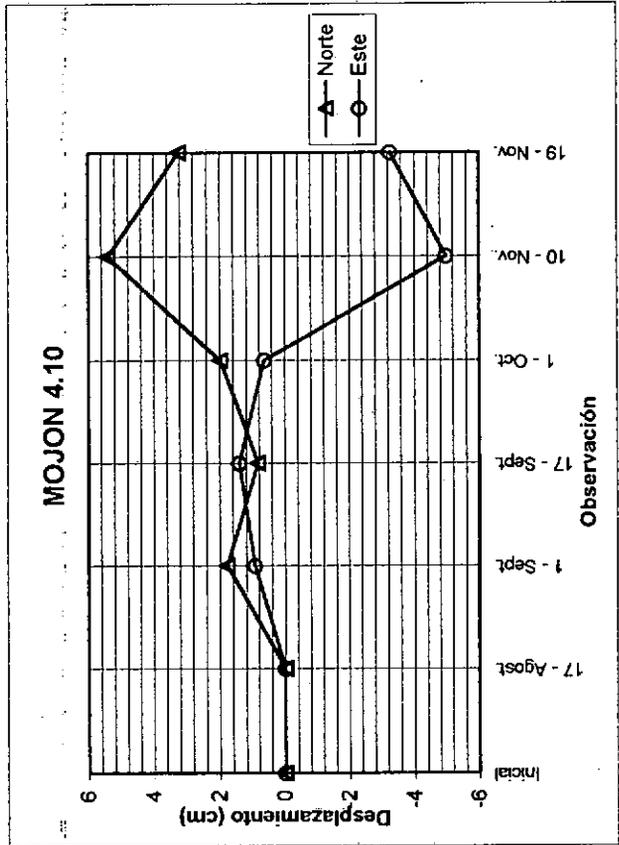
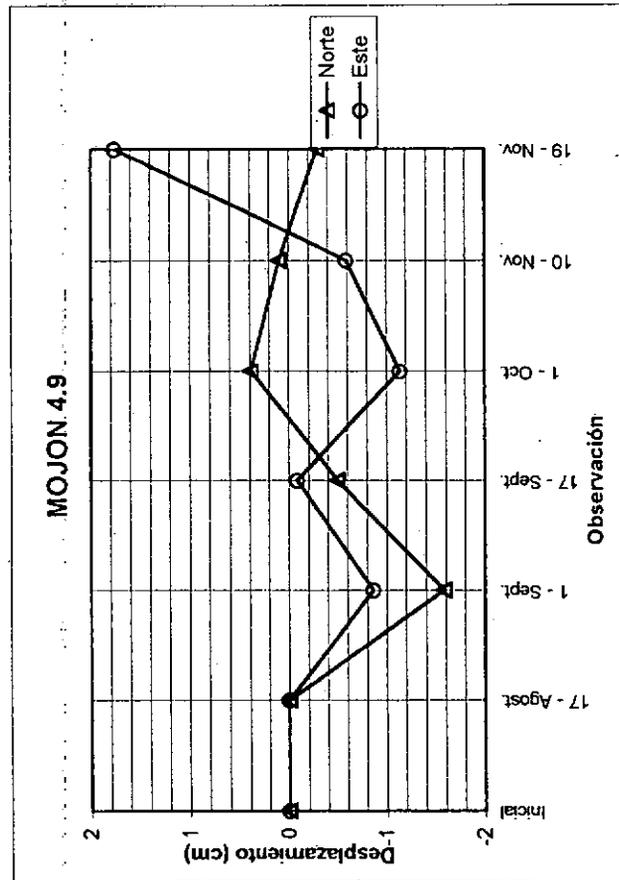


FIGURA No. 2F
DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 5.11 Y 5.12

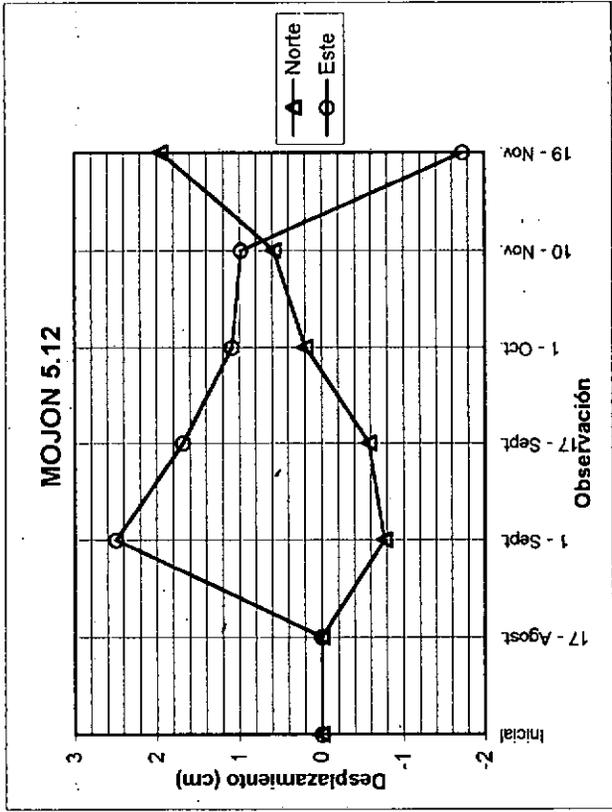
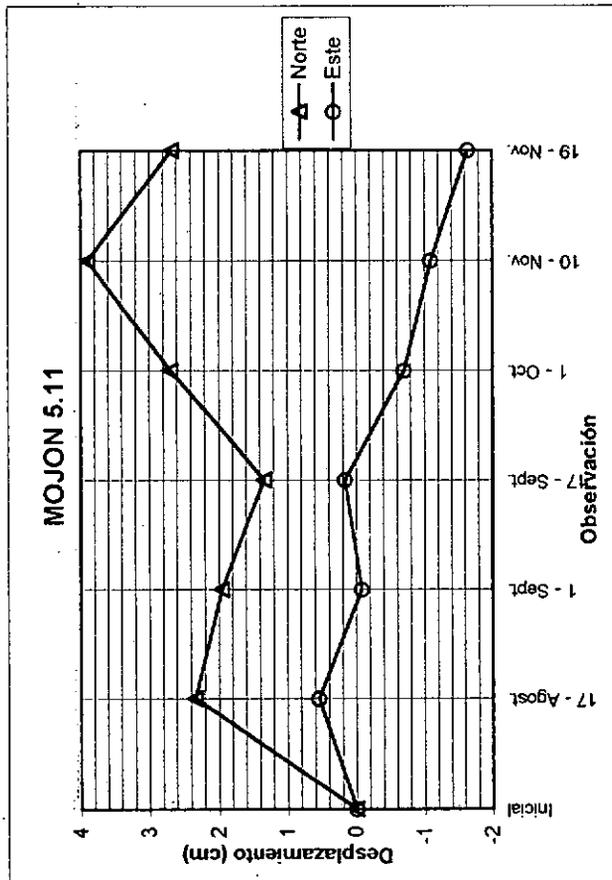
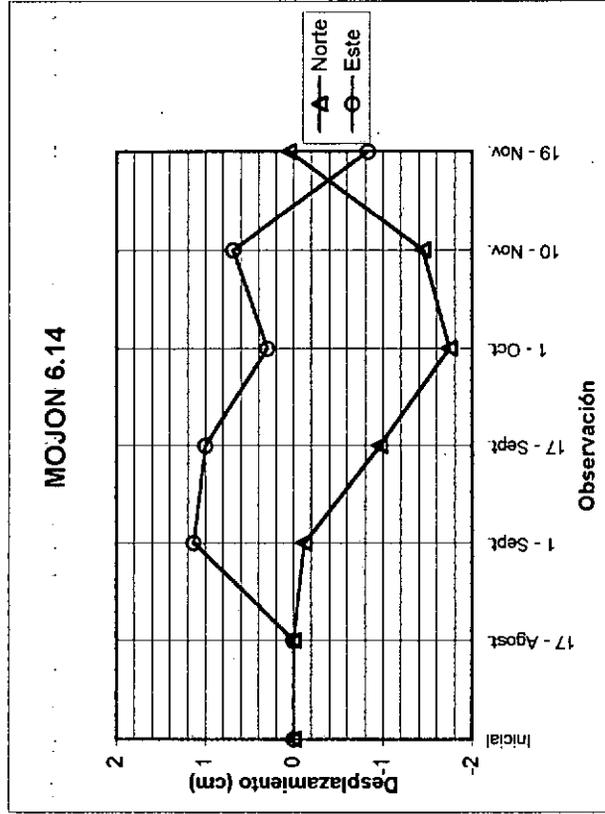
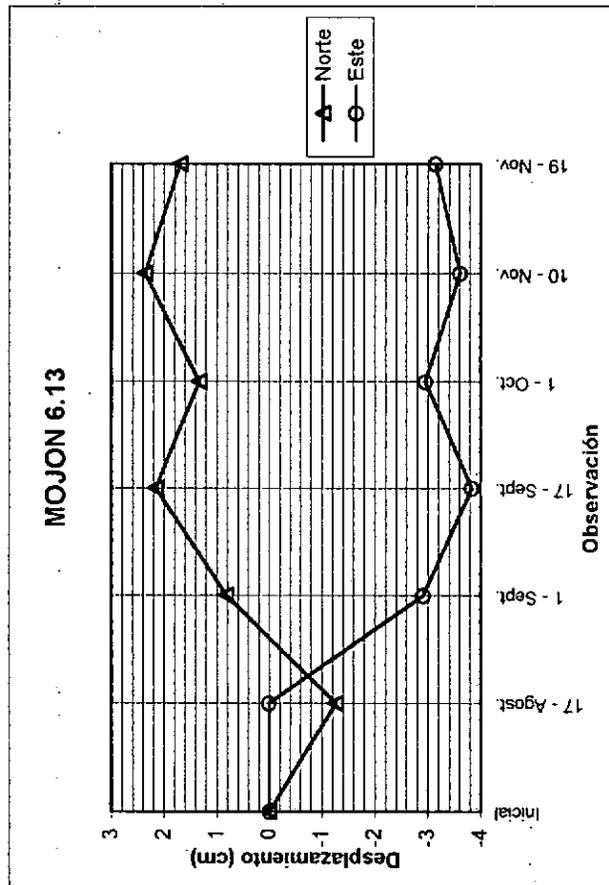
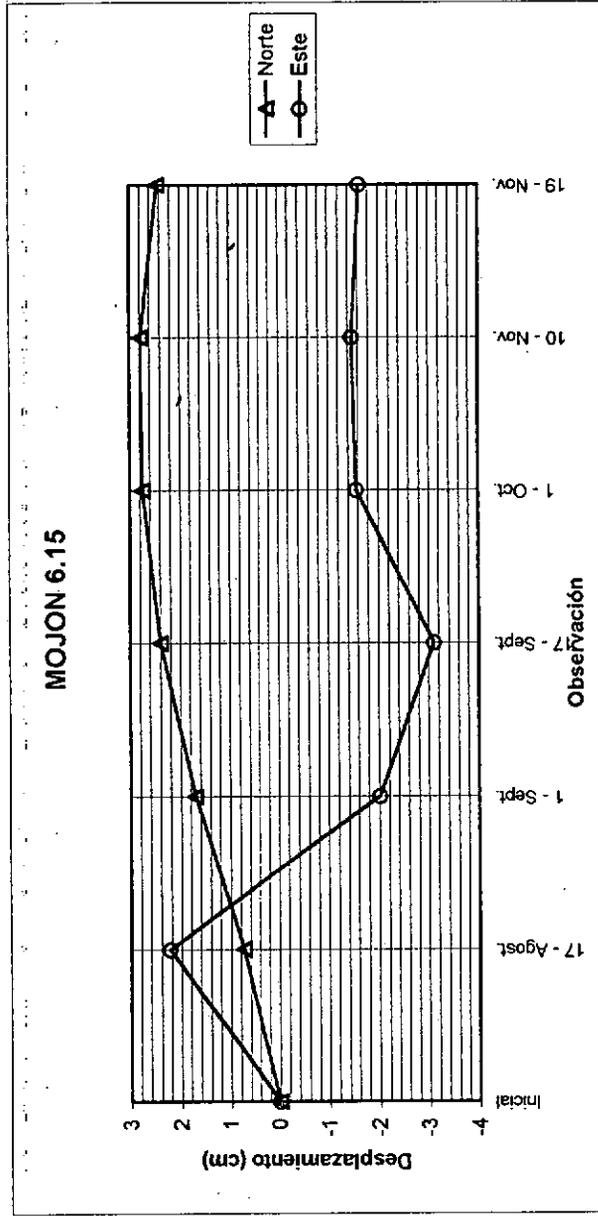


FIGURA No. 2G
 DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJONES 6.13 Y 6.14



000059

FIGURA No. 2H
DESPLAZAMIENTOS NORTE Y ESTE MOJON 6.15



000061

APENDICES

FIGURA 3.A
Inclinómetro No. 1
Amarre por la Pata

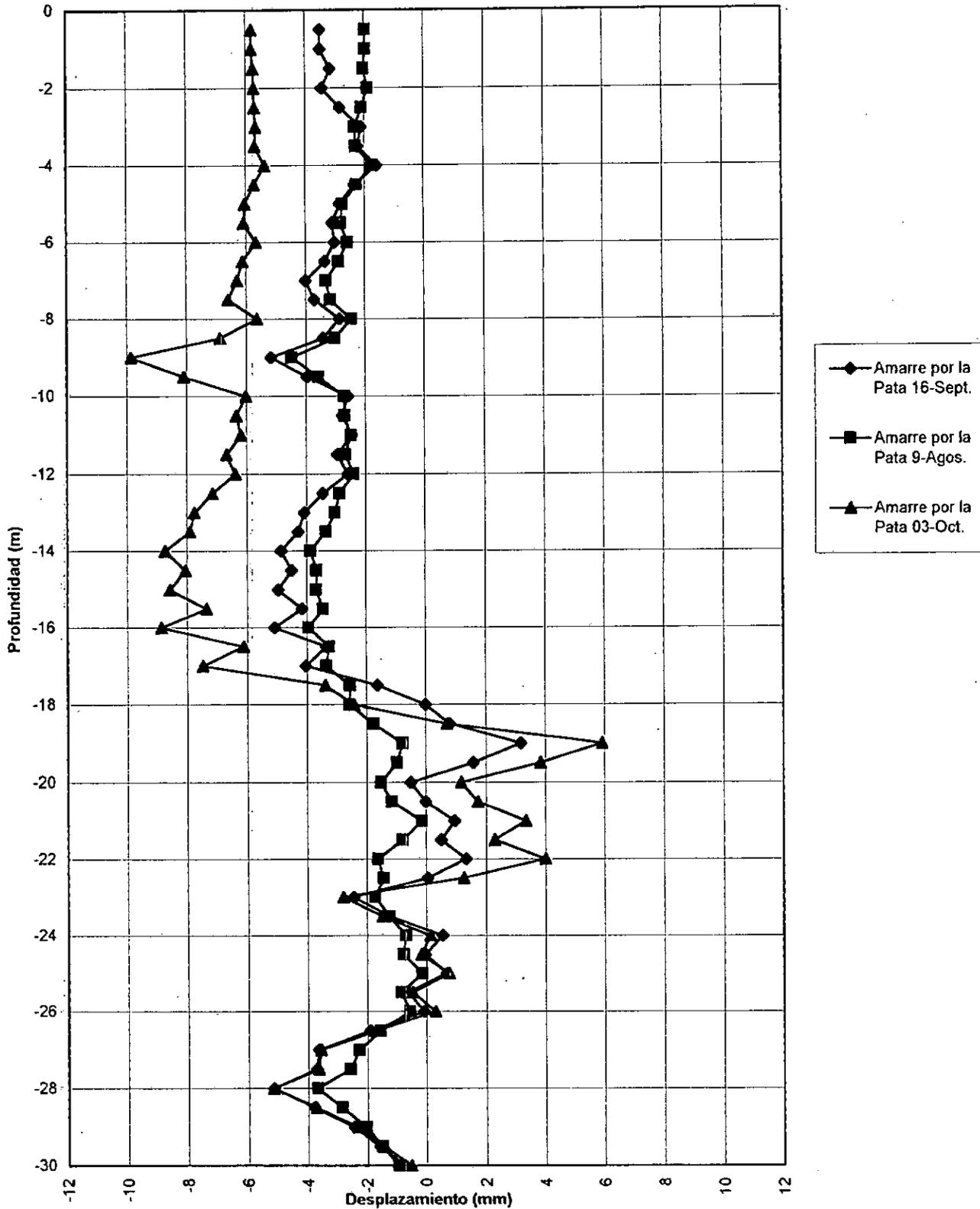


FIGURA 3.B
Inclinómetro No. 2
Lote Portón Real.Amarre por la Pata

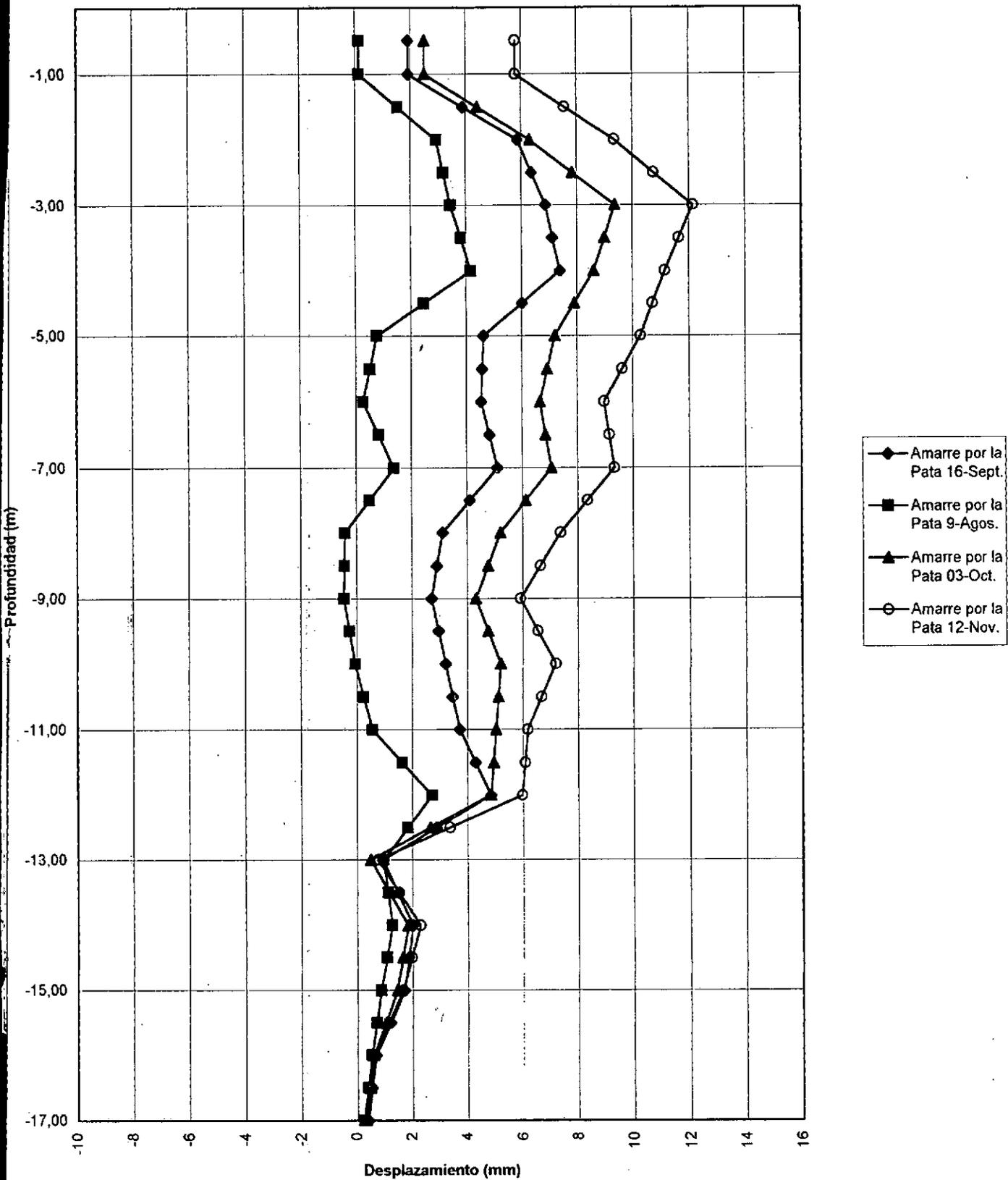
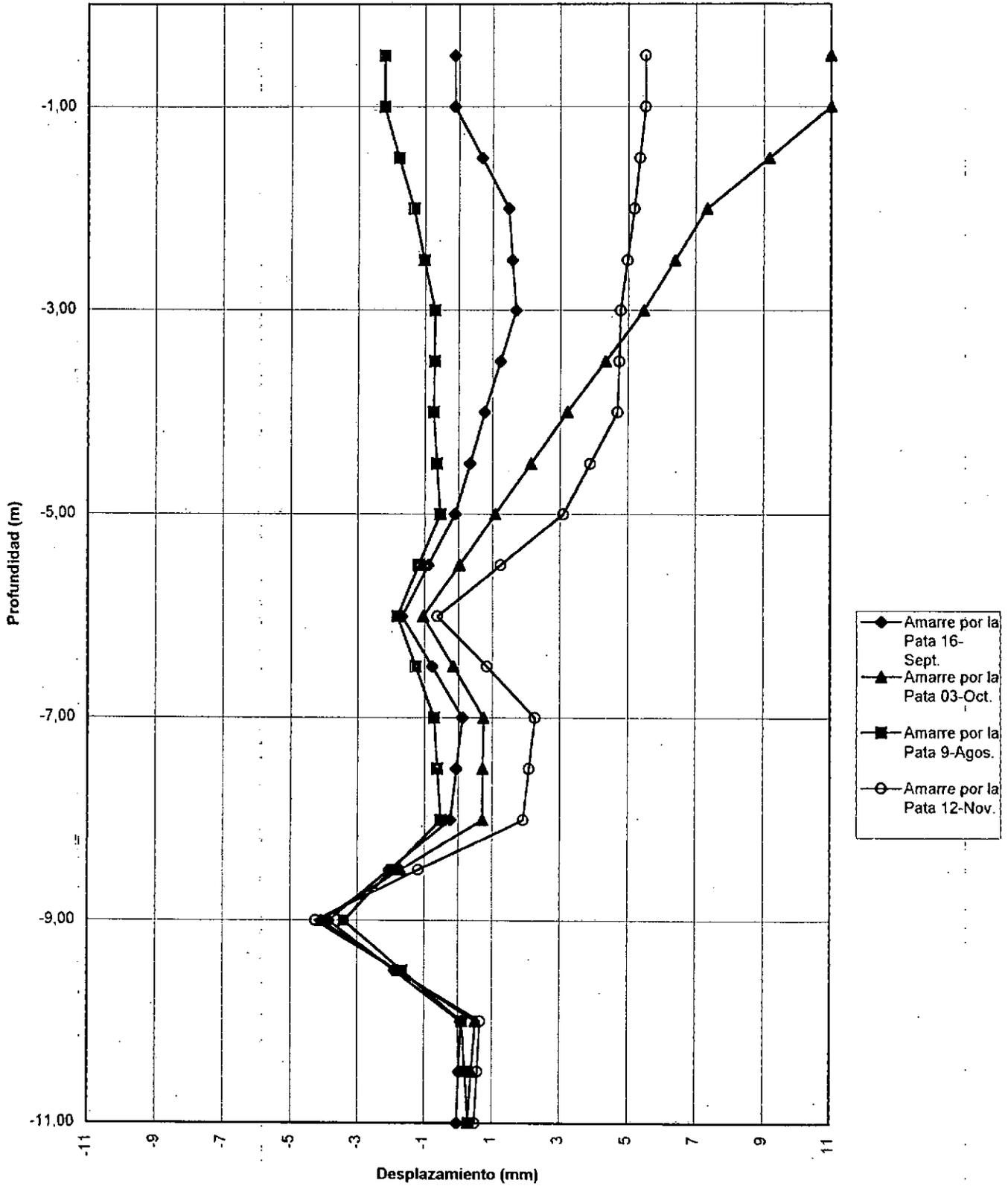


FIGURA 3.C
Inclinómetros No. 3
Amarre por la Pata



UPES

PERFORACION P-1

INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA



PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD 20.35 m

LOCALIZACION	COORDENADAS	INCLINACION CON LA VERTICAL	COTAS
Sector sur oriental de la zona del deslizamiento	N <u>96.957,009</u> E <u>98.618,780</u>	<u>0°</u>	SUPERFICIE <u>2.632,11 m</u> ROCA <u>2.613,11 m</u> FONDO <u>2.611,76 m</u>
	EQUIPO <u>Petty</u>	NIVEL DE AGUA <u>-</u>	

INSTRUMENTACION INSTALADA: Piezometro PROFUNDIDAD 19,40 m

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES
			No.	Profundidad		Golpes				
				De	A	15	15	15		
0.40		Material arcillo limo arenoso, con una coloración variable de cafe, presenta vetas color amarillo. Hay presencia de raicillas.								000065
		Material arcillo limoso, color amarillento, muy oxidada, con vetas color cafe y gris. Presenta una concentración baja de arenisca húmeda.								
4.50		Arcilla limosa oxidada, con vetas cafe y gris. Hay presencia de arena en poca cantidad.								
6.00		Similar descripción a la capa anterior.								
10.00		Arcilla de color gris oscuro, con algo de limas, presenta vetas de color cafe claro, se observan mayor concentración de arena fina hacia la base.								
12.00		Similar descripción a la anterior.								
14.00		Material limo arcilloso color gris oscuro, presenta arena fina y vetas de color cafe rojizo.								
16.00		Material arcilloso con algo de limos, color gris claro variando								

S.P.T. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

T.S.-TUBO SHELBY

UPES

PERFORACION P-1

INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA



PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES
			No.	Profundidad		Golpes				
				De	A	15	15	15		
19.00		a rojoza, se observan gravas y arena media. Consistencia varía de media a alta y la humedad es media.								000068
20.35		Arcillolita de color gris oscuro, de consistencia alta y humedad media								
		FIN DE LA PERFORACION								

UPES

PERFORACION P-2

INGENIERIA E
 HIDROSISTEMAS LTDA

PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
 BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD 20.50 m

LOCALIZACION	COORDENADAS	INCLINACION CON LA VERTICAL	COTAS
Parte media de la zona del deslizamiento	N <u>97.011,940</u> E <u>98.515,352</u>	<u>0°</u>	SUPERFICIE <u>2.623,53 m</u> ROCA <u>2.604,53 m</u> FONDO <u>2.603,03 m</u>
	EQUIPO <u>Petty</u>	NIVEL DE AGUA <u>-</u>	

INSTRUMENTACION INSTALADA: Piezometro PROFUNDIDAD 20,20 m

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES	
			No.	Profundidad		Golpes					
				De	A	15	15	15			TOTAL
2.50		Limo arcilloso, color rojizo, muy arenoso, se observa M.O. en descomposicion, raicillas. El color varia a gris claro. Humedad alta y plasticidad alta.	1	2.00	2.50	2	2	2	4	Amarillenta	Ensayo SPT.
4.00		Similar descripcion a la anterior.								Rojiza	
6.00		Arcilla limo arenosa, color cafe oscuro, presenta vetas gris claro y amarillo ocre, se observa M.O. en descomposicion. Humedad y plasticidad alta.	2	4.00	4.50	2	5	5	10	Rojiza	Ensayo SPT.
8.00		Arcilla arena limosa, color habana con vats gris claro y amarillo ocre. La arena es gruesa. Hay presencia de M.O. en descomposicion. Plasticidad y humedad alta.	3	6.00	6.50	7	6	7	13	Amarillenta	Ensayo SPT.
10.00		Arena limosa color amarillenta. Hacia la base hay mayor concentracion de arcilla limosa. Humedad alta, plasticidad alta.	4	8.00	8.50	5	6	9	15	Rojiza	Ensayo SPT.
12.00		Arena arcilla limosa, color cafe rojizo, con vetas gris claro y amarillo ocre, se observa M.O. en descomposicion. hay presencia de fragmentos de bloques en la base. Humedad y plasticidad alta.	5	10.0	10.5	11	19	25	44	Gris Claro	Ensayo SPT.
13.50		Arcilla arenosa color cafe rojiza, con vetas negro cafe y amarillo ocre. Se observa arena media. Humedad media, plasticidad alta.	6	12.0	12.5	10	14	15	29	Rojiza	Ensayo SPT.
16.50		Arcilla color habana, con vetas amarillo ocre. De alta consistencia. Humedad media a baja.	7	15.0	15.5	7	10	14	24	Rojiza	Ensayo SPT.
		Arcilla color cafe rojiza variando									

S.P.T. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

T.S.-TUBO SHELBY



PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES	
			No.	Profundidad		Golpes					
				De	A	15	15	15			TOTAL
19.00		a gris clara. Plasticidad baja. Humedad baja.	8	17.0	17.5	7	10	15	25	Rojiza	Ensayo SPT.
20.50		Arcilla limosa, color gris clara variando a habana. Presenta vetas cafe rojiza y amarillo ocre. Plasticidad media, humedad baja.	9	20.0	20.5	8	12	14	24	Rojiza	Ensayo SPT.
		FIN DE LA PERFORACION									

000068

UPES

PERFORACION P-3INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA
 PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
 BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

LOCALIZACION

COORDENADAS

PROFUNDIDAD 20.20 mN 97.071,331

INCLINACION CON LA VERTICAL

COTAS

Sector Nororiental

E 98.689,2460°SUPERFICIE 2.617,70 m

EQUIPO

NIVEL DE AGUA

ROCA 2.600,70PettyFONDO 2.597,50INSTRUMENTACION INSTALADA: PiezómetroPROFUNDIDAD 20.20 m

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES
			No.	Profundidad		Golpes				
				De	A	15	15	15		
1.5		Relleno limo arcillo arenoso, muy orgánico. Escombros de construcción								
5.0		Limo arcilloso con algo de arena de grano medio, presenta raíces. Plasticidad media, humedad media. Materia orgánica en descomposición.								SPT 2.0 - 2.45 8-5-8
7.50		Continua el mismo material. Más Plastico. Presencia de gravas.								SPT 5.0 - 5.45 6-10-12
9.0		Limo arcilloso color café rojizo vetas color gris claro, de humedad media y plasticidad media a alta. Consistencia blanda.								SPT 8.0-8.45 8-8-10
13.6		Arcilla limosa color gris claro con manchas de oxico. Humedad media y plasticidad media a alta. presencia de gravas.								SPT 11.0-11.45 9-12-17
17.0		Arcilla color gris claro, coloración verdosa, presencia de materia orgánico. Plasticidad y humedad alta.								

S.P.T. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

T.S.-TUBO SHELBY

HOJA 1 DE 2

000069

UPES

PERFORACION P-3INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA
 PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
 BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES
			No.	Profundidad		Golpes				
				De	A	15	15	15		
19.00		Arcilla color gris oscuro, de alta consistencia. Humedad media y plasticidad media.								
20.20		Cambia a color café. Muy consistente.		19.0	19.5					SPT 19.00-19.50 52 golpes para 12 pulgadas
		FIN DE LA PERFORACION								000070

UPES:

PERFORACION I-1

INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA



PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD 30.00 m

LOCALIZACION

COORDENADAS

Parte alta de
San Luis

N 96.988,192
E 98.448,088

INCLINACION CON LA VERTICAL
0°

COTAS

SUPERFICIE 2.630,49 m
ROCA 2.603,49 m
FONDO 2.601,49 m

EQUIPO
Petty

NIVEL DE AGUA
-

INSTRUMENTACION INSTALADA: Inclinometro PROFUNDIDAD 30,00 m

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES	
			No.	Profundidad		Golpes					
				De	A	15	15	15			TOTAL
3.00		Relleno de conglomerado, raicillas, M.O. en descomposicion, color negro cafe. Muy arenoso, presenta gravas y fragmentos de roca.	1	2.00	2.50	8	7	6	13	Amarillenta	000071 Ensayo SPT.
6.00		Arena limo arcillosa, con raicillas, muy contaminado. Presenta algo de gravas gruesas. Estrato color amarillento.	2	4.00	4.50	7	9	10	19		Ensayo SPT.
7.00		Bloque.	3	6.00	6.50						Ensayo SPT. Rechazo.
9.00		Arcilla limo arenosa, color gris amarillenta, con manchas cafe oscuras. Arena de tamano medio. Humedad alta, plasticidad media.	4	8.00	8.50	5	10	17	27		Ensayo SPT.
12.0		Similar descripcion que es estrato anterior, pero presenta gravas de tamano mediano a la base.	5	10.0	10.5	5	7	12	19		Ensayo SPT.
13.0		Arcilla limo arenosa con gravas. Humedad y plasticidad media.	6	12.5	13.0	8	10	48	58		Ensayo SPT.
14.0		Bloque.	6A	13.0	13.5						Ensayo SPT. Rechazo.
15.5		Arcilla limo arenosa con gravas. Presenta color habano. Humedad y plasticidad varian de media a baja.	7	14.5	15.0	13	23	25	48		Ensayo SPT.
16.0		Bloque.	7A	15.5	16.0						Ensayo SPT. Rechazo.
		Arcilla limosa con gravas, y arena en gran proporcion. Color Hanano.	8	16.0	16.5	11	13	25	38		Ensayo SPT.

S.P.T. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

T.S.-TUBO SHELBY



PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

PROFUNDIDAD (m)	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES
			No.	Profundidad		Golpes				
				De	A	15	15	15		
17.5		Humedad y plasticidad bajas.								
19.0		Bloque.	9	18.0	18.5					Ensayo SPT. Rechazo
22.0		Arcilla limosa, color gris claro variando a gris oscuro, con manchas amarillas. Presenta gran cantidad de arena y gravas. Humedad y plasticidad media.	10	20.0	20.5	15	23	23	46	Ensayo SPT.
25.0		Arcilla limosa y gravosa, presenta bloques y arena. Color del estrato gris claro y manchas amarillas. Humedad media. Plasticidad media a baja.	11	23.0	23.5	80	67	15	82	Ensayo SPT.
26.0		Limo arcilloso en el primer metro y luego arena fina, con presencia de gravas y fragmentos de bloque. Humedad alta.	12	26.0	26.5	30	38	30	68	Ensayo SPT.
28.0		Arcilla de color gris claro, variando a cafe rojizo, presenta vetas amarillas. Muy consistente. Presenta arena fina en poca proporcion.								
30.0		FIN DE LA PERFORACION								

000072

UPES

PERFORACION 1 - 2INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA
 PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
 BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

LOCALIZACION

COORDENADAS

PROFUNDIDAD 17.00 m
 Parte alta
 lote Porton Real
N 97.072,909

INCLINACION CON LA VERTICAL

COTAS

E 98.598,7950°SUPERFICIE 2.616,46 m

EQUIPO

NIVEL DE AGUA

ROCA 2.603,46 mPettyFONDO 2.603,46 mINSTRUMENTACION INSTALADA: InclinometroPROFUNDIDAD 17,00 m

PROFUNDIDAD m.	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES
			No.	Profundidad		Golpes				
				De	A	15	15	15		
1.0		Limo arcilloso color gris, con algo de arena, manchas amarillas, materia orgánica.								000073
3.0		Arcilla limosa color gris clara, oxidada, orgánica, presencia de arena fina y gravas.								
5.50		Arcilla café clara a gris, algo limosa, plasticidad media, presencia de arena fina.								
7.90		Continua el mismo material, se hace más consistente con la profundidad.								
11.0		Arcilla color gris amarillenta, con vetas amarillas, plasticidad media a baja.								
11.5		arena fina.								
13.5		Arcilla color gris clara de consistencia media a alta, plasticidad media. Se hace más dura y consistente								
17.0		Continua el mismo material.								PT 13.00 - 13.50 m 12 - 16 - 22 PT 15.30 - 15.80 m 13 - 17 - 25 Se instaló inclinómetro. Fin de perforación.

S.P.T. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

T.S.-TUBO SHELBY

HOJA 1 DE 1

UPES

PERFORACION 1-3INGENIERIA E
HIDROSISTEMAS LTDA
 PROYECTO: ACTUALIZACION ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS
 BARRIOS: GRANADA SUR-MONTEBELLO-VILLA NATALY-PADUA Y SAN LUIS

LOCALIZACION

COORDENADAS

PROFUNDIDAD 13.00 mSector Nor Occidental
de la zona del deslizamientoN 97.096,865
E 98.538,502INCLINACION CON LA VERTICAL
0°

COTAS

SUPERFICIE 2.607,09 m
ROCA 2.598,09 m
FONDO 2.598,08 m

EQUIPO

NIVEL DE AGUA

PettyINSTRUMENTACION INSTALADA: Inclinometro PROFUNDIDAD 11.00 m

PROFUNDIDAD m	ESTRATOS	DESCRIPCION	MUESTRA						COLOR AGUA	OBSERVACIONES	
			No.	Profundidad		Golpes					
				De	A	15	15	15			TOTAL
3.00		Material limo arena arcilloso color carmelito oscuro, variando a rojizo, con fragmentos de escombros, humedad media								Rojizo	SPT (1) 2.00 - 2.50 Golpes 5 - 4 - 7 Ensayo SPT.
5.50		Arcilla limosa y arenosa color cafe rojizo con manchas gris claro y amarillentas, presenta vetas color negro, fragmentos de material de escombros y gravas, mas humeda y plasticidad media								Rojizo	SPT (2) 4.50 - 5.00 Golpes 11 - 19 - 15 Ensayo SPT.
8.00		Arcilla limosa color gris claro con manchas amarillas por la descomposicion de ferromagnesianos, presenta algo de gravas y fragmentos de bloques, arena media, humedad media a baja, plasticidad media								Gris claro	SPT (3) 7.00 - 7.50 Golpes 4 - 7 - 9
11.50		Arcilla de color gris claro variando a negro cafe a medida que se profundiza. Muy oxidada, arenosa y gravosa, humedad alta, plasticidad baja								Negruzca	SPT (4) 9.50 - 10.00 Golpes 14 - 20 - 28
13.00		Muy consistente a partir de 9 m arcillolita de color rojizo con vetas gris claro y manchas amarillas, humedad baja, muy consistente								Rojizo	SPT (5) 12.00 - 12.50 Golpes 50 - 70 - 0
		FIN DE LA PERFORACION									

000074

S.P.T. PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

T.S.-TUBO SHELBY

HOJA 1 DE 2