

19-CB1-2

INFORME N° 02 - 89

19

E 16



SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
BOGOTA D.E. NOVIEMBRE DE 1989

PROINAGRO LTDA.

Calle 65 N° 13-50 of.603
Tel. 2557124 - 2557224

**ESTUDIO Y DISEÑO DE OBRAS PARA LA
ESTABILIZACION DEL TALUD
POSTERIOR DE LA ESCUELA DEL
BARRIO COMPARTIR
(CIUDAD BOLIVAR)**

Proinagro Ltda.

Instrumentación
Análisis especiales
Ingeniería de recursos naturales

Bogotá, D.E., 15 de noviembre de 1989

Señor Doctor
GUILLERMO VILLATE SUPELANO
Secretario de Obras Públicas
Distrito Especial de Bogotá
E. S. D.

Ref: Informe técnico Contrato No.255/89

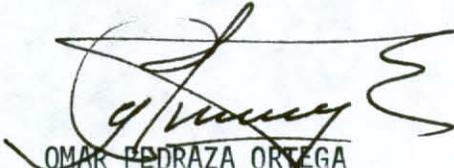
Apreciado Doctor:

Adjunto al presente tenemos el agrado de entregar a Ud. el informe técnico correspondiente al contrato de la referencia, relativo al "Estudio y diseño de obras para la estabilización del talud posterior de la escuela del barrio Compartir, en Ciudad Bolívar".

Esperamos que las obras propuestas en el estudio sean realizadas en el menor tiempo posible, a fin de evitar que la inestabilidad progrese y pueda afectar una mayor área, con los daños consiguientes en viviendas e infraestructura.

Aprovechamos la oportunidad para agradecer a Ud. y al personal de la - División de Estudios por su colaboración en la ejecución de este proyecto.

Atentamente,


OMAR PEDRAZA ORTEGA
Gerente

OPO/cpr

DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS

ESTUDIO Y DISEÑO DE OBRAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD
POSTERIOR DE LA ESCUELA DEL BARRIO COMPARTIR, EN CIUDAD BOLÍVAR
Contrato N° 255 de 1989

Informe Técnico Final

Bogotá, D.E., Noviembre de 1989

CONTENIDO

INTRODUCCION	3
I. ASPECTOS GENERALES	4
I.A. Objetivos	4
I.B. Problemática actual	4
I.C. Metodología	5
II. DIAGNOSTICO GEOMORFOLOGICO Y GEOTECNICO	7
II.A. Topografía	7
II.B. Cuadro climático e hidrológico	7
II.C. Cuadro geológico y morfoestructural	7
II.D. Zonificación geotecnica	8
II.E. La urbanización	10
III. LAS POSIBILIDADES DE CONTROL	12
IV. DISEÑO DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION	14
IV.A. Muro de contención	14
IV.B. Remodelación de taludes	16
IV.C. Drenaje de aguas de infiltración y de aguas lluvias	18
IV.D. Traslado de damnificados	19
V. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	21
ANEXO N° 1: MEMORIA DE CALCULOS	
ANEXO N° 2: ESTABILIDAD ACTUAL DEL TALUD (MEMORIAS)	
ANEXO N° 3: MEMORIAS DEL ESTUDIO DE SUELOS	
ANEXO N° 4: FOTOGRAFIAS	
ANEXO N° 5: MAPAS	

4

ESTUDIO Y DISEÑO DE OBRAS PARA LA ESTABILIZACION DEL TALUD POSTERIOR DE LA ESCUELA DEL BARRIO COMPARTIR, EN CIUDAD BOLIVAR

INTRODUCCION

El barrio Compartir, localizado al sur de Bogotá, en el área de Ciudad Bolívar, fue fundado hace cerca de una década para albergar a las familias perjudicadas por las inundaciones de Patio Bonito. Desde entonces, el barrio ha tenido un desarrollo urbanístico notable, hasta el punto de que hoy se halla en su mayor parte habitado.

Sin embargo, dado que los terrenos destinados a este barrio son en su mayor parte de topografía ondulada a quebrada, no tardaron en aparecer problemas de desestabilización de laderas, con los consiguientes perjuicios para las viviendas y los habitantes del sector. Estos problemas se han debido en su mayor parte a mala disposición de aguas negras y de aguas lluvias, a cortes excesivos en terrenos potencialmente inestables y a construcciones hechas muy cerca de los bordes de taludes muy inclinados.

Tal es el caso del problema objeto del presente informe, el cual se presentó como consecuencia de la conjunción de las tres causas mencionadas, a las cuales se agregan condiciones geomorfológicas de especial vulnerabilidad. El estudio que aquí se presenta busca evaluar este problema y proponer las medidas y diseños adecuados para su control.

I. ASPECTOS GENERALES

I.A. OBJETIVOS

Con base en lo expuesto en la parte introductoria, los objetivos de los presentes trabajos son:

- 1.- Establecer un diagnóstico sobre el estado actual y las causas del fenómeno de inestabilidad que afecta el talud posterior de la escuela del barrio Compartir.
- 2.- Proponer métodos que permitan controlar el fenómeno
- 3.- Diseñar las obras que se crean más adecuadas para suprimir las causas de la inestabilidad del talud y elaborar los cálculos de cantidades de obra y costos.

I.B. PROBLEMÁTICA ACTUAL

Los riesgos de deslizamientos y fallas de taludes se han incrementado en la región a causa de los grandes movimientos de tierra efectuados con el objeto de acondicionar la falda de la montaña para la construcción de nuevas viviendas.

A lo anterior se agrega la falta de control de las aguas lluvias y negras y la ausencia total de vegetación protectora, aspectos que contribuyen altamente a la inestabilidad de las laderas

6

urbanizadas. En el caso presente, el talud afectado está localizado inmediatamente detrás de la escuela del barrio Compartir, entre el patio de la misma y las últimas casas del vecino barrio Juan Pablo II, ubicadas sobre el borde superior del barranco.

La escuela queda en la intersección de la Carrera 18 y la Calle 68 A Sur y su acceso se hace a partir de la futura Autopista al LLano (Av. Boyacá).

I.C. METODOLOGIA

Para la ejecución del proyecto se realizaron las siguientes actividades principales:

- 1.- Levantamiento topográfico de la zona de interés, mediante planimetría y altimetría detallada. El plano obtenido constituye la base para todos los demás trabajos y diseños.
- 2.- Diagnóstico geomorfológico y geotécnico del problema de inestabilidad que presenta actualmente el barranco, llevado a cabo con base en observación y análisis de campo.
- 3.- Estudio de las medidas o tratamientos susceptibles de aplicar para el control del fenómeno y selección de las que se consideraron más adecuadas.

4.- Diseño de las obras destinadas a suprimir las causas del problema y a garantizar la protección de la escuela del barrio Compartir.

II. DIAGNOSTICO GEOMORFOLOGICO Y GEOTECNICO

II.A. TOPOGRAFIA

La topografía general del sector es ondulada, pero las pendientes son fuertes en el sector de la escuela. En efecto, el barranco o talud del problema presenta pendientes que varían desde 32° hasta cerca de 50°. El plano N° 1 muestra la topografía detallada del sector, con curvas de nivel cada 50 cm.

II.B. CUADRO CLIMATICO E HIDROLOGICO

Por su localización al sur de la Sabana de Bogotá, el clima del sector de la escuela es frío y de tendencia seca, con precipitación media anual del orden de 600 a 700 mm., muy irregularmente repartida (coeficiente de concentración cuatrimestral cercano al 50%). Por su constitución arcillosa, el tipo de escurrimiento dominante es el superficial, aunque el alcantarillado público y las letrinas privadas que aún subsisten constituyen fuentes para el escurrimiento hipodermico, principal causante de los derrumbes y deslizamientos en la zona.

II.C. CUADRO GEOLOGICO Y MORFOESTRUCTURAL

La zona afectada por los problemas de carácter geotecnico corresponde a un conjunto de arcillolitas de color amarillo, intercaladas con arenitas color crema con cementante caolinítico,

en capas y delgados bancos de 5 y 30 cm. respectivamente, que pertenecen a la parte inferior de la Formación Guaduas, de origen continental, que descansa sobre las areniscas del Grupo Guadalupe aflorante en los cerros localizados 300 m. al suroeste de la escuela.

La inestabilidad de la zona es causada por dos fallas de desplazamiento vertical que afectan el conjunto de arcillolitas y arenitas ya descrito, cuyo rumbo (del conjunto) es N 16° E y presenta una inclinación o buzamiento muy suave hacia el SE de 12° (ver fotos). Las dos fallas están claramente manifiestas por la intensa trituración y cizallamiento causado en las rocas afectadas y por los pliegues de arrastre generados en los bloques afectados al generarse el desplazamiento vertical.

Como se pudo comprobar en el terreno, el bloque que presenta mayor inestabilidad y que causó los problemas de carácter geotécnico que amenazan la estructura de la escuela, está limitado en sus dos extremos por las fallas mencionadas y se localiza exactamente frente a la parte central de la construcción. Los dos bloques de los extremos revisten menos peligro, ya que los estratos presentan una dirección mas o menos paralela a los módulos de la escuela y un buzamiento, como ya se mencionó, de pocos grados (12°), en sentido contrario a la pendiente del terreno.

II.D. ZONIFICACION GEOTECNICA

La observación del talud permite entonces distinguir tres sectores de características litológicas diferentes:

- Un primer sector (A), conformado basicamente por arcillas, si bien en su base se observa una delgada capa de areniscas, con buzamiento suave, del orden de los 12° hacia el SE (vease anexo fotografico), la cual se hunde por debajo del nivel del patio. Este sector, a pesar de presentar el talud más alto en el extremo nororiental del lote, no ofrece problemas actuales graves, salvo un pequeño deslizamiento que amenaza el predio número 8. Sin embargo, dada su fuerte pendiente (40°-50°) y su constitución a base de arcillas plásticas, es un sector de alto riesgo para deslizamientos o derrumbes, máxime si se considera la influencia de las aguas lluvias y de las aguas negras (se observan algunos vertimientos de letrinas en el talud).

- Un segundo sector (B), hacia el centro del barranco, aproximadamente entre el predio N° 2 y el comienzo de la cerca que limita a la escuela por su costado suroriental, desestabilizado, en el cual se presentaron recientemente los agrietamientos y derrumbes que dieron origen a la intervención de la Secretaría de Obras Públicas. Este sector coincide con la presencia de una faja de fallamiento tectónico, caracterizada por abundante material brechoso y una gran trituración del material. Por tal razón, este es el sector más crítico del barranco, con el riesgo más alto de ocurrencia de

fenómenos morfodinámicos.

- Un tercer sector (C), en el extremo sur del barranco, de apenas 2 o 3 m. de altura, donde predominan las areniscas, que dan una buena estabilidad al mismo.

Los anteriores son sectores del barranco localizado arriba del patio de la escuela. Sin embargo, abajo del patio, contra la Carrera 18, existe otro talud, más angosto y menos alto (D), el cual presenta en algunos sectores problemas de erosión superficial en surcos, ocasionados por el agua lluvia que cae del tejado de la escuela. Este problema debe ser igualmente controlado desde ahora, pues en el futuro puede socavar el piso de la propia escuela y hacerla ceder. Entre el talud superior (A, B y C) y el talud inferior (D) se ubica un sector de topografía plana ocupado por el edificio de la escuela y por el patio (E). Vease la zonificación en el plano número 2.

II.E. LA URBANIZACION

La zona alrededor de la escuela está totalmente urbanizada, lo cual constituye el factor más importante de su desestabilización geomorfológica. La urbanización ha influido de dos maneras principales

- Por el peso que representan las construcciones sobre materiales poco consolidados o potencialmente inestables.

12

- Por los vertimientos y/o fugas del sistema de alcantarillado de aguas negras y de aguas lluvias. En el caso presente se debe anotar que no existe un sistema de alcantarillado de aguas a lo largo de la Carrera 18 V, que limita al barranco por su costado superior, por lo cual una buena parte del agua lluvia que se canaliza por esta vía escurre directamente sobre el talud, erosionándolo. Además, existen filtraciones provenientes de letrinas actualmente en uso.

De otro lado, recientemente (mes de octubre) se hizo una remodelación del talud, la cual consistió en un incremento de su pendiente mediante un apreciable recorte llevado a cabo en la pata del talud. Esta labor incrementó innecesariamente los riesgos de fallas en el talud, pues lo que se debe buscar en estos casos es suavizar el talud en vez de aumentarlo.

III. LAS POSIBILIDADES DE CONTROL

Se pueden plantear varias alternativas para el control del fenómeno:

A.- La primera y menos costosa sería mediante la adecuación del talud, con una pendiente tal que no ofrezca riesgos a eventuales movimientos de suelo. Dada la naturaleza y disposición de los materiales del barranco, especialmente en el sector B, el talud más aconsejable sería de 2:1 (H:V). Sin embargo, la construcción de este talud implicaría afectar a la casi totalidad de predios y construcciones existentes sobre la Carrera 18 V, lo que haría inaplicable la solución, por los problemas sociopolíticos que se suscitarían.

B.- La segunda alternativa sería la construcción de un muro de concreto de unos 4 m. de altura en los sectores A y B y de 1.5 m. en el sector C a lo largo del pie del barranco. Esta solución se descarta por su alto costo, ya que resultaría más cara que la adquisición de los predios en peligro actual y futuro.

C.- La tercera y más viable alternativa sería una combinación de las dos anteriores, mediante la construcción de un talud un poco más inclinado (1.5:1), acompañado de un muro de contención en concreto ciclópeo con alturas entre 1.5 y 2 m.

NY

por el pie del barranco. Esta alternativa sólo implicaría la afectación de 2 predios, el 1 y el 8, y sus costos no serían excesivos. Estas razones sustentan la selección de esta alternativa para solucionar los problemas objeto de este estudio.

IV. DISEÑO DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION

Las obras necesarias para la estabilización del barranco según la alternativa 2 serán las siguientes:

- Un muro de contención en concreto ciclópeo a lo largo del pie del barranco.
- La adecuación del talud posterior de la escuela, con una inclinación de 1.5:1 y empradización.
- La adecuación parcial del talud anterior de la escuela, mediante empradización.
- La adecuación del drenaje de aguas lluvias sobre la Carrera 18 V, a fin de evitar su escorrentía sobre el talud.

IV.A. MURO DE CONTENCION.

El muro de contención estará localizado a lo largo del pie del talud posterior de la escuela, según aparece indicado en el plano N° 2.

Es importante anotar que el muro de contención no será completamente recto, sino que se acomodará al trazado del barranco.

La determinación de la altura (H) del muro se realizó con ayuda

de los cortes transversales AA', BB' y CC'. Esta altura y sus demás dimensiones quedaron distribuidas como aparece en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 1. Distribución de alturas del muro de contención

Abscisas		Cortes		Dimensiones del muro (m.)		
De:	A:	De:	A:	H	Corona	Base
K0+00	K0+63m	A	D	2.00	0.30	1.20
K0+63	K0+88	E	F	1.50	0.30	0.70

Los principales parámetros tenidos en cuenta en el diseño de los muros fueron los siguientes:

- Capacidad portante del suelo = 15 ton/m² en suelos cohesivos y no cohesivos a una profundidad de cimentación no menor de 0.40 m.
- Peso específico del suelo = 1.7 ton/m³
- Inclinação máxima del talud por encima de la corona del muro = 1.5 : 1 (H:V), equivalente a 33° 41' aproximadamente.
- La cohesión en el sector A del barranco es del orden de 3.5 Kg/cm², pero en el sector B ella es nula.
- Se debe anotar además que el análisis de estabilidad actual del talud dió como resultado un factor de seguridad muy bajo para el deslizamiento (de 1.05, muy inferior al valor límite

generalmente aceptado, de 1.5), lo cual explica sus recientes fallas.

Estos datos y otros necesarios para el diseño se obtuvieron de análisis realizados en campo y laboratorio por el consultor. El Anexo N° 3 muestra las memorias de los análisis de suelos.

Debido a su poca altura, los muros de contención diseñados son de gravedad, para que se construyan en concreto ciclópeo de buena calidad.

El diseño estructural consistió básicamente en la determinación del peso necesario del muro para contrarrestar los esfuerzos producidos por el empuje de tierras (E), considerando un talud sobre la corona del muro de 1.5:1 ($\alpha = 33.69^\circ$) y asegurando estabilidades contra el volcamiento y deslizamiento de 2.33 y 1.72 (en el caso del muro de 1.5 m. de altura) respectivamente, superiores a las estabilidades mínimas exigidas para este tipo de obras (2 y 1.5). Es de anotar que con las obras propuestas el factor de seguridad contra el deslizamiento se subirá de 1.05 a 1.72.

La ubicación del muro a lo largo del talud se presenta en el plano 2, junto con los cortes transversales AA', BB', CC', DD', EE' y FF'. Los cálculos estructurales y de los factores de seguridad aparecen en el anexo N° 1.

IV.B. REMODELACION DE TALUDES

IV.B.1. Talud posterior de la escuela.

Remodelación morfológica

La remodelación de este talud consiste en la ejecución de una serie de cortes y rellenos arriba de la corona del muro de contención, tal como se muestra en los perfiles del plano N° 2. Estos cortes tienen por objeto dar al talud final una inclinación no mayor de 1.5:1 ($33^{\circ} 41'$). Los rellenos tienen como finalidad llenar los espacios entre el terreno natural y el muro de contención. Estos rellenos deben guardar una continuidad con los cortes efectuados aguas arriba y conservarán la misma pendiente (1.5:1). El material de los rellenos provendrá de los cortes efectuados sobre el barranco. El material sobrante deberá ser cargado y transportado fuera de la zona.

Empradización

Una vez conformado el talud definitivo, este deberá ser empradizado, a fin de evitar la erosión del mismo por las aguas lluvias. La empradización consiste en cubrir el suelo desnudo con una capa de césped. Esta práctica puede efectuarse de dos maneras:

- Colocación del césped directamente sobre el talud

- Empradización por siembra de semilla

En el primer caso los cespedes no deben ser muy grandes para su fácil manejo y evitar que se rompan. Para mayor seguridad, en terrenos inclinados se recomienda clavar el cesped con estacas de madera, a fin de darle soporte mientras la raiz penetra en el suelo desnudo. Los tamaños más aconsejables de los cespedones son entre 80 x 80 y 50 x 50 cm. El segundo metodo no se aconseja aquí pues, dado el clima seco del área, requeriría riego, cuya práctica exige cuidado.

Cercado

Una vez este empradizado el talud, se recomienda cercarlo con tres líneas de alambre de púa y postes cada tres metros, con el fin de evitar que los animales o los niños penetren a él.

IV.B.2. Talud anterior de la escuela

El talud anterior de la escuela, o sea el que queda contra la Carrera 18 X, debe ser objeto por su parte de un tratamiento con el fin de evitar que la erosión hidrica superficial (carcavamiento) siga progresando. Este tratamiento consistirá en rellenar las depresiones o surcos existentes y en su empradización ulterior, según el mismo sistema explicado arriba. El material para rellenar las depresiones podrá obtenerse de los cortes efectuados en el talud posterior de la escuela.

IV.C. DRENAJE DE AGUAS DE INFILTRACION Y DE AGUAS LLUVIAS

IV.C.1. Drenaje de aguas infiltradas.

Para el control de las aguas que afloran en el talud y del agua lluvia que se infiltra dentro del mismo, se diseñó un filtro de material granular localizado en la parte posterior del muro de contención. Este filtro tendrá unas dimensiones aproximadas de 20 x 20 cm., con una longitud igual a la del muro y estará colocado en el punto donde la línea del terreno original corta el muro (aproximadamente a 1/3 de la altura del muro a partir de su base).

El agua recolectada con este drenaje subterráneo será conducida a la cuneta del patio de la escuela, al pie del muro, a través de orificios construidos por lo menos cada 2 metros transversalmente en el muro de contención.

IV.C.2. Drenaje de aguas lluvias

Para evitar que las aguas lluvias o de escorrentía superficial provenientes del sector arriba del barranco escurran sobre el talud y lo erosionen, se ha diseñado una cuneta a lo largo del borde externo de la Carrera 18 V, de características similares a las de la cuneta que va al pie del muro (vease localización en plano 2). También será necesario construir una zanja en corona a lo largo del resto de borde superior del barranco, con el fin de

g¹

recolectar las aguas de esorrentía provenientes de los predios 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Esta zanja debe desembocar en la cuneta de la Carrera 18 V y tendrá una forma trapezoidal con las siguientes dimensiones: ancho superior= 30 cm., ancho inferior= 20 cm. y altura= 25 cm.

IV.D. TRASLADO DE DAMNIFICADOS

Paralelamente con las anteriores acciones técnicas, es necesario adelantar los trámites necesarios ante la Alcaldía Menor y ante la Caja de Vivienda Popular del Distrito Especial de Bogotá, con el fin de trasladar y/o encontrar vivienda en otra parte, a las familias que habitan en los predios 1 y 8 (vease plano N° 1), ya que dichos predios serán afectados sustancialmente por las obras propuestas y, además, se encuentran en serio peligro pues sus construcciones dan contra el borde mismo del barranco.

V. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

Los cuadros 2 y 3 presentan la estimación de las cantidades de obra, el análisis de precios unitarios y el cálculo total de las obras propuestas, en forma separada para el muro de contención, para las obras de remodelación del talud y para el drenaje.

23

Cuadro N° 2. Muro de contención.

Descripción	Cantidad de obra	Unidad	Precio unitario	Total
1. Concreto ciclópeo, 40% concreto 2.500 psi y 60% piedra rajón; no incluye formaleta.	113.25	M3	\$ 18.900,00	\$2.140.425
2. Formaleta para concreto, 4 usos, para concreto ciclópeo.	91.65	M2	2.200,00	201.630
3. Excavación a mano	37.24	M3	955.05	35.566
4. Cargue manual de material de excavación.	37.24	M3	455.03	16.945
5. Transporte material de excavación (5 Km.).	37.24	M3	757.25	28.200
6. Tubería PVC 4" para conexión con sistema local	4	ML	2.500,00	10.000
7. Material granular para filtros muros.	3.5	M3	14.000,00	49.000
8. Cuneta revestida en concreto de 2.500 psi, de 1 m. de desarrollo, incluye formaleta.	88	ML	4.100,00	360.800
Subtotal				\$ 2.842.566
Más A.U.I. (25%)				710.641
Total				3.553.207
Más 5% imprevistos				177.660
Total general				\$ 3.730.867

Cuadro N° 3. Acondicionamiento taludes.

Descripción	Cantidad de obra	Unidad	Precio unitario	Total
1. Excavación a máquina	493.5	M3	\$ 210,00	\$ 103.635
2. Cargue material de excavación	361.9	M3	200,00	72.380
3. Transporte material de excavación (5 Km.)	361.9	M3	757.25	274.049
4. Empradización del talud. Incluye zanja de corona	650	M2	372,00	241.800
5. Acondicionamiento y empradización talud sector D.	260	M2	372,00	96.720
6. Cerca parte superior talud.	109	ML	392,00	42.728
7. Cuneta en corona a lo largo Crr. 18 V.	57	ML	4.100,00	233.700
Subtotal				\$ 1.065.012
A.I.U (25%)				266.253
Total				1.331.265
Más 5% imprevistos				66.563
Total general				\$ 1.397.828

25

ANEXO N° 1: MEMORIA DE CALCULOS

ANEXO N. 1

I. DISEÑO DEL MURO DE CONTENCION

E.A. MURO DE ALTURA $H = 1.50 \text{ m}$.

$$\gamma = 1.7 \text{ ton/m}^3$$

$$f_r = 0.5$$

$$\text{Capacidad portante} = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$$

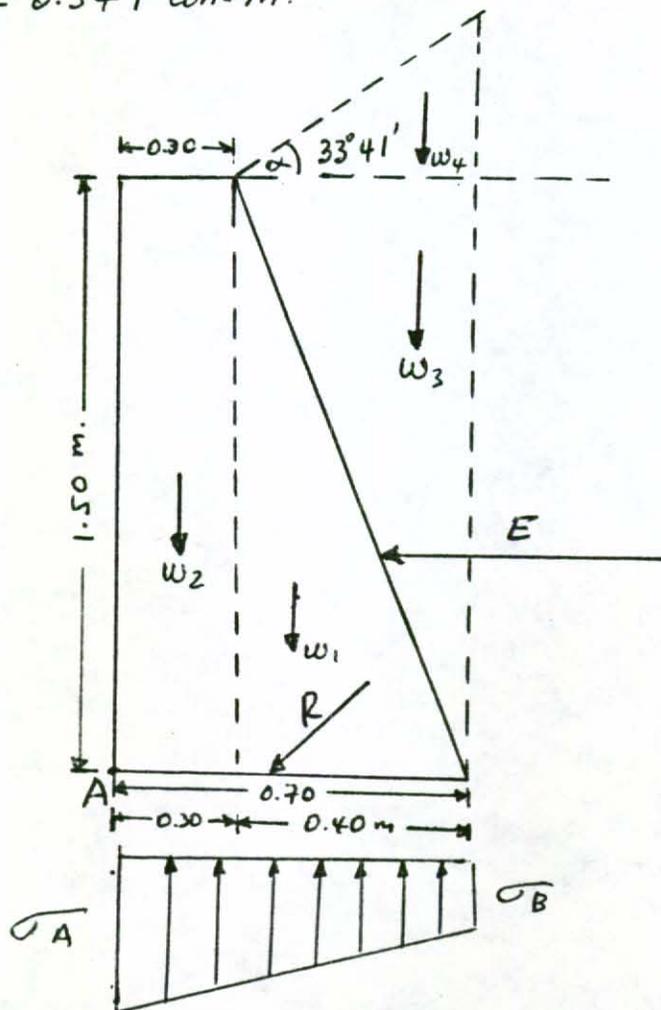
$$\phi = 40^\circ$$

$$\alpha = 33^\circ 41' \text{ aproximadamente} = \text{talud máximo } 1.5 : 1$$

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} = 0.365$$

$$E = \text{Empuje} = \frac{1}{2} K_a \gamma (H)^2 = \frac{1}{2} (0.365) 1.7 (1.5)^2 = 0.698 \text{ ton.}$$

$$ME = 0.349 \text{ ton-m.}$$



W (ton)	X _A (m)	M(A) (ton-m)
$W_1 = \frac{0.40 \times 1.50}{2} \times 2.4 = 0.72$	0.43	0.310
$W_2 = 0.30 \times 1.50 \times 2.4 = 1.08$	0.15	0.162
$W_3 = \frac{0.40 \times 1.50}{2} \times 1.7 = 0.51$	0.57	0.291
$W_4 = \frac{0.40 \times 0.27}{2} \times 1.7 = 0.092$	0.57	0.052
$\Sigma =$	2.402	$\Sigma = 0.815 \text{ ton-m}$

$$f_{SD} = \frac{\Sigma FV}{\Sigma FH} \times f_r = \frac{2.402}{0.698} \times 0.5 = 1.72 > 1.5 \quad \underline{OK}$$

$$f_{SV} = \frac{\Sigma MA}{\Sigma ME} = \frac{0.815}{0.349} = 2.33 > 2 \quad \underline{OK}$$

$$XR = \frac{\Sigma MA}{\Sigma FV} = \frac{0.815}{2.402} = 0.34 \text{ m. de A.}$$

El tercio medio está entre 0.23 y 0.47 m. OK

$$e = \frac{0.70}{2} - 0.34 = 0.010$$

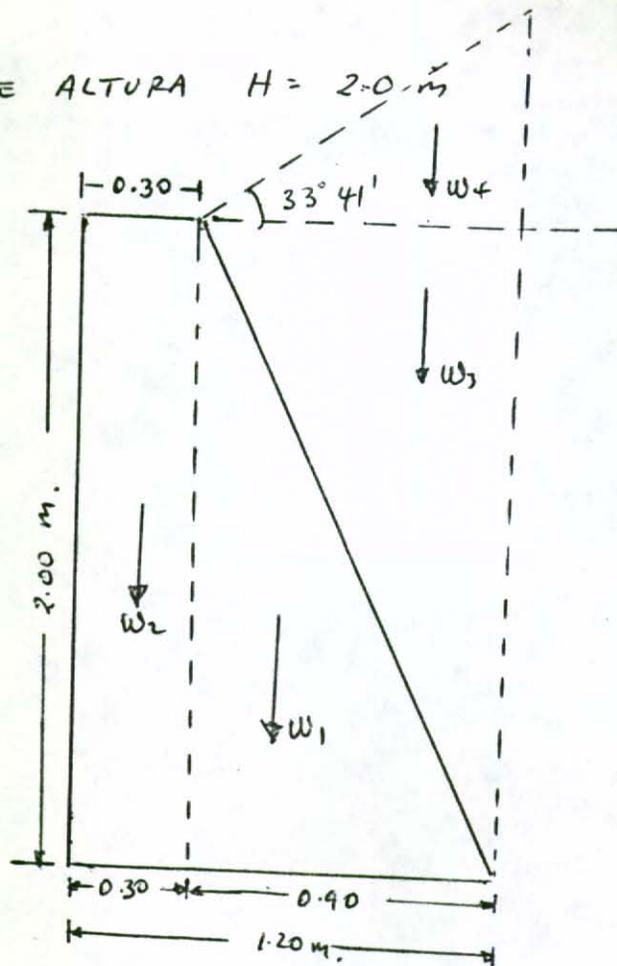
$$\sigma = \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \frac{FV}{B} = \left(1 + \frac{6 \times 0.01}{0.70}\right) \frac{2.402}{0.70}$$

$$\sigma_A = 3.72 \text{ ton/m}^2 = 0.372 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_B = 3.14 \text{ ton/m}^2 = 0.314 \text{ kg/cm}^2$$

⇒ El suelo soporta el peso del muro a 40 cm. de profundidad, o más, sin presentar hundimiento.

I.B. MURO DE ALTURA H = 2.0 m



$$E = \frac{1}{2} (0.365) 1.7 (2)^2 = 1.241 \text{ ton}$$

$$ME = 0.827 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

W (ton)	$\chi(A)$ (m)	$M(A)$ (ton-m)
$W_1 = \frac{0.90 \times 2}{2} \times 2.4 = 2.16$	0.60	1.296
$W_2 = 2 \times 0.30 \times 2.4 = 1.44$	0.15	0.216
$W_3 = \frac{0.90 \times 2}{2} \times 1.7 = 1.53$	0.90	1.377
$W_4 = \frac{0.90 \times 0.60}{2} \times 1.7 = 0.46$	0.90	0.414
$\Sigma = 5.590$		$\Sigma = 3.303$

$$f_{SD} = \frac{\Sigma FV}{\Sigma FH} \cdot f_r = \frac{5.59}{1.241} \times 0.5 = 2.25 \quad \underline{\underline{OK}}$$

2A

$$f_{SV} = \frac{\sum MA}{\sum ME} = \frac{3.303}{0.827} = 3.99 \quad \underline{OK}$$

$$X_R = \frac{\sum MA}{\sum FV} = \frac{3.303}{5.590} = 0.59 \text{ de A.}$$

⇒ El tercio medio está entre 0.40 y 0.80 m. OK.

$$e = \frac{1.20}{2} - 0.59 = 0.010 \text{ m.}$$

$$\sigma = \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \frac{FV}{B} = \left(1 \pm \frac{6 \times 0.010}{1.20}\right) \frac{5.59}{1.20}$$

$$\sigma_A = 4.89 \text{ ton/m}^2 = 0.489 \text{ kg/cm}^2 \quad \underline{OK.}$$

$$\sigma_B = 4.42 \text{ ton/m}^2 = 0.442 \text{ kg/cm}^2 \quad \underline{OK}$$

Los esfuerzos son menores que la capacidad portante del suelo OK

ANEXO N° 2: MEMORIAS DE CALCULO DE ESTABILIDAD DEL TALUD

I. ESTABILIDAD ACTUAL DEL TALUD

Se utilizó el método de las franjas. Para el análisis se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

- Perfil correspondiente al sector más inestable del talud, del cual es representativo el corte CC' (véase plano 2)
- Se consideró un arco de deslizamiento muy aproximado al del deslizamiento último que afectó al barranco, con el fin de hacerlo más cercano a la realidad (arco AC, figura N. 1).
- Los datos de base fueron:

Peso específico $\gamma = 1.7 \text{ ton/m}^3$.

Angulo de fricción $= 40^\circ = \phi$

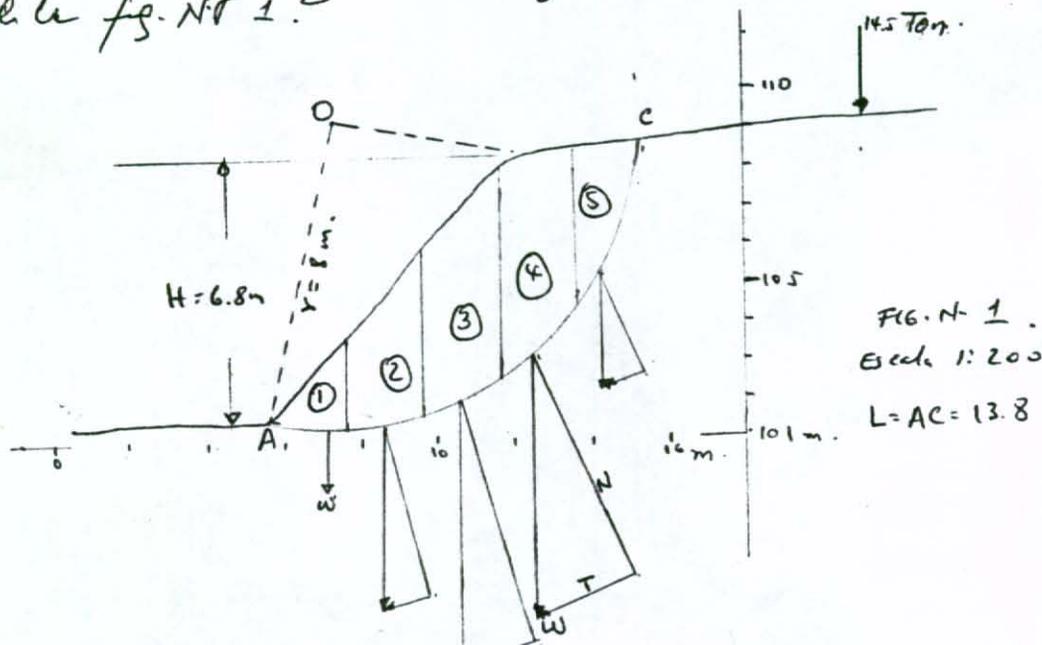
Cohesión $= 0$ (en el sector B del barranco)

Longitud del arco AC $= 13.8$ (de la figura)

Radio del arco AC $= 8 \text{ m}$ (de la figura) $= r$.

Dado que en la parte superior del barranco hay viviendas que representan un peso adicional al barranco, se hizo una estimación de la carga correspondiente a la faja del arco (de 1 m. de ancho), la cual resultó ser de 14.5 ton, aplicadas a una distancia medida de 14 m. del centro del arco (O).

El arco AC fue dividido en 5 franjas de 2 m. de ancho, a cada una de las cuales se calculó su peso, según aparece en el cuadro N. 1. Cada uno de los pesos (w) correspondientes a cada franja fue descompuesto en sus componentes normales y tangenciales, según aparece en el cuadro N. 1, a partir de la fg. N. 1.



Cuadro N.º 1. Análisis de estabilidad del talud

(2)

Frang.	Peso W (Ton)	Componente normal N	Componente tangencial T
1	4.08	4.08	0
2	11.73	11.50	3.20
3	17.17	16.30	4.80
4	17.00	15.25	6.85
5	7.48	7.00	3.00
Total (Σ)		54.13	17.85

De acuerdo en sus datos, el momento perturbador o que tiende a provocar la rotación en torno a O es:

$$MP_1 = r \Sigma T = 8 \times 17.85 = 142.8 \text{ T.m.}$$

A este momento hay que agregar el correspondiente a la carga debida a las construcciones existentes sobre el talud, así:

$$MP_2 = r, W_c = 14 \times 14.5 = 203 \text{ T.m.}$$

$$\Rightarrow \text{Momento total de perturbación } MP = 142.8 + 203 \text{ T.m.} = \underline{345.8 \text{ T.m.}}$$

El momento estabilizador o sea el que se opone a las fuerzas de rotación será la suma de las fuerzas debidas al rozamiento y a la cohesión, así:

$$F = \text{Fuerza de rozamiento} = \Sigma N \operatorname{tg} \phi = 54.13 \times \operatorname{tg} 40^\circ = 45.42 \text{ T.}$$

$$C = \text{fuerza de cohesión} = cL = 0.13.8 = 0.$$

$$\Rightarrow ME = (F + C)r = 45.42 \times 8 = \underline{363.36 \text{ T.m.}}$$

El coeficiente de seguridad será entonces:

$$CS = \frac{ME}{MP} = \frac{363.36}{345.8} = 1.05.$$

Este factor de por sí es muy bajo. Si se considera la presencia de agua en el talud, debida a filtraciones y otras, la resistencia del talud disminuirá y el factor de seguridad será aproximadamente

$$CS \text{ con agua de filtración} = CS \times 0.7 = 0.735$$

Este coeficiente (1.05 o 0.7) no garantiza la estabilidad del talud y la aplicación de las fallas que se presentaron recientemente en el mismo, las cuales podrán continuarse en el futuro.

II. ESTABILIDAD DEL TALUD CON LAS OBRAS PROPUESTAS

En el anexo N. 1, parte final, aparece el cálculo de los factores de seguridad para el talud en las obras propuestas. Ellos son:

$$\text{Factor entre el deslizamiento} = \frac{\Sigma FV}{\Sigma FH} \cdot fr = 1.72 > 1.5$$

Se considera que el mínimo valor permitido es de 1.5. OK

$$\text{Factor de seguridad entre el volcamiento (del muro)} = \frac{\Sigma MA}{\Sigma ME} = 2.33 > 2. \underline{OK}$$

Además, el peso del muro es inferior a la capacidad portante del suelo.

34

ANEXO N° 3: MEMORIA DE CALCULO DEL ESTUDIO DE SUELOS

MS

ANEXO 3

I. PROYECTO DE CIMENTACION PARA EL MURO DE CONTENCIÓN DE LA ESCUELA DEL BARRIO COMPARTIR

El presente informe contiene el estudio de suelos, para la construcción del muro de contención localizado en la parte posterior de la escuela - del barrio Compartir ordenado por la firma PROINAGRO LTDA, dentro del contrato suscrito con la Secretaría de Obras Públicas del Distrito Especial de Bogotá.

II. DESCRIPCION DEL ESTUDIO

El reconocimiento de los materiales del subsuelo se llevó a cabo mediante la toma de muestras a cielo abierto en la talud existente en la parte posterior de la escuela.

Se seleccionaron tres zonas críticas en las cuales se tomaron muestras inalteradas con tubo de pared delgado, SHELBY, para efectuar análisis de comprensión inconfiada, clasificación, humedad natural, peso específico, peso unitario. El esfuerzo secante se precisó "EN SITU" con vane y torvane Modelo CL 600.

PERFIL TIPICO

36

ZONA A

<u>HORIZONTE</u>	<u>PROFUNDIDAD</u> M	<u>DESCRIPCION</u>
A	0 - 6.50	Suelo arcilloso, color amarillo oscuro, con vetas rojas, presencia de mantos de arcillolita, plástico, - consistencia media.

ZONA B

<u>HORIZONTE</u>	<u>PROFUNDIDAD</u> M	<u>DESCRIPCION</u>
A	0 - 3.50	Suelo arcilloso, color amarillo oscuro, con vetas rojas, Consistencia media.
B	3.50 - 4.50	Arcillolita y material rocoso, tamaños mayores a 3".
C	4.50 - 6.50	Roca.

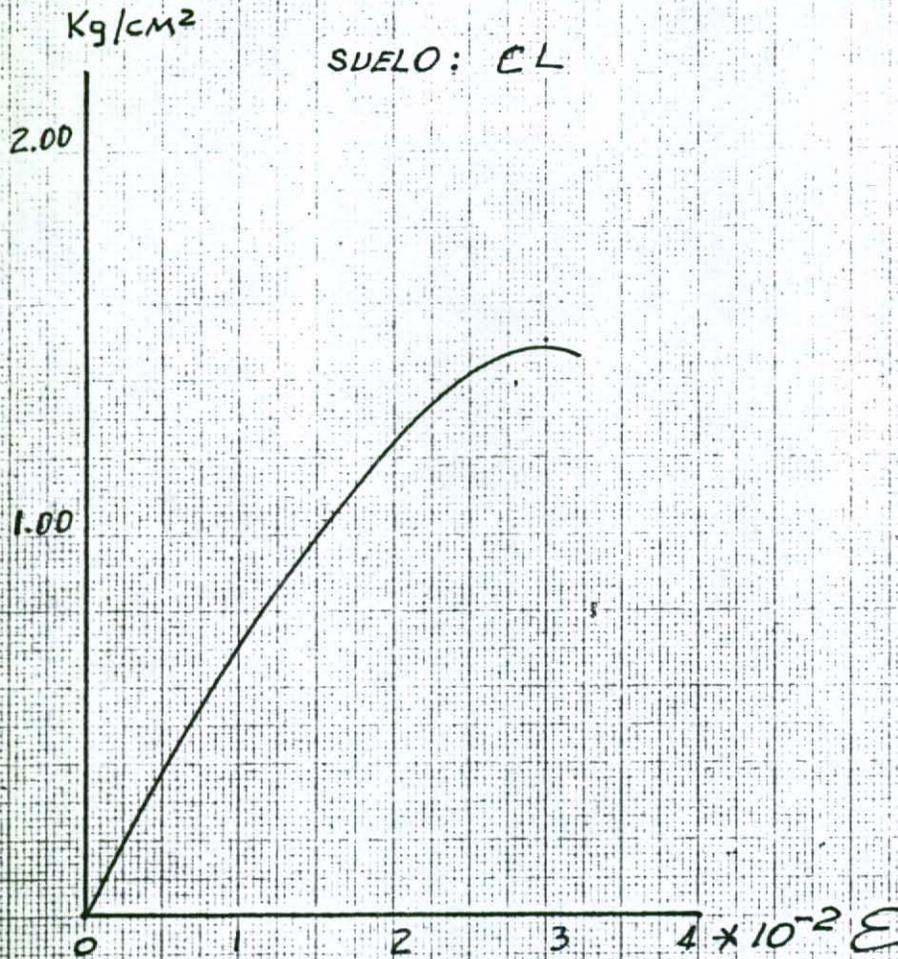
ZONA C

<u>HORIZONTE</u>	<u>PROFUNDIDAD</u> M	<u>DESCRIPCION</u>
A	0 - 2.50	Material rocoso, cantos rodados mayores a 3", presencia de material limoso.

COMPRESION INCONFINADA

SONDEO ZONA A PROF: 6.50 - 7.50 M

SUELO: CL



PROYECTO : MURO DE CONTENCIÓN

INTERESADO : PROINAGRO LTDA

ANEXO N° 4: FOTOGRAFIAS



Foto N° 1: En primer plano la escuela, en segundo plano el barranco y en tercer plano las casas del barrio Juan Pablo II.



Foto N° 2: Panorámica de la zona agrietada y deslizada del barranco. Obsérvense los bloques caídos contra la escuela.

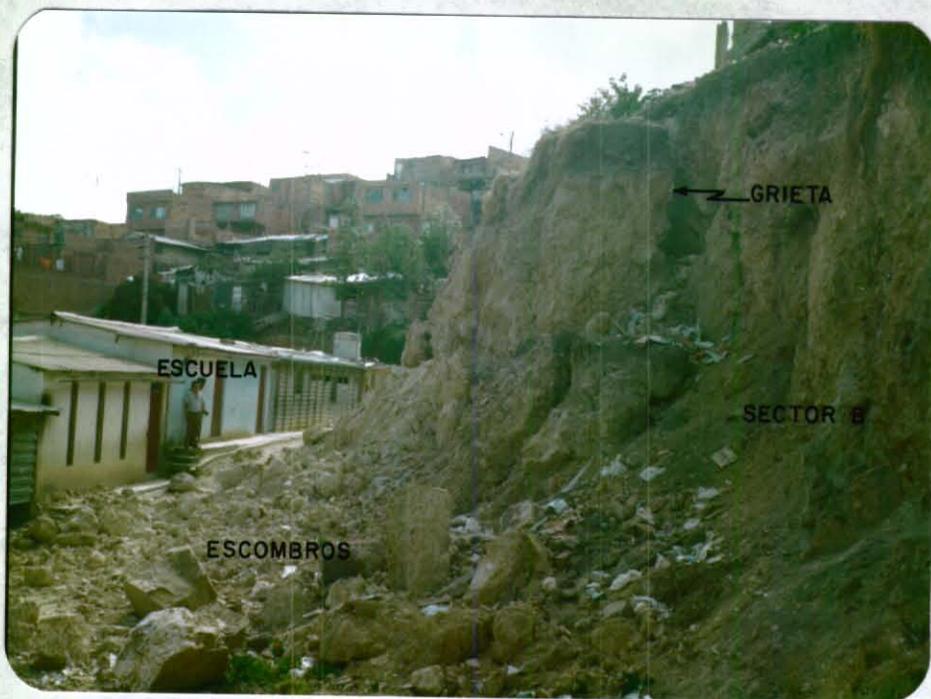


Foto N° 3: Detalle del sector deslizado. Obsérvese el material anguloso y desordenado de la zona de fallamiento.

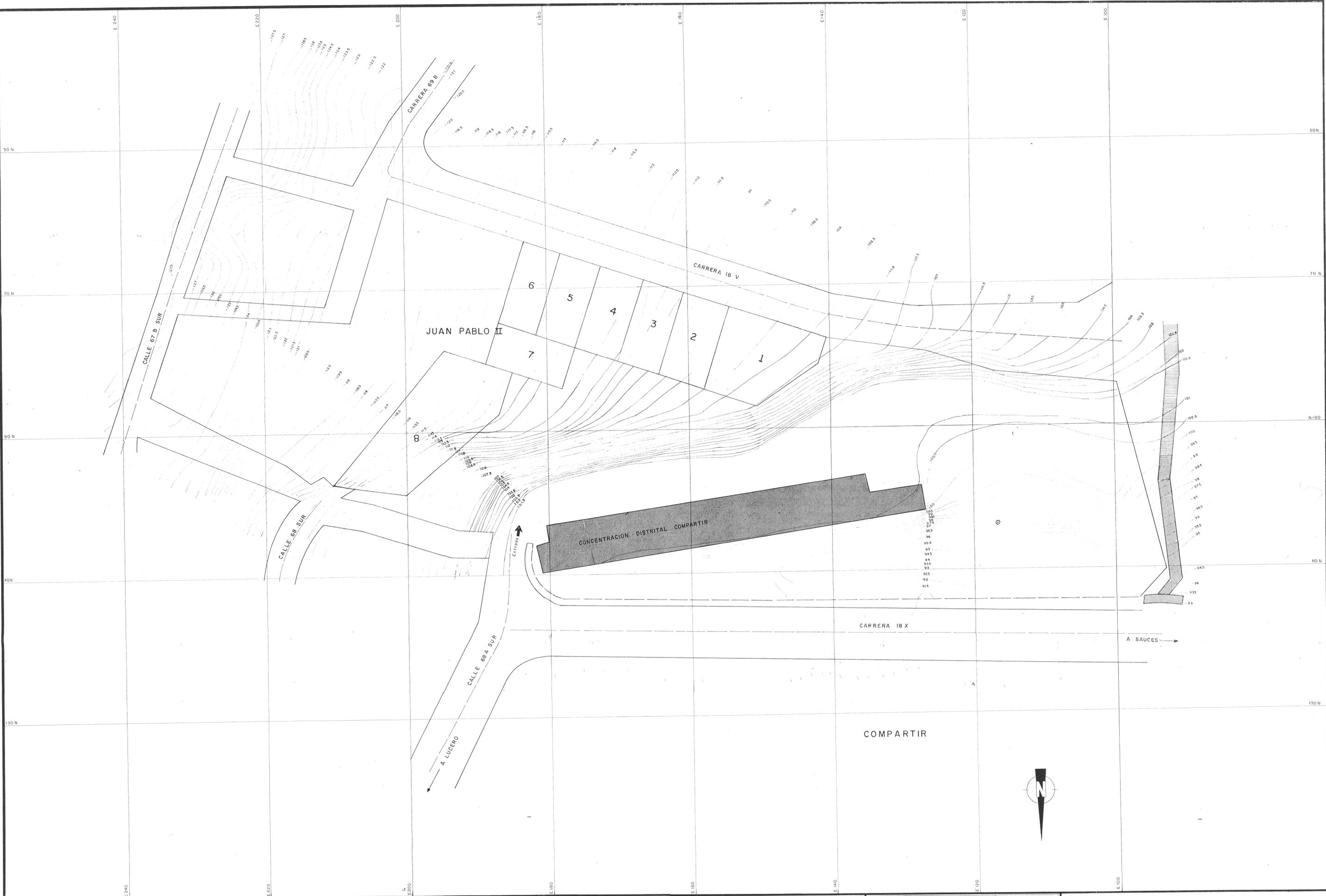


Foto N° 4: En primer plano: sector A del barranco, con estratificación visible. Al fondo, detrás de las casas: cerros del Guadalupe.

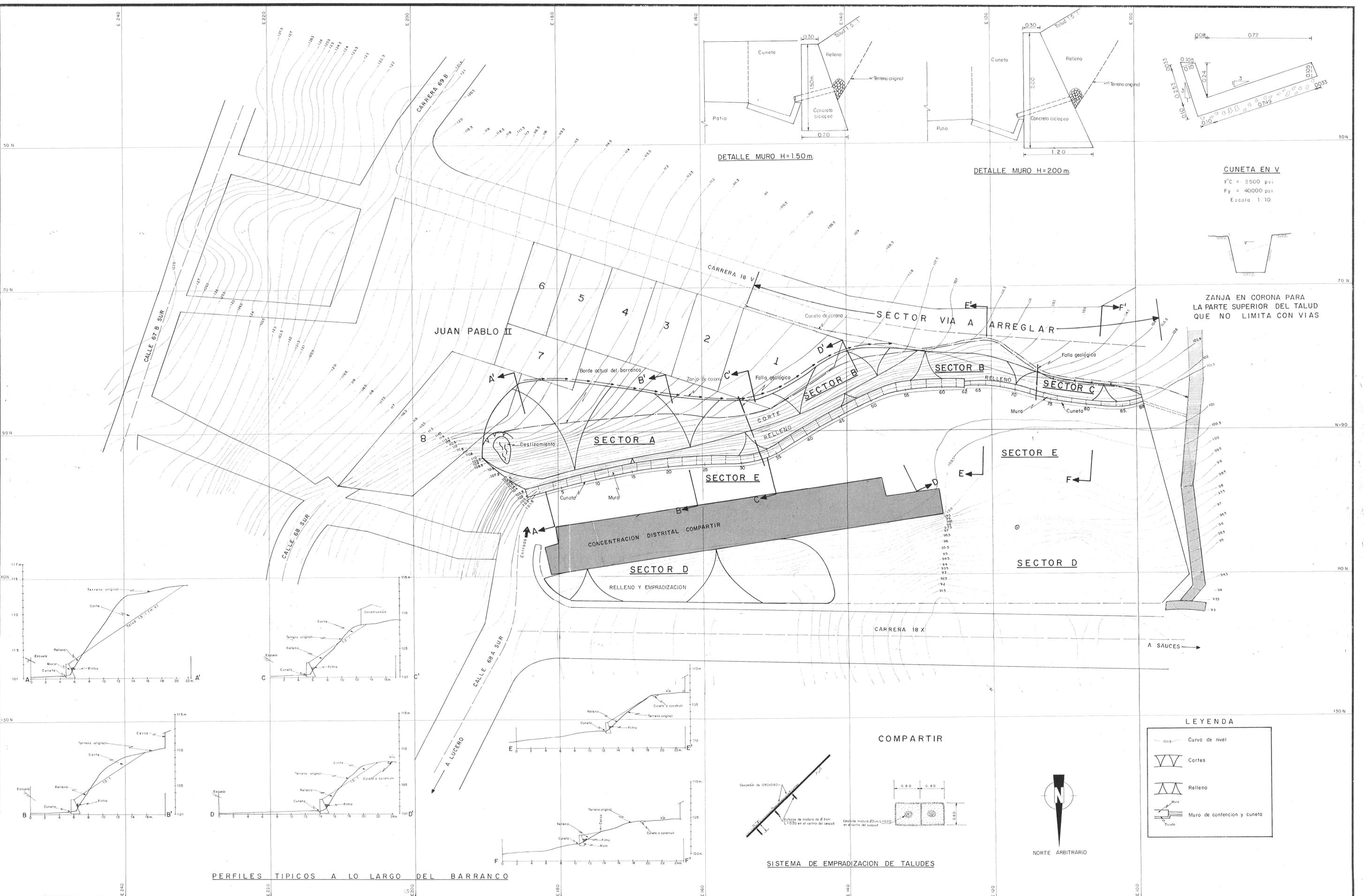
fe



Foto N° 5: Vista del talud anterior de la escuela (sector D).



<table border="1"> <tr> <td>V</td> <td>IV</td> <td>III</td> <td>II</td> <td>I</td> <td>REVISION</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		V	IV	III	II	I	REVISION							DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	PROINAGRO LTDA.	<table border="1"> <tr> <td> LEVANTADO HILDA MORENO </td> <td> DIBUJO RAFAEL GUILLERMO ESPINGOSA </td> <td> REVISADO JEANET PARRA </td> </tr> <tr> <td> AREA: 1 Ha 1400.73 M² 1 Fog.7813 V² </td> <td> Plano N° 1 DE 2 </td> <td> Fecha JULIO DE 1989 Escala 1:200 </td> </tr> </table>	LEVANTADO HILDA MORENO	DIBUJO RAFAEL GUILLERMO ESPINGOSA	REVISADO JEANET PARRA	AREA: 1 Ha 1400.73 M ² 1 Fog.7813 V ²	Plano N° 1 DE 2	Fecha JULIO DE 1989 Escala 1:200	TOPOGRAFIA GENERAL
V	IV	III	II	I	REVISION																		
LEVANTADO HILDA MORENO	DIBUJO RAFAEL GUILLERMO ESPINGOSA	REVISADO JEANET PARRA																					
AREA: 1 Ha 1400.73 M ² 1 Fog.7813 V ²	Plano N° 1 DE 2	Fecha JULIO DE 1989 Escala 1:200																					



REVISION		DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ	Levantado:	Dibujó:	Revisó:
SECRETARIA DE OBRAS		PUBLICAS	AREA:	Plano N° 2	Fecha: JULIO DE 1989
PREPARADO		PROINAGRO LTDA.	1 Ha 1400.73 M ²	DE 2	Escala: 1:200
APROBADO			1 Fg. 78 13	v ²	
FECHA					

PROYECTO DE ESTABILIZACION DEL TALUD POSTERIOR DE LA ESCUELA DEL BARRIO COMPARTIR Y OBRAS COMPLEMENTARIAS