

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS BOGOTA., D. E.

E 18



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO ENTRE CALLES 154 Y 157
Y BARRIO SORATAMA NORTE DE BOGOTA



INGEVEL Y CIA. LTDA.

1.990



C O N T E N I D O

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION | |
| 1.0. OBJETIVO | 1 |
| 2.0. METODOLOGIA | 1 |
| 2.1. Recopilación y evaluación de Información | 1 |
| 2.2. Fotogeología y Cartografía | 2 |
| 2.3. Reconocimiento Geotécnico y Ambiental | 3 |
| 2.4. Informe Final | 4 |
| 3.0. GENERALIDADES | 4 |
| 3.1. Localización | 5 |
| 3.1.1. Sector I | 5 |
| 3.1.2. Sector II | 5 |
| 3.2. Area | 5 |
| 3.3. Vías de acceso | 7 |
| 3.4. Drenajes | 7 |
| 3.5. Clima y Vegetación | 10 |
| 3.6. Hidrología y Pluviosidad | 13 |
| 4.0. GEOLOGIA. | 14 |
| 4.1. Estratigrafía | 15 |
| 4.1.1. Formación Arenisca de Labor | 15 |
| 4.1.2. Formación Arenisca Tierna | 18 |
| 4.1.3. Suelos con bloques | 18 |
| 4.1.4. Depósitos de ladera | 20 |
| 4.2. Geología Estructural | 20 |
| 4.2.1. Diaclasamiento | 21 |
| 5.0. GEOMORFOLOGIA | 22 |
| 6.0. CARACTERIZACION GEOTECNICA | 26 |





| | Pág. |
|---|------|
| 6.1. Introducción | 26 |
| 6.2. Caracterización Geotécnica de Grupo Guadalupe. | 28 |
| 6.2.1. Formación Arenisca Tierna. | 29 |
| 6.2.2. Formación Arenisca de Labor. | 31 |
| 6.2.3. Formación Pleaners. | 34 |
| 6.2.4. Formación Arenisca Dura | 36 |
| 6.3. Análisis de los eventos de Inestabilidad | 38 |
| 6.3.1. Actitud | 38 |
| 6.3.2. Densidad | 39 |
| 6.3.3. Abertura | 39 |
| 6.3.4. Continuidad | 39 |
| 6.3.5. Rugosidad | 40 |
| 6.3.6. Relleno | 40 |
| 6.4. Tipos de movimiento | 42 |
| 6.4.1. Caída de bloques | 42 |
| 6.4.2. Deslizamientos | 44 |
| 6.5. Investigación de Campo y Laboratorio | 47 |
| 6.5.1. Reconocimiento Geotécnico de su- perficie | 47 |
| 6.5.2. Exploración del suelo | 48 |
| 6.5.3. Ensayos de Laboratorio | 49 |
| 6.6. Características Geomecánicas de los ma- teriales | 50 |
| 6.6.1. Límites de Atterberg y Granulo- metría | 50 |
| 6.6.2. Unidad Natural y pesos unita- rios | 56 |
| 6.6.3. Resistencia al corte | 57 |
| 6.6.4. Resistencia a la compresión In- confinada y a la tracción Indi- recta. | 79 |
| 6.7. Análisis cinemático de estabilidad | 81 |
| 6.8. Principales tipos de Inestabilidad | 81 |
| 6.8.1. Reales | 86 |
| 6.8.2. Detonantes | 86 |
| 6.8.3. Contribuyentes | 87 |
| 7.0. ANALISIS HIDROLOGICO | 88 |
| 8.0. ANALISIS DE ENSAYOS DE INFILTRACION | 103 |
| 9.0. ZONIFICACION GEOTECNICA | 121 |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

4

| | Pág. |
|---|------|
| 10.0. CONCLUSIONES | 124 |
| 11.0. RECOMENDACIONES | 130 |
| 11.1. Aguas | 130 |
| 11.2. Taludes | 133 |
| 11.3. Carreteras | 135 |
| 11.4. Arborización | 138 |
| 11.5. Viviendas | 140 |
| 11.6. Zonas de Recuperación | 141 |
| 11.7. Obras de Protección | 141 |
| 12.0. RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA EL SEC- TOR I | 144 |
| BIBLIOGRAFIA | 148 |



FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| FIGURA No. 1 MAPA DE LOCALIZACION | 6 |
| FIGURA No. 2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA TOMADA DE LOBO-GUERRERO. | 16 |
| FIGURA No. 3 COLUMNA ESTRATIGRAFICA CANTERA OLANO. | 17 |
| FIGURA No. 4 COLUMNA ESTRATIGRAFICA BARRIO SORATAMA. | 19 |
| FIGURA No. 5 CURVA Z - ζ SUELO LIMO-ARCILLOSO.. | 74 |
| FIGURA No. 6 CURVA Z - ζ ARENA FINA ALGO LIMOSA. | 75 |
| FIGURA No. 7 CURVA Z - ζ ARCILLA LIMO-ARENOSA. | 76 |
| FIGURA No. 8 CURVA Z - ζ RECEBO ARCILLO-ARENOSO. | 77 |
| FIGURA No. 9 CURVA Z - ζ ARENISCA TIERNA GRANO FINO. | 78 |



6

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

| | | | Pág. |
|------------|-----|--|------|
| FIGURA No. | 10 | CURVA $\epsilon - \sigma$ ARENISCA TIERNA GRANO FINO. | 80 |
| FIGURA No. | 11 | DIAGRAMA DE POLOS SECTOR I | 82 |
| FIGURA No. | 11A | DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES SECTOR I. | 83 |
| FIGURA No. | 12 | DIAGRAMA DE POLOS SECTOR II | 84 |
| FIGURA No. | 12A | DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES SECTOR II | 85 |
| FIGURA No. | 13 | HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ESTACION USAQUEN. | 93 |
| FIGURA No. | 13A | COEFICIENTE DE PLUVIOSIDAD ESTACION USAQUEN. | 94 |
| FIGURA No. | 14 | HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ESTACION TORCA USAQUEN. | 95 |
| FIGURA No. | 14A | COEFICIENTE DE PLUVIOSIDAD ESTACION TORCA USAQUEN | 96 |
| FIGURA No. | 15 | CORRELACION LLUVIAS-DESPLAZAMIENTO INGEOMINAS. | 100 |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

| | | |
|---------------|--|-----|
| FIGURA No. 16 | ZONIFICACION DEL DESLIZAMIENTO SECTOR I, INGEOMINAS. | 101 |
| FIGURA No. 17 | MAPA DE AMENAZAS POR CAIDA DE BLOQUES O DESLIZAMIENTO RECEBERA EL CEDRO. INGEOMINAS. | 102 |
| FIGURA No. 18 | ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 1 CURVA dI/dt VS $1/I$. | 110 |
| FIGURA No. 19 | ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 1 CURVA $(H - H_0)$ VS t . | 111 |
| FIGURA No. 20 | ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 2 CURVA dI/dt VS $1/I$. | 115 |
| FIGURA No. 21 | ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 2 CURVA $(h - h_0)$ VS t . | 116 |
| FIGURA No. 22 | ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 3 CURVA dI/dt VS $1/I$. | 119 |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

| | Pág. |
|---|------|
| FIGURA No. 23 ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 3 CURVA ($h - h_0$) VS t. | 120 |
| FIGURA No. 24 DISEÑO DE ESCALINATAS | 131 |
| FIGURA No. 25 DISEÑO DE CUNETAS | 137 |
| FIGURA No. 26 DISEÑO DE CUNETAS | 137 |
| FIGURA No. 27 DISEÑO DE QUIEBRA-PATAS. | 139 |
| FIGURA No. 28 DISEÑO DE GAVIONES | 142 |





INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

9

DIAGRAMAS

| | Pág. |
|--|------|
| 1. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL CIRCULAR | 43 |
| 2. CAIDA DE BLOQUES. | 46 |
| 3. ESQUEMA PERMEABILIDAD IN-SITU | 105 |
| 4. BLOQUEO PARA EVITAR UN PROCESO RETRO- GRESIVO. | 147 |



TABLAS

| | Pag. |
|---|------|
| TABLA 1 INVENTARIO DE DIACLASAS | 23 |
| TABLA 2 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION SUELO LIMO-ARCILLOSO. | 51 |
| TABLA 3 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION ARENA FINA. | 52 |
| TABLA 4 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION ARCILLA LIMO-ARENOSA. | 53 |
| TABLA 5 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION RECEBO ARCILLO-ARENOSO. | 54 |
| TABLA 6 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION ARENISCA TIERNA DE GRANO FINO. | 55 |
| TABLA 7 RESULTADOS CORTE DIRECTO SUELO LIMO ARCILLOSO. | 58 |
| TABLA 8 RESULTADO CORTE DIRECTO ARENA FINA. | 61 |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

| | | |
|-----------|---|-----|
| TABLA 9 | RESULTADOS CORTE DIRECTO ARCILLA LIMO-ARENOSA. | 64 |
| TABLA 10 | RESULTADO CORTE DIRECTO RECEBO ARCILLO-ARENOSO. | 67 |
| TABLA 11 | RESULTADOS CORTE DIRECTO ARENISCAS TIERNAS DE GRANO FINO. | 70 |
| TABLA 12A | REGISTRO PLUVIOMETRICO ESTACIONES USAQUEN | 89 |
| TABLA 12B | REGISTRO PLUVIOMETRICO ESTACIONES TORCA-USAQUEN. | 90 |
| TABLA 13A | ENSAYOS DE INFILTRACION IN-SITU PERFORACION 1. | 107 |
| TABLA 13B | ENSAYO DE INFILTRACION IN-SITU PERFORACION 2. | 112 |
| TABLA 13C | ENSAYOS DE INFILTRACION IN-SITU PERFORACION 3. | 117 |





INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

ANEXOS

- ANEXO 1 Pares Estereoscópicos de Aerofotografías.
- ANEXO 2 Inventario de Puntos de Agua.
- ANEXO 3 Encuestas agrietamientos de viviendas.
- ANEXO 4 Fotografías.
- ANEXO 5 Cortes Geológicos.
- ANEXO 6 Cartera Topografía y diseño de obras.
- ANEXO 7 Presupuesto aproximado obras.

EN BOLSILLO : 2 Planchas Geológicas
2 Planchas Geomorfológicas
2 Planchas de zonificación Geotécnica
2 Planchas Topográficas de Obras
1 Plancha Perfiles Transversales Obras
1 Plancha Diseño de Obras.



13

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

INTRODUCCION

Mediante Contrato No. 494 del 11 de diciembre de 1.989, celebrado entre el Distrito Especial de Bogotá-Secretaría de Obras Públicas y la Firma INGEVEL Y CIA. LTDA., se realizaron los Estudios Geológicos y Geotécnicos del área comprendida entre las Calles 154 y 157 y de la Carrera 7^a hacia el Oriente hasta la cota 2.750 m.s.n.m., como también del Barrio Soratama, al Norte de la ciudad de Bogotá., y hasta aquella misma cota.

En el presente informe se recopilan los resultados geológicos, geomorfológicos y geotécnicos elaborados para las áreas mencionadas y las respectivas recomendaciones que conlleven al mejoramiento en el manejo y adecuación de estas zonas, eventualmente consideradas de alto riesgo por deslizamientos y otros fenómenos de inestabilidad.

Durante el desarrollo de este trabajo se realizó la cartografía geológica a partir de observaciones en el campo, con especial atención en los aspectos estructurales



14

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

y localización de zonas inestables activas y potenciales.

A este informe se anexan planos geológicos, geomorfológicos, y de zonificación geotécnica a escala 1:2.000, columnas estratigráficas, perfiles geológicos, inventario de puntos de agua, un registro fotográfico, pares estereoscópicos de aerofotografías utilizadas en el estudio, planos de diseños de obras y una relación de los costos aproximados de las mismas.

Esta investigación se llevó a cabo con la colaboración de la Geóloga Lucía Ardila de Saavedra y el Geotecnista Alvaro Correa Arroyave, profesor de la unidad de Geotécnica de la Universidad Nacional.



1.0. OBJETIVO.

El objetivo de este estudio es evaluar las medidas correctivas y proponer obras de recuperación morfológica y ecológica de los sectores contemplados en la propuesta, las cuales han sido fuente de abastecimiento de materiales de construcción. Asimismo, es objetivo el analizar la estabilidad de los taludes y pendientes naturales así como el drenaje natural, la evacuación de las aguas negras y las condiciones ambientales del área.

2.0. METODOLOGIA.

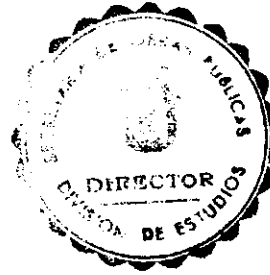
Para la ejecución del trabajo se llevaron a cabo las siguientes etapas:

2.1. RECOPIACION Y EVALUACION DE INFORMACION.

Se analizó la información existente relacionada con el área de estudio en lo referente a la geología, hidrogeología, geotecnia y cartografía básica. La información se tomó de los diferentes Institu-



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES



tos que han adelantado investigaciones en esta zona, como INGEOMINAS, CAR, SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS DEL DISTRITO, IGAC, HIMAT, etc.

Se adquirieron las planchas topográficas F-35, F-54 y F-55 a escala 1:2.000, las fotografías aéreas Nos. 228 y 229 del vuelo C-2269 de 1.987, 235 y 236 del vuelo C-1080 de 1.960 y 515 y 516 del vuelo M-46 de 1.955.

2.2. FOTOGEOLOGIA Y CARTOGRAFIA.

A partir de aerofotografías tomadas en tres épocas diferentes se realizó un análisis multitemporal comparativo, con el fin de determinar los cambios geomorfológicos que se han presentado en el área (Anexo 1).

Las anteriores etapas permitieron adelantar los levantamientos geológicos detallados, los cuales se registran sobre una base topográfica a escala 1:2.000. Se levantaron igualmente dos columnas es



tratigráficas, una en el sector I (cantera Olano) y otra en el Barrio Soratama. También se midieron las orientaciones de las discontinuidades presentes: estratificación, diaclasas, fallas y cortes producidos por las explotaciones. Simultáneamente se elaboró el inventario de puntos de agua, (Anexo 2), grietas en viviendas (Anexo 3) y toma de fotografías (Anexo 4) y se establecieron sitios críticos para una posterior evaluación geotécnica. (ver planchas Geológicas 1/2 y 2/2, en el bolsillo).

2.3. RECONOCIMIENTO GEOTECNICO Y AMBIENTAL ✓

Mediante visitas a los dos (2) sectores en estudio se efectuó un reconocimiento detallado para de terminar las condiciones ambientales y de estabili dad, tanto de los escarpes dejados por las explotaciones, como de las pendientes naturales las cu les se han visto afectadas no solo por la extracción de materiales sino, igualmente, por los fenómenos relacionados con las aguas superficiales y de evacuación. Además se analizaron los drenajes, el tipo y disposición de la vegetación existente y



las características de los terrenos aledaños.

En esta etapa se tomaron muestras de suelo para análisis en el laboratorio: determinación de los parámetros geomecánicos y en particular ensayos al corte directo en muestras con humedad natural. También se tomaron muestras de agua y se efectuaron ensayos de permeabilidad en el terreno.

Con los anteriores resultados se realizaron los análisis de estabilidad de los taludes de corte y las condiciones actuales de los sistemas de drenajes, principales problemas en la zona de estudio.

2.4. INFORME FINAL.

Elaboración de la memoria definitiva, dibujos y diagramas.

3.0. GENERALIDADES .



3.1. LOCALIZACION.

El área de estudio se encuentra ubicada al Noreste de Bogotá, en el Municipio anexo de Usaquén y dividida en dos sectores de la siguiente manera:

3.1.1. SECTOR I.

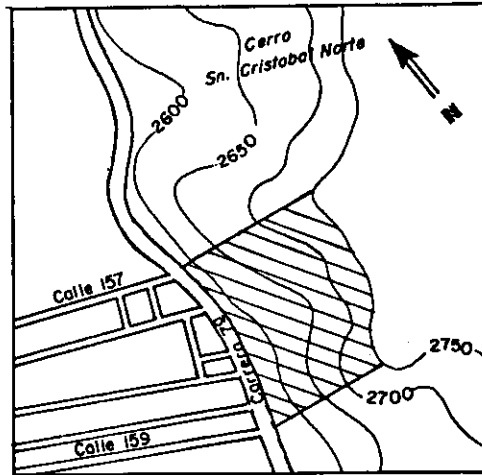
En esta zona se encuentra localizada la cantera Olano y parte de las canteras El Cedro y Cerro-Ibiza, entre las Calles 154 y 157 y de la Carrera 7^a hacia el Este hasta la cota 2.750 m.s.n.m. (Figura No. 1); enmarcado por las coordenadas planas:

X: 114.750 - 115.140

Y: 105.910 - 106.400

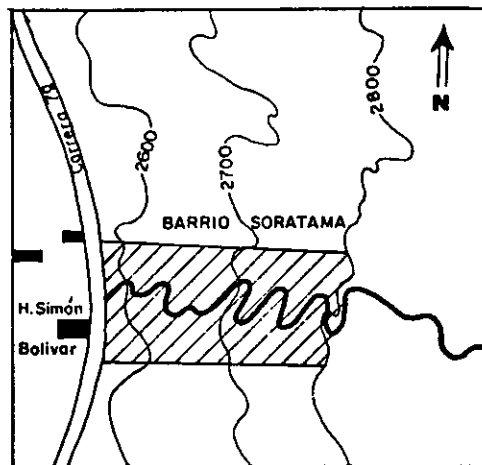
3.1.2. SECTOR II

Comprende el Barrio Soratama, ubicado a la altura de la Calle 170, de la Carrera 7^a ha



 Area de estudio

SECTOR 1 : EL CEDRO - OLANO - IBIZA



 Area de estudio

SECTOR 2 : BARRIO SORATAMA

FIGURA 1 : MAPAS DE LOCALIZACION ESCALA 1 : 25.000



20

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

cia el Oriente entre las cotas 2.650 y 2.750 m.s.n.m. (Figura No. 1), delimitado por las coordenadas planas:

X: 116.100 - 116.400

Y: 106.200 - 107.000

3.2. AREA.

El área de estudio se ha subdividido en dos (2) sectores; el primero corresponde a la zona de canteras Olano, El Cedro y Cerro-Ibiza, que cubre una superficie de 19,2 Has; el segundo corresponde al Barrio Soratama con 24 Has.

3.3. VIAS DE ACCESO.

El sector I comprende un área de canteras y por tanto es poco urbanizado; tiene aproximadamente 30 viviendas, razón por la que las vías de acceso se limitan a una paralela a la Carrera 7a (Carrera 6a), sin pavimentar, y dos (2) carreteables de



22

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

muy malas especificaciones, con una longitud aproximada de 300 m., encerrando el área.

El Sector II cuenta con una vía de montaña, con pendientes fuertes (20% aprox.), bastante degradada por el trajín de las volquetas que evacúan los materiales de construcción de las canteras Soratama, parte alta de Servitá.

la falta de cunetas a lado y lado de la Carretera y demás obras de evacuación de aguas lluvias hace que durante los torrenciales aguaceros (épocas de invierno), el agua lave el material que la cubre y socave los taludes arrastrando los materiales finos y depositándolos sobre la Carrera 7ª (Fotografía No. 1).

En épocas de verano el continuo tránsito de volquetas ocasiona el levantamiento de partículas finas con la consiguiente contaminación del medio ambiente (posible causa de problemas de neumoconiosis).



23

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

Las volquetas cargadas hasta de 8 toneladas (con frecuencia de 20 volquetas por hora, de lunes a viernes), deterioran constantemente las redes de acueducto y alcantarillado recién instaladas, con la consecuente queja de los vecinos y el flujo de agua sin control.

Dados estos inconvenientes originados por el flujo vehicular, el que además por sus vibraciones solicita los bancos inferiores de la Arenisca Tierna, que se presentan en bloques más o menos individuales, da la impresión de ser el causante de las grietas que se presentan en algunas viviendas y en particular en tres (3) de ellas localizadas a la altura del cruce de la vía de acceso con la cota 2.650 m.s.n.m. En las Fotografías Nos. 2 y 3 se muestran el estado interior y exterior de las paredes en la casa más afectada. La Fotografía No. 4 enseña el estado de agrietamiento en las viviendas del otro costado de la vía. En el Anexo 3 se presenta el formato de inventario del agrietamiento de viviendas.



Estas consideraciones conllevan a recomendar, en primera instancia, se estudie la posibilidad de evacuar la producción de las canteras anteriormente mencionadas por un carreteable alternativo que se localiza en predios de la Cantera Servitá y controlar los posibles asentamientos que tal situación pudiera generar, Fotografía No. 5. En su defecto establecer una reglamentación para los explotadores y transportadores que permita la conservación de la vía, como rellenos con recebo, mantenimiento de las cunetas y reparaciones en las obras afectadas.

3.4. DRENAJES.

El Sector I cuenta con un drenaje natural tal como se describe posteriormente en el aparte de hidrología. En la Carrera 7^a, durante las épocas de invierno se presentan taponamientos en la tubería de alcantarillado por la alta densidad de sólidos en suspensión y la acumulación de desechos domésticos, razón por la cual la corriente se desborda y acumula grandes cantidades de material particulado sobre dicha carrera, (Fotografías Nos. 6 y 7). Esta situación se incrementa por la alta cantidad de estériles arrojados a la parte media de dicho cauce por la actividad extractiva de la Cantera El Cedro.



25

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

Un canal secundario que desemboca en el anterior, a la altura de la Carrera 6^a, con Calle 155, es alimentado por aguas provenientes del área de la Cantera Olano, las cuales se encuentran saturadas con materiales derivados de la actividad extractiva en dicha Cantera.

En el sector II, el drenaje está constituido fundamentalmente por un canal poco profundo que recorre toda el área en dirección aproximada E-W. Este canal, en su estado natural, es utilizado para la evacuación de aguas negras y por lo tanto corrosivas. Sin embargo, existen conducciones de aguas negras que no le están comunicadas y corren sin control alguno contaminando el sector. En estos casos se recomienda encauzarlas hasta el canal mencionado, o en su defecto comunicarlas con un canal profundo que se localiza en el extremo Sur del área, en predios de la Cantera Servitá.

No obstante para que estos canales puedan ser aprovechados para tal fin, es necesario adecuarlos me-



diante la construcción de canales en V o escalinatas tal como se describirá en el capítulo correspondiente a medidas correctivas. Con el objeto de conservarlos en buen estado, se recomienda una campaña educativa que puede ser dirigida por la Junta de acción Comunal, destacando la importancia y utilidad que prestan.

Relacionado con el problema de las vías de acceso, cabe anotar que las redes de acueducto han sido construídas en materiales no apropiados por su baja resistencia al tránsito automotor; además se encuentran muy superficiales y sin ninguna protección.

Respecto al alcantarillado resaltamos que su diseño y mantenimiento no han sido los más adecuados dado que aún en épocas de verano presentan problemas para la conducción de las aguas negras, tal como se detecta a la altura del cruce con la cota 2.770 m.s.n.m. (Fotografía No. 8) (posiblemente se encuentra bloqueado).



3.5. CLIMA Y VEGETACION.

El clima de la zona corresponde al piso térmico frío con temperaturas entre 12°C y 16°C, con vegetación herbácea medianamente densa y arbórea escasa. La explotación de las Canteras no ha permitido el desarrollo de la agricultura ni la ganadería.

3.6. HIDROGRAFIA Y PLUVIOSIDAD.

El área forma parte de la ladera Occidental de los cerros Orientales del Norte de Bogotá. En el sector I, la red hidrográfica está representada por un pequeño arroyo de canal profundo que corre en dirección NE-SW, canalizado a partir de la Carrera 7ª hacia el Occidente.

En la parte alta y media del sector II se forman lagunas temporales en épocas de invierno (Fotografías Nos. 9 y 10) y manantiales permanentes que fluyen de las areniscas del miembro Arenisca Tier-na del Grupo Guadalupe.



En general, el área se encuentra pobremente drenada. La precipitación media anual es de unos 1.300 mm, calculada con datos suministrados por la estación pluviométrica Torca-Usaquén.

En la estación pluviométrica de Usaquén esta precipitación media anual es superior a los 1.200 mm., en los últimos 23 años.

En el capítulo sobre hidrología se hace un análisis pormenorizado del problema de estas aguas lluvias.



4.0. GEOLOGIA.

Tres unidades litológicas se reconocieron y cartografiaron en el área de estudio, correspondiente a los miembros Arenisca de Labor (Sector I), Arenisca Tierna (Sector II) y los Depósitos cuaternarios subdivididos en Suelos con bloques y Depósitos de ladera, planchas Geológicas Nos. 1 y 2 y Anexo 5 cortes Geológicos.

Desde el punto de vista regional, el Grupo Guadalupe



fue definido por Hubach (1.957); posteriormente, Julvert (1.961), Renzoni (1.962), y Pérez y Salazar realizaron estudios más específicos subdividiéndolo en las formaciones conocidas ampliamente hoy día en la literatura geológica.

4.1. ESTRATIGRAFIA.

4.1.1. FORMACION ARENISCA DE LABOR (Ksgl).

Constituída por areniscas cuarzosas de color amarillo, oxidadas, de grano fino a medio y grueso hacia el techo de la secuencia y pobremente cementadas, afloran en estratos de pocos centímetros de espesor hasta de 12 metros (Figura No. 2 columna estratigráfica tomada de Lobo-Guerrero 1.983). Estas areniscas se alternan con limolitas silíceas de color gris o violeta y arcillolitas con restos de bivalvos (Figura No. 3, columna estratigráfica levantada en la cantera Olano y Fotografía No. 11).

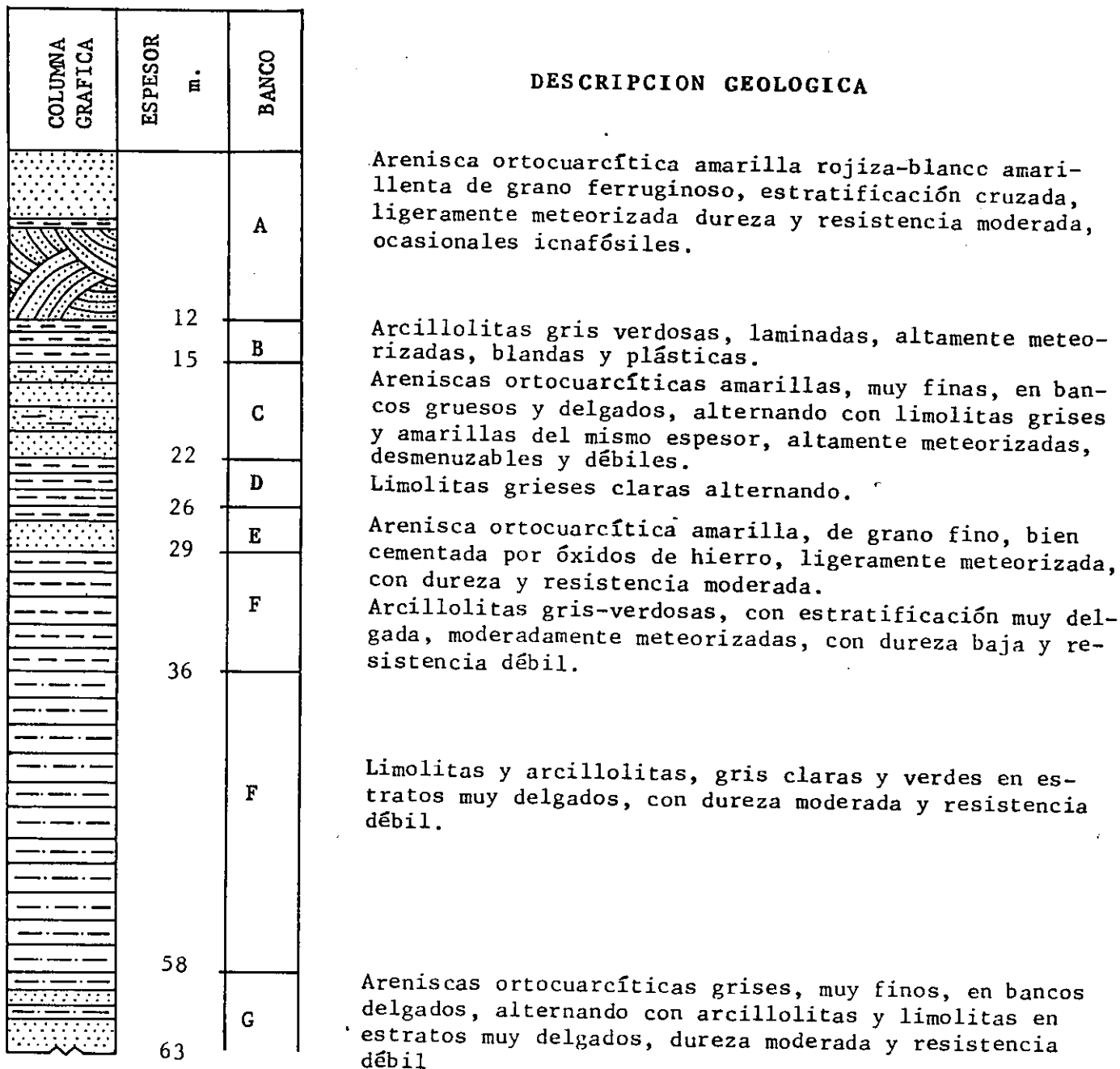


FIGURA 2. Columna estratigráfica de la cantera El Cedro tomada de Loboguerrero, 1983.

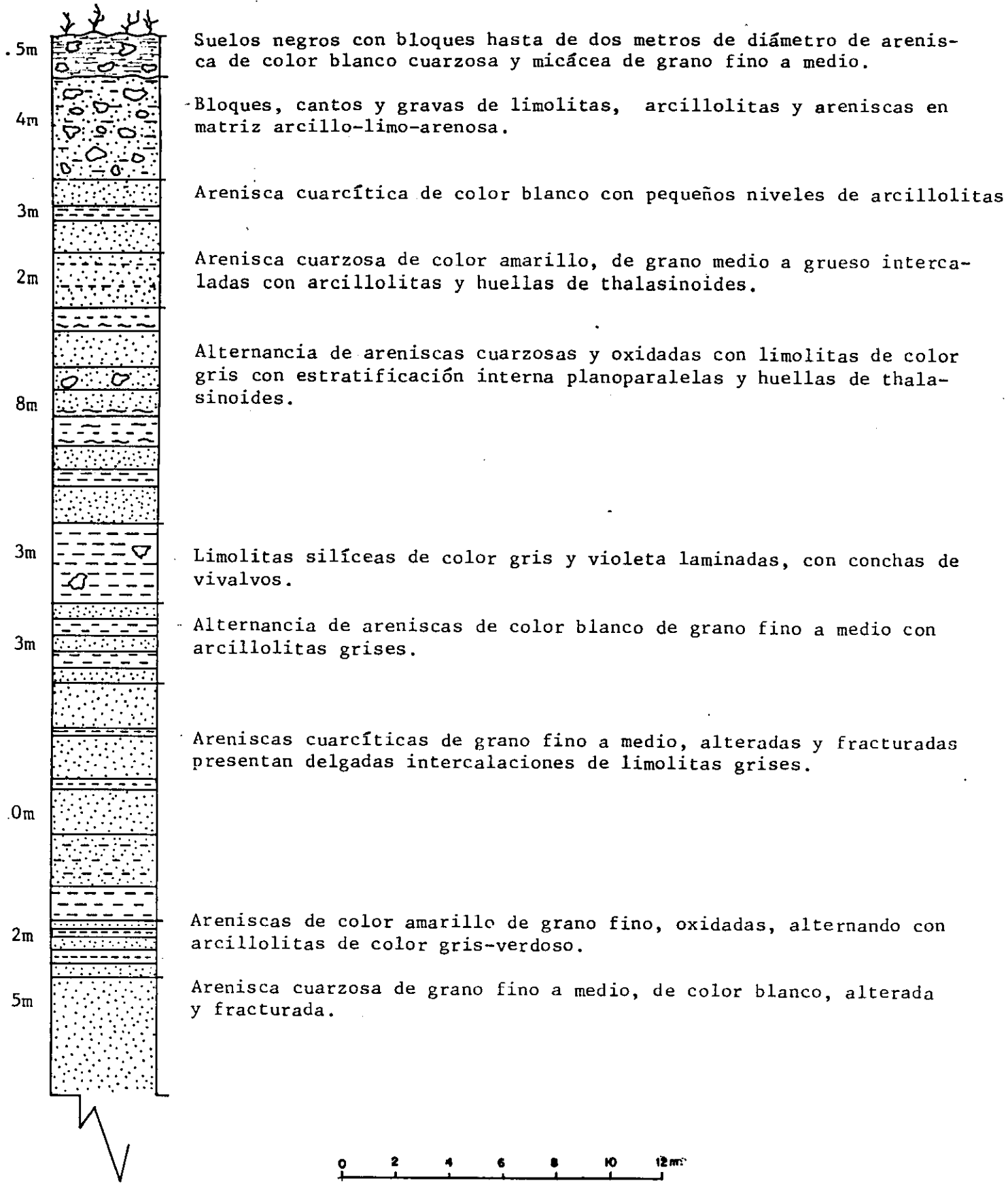


FIGURA 3. Columna estratigráfica levantada en la cantera Olano.

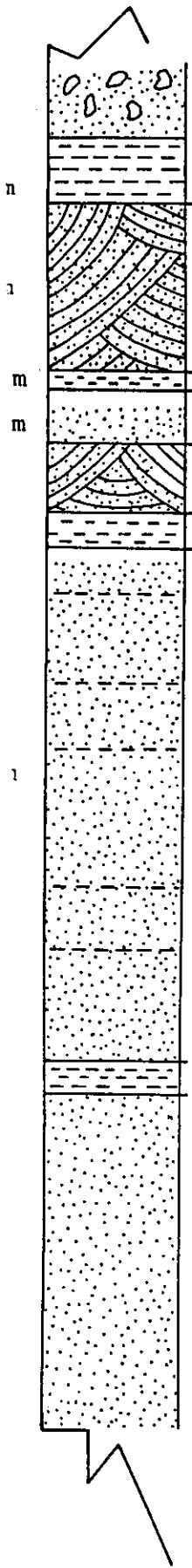


4.1.2. FORMACION ARENISCA TIERNA (ksgt).

La conforman Areniscas arcillosas en bancos hasta de 10 metros de espesor, de grano medio a grueso, frecuentemente conglomerático, con estratificación cruzada, friable y de color blanco amarillento. Estas Areniscas se intercalan con delgadas capas de arcillo litas grises y limolitas silíceas (Figura No. 4, columna estratigráfica levantada en el Barrio Soratama).

4.1.3. SUELOS CON BLOQUES (Q_1).

Constituidos por bloques hasta de 6 metros de diámetro embebidos en la capa vegetal cuyo espesor varía entre 50 centímetros y 1.50 metros, aproximadamente.



Cantos y gravas de materiales removidos, de areniscas y arcillolitas en una matriz areno-arcillosa.

Arcillolitas moradas con pátina de óxidos de hierro.

Arenisca de color blanco-amarillento de grano fino a grueso, subredondeado, mal seleccionado, con algunas intercalaciones de arcillolitas, estratificación cruzada.

Arcillolitas grises.

Areniscas de color blanco de grano medio a grueso, friables, mal seleccionadas, conglomeráticas en la base.

Areniscas de color amarillo de grano grueso a conglomerático, subangulares a subredondeadas con estratificación cruzada, cuarzosas y friables.

Limolitas grises o violetas finamente laminadas, planoparalela.

Areniscas de color blanco de grano medio a grueso con delgadas intercalaciones de arcillolitas de color gris.

Areniscas friables alteradas y fracturadas.

Arcillolitas de color gris laminadas.

Areniscas de grano fina a medio, subangular a subredondeado cuarzosas, con algo de mica muscovita, de color blanco, friables, localmente teñidas con óxidos de hierro.

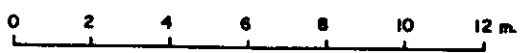


FIGURA 4. Columna estratigráfica barrio Soratama. Escala 1:200



4.1.4. DEPOSITOS DE LADERA (Q₂).

Formados por la remoción de materiales de explotación de las Canteras, están constituidos por bloques, cantos y gravas angulares y subangulares de areniscas, arcillolitas y limolitas en una matriz areno-arcillosa. Estos bloques están sufriendo o han sufrido un transporte desde un lugar de origen, debido a fenómenos de deslizamiento o de desplazamiento del material que los contiene.

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Los principales rasgos estructurales que caracterizan el área están relacionados con el flanco Occidental del Anticlinal Bogotá-Usaquén. En el sector I se presentan inversiones y replegamientos lo que no es criterio suficiente para justificar una falla geológica. En el sector II la posición de los estratos es normal, en forma de homoclinal, predominando los buzamientos entre 15° y 25° hacia el Oeste. Las fallas observadas dentro de estas



secuencias son de carácter local y por lo general son normales, no cartografiables a la escala de este trabajo.



4.2.1. DIACLASAMIENTO.

La mayor densidad de diaclasamiento y agrietamiento se presenta en el sector I, en donde se tomaron 50 datos de discontinuidades, Tabla 1. La familia conjugada de mayor concentración es: N 35°E/76°W; este sector presenta un agrietamiento intenso de fallas por tracción, fruto de las explotaciones cercanas y que se manifiestan como una serie de escarpes debido a los deslizamientos compuestos que se han presentado. Las aberturas van desde pocos centímetros hasta 1 metro, por lo general rellenas con materiales finos areno-arcillosos y materia orgánica, ocasionalmente. Las de mayor abertura están ocupadas por cantos y gravas de are-



niscas o se encuentran vacías tal como lo enseña la Fotografía No. 12.

Para el sector II se tomaron 60 datos de discontinuidades, Tabla 1, con una concentración del 15%, cuyas principales familias conjugadas son $N 30^{\circ}W/70^{\circ}E$ y $N 51^{\circ} E/75^{\circ}W$.

5.0. GEOMORFOLOGIA.

En el sector I se diferenciaron tres zonas fisiográficas, Plancha Geomorfológica No.1, así: ocupando la parte más alta se encuentra una superficie de denudación antigua (Z_1), con pendientes entre 30% y 35%, pobremente disectada y con probabilidades de erosión y deslizamientos por la explotación de las Canteras. La segunda (Z_2), está constituida por taludes artificiales con pendientes entre 80% y 90%, en algunos sitios con pendientes negativas (Diagrama No. 1) resultantes de la explotación de materiales para construcción y sensibles a presentar fenómenos como el desprendimiento de



TABLA No. 1. INVENTARIO DE DIACLASAS

| SECTOR I (OLANO, CERRO IBIZA, EL CEDRO) | | SECTOR II (BARRIO SORATAMA) | |
|--|------------|----------------------------------|------------|
| DIRECCION | BUZAMIENTO | DIRECCION | BUZAMIENTO |
| E - W | 65 N | E - W | Vertical |
| N 30 E | 45 N W | N 35 E | Vertical |
| N 45 W | 35 E | N 50 E | 45 W |
| N 35 E | 45 W | N 60 E | 70 W |
| N 10 W | 75 W | N 35 E | 45 W |
| N - S | 25 W | N 25 E | 75 W |
| N 30 W | 35 E | N 45 W | 65 E |
| N 30 W | Vertical | N 25 E | Vertical |
| N - S | 45 W | N 35 E | 75 W |
| N 30 E | 45 W | N 55 W | 55 E |
| N 65 E | 35 W | N 45 W | 35 E |
| N 35 E | 45 W | N - S | Vertical |
| N 20 E | Vertical | N 30 W | 60 E |
| N 45 W | Vertical | N 65 E | Vertical |
| N 10 E | 75 W | N 30 W | 60 E |
| E - W | Vertical | N 45 W | 65 E |
| N 35 E | 45 W | N 60 W | Vertical |
| N 30 W | 45 E | N 35 E | 45 W |
| N 35 E | 40 W | N 45 W | 65 E |
| N 20 E | 25 W | N 10 E | 35 W |
| N 40 E | 10 W | N 45 E | 35 W |
| N 20 E | 75 W | N 65 W | 75 E |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

38

| DIRECCION | BUZAMIENTO | DIRECCION | BUZAMIENTO |
|-----------|------------|-----------|------------|
| N 30 W | 45 E | N - S | Vertical |
| N - S | 25 W | N 20 E | 70 W |
| N 35 W | 35 E | N - S | 65 W |
| N 25 W | 65 E | N 35 E | 75 W |
| N 50 E | 75 W | N 25 E | 45 W |
| N - S | Vertical | N 10 W | 60 E |
| N 10 E | Vertical | N 25 E | Vertical |
| N 25 W | Vertical | N- 20 W | Vertical |
| N 35 E | 55 W | E - W | Vertical |
| N 45 E | 60 W | N 35 E | 55 W |
| N - S | 65 E | N 60 E | 70 W |
| N 35 E | 55 W | N 25 E | 60 W |
| N 15 E | 65 W | N 10 W | 65 E |
| N 35 W | 75 E | N 20 E | 65 W |
| N 25 W | Vertical | N - S | Vertical |
| N 45 E | Vertical | N 10 W | 75 E |
| N 30 E | 80 W | N 35 E | 75 W |
| E - W | 35 S | N 30 W | 60 E |
| N 65 E | 35 W | N 45 E | Vertical |
| N 45 E | 65 W | N 35 E | 45 W |
| N 40 E | 10 W | N 25 W | 75 E |
| N 20 E | 75 W | N 45 W | 65 E |
| N 10 E | Vertical | N 15 E | 35 W |
| N 20 E | Vertical | N - S | Vertical |
| N 35 W | 65 E | N 10 E | Vertical |
| N 45 W | 75 E | N 15 E | Vertical |
| N 60 E | 75 W | N 25 W | 60 E |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

39

| DIRECCION | BUZAMIENTO | DIRECCION | BUZAMIENTO |
|-----------|------------|-----------|------------|
| N 15 W | Vertical | N - S | 75 E |
| - | - | N 15 E | 60 W |
| - | - | N 25 W | 35 E |
| - | - | N 20 W | 45 E |
| - | - | N 35 E | Vertical |
| - | - | N 65 W | 75 E |
| - | - | E - W | Vertical |
| - | - | N 60 W | Vertical |
| - | - | N 45 W | 65 E |
| - | - | N 50 E | 75 W |



bloques. En la parte más baja del área se localiza (Z_3) que corresponde a una zona de descargue de materiales residuales, con pendientes entre 25% y 30%, y alta susceptibilidad a eventos torrenciales.

En el sector II se distinguen dos zonas morfológicas, Plancha Geomorfológica No. 2, así: (Y_1), área que corresponde a taludes artificiales dejados por la explotación de canteras en épocas anteriores, con pendientes altas (hasta de 90%) y en ocasiones negativas, susceptibles a presentar fenómenos como desprendimiento de bloques (Fotografía No. 13). La segunda zona (Y_2) se caracteriza por presentar pendientes suaves, entre 10% y 20%, y corresponde a sitios de acumulación de material estéril o bien a lugares de construcción de viviendas, áreas deportivas, etc.

6.0. CARACTERIZACION GEOTECNICA.

6.1. INTRODUCCION.

La problemática generada por la explotación anti-



técnica e inadecuada de las canteras localizadas en los dos sectores en los que se han dividido la presente investigación, quedó consignada años atrás en el convenio 200-86, INGEOMINAS- Departamento Administrativo de Planeación Distrital, en el cual se enunciaba ... " Dado el avance urbanístico de la ciudad, tales explotaciones producen actualmente una serie de riesgos hacia las comunidades vecinas: Caídas de bloques, deslizamientos y producción de gran cantidad de materiales de arrastre, que llevados por la escorrentía superficial, van a taponar los sistemas de alcantarillado de las zonas urbanas contiguas ocasionando inundaciones en épocas invernales. "

Si bien este estudio sólo contempló lo pertinente a la sección I (cantera El Cedro, particularmente) también es válido, en cierta medida, para el Barrio Soratama en donde la explotación de antiguas canteras ha dejado taludes prácticamente verticales de altura que oscilan entre los 9 y los 13 metros. Allí también se dan fenómenos de arrastre



de material particulado.

6.2. CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL GRUPO GUADALUPE.

Estas generalidades están basadas, inicialmente, en observaciones de campo y análisis bibliográfico. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados sobre muestras tomadas en el terreno.

En donde fue posible, se evaluaron los siguientes parámetros: composición mineralógica de la roca, tamaño de granos, angulosidad, porosidad, dureza, resistencia a la comprensión inconfinada, permeabilidad y fracturamiento.

Es de anotar que los eventos a los cuales estuvo sometido este grupo durante su formación, le indujeron un alto grado de anisotropía en todas sus propiedades, especialmente en la permeabilidad, resistencia a la comprensión inconfinada y módulo de deformación.



De la más reciente a la más antigua de las formaciones que integran este grupo, que hace parte del Cretáceo superior, se tienen:

6.2.1. FORMACION ARENISCA TIERNA.

Las areniscas de esta formación son relativamente porosas. Su alto contenido de cuarzo las hace muy abrasivas; para rocas igualmente cuarzosas, ésta aumentará con el grado de cementación. Según su comportamiento a la compresión simple estas areniscas se clasifican como de resistencia muy baja (menor de 275 Kgf/cm^2) a baja ($275 - 550 \text{ Kgf/cm}^2$), con módulos de deformación de (0.4 a 1.3) $\times 10 \text{ Kgf/cm}^2$.

El espesor de este estrato varía de delgado a muy grueso ($55 - 171 \text{ m}$). La porosidad, la poca y/o débil cementación y el fracturamiento de esta formación le inducen una relativa alta conductividad hidráulica, pro



piciándole su meteorización y erosión como se evidencia superficialmente en diversos lugares.

En el Barrio Soratama se ha explotado esta formación en las canteras que aún existen: Soratama, Servitá y la cantera propiedad del Dr. Palacios. Allí la formación se caracteriza por la presencia de un limo vegetal hasta de 1.5 metros en la superficie, seguido de la parte superior de la Arenisca Tierna caracterizada por su fracturación en forma de bloques que le confiere una alta permeabilidad secundaria, la cual permite que las aguas tanto lluvias como negras se infiltren y entren en contacto con la parte inferior de esta arenisca en donde en general esta circulación está gobernada por la porosidad de poros. En su pata se presentan manantiales de los cuales se toma agua que se utiliza aún para la preparación de alimentos.



A fin de analizar cualitativamente la calidad de estas aguas se tomaron tres muestras del sector aledaño a las perforaciones 1 y 2 (Ver Plancha Geológica No. 2).

6.2.2. FORMACION ARENISCA DE LABOR.

En esta formación las areniscas cuarzosas son de grano fino a grueso presentando una porosidad inferior a la formación anterior. exhibe una cementación más uniforme. La resistencia a la compresión simple permite clasificarla como baja (275 - 550 Kgf/cm²) a media (550 - 1.100 Kgf/cm²); el módulo de deformación varía entre (3.44 y 0.28) X 10⁵ Kgf/cm² y su peso unitario es de 2.17 Ton/m³.

Su abrasividad es similar a la de la Arenisca Tierna. La permeabilidad es predominantemente de tipo secundario; es decir, el



INGEVEL Y CIA. LTDA.
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
 VIAS - CONSTRUCCIONES



flujo se presenta principalmente a través de discontinuidades (facturas, diaclasas, planos de estratificación, etc.).

En esta formación se presentan generalmente tres familias de discontinuidades aproximadamente ortogonales: los planos de estratificación y dos familias de fracturas. Se observa en las rocas la tendencia a fracturarse en dos direcciones: una paralela a los planos de estratificación y la otra normal a ésta pero igualmente en el sentido longitudinal de depositación. Estas diaclasas presentan poca o ninguna rugosidad y son prácticamente planas. Los planos de estratificación presentan, en general, muy poca ondulación y sólo muestran rugosidad, inherente a la depositación.

Otras características de las discontinuidades tales como alteración de las paredes, aberturas y rellenos dependen del sitio.



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

El espesor de esta formación puede llegar a los 50 m.

En el sector I (canteras El Cedro, Olano y Cerro - Ibiza) la presencia de estas canteras ha modificado fundamentalmente el comportamiento morfoestructural de la zona ya que fruto de la extracción tan antitécnica-mente llevada, "Método Frontal por la Base" se han generado enormes grietas transversales, profundas, de espesores considerables y de longitudes igualmente importantes, (Ver mapa geológico 1/2), las cuales coadyuvadas por los fenómenos torrenciales han permitido igualmente la formación de grietas longitudinales que se han convertido en cauces naturales y que guiando las aguas durante los inviernos, se han ensanchado considerablemente dada la susceptibilidad de los materiales superficiales, Fotografías Nos. 14, 15 y 16.

Una perforación de dos (2) metros realiza



da en este sector (ver Plancha Geológica No. 1 y Fotografía No. 17) mostró la presencia de un material limo-arcilloso hacia los 1.20 m. bajo una capa de limo vegetal. Hacia los 1.80 m. se perfilaba ya la presencia de arcilla limosa. No se logró encontrar la superficie de falla, aunque del terreno puede inferirse que se encuentra a una profundidad de 8 metros aproximadamente.

En este sector se detectó un gran movimiento en masa con escarpes escalonados que cubre un área de más de 9 Has, (Fotografías Nos. 18 y 19). Un deslizamiento ocurrido tres años atrás produjo la destrucción de dos (2) viviendas. (Fotografía No. 20) En este sector se explota básicamente la Arenisca de Labor.

6.2.3. FORMACION PLEANERS.

Incluimos aquí una breve descripción de es-



ta formación ya que en la bibliografía utilizada se hace alguna alusión a ella, aunque nosotros no pudimos identificarla.

Esta formación está constituida por intercalaciones de liditas, lutitas silíceas y arenáceas y areniscas cuarzosas de grano fino; su porosidad es inferior a la de las dos formaciones anteriores, pero su abrasividad es mayor.

Su resistencia a la comprensión simple es medianamente dura (550 - 1.100 Kgf/cm²). Su cementación es bastante homogénea. Esta secuencia de rocas presenta una estratificación muy delgada.

La Lutita de esta formación se caracteriza por una resistencia de 380 Kgf/cm² , un módulo de deformación de 0.92 x 10⁵ Kgf/cm² . y un peso unitario de 2.29 Ton/m³ . Su permeabilidad es fundamentalmente secundaria.



En su estado original es resistente a la me teorización. Presenta un alto grado de fracturamiento simulando cubos de azúcar. Las paredes de estas fracturas son práctica mente planas y no presentan rugosidades.

Su fina estratificación y patrón de fracturamiento facilita el desprendimiento de la roca o su arrastre por el agua. El espesor de la formación varía entre los 44 y los 180 m.

6.2.4. FORMACION ARENISCA DURA.

Las areniscas de esta formación son cuarzosas, de grano fino, densas y presentan una porosidad similar a las del nivel de Plea-ners; su abrasividad es mayor que las demás formaciones.

Desde el punto de vista de la resistencia a la compresión inconfiada estas areniscas



se clasifican entre moderadamente duras (550 - 1.100 Kgf/cm²) y duras (1.100 - 2.200 Kgf/cm²), con un módulo de deformación entre (1.44 y 0.60) X 10⁵ Kgf/cm². y un peso unitario de 2.40 Ton/m³.

Estas areniscas presentan permeabilidad secundaria y son bastante resistentes a la meteorización. Los espesores de sus estratos varían entre medianamente gruesos a gruesos, alcanzando hasta los 4 m. de espesor. El macizo rocoso es normalmente masivo. Las familias de discontinuidades presentan una actitud similar en número, distribución y demás características que se presentan en la Arenisca de Labor.

El espesor de esta formación es del orden de los 100 m.



6.3. ANALISIS DE LOS EVENTOS DE INESTABILIDAD EN LOS SECTORES ESTUDIADOS.

La alternancia de formaciones duras (silíceas) y blandas (arcillosas) permitió la conformación de grandes plegamientos buzantes, relativamente poco fallados y, en ciertos casos, sin rompimiento en sus zonas axiales. La principal respuesta de las formaciones blandas fue el aumento de la laminación de las arcillolitas dando lugar a delgadas venas de lutitas y argilitas; en las formaciones duras se produjo un incremento del fracturamiento (sistemas singenéticos o litoclasas debidos a plegamientos y fallamientos) el cual se muestra abierto en los niveles más superficiales aumentando la permeabilidad secundaria, las estructuras de colapso y los repliegues menores. En términos generales los parámetros hidroestructurales de las discontinuidades son:

6.3.1. ACTITUD.

Multidireccional, si bien en general es tri



direccional.

6.3.2. DENSIDAD.

La densidad es baja. Las familias de discontinuidades enseñan, en general, grandes bloques de 4 X 4 X 6 m³; hasta pequeños bloques de 10 X 15 X 30 Cm³. Un promedio bastante frecuente es el de bloques de 1.0 X 0.8 X 0.6 m³.

6.3.3. ABERTURA.

Es considerable en superficie (15 - 20 cm) y baja en profundidad (del orden del 1 mm), si bien en los cortes dejados por las explotaciones de antiguas areneras aquellos 15-20 cm. se mantienen tanto en superficie como en el frente del escarpe.

6.3.4. CONTINUIDAD.



Es poca pero con comunicación efectiva entre familias de discontinuidades.

6.3.5. RUGOSIDAD.

En general son planas. En algunas ocasiones se presentan con alguna ondulación.

6.3.6. RELLENO.

Frecuentemente se encuentran vacías, ocasionalmente con relleno areno-limo-arcilloso.

Las anteriores apreciaciones son válidas para el sector II (Barrio Soratama). Para el sector I todos estos parámetros hidroestructurales están gobernados por las discontinuidades generadas o disparadas por los efectos de las actuales extracciones de material de las canteras El Cedro, Olano y Cerro Ibiza.



El Grupo Guadalupe, en los sectores de estudio, presenta escarpes verticales y pendientes estructurales cuya orientación se encuentra controlada por sus tres (3) familias de discontinuidades típicas.

En los sitios donde el grupo presenta una exposición de las formaciones Tierna y Labor en un área extensa, la morfología es relativamente suave debido a procesos de meteorización y erosión. Lo anterior prevé que las inestabilidades de taludes en roca están controladas por las discontinuidades estructurales.

Las formaciones Tierna y Labor deben protegerse para evitar el avance de los procesos de meteorización y erosión. Más adelante volveremos sobre esta recomendación.



INGEVEL Y CIA. LTDA.
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
 VIAS - CONSTRUCCIONES

6.4. TIPOS DE MOVIMIENTOS.

Realizados los análisis anteriores se tiene un concepto general de la clase de eventos que ocurren en los sectores estudiados. Haciendo observaciones de la manera como se han construido las viviendas y obras de infraestructura, con especial atención en el sector II, (Barrio Soratama) donde hay mayor densidad de población, se determinó que los movimientos más frecuentes son: Caída de bloques en el Sector II, Barrio Soratama (Ver plano Geológico 2/2) y fenómenos de deslizamientos en la parte alta de las Canteras Cerro-Ibiza, Olano y El Cedro (Ver Plano Geológico 1/2), clasificación comparativa con la de Varnes (1.978).

6.4.1. CAIDA DE BLOQUES.

Como secuela de la explotación antitécnica de las canteras han quedado taludes con pendientes altas, verticales y cóncavas que favorecen el desprendimiento de bloques y cantos (Fotografías Nos. 21 y 22 y Diagrama No. 1) El fenómeno tiene varios agentes

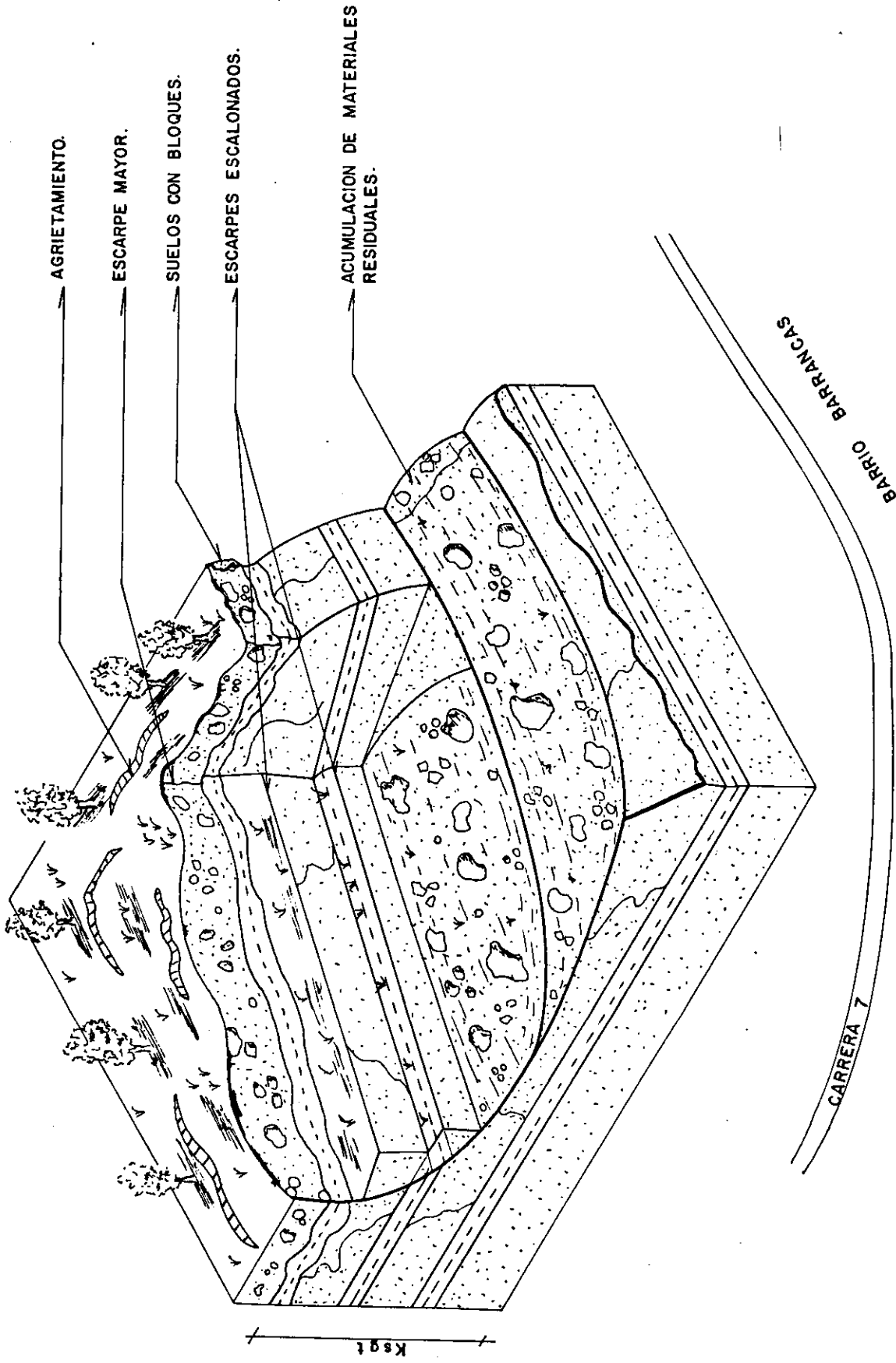


Diagrama No. 1.
 Deslizamiento de tipo rotacional circular que ocurre en el Sector I, como consecuencia de la
 Explotación Antitécnica de las canteras de Zonas Aledañas.



detonantes: Gravedad, saturación de la roca con agua, fracturamiento y meteorización. La caída de bloques es notoria en el sector II, Barrio Soratama (Ver plano Geológico 2/2), producida por la infiltración de las aguas superficiales a través de grietas y fisuras que saturan el macizo rocoso y permiten el desprendimiento por gravedad. En el sector I (Canteras El Cedro, Olano y Cerro Ibiza) el fenomeno es causado por la excavación de la pata del talud originando la inestabilidad y el consecuente desprendimiento por gravedad (ver Fotografía No. 23).

6.4.2. DESLIZAMIENTOS.

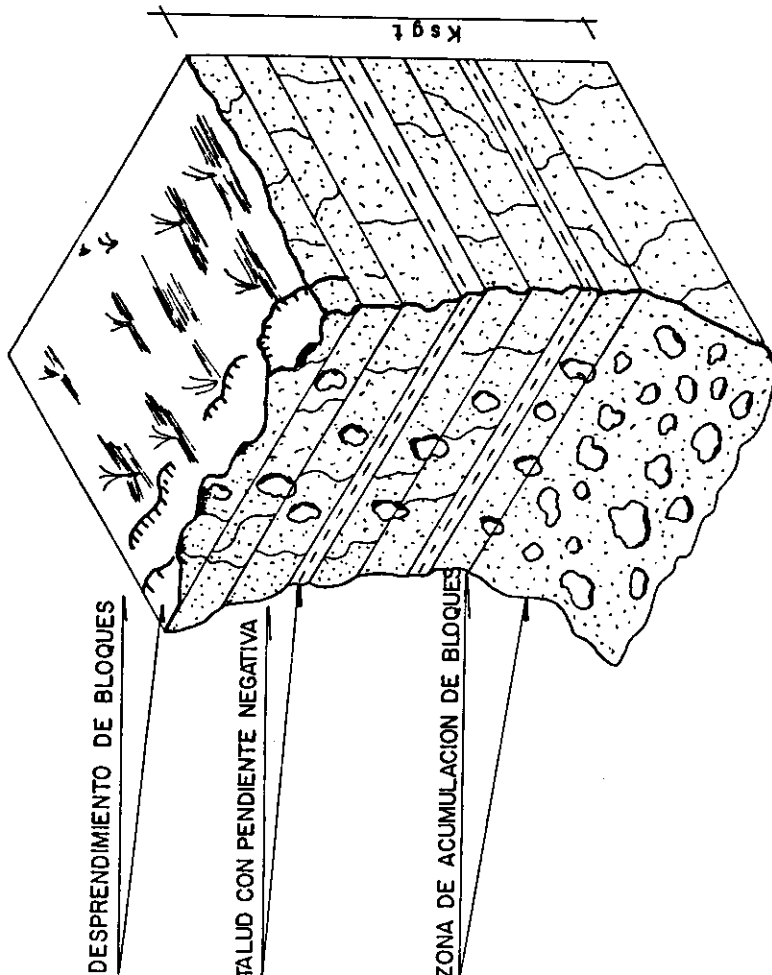
En el sector I se presenta un deslizamiento rotacional en la zona aledaña a las Canteras Cerro-Ibiza y Olano (Ver Plano Geológico 1/2), que afecta seriamente algunas habitaciones del Barrio San Cristobal Cerro Norte. En la primera visita realizada en febrero del presente año, el fenómeno era



estable, no se presentaban agrietamientos importantes (Fotografías Nos. 23A y 23B) y las casas aún no estaban averiadas. A principios del mes de Mayo el fenómeno se reactivó por el incremento en el volúmen de explotación de materiales de construcción en las Canteras antes mencionadas y de las lluvias que por esta época se aumentan (Ver Fotografías Nos. 23C, 23D, 23F y 23G).

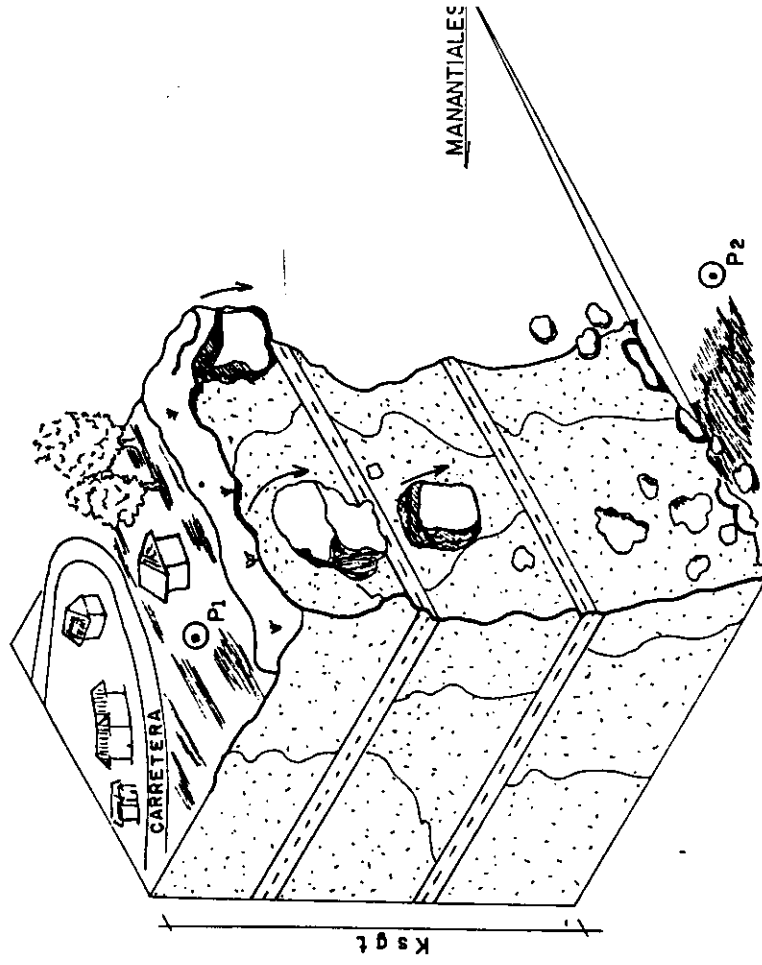
En la actualidad el desplazamiento continúa mostrando un desplazamiento de cms/día, según datos suministrados por la Secretaría de Obras Publicas del Distrito.

La situación antes descrita ocurre en el extremo nororiental del área considerada en este estudio, se continúa al norte, hacia el Barrio San Cristobal Cerro Alto, las medidas correctivas deben realizarse en forma inmediata y se encuentran en el Capítulo 12.



Caida de Bloques a la altura de la cota
2.820 m.s.n.m

Barrio Soratama.



Caida de Bloques a la altura de la cota
2.840 m.s.n.m. (P1 y P2 , sitios
de perforación)

Barrio Soratama.



En el extremo Suroriental del Sector I, parte alta de la Cantera El Cedro tiene origen un movimiento de tipo rotacional circular caracterizado por escarpes escalonados (Ver Diagrama No. 2, Fotografías Nos. 24 y 25 y Plancha Geológica 1/2). El fenómeno es causado por la excavación de la pata del talud lo cual inestabiliza el macizo rocoso, permitiendo un movimiento de reptación deducido de la posición de los árboles (Fotografías Nos. 26 y 27).

En el sector II a la altura de la cota 2.672 m.s.n.m., extremo Sur, se presenta un movimiento traslacional que involucra los depósitos cuaternarios de ladera, (Fotografía No. 28),

6.5. INVESTIGACION DE CAMPO Y LABORATORIO.

6.5.1. RECONOCIMIENTO GEOTECNICO DE SUPERFICIE.

Se hizo una evaluación general de los problemas, clasificando zonas similares y estableciendo el programa de investigación. Se realizó un levantamiento detallado de las discontinuidades aflorantes en los dos sectores con el fin de evaluar la influencia



de los cortes en la estabilidad del macizo rocoso y, adicionalmente, determinar si la forma que presenta el suelo en el sector I obedece a un control estructural o es consecuencia de la extracción de material.

6.5.2. EXPLORACION DEL SUELO.

Una vez efectuado el reconocimiento geotécnico general del sector, se procedió a la localización y ejecución de 4 sondeos (Fotografías Nos. 29, 30 y 31) con el fin de ampliar el conocimiento de las características físicas y los espesores donde fue posible, de los materiales más superficiales que suprayacen la arenisca en el sector II. En el sector I la perforación realizada se llevó a cabo solo en suelo.

Se tomaron muestras alteradas de material para la determinación de las propiedades in dices e inalteradas de la arenisca para la



determinación de las características de resistencia. Esta arenisca fue analizada debido a que conforma el basamento donde se cimentan todas las obras civiles del Barrio Soratama (Sector II).

6.5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Sobre las muestras obtenidas de los sondeos y una muestra superficial de un bloque de arenisca se realizaron en el laboratorio los siguientes ensayos:

- Límite líquido.
- Humedad y peso unitario.
- Gradación en material lavado sobre tamiz No. 200.
- Ensayos de corte directo consolidado drenado y consolidado no drenado según el tipo de suelo, a esfuerzos normales de 0.5, 1.0 y 2.0 Kgf/cm² .



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

- Ensayo de compresión simple y tracción in directa sobre la muestra de arenisca a fin de determinar sus coeficientes elásticos.
- Ensayo de corte directo sobre muestra de roca inundada para la determinación de la envolvente de resistencia, bajo esfuerzos normales de 0.5, 1.0 y 2.0 Kgf/cm² .

6.6. CARACTERISTICAS GEOMECAICAS DE LOS MATERIALES.

6.6.1. LIMITES DE ATTERBERG Y GRANULOMETRIA.

Los resultados obtenidos, mostrados en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6 se compararon con la carta de plasticidad de Casagrande en donde se observó que en general esos materiales o son arenas y por la tanto no exhiben ni límite líquido ni límite plástico o tienen una plasticidad entre baja y media; el límite líquido entre muestras secadas al aire

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL

LIMITES DE CONSISTENCIA
Y GRADACION

OBRA: Sector II SITIO: B. Soratama FECHA: Mayo 3/90

CLIENTE: _____ O.T. No.: _____

SONDEO: No. 1 MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD: 0.70 m.

DESCRIPCION: Limo arcilloso, color carmelito oscuro

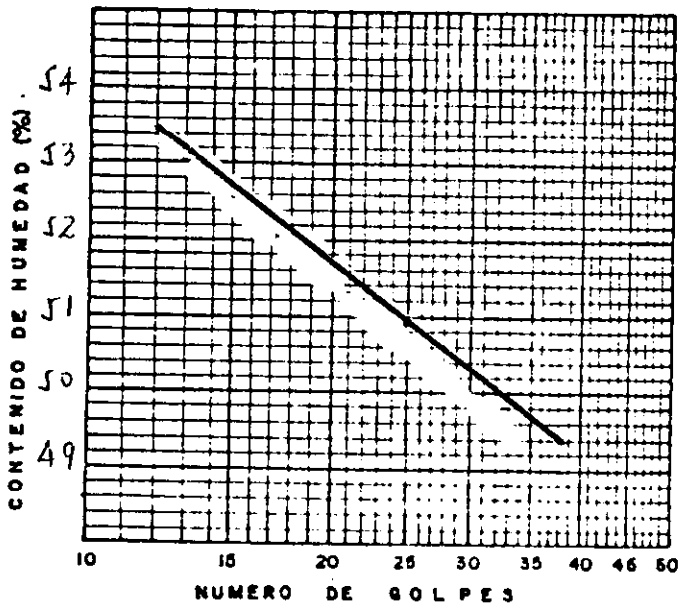
LIMITES DE CONSISTENCIA

GRADACION Lavaolo

| LIMITE LIQUIDO | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE No. | 105 | 122 | 153 |
| Na. de golpes | 38 | 24 | 12 |
| Pr + Pb | 33.33 | 36.56 | 36.81 |
| Pr + Ps | 25.72 | 27.82 | 27.78 |
| P agua | 7.61 | 8.74 | 9.03 |
| Pr | 10.34 | 10.67 | 10.90 |
| Ps | 15.38 | 17.15 | 16.88 |
| % HUMEDAD | 49.48 | 50.96 | 53.49 |

| WTMS = 125.00 | | WLST200 = 66.15 | |
|---------------|----------|-----------------|--------|
| TAMIZ | W RETEN. | % RET | % PASA |
| %PT200 | 66.15 | | 47.08 |
| Fondo | 58.85 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| LIMITE PLASTICO | | | W _n |
|-----------------|-------|-------|----------------|
| RECIPIENTE No. | 198 | 192 | |
| Pr + Pb | 22.94 | 24.32 | |
| Pr + Ps | 19.77 | 20.65 | |
| P agua | 3.17 | 3.67 | |
| Pr | 10.82 | 10.31 | |
| Ps | 8.95 | 10.34 | |
| % HUMEDAD | 35.42 | 35.60 | |



RESULTADOS

Límite Líquido 51.00 %
 Límite Plástico 35.51 %
 Índice de plasticidad 15.50 %

Índice de grupo _____
 A.A.S.M.T.O. _____
 U.S.C. _____

OBSERVACIONES

Humedad natural
23.29 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL

LIMITES DE CONSISTENCIA
Y GRADACION

OBRA: Sector II SITIO: B. Soratama FECHA: Mayo 3/90

CLIENTE: _____ O.T. No.: _____

SONDEO: No. 2 MUESTRA: 2 PROFUNDIDAD: _____

DESCRIPCION: Arena fina algo limosa color gris habano

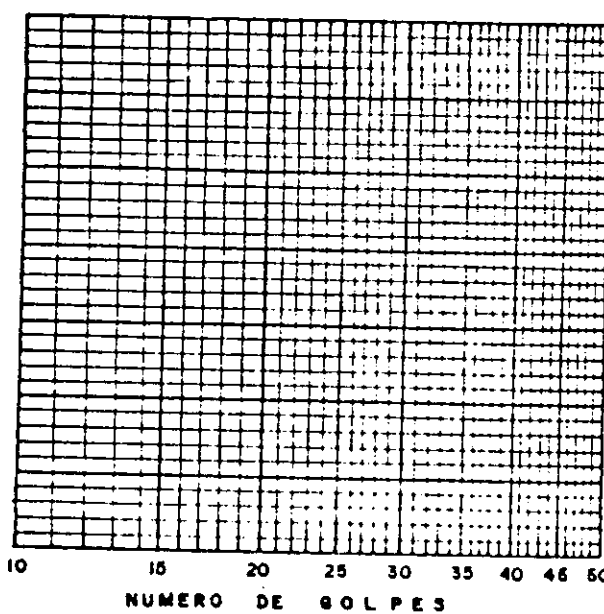
LIMITES DE CONSISTENCIA

GRADACION

| LIMITE LIQUIDO | | | | |
|----------------|--|--|--|--|
| RECIPIENTE No. | | | | |
| Na. de golpes | | | | |
| Pr + Ph | | | | |
| Pr + Ps | | | | |
| P agua | | | | |
| Pr | | | | |
| Ps | | | | |
| % HUMEDAD | | | | |

| WTMS = 275.8 | | WLST200 = 232.7 | |
|--------------|----------|-----------------|-------------|
| TAMIZ | W RETEN. | % RET | % PASA |
| 40 | 0.4 | 0.15% | arena media |
| 200 | 232.3 | 84.23% | arena fina |
| Fondo | | 15.62% | finas |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| LIMITE PLASTICO | | | | Wp |
|-----------------|--|--|--|----|
| RECIPIENTE No. | | | | |
| Pr + Ph | | | | |
| Pr + Ps | | | | |
| P agua | | | | |
| Pr | | | | |
| Ps | | | | |
| % HUMEDAD | | | | |



RESULTADOS

Límite Líquido NO L. L. %
 Límite Plástico NO L. P. %
 Índice de plasticidad — %
 Índice de grupo _____
 A. A. S. H. T. O. _____
 U. S. C. _____

OBSERVACIONES

humedad de ensayo:
18.84 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL

LIMITES DE CONSISTENCIA
Y GRADACION

OBRA: Sector II SITIO: B. Soratama FECHA: Mayo 3/90
 CLIENTE: _____ O.T. No.: _____
 SONDEO: No. 3 MUESTRA: 3 PROFUNDIDAD: _____
 DESCRIPCION: Arcilla limosa color gris oscura

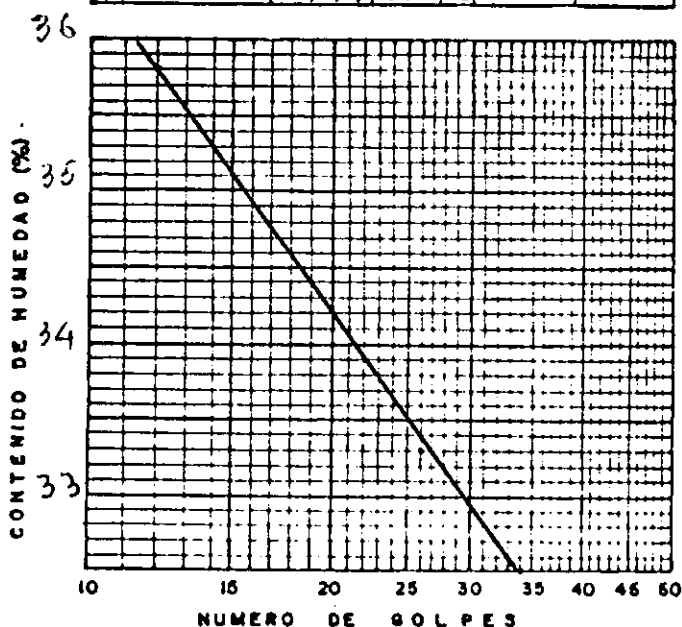
LIMITES DE CONSISTENCIA

GRADACION

| LIMITE LIQUIDO | | | |
|----------------|-------|-------|-------|
| RECIPIENTE No. | 42 | 45 | 103 |
| No. de golpes | 12 | 26 | 34 |
| Pr + Ph | 33.08 | 37.23 | 39.44 |
| Pr + Ps | 26.17 | 29.60 | 31.41 |
| P agua | 6.91 | 7.63 | 8.03 |
| Pr | 6.87 | 6.67 | 6.72 |
| Ps | 19.30 | 22.93 | 24.69 |
| % HUMEDAD | 35.80 | 33.27 | 32.52 |

| WTMS = 260.5 | | WLST200 = 175.3 | |
|--------------|----------|-----------------|--------|
| TAMIZ | W RETEN. | % RET | % PASA |
| 10 | 2 | | |
| 40 | 51 | | |
| 200 | | | 32.7% |
| Fondo | 122.4 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| LIMITE PLASTICO | | | W _n |
|-----------------|-------|-------|----------------|
| RECIPIENTE No. | 53 | 36 | |
| Pr + Ph | 20.28 | 20.54 | |
| Pr + Ps | 17.65 | 17.90 | |
| P agua | 2.63 | 2.64 | |
| Pr | 6.78 | 6.89 | |
| Ps | 10.87 | 11.01 | |
| % HUMEDAD | 24.19 | 23.98 | |



RESULTADOS

Límite Líquido 33.5 %
 Límite Plástico 24.1 %
 Índice de plasticidad 9.4 %

Índice de grupo _____
 A. A. S. H. T. O. _____
 U. S. C. _____

OBSERVACIONES

Humedad Natural
35.63%

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL

LIMITES DE CONSISTENCIA
Y GRADACION

OBRA: Sector I SITIO: Canteras FECHA: Mayo 3/90

CLIENTE: _____ O.T. No.: _____

SONDEO: No. 4 MUESTRA: 4 PROFUNDIDAD: _____

DESCRIPCION: Recibo Arcillo arenoso color amarillo labaus

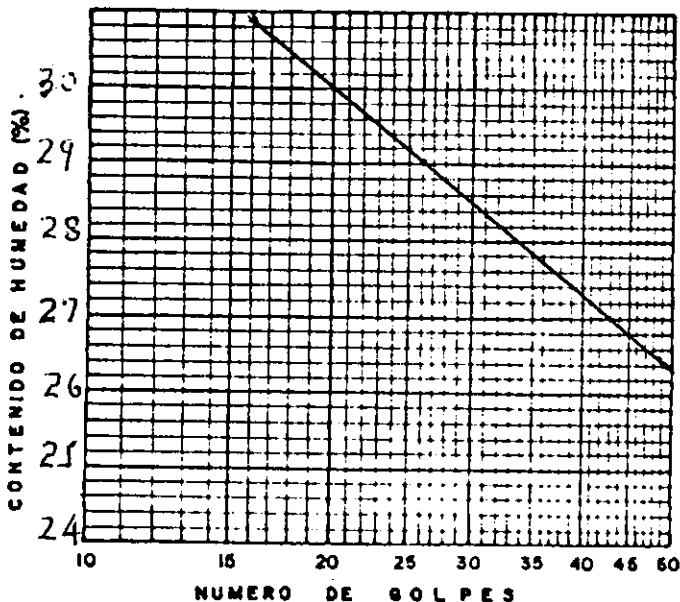
LIMITES DE CONSISTENCIA

GRADACION

| LIMITE LIQUIDO | | | |
|----------------|-------|-------|--|
| RECIPIENTE No. | 170 | 117 | |
| No. de golpes | 26 | 16 | |
| Pr + Ph | 31.70 | 44.95 | |
| Pr + Ps | 27.08 | 36.80 | |
| P agua | 4.62 | 8.15 | |
| Pr | 11.18 | 10.40 | |
| Ps | 15.90 | 26.40 | |
| % HUMEDAD | 29.06 | 30.87 | |

| LIMITE PLASTICO | | | W _n |
|-----------------|-------|-------|----------------|
| RECIPIENTE No. | 108 | 192 | |
| Pr + Ph | 19.33 | 21.08 | |
| Pr + Ps | 17.75 | 19.27 | |
| P agua | 1.58 | 1.81 | |
| Pr | 10.02 | 10.31 | |
| Ps | 7.73 | 8.96 | |
| % HUMEDAD | 26.44 | 20.20 | |

| TAMIZ | W RETEN. | % RET | % PASA |
|-------|----------|-------|--------|
| | | | 100 |
| 4 | 26.9 | 13.3 | 86.7 |
| 40 | 53.2 | 26.4 | 60.3 |
| 200 | 20.2 | 10.6 | 50.3 |
| Fondo | | 50.3 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



RESULTADOS

Límite Líquido 29.3 %
 Límite Plástico 20.3 %
 Índice de plasticidad 9.0 %

Índice de grupo _____

A. A. S. H. T. O. _____

U. S. C. _____

OBSERVACIONES

Humedad Natural
13.79%

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y PAVIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL

LIMITES DE CONSISTENCIA
Y GRADACION

OBRA: Sector II SITIO: B. Soratama FECHA: Mayo 3/90
CLIENTE: _____ O.T.No.: _____
SONDEO: _____ MUESTRA: Arenisca PROFUNDIDAD: Superficial
DESCRIPCION: Arenisca de Grano fino color habano

LIMITES DE CONSISTENCIA

. Límite líquido NO L.L.
. Límite plástico NO L.P.

GRADACION : NO, Roca.

HUMEDAD NATURAL : 1%



oscila entre 29.2 y 51.0 % en tanto que el índice de plasticidad varía entre el 8.9 y 15.5% la muestra 1 corresponde a un limo arcilloso; la 2, a una arena fina; la 3, a una arcilla limosa; la 4, a recebo arcillo arenoso, y la 5 a una arenisca. Las cuatro primeras muestras corresponden a suelos finos: arena fina, limo y arcilla tal como lo enseñan las tablas antes citadas, clasificados como ML, CL y MH según Casagrande.

6.6.2. HUMEDAD NATURAL Y PESOS UNITARIOS.

La humedad natural varía entre 13.8 y 23.4% tal como se deduce de las tablas anteriores.

La humedad que enseña la muestra 2 no es real ya que por problemas de pega de la cuchara de perforación fue necesario agregarle agua.

Para las muestras sometidas a ensayo de cor



te directo se encontraron los valores de pe so unitario total y seco enseñados en las tablas 7, 8, 9, 10 y 11 respectivamente. Va lores que son típicos para estos materiales.

6.6.3. RESISTENCIA AL CORTE.

A fin de evaluar los parámetros de resisten cia se realizaron 5 ensayos, de los cuales 4 se llevaron a cabo en suelo y 1 en roca (arenisca). Estos ensayos fueron efectua dos bajo condiciones consolidadas drenadas o consolidadas no drenadas, así:

Muestra No. 1 : C.D. (consolidado drenado: 4 horas en la etapa de falla y 1 h 40' en la de consolidación).

Muestra No. 2 : C.U. (consolidado no dre nada: 2 horas en la etapa de falla 8 h en la de consolidación.).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 I E I

CORTE DIRECTO

| | | | | | | | |
|----------------------|--------|---------|---------|--------|---------------|----------------|--|
| ⊙ | | | | | | | |
| Diametro (cm) | 6.35 | HUMEDAD | INICIAL | FINAL | | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | P1 (gr) | 32.43 | 143.2 | W unit. total | 1.297 (gr/cm3) | |
| Volumen (cm3) | 63.338 | P2 (gr) | 28.18 | 110.0 | W unit. seco | 1.052 (gr/cm3) | |
| Carga normal (kg) | 15.83 | P3 (gr) | 9.93 | 43.8 | | | |
| Esf. normal (kg/cm2) | 0.499 | w (%) | 23.287 | 50.151 | | | |
| Peso de Suelo (gr.) | 83.0 | | | | | | |
| ETAPA DE FALLA | | | | | | | |

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRIG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV (cm) |
|---------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|---------------|--------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1131 | 0 | 31.669 | 0.499 | 0 | 0 | 0 |
| 3.333 | 20 | 2.499 | 1195 | 6.0E-03 | 31.628 | 0.5 | 0.088 | 0.175 | 1.625 |
| 7 | 36 | 9.999 | 1124 | 0.025 | 31.587 | 0.502 | 0.159 | 0.316 | -0.178 |
| 12.5 | 46 | 19.999 | 1122 | 0.05 | 31.346 | 0.504 | 0.204 | 0.404 | -0.229 |
| 22 | 58 | 44.999 | 1110 | 0.114 | 30.943 | 0.511 | 0.26 | 0.509 | -0.534 |
| 34.366 | 65 | 79.999 | 1092 | 0.203 | 30.379 | 0.521 | 0.297 | 0.571 | -0.991 |
| 45.166 | 68 | 109.999 | 1077 | 0.279 | 29.895 | 0.529 | 0.316 | 0.597 | -1.372 |
| 56.333 | 70 | 139.999 | 1061 | 0.355 | 29.412 | 0.538 | 0.331 | 0.615 | -1.778 |
| 72.5 | 73 | 174.999 | 1043 | 0.444 | 28.848 | 0.548 | 0.352 | 0.641 | -2.236 |
| 85 | 73 | 199.999 | 1019 | 0.507 | 28.446 | 0.556 | 0.357 | 0.641 | -2.845 |
| 100.166 | 75 | 224.999 | 1019 | 0.571 | 28.045 | 0.564 | 0.372 | 0.659 | -2.845 |
| 110.166 | 75 | 239.999 | 1012 | 0.609 | 27.804 | 0.569 | 0.375 | 0.659 | -3.023 |
| 120 | 75 | 254.999 | 1010 | 0.647 | 27.563 | 0.574 | 0.378 | 0.659 | -3.074 |
| 133 | 75 | 279.999 | 1003 | 0.711 | 27.162 | 0.582 | 0.384 | 0.659 | -3.252 |
| 146.166 | 74 | 299.999 | 997 | 0.761 | 26.842 | 0.589 | 0.383 | 0.65 | -3.404 |
| 158.366 | 74 | 314.999 | 988 | 0.8 | 26.602 | 0.595 | 0.387 | 0.65 | -3.633 |
| 172.5 | 73 | 329.999 | 983 | 0.838 | 26.362 | 0.6 | 0.385 | 0.641 | -3.76 |
| 183 | 73 | 344.999 | 982 | 0.876 | 26.122 | 0.605 | 0.388 | 0.641 | -3.785 |
| 198 | 73 | 364.999 | 971 | 0.927 | 25.803 | 0.613 | 0.393 | 0.641 | -4.064 |
| 208.5 | 73 | 379.999 | 967 | 0.965 | 25.563 | 0.619 | 0.397 | 0.641 | -4.166 |
| 220 | 73 | 394.999 | 961 | 1.003 | 25.324 | 0.625 | 0.401 | 0.641 | -4.318 |
| 229 | 73 | 404.999 | 959 | 1.028 | 25.165 | 0.629 | 0.403 | 0.641 | -4.395 |
| 235 | 73 | 419.999 | 950 | 1.066 | 24.927 | 0.635 | 0.407 | 0.641 | -4.598 |
| 241 | 73 | 344.999 | 959 | 0.876 | 26.122 | 0.605 | 0.388 | 0.641 | -4.395 |
| 247.366 | 73 | 449.999 | 958 | 1.142 | 24.45 | 0.647 | 0.415 | 0.641 | -4.395 |

DESCRIPCION: Limo-arcilloso color carmelito oscuro.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 1.

Profundidad: 0.70 m.

Prueba No. 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
I E I

CORTE DIRECTO

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|---------|--------|--|---------------|-----------------------------|
| Ø | | | | | | | |
| Diametro (cm) | 6.35 | | HUMEDAD | | | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | | P1 (gr) | 55.79 | | W unit. total | 1.275 (gr/cm ³) |
| Volumen (cm ³) | 63.338 | | P2 (gr) | 41.22 | | W unit. seco | 0.863 (gr/cm ³) |
| Carga normal (kg) | 31.67 | | P3 (gr) | 10.63 | | | |
| Esf. normal (kg/cm ²) | 1 | | w (%) | 47.629 | | | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|---------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1152 | 0 | 31.669 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1.5 | 20 | 0.999 | 1152 | 2.0E-03 | 31.653 | 1 | 0.007 | 0.007 | 0 |
| 2.566 | 40 | 3.499 | 1152 | 8.0E-03 | 31.612 | 1.001 | 0.176 | 0.175 | 0 |
| 9.7 | 67 | 11.999 | 1152 | 0.03 | 31.475 | 1.006 | 0.296 | 0.294 | 0 |
| 18.5 | 85 | 29.999 | 1125 | 0.076 | 31.185 | 1.015 | 0.379 | 0.373 | -0.686 |
| 30 | 94 | 49.999 | 1085 | 0.126 | 30.862 | 1.026 | 0.423 | 0.413 | -1.702 |
| 42 | 105 | 69.999 | 1052 | 0.177 | 30.54 | 1.036 | 0.478 | 0.461 | -2.54 |
| 56 | 113 | 86.999 | 1025 | 0.22 | 30.266 | 1.046 | 0.519 | 0.496 | -3.226 |
| 74.5 | 120 | 109.999 | 1002 | 0.279 | 29.895 | 1.059 | 0.558 | 0.527 | -3.81 |
| 86.5 | 128 | 129.999 | 986 | 0.33 | 29.573 | 1.07 | 0.602 | 0.562 | -4.217 |
| 101 | 135 | 159.999 | 960 | 0.406 | 29.09 | 1.088 | 0.645 | 0.593 | -4.877 |
| 112 | 139 | 179.999 | 942 | 0.457 | 28.768 | 1.1 | 0.672 | 0.61 | -5.334 |
| 124 | 143 | 199.999 | 925 | 0.507 | 28.446 | 1.113 | 0.699 | 0.628 | -5.766 |
| 137.333 | 147 | 229.999 | 910 | 0.584 | 27.964 | 1.132 | 0.731 | 0.646 | -6.147 |
| 147.5 | 149 | 254.999 | 898 | 0.647 | 27.563 | 1.148 | 0.752 | 0.654 | -6.452 |
| 169 | 149 | 309.999 | 872 | 0.787 | 26.682 | 1.186 | 0.777 | 0.654 | -7.112 |
| 180 | 147 | 339.999 | 863 | 0.863 | 26.202 | 1.208 | 0.78 | 0.646 | -7.341 |
| 191.5 | 142 | 374.999 | 858 | 0.952 | 25.643 | 1.235 | 0.77 | 0.624 | -7.468 |
| 203 | 142 | 394.999 | 849 | 1.003 | 25.324 | 1.25 | 0.78 | 0.624 | -7.697 |
| 212.75 | 142 | 409.999 | 842 | 1.041 | 25.006 | 1.262 | 0.787 | 0.624 | -7.874 |
| 224.333 | 144 | 424.999 | 842 | 1.079 | 24.847 | 1.274 | 0.806 | 0.632 | -7.874 |
| 233 | 143 | 439.999 | 835 | 1.117 | 24.609 | 1.286 | 0.808 | 0.628 | -8.052 |
| 240 | 143 | 449.999 | 832 | 1.142 | 24.45 | 1.295 | 0.814 | 0.628 | -8.128 |

DESCRIPCION: Limo-arcilloso color carmelito oscuro.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 1.

Profundidad: 0.70 m.

Prueba No. 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | | | |
|----------------------|--------|---------|--------|---------------|----------------|--|
| Ø | | | | | | |
| Díametro (ca) | 6.35 | HUMEDAD | | | | |
| Altura inic. (ca) | 2 | P1 (gr) | 48.75 | W unit. total | 1.176 (gr/cm3) | |
| Volumen (ca3) | 63.338 | P2 (gr) | 37.38 | W unit. seco | 0.83 (gr/cm3) | |
| Carga normal (kg) | 63.34 | P3 (gr) | 18.82 | | | |
| Esf. normal (kg/cm2) | 2 | w (%) | 41.557 | | | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/s | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|---------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|----------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1543 | 0 | 31.669 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2.166 | 20 | 0.499 | 1543 | 1.0E-03 | 31.661 | 2 | 0.087 | 0.043 | 0 |
| 4.433 | 45 | 1.499 | 1543 | 3.0E-03 | 31.645 | 2.001 | 0.197 | 0.098 | 0 |
| 7.5 | 85 | 4.499 | 1543 | 0.011 | 31.596 | 2.004 | 0.374 | 0.186 | 0 |
| 14.3 | 130 | 17.999 | 1520 | 0.045 | 31.378 | 2.018 | 0.576 | 0.285 | -0.585 |
| 21 | 150 | 29.999 | 1482 | 0.076 | 31.185 | 2.031 | 0.669 | 0.329 | -1.55 |
| 30 | 165 | 39.999 | 1458 | 0.101 | 31.024 | 2.041 | 0.74 | 0.362 | -2.159 |
| 38.166 | 195 | 59.999 | 1412 | 0.152 | 30.701 | 2.063 | 0.884 | 0.428 | -3.328 |
| 55 | 215 | 89.999 | 1362 | 0.228 | 30.217 | 2.096 | 0.99 | 0.472 | -4.598 |
| 65 | 243 | 109.999 | 1332 | 0.279 | 29.895 | 2.118 | 1.131 | 0.533 | -5.36 |
| 81.5 | 260 | 139.999 | 1298 | 0.355 | 29.412 | 2.153 | 1.23 | 0.571 | -6.223 |
| 93 | 271 | 159.999 | 1278 | 0.406 | 29.09 | 2.177 | 1.296 | 0.595 | -6.731 |
| 105 | 282 | 184.999 | 1261 | 0.469 | 28.688 | 2.207 | 1.368 | 0.619 | -7.163 |
| 122.5 | 286 | 199.999 | 1246 | 0.507 | 28.446 | 2.226 | 1.399 | 0.628 | -7.544 |
| 134.5 | 293 | 219.999 | 1242 | 0.558 | 28.125 | 2.252 | 1.449 | 0.643 | -7.646 |
| 145 | 294 | 239.999 | 1238 | 0.609 | 27.804 | 2.278 | 1.471 | 0.646 | -7.747 |
| 168.5 | 295 | 279.999 | 1222 | 0.711 | 27.162 | 2.331 | 1.511 | 0.648 | -8.154 |
| 181 | 296 | 299.999 | 1218 | 0.761 | 26.842 | 2.359 | 1.534 | 0.65 | -8.255 |
| 175 | 300 | 339.999 | 1205 | 0.863 | 26.202 | 2.417 | 1.593 | 0.659 | -8.586 |
| 207.166 | 298 | 377.999 | 1189 | 0.96 | 25.595 | 2.474 | 1.62 | 0.654 | -8.992 |
| 217 | 298 | 409.999 | 1182 | 1.041 | 25.086 | 2.524 | 1.653 | 0.654 | -9.17 |
| 227 | 288 | 449.999 | 1182 | 1.142 | 24.45 | 2.59 | 1.639 | 0.632 | -9.17 |
| 234 | 295 | 439.999 | 1182 | 1.117 | 24.689 | 2.573 | 1.668 | 0.648 | -9.17 |

DESCRIPCION: Limo-arcilloso color carmelito oscuro.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 1.

Profundidad: 0.70 m.

Prueba No. 3.

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|---------------|---------|--------|---|
| Ø | | | | | | |
| Diametro (cm) | 6.35 | | HUMEDAD FINAL | INICIAL | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | | P1 (gr) | 153.3 | 513.2 | W unit. total 1.913 (gr/cm ³) |
| Volumen (cm ³) | 63.338 | | P2 (gr) | 128.7 | 448.3 | W unit. seco 1.589 (gr/cm ³) |
| Carga normal (kg) | 15.83 | | P3 (gr) | 36.6 | 103.9 | |
| Esf. normal (kg/cm ²) | 0.499 | | w (%) | 26.71 | 18.844 | |
| Peso de Suelo (gr) | 121.0 | | | | | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV (cm) |
|--------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 837 | 0 | 31.669 | 0.499 | 0 | 0 | 0 |
| 2.25 | 20 | 1.999 | 836 | 5.0E-03 | 31.636 | 0.5 | 0.883 | 0.167 | -0.026 |
| 3.833 | 37 | 6.999 | 830 | 0.017 | 31.556 | 0.501 | 0.155 | 0.389 | -0.178 |
| 5.666 | 50 | 13.999 | 928 | 0.035 | 31.443 | 0.503 | 0.21 | 0.418 | -0.229 |
| 7.5 | 60 | 23.499 | 829 | 0.059 | 31.29 | 0.505 | 0.254 | 0.502 | -0.284 |
| 10.116 | 65 | 29.999 | 829 | 0.076 | 31.185 | 0.507 | 0.276 | 0.544 | -0.204 |
| 12.066 | 73 | 45.999 | 844 | 0.116 | 30.927 | 0.511 | 0.312 | 0.611 | 0.177 |
| 15.416 | 73 | 64.999 | 858 | 0.165 | 30.62 | 0.516 | 0.316 | 0.611 | 0.533 |
| 20 | 70 | 89.999 | 862 | 0.228 | 30.217 | 0.523 | 0.307 | 0.586 | 0.634 |
| 27 | 72 | 129.999 | 846 | 0.33 | 29.573 | 0.535 | 0.322 | 0.603 | 0.228 |
| 32.216 | 72 | 159.999 | 835 | 0.406 | 29.09 | 0.544 | 0.328 | 0.603 | -0.051 |
| 36.75 | 72 | 182.999 | 824 | 0.464 | 28.72 | 0.551 | 0.332 | 0.603 | -0.331 |
| 46.833 | 70 | 219.999 | 800 | 0.558 | 28.125 | 0.562 | 0.329 | 0.586 | -0.94 |
| 56 | 60 | 259.999 | 779 | 0.66 | 27.483 | 0.575 | 0.328 | 0.569 | -1.474 |
| 64.766 | 69 | 296.999 | 767 | 0.754 | 26.89 | 0.588 | 0.34 | 0.577 | -1.778 |
| 63.783 | 70 | 339.999 | 751 | 0.863 | 26.202 | 0.604 | 0.354 | 0.586 | -2.185 |
| 82.783 | 71 | 374.999 | 736 | 0.952 | 25.643 | 0.617 | 0.367 | 0.594 | -2.566 |
| 89.416 | 72 | 407.999 | 714 | 1.036 | 25.117 | 0.63 | 0.38 | 0.603 | -3.125 |

DESCRIPCION: Arena fina algo limosa de color gris habano.

Sector II Barrio Soratama.
 Perforacion No. 2
 Profundidad: 1.20m.
 Prueba No. 1.

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|--|-----------------|--------|---------------|-----------------------------|
| Ø | | | | | | | |
| Diámetro (cm) | 6.35 | | | HUMEDAD INICIAL | | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | | | P1 (gr) | 513.2 | W unit. total | 1.981 (gr/cm ³) |
| Volumen (cm ³) | 63.338 | | | P2 (gr) | 448.3 | W unit. seco | 1.599 (gr/cm ³) |
| Carga normal (kg) | 31.67 | | | P3 (gr) | 103.9 | | |
| Esf. normal (kg/cm ²) | 1 | | | w (%) | 18.844 | | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|---------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1587 | 0 | 31.669 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1.9 | 20 | 1.599 | 1577 | 4.0E-03 | 31.643 | 1 | 0.003 | 0.003 | -0.254 |
| 3.133 | 50 | 6.999 | 1568 | 0.017 | 31.556 | 1.003 | 0.21 | 0.209 | -0.483 |
| 4.75 | 70 | 10.999 | 1560 | 0.027 | 31.491 | 1.005 | 0.294 | 0.293 | -0.686 |
| 8.25 | 100 | 24.999 | 1551 | 0.063 | 31.265 | 1.012 | 0.424 | 0.418 | -0.915 |
| 13.483 | 115 | 35.999 | 1546 | 0.091 | 31.088 | 1.018 | 0.49 | 0.481 | -1.042 |
| 18.7 | 128 | 67.999 | 1530 | 0.172 | 30.572 | 1.035 | 0.555 | 0.535 | -1.245 |
| 21.75 | 130 | 79.999 | 1536 | 0.203 | 30.379 | 1.042 | 0.567 | 0.544 | -1.296 |
| 27.416 | 135 | 94.999 | 1530 | 0.241 | 30.137 | 1.05 | 0.593 | 0.565 | -1.448 |
| 36.916 | 139 | 119.999 | 1529 | 0.304 | 29.734 | 1.065 | 0.619 | 0.581 | -1.474 |
| 45 | 145 | 144.999 | 1518 | 0.368 | 29.331 | 1.079 | 0.655 | 0.607 | -1.753 |
| 51.833 | 146 | 169.999 | 1500 | 0.431 | 28.929 | 1.094 | 0.669 | 0.611 | -2.21 |
| 58 | 147 | 209.999 | 1488 | 0.533 | 28.286 | 1.119 | 0.689 | 0.615 | -2.515 |
| 68.7 | 146 | 224.999 | 1482 | 0.571 | 28.045 | 1.129 | 0.69 | 0.611 | -2.667 |
| 68.516 | 148 | 259.999 | 1463 | 0.66 | 27.483 | 1.152 | 0.713 | 0.619 | -3.15 |
| 76.333 | 155 | 299.999 | 1454 | 0.761 | 26.842 | 1.179 | 0.765 | 0.648 | -3.379 |
| 86.333 | 153 | 344.999 | 1437 | 0.876 | 26.122 | 1.212 | 0.776 | 0.64 | -3.81 |
| 92 | 154 | 384.999 | 1327 | 0.977 | 25.484 | 1.242 | 0.801 | 0.644 | -6.604 |
| 99 | 154 | 414.999 | 1316 | 1.054 | 25.006 | 1.266 | 0.816 | 0.644 | -6.884 |
| 103.3 | 154 | 434.999 | 1308 | 1.104 | 24.688 | 1.282 | 0.826 | 0.644 | -7.007 |
| 109.166 | 156 | 464.999 | 1301 | 1.181 | 24.212 | 1.307 | 0.854 | 0.653 | -7.265 |
| 118.45 | 159 | 499.999 | 1288 | 1.269 | 23.658 | 1.338 | 0.891 | 0.665 | -7.595 |



DESCRIPCION: Arena fina algo limosa de color gris habano.

Sector II Barrio Soratama.
Perforacion No. 2
Profundidad: 1.20m.
Prueba No. 2.

77

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | |
|-----------------------------------|--------|---------------|--------|---|
| Ø | | | | |
| Diametro (cm) | 6.35 | HUMEDAD FINAL | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | P1 (gr) | 152.4 | W unit. total 1.982 (gr/cm ³) |
| Volumen (cm ³) | 63.338 | P2 (gr) | 131.7 | W unit. seco 1.551 (gr/cm ³) |
| Carga normal (kg) | 63.34 | P3 (gr) | 40 | |
| Esf. normal (kg/cm ²) | 2 | w (%) | 22.573 | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/c | $\times 10^{-2}$ dV (ca) |
|--------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|----------|-----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 904 | 0 | 31.669 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 1.25 | 30 | 1.199 | 901 | 3.0E-03 | 31.649 | 2.001 | 0.125 | 0.062 | -0.077 |
| 2.5 | 60 | 2.499 | 898 | 6.0E-03 | 31.628 | 2.002 | 0.251 | 0.125 | -0.153 |
| 5.666 | 95 | 6.999 | 889 | 0.017 | 31.556 | 2.007 | 0.399 | 0.198 | -0.381 |
| 8.85 | 150 | 15.999 | 871 | 0.04 | 31.411 | 2.016 | 0.633 | 0.313 | -0.839 |
| 13.833 | 192 | 27.999 | 861 | 0.071 | 31.217 | 2.028 | 0.815 | 0.401 | -1.093 |
| 18.166 | 235 | 42.999 | 858 | 0.109 | 30.975 | 2.044 | 1.005 | 0.491 | -1.169 |
| 20 | 249 | 49.999 | 858 | 0.126 | 30.862 | 2.052 | 1.069 | 0.521 | -1.169 |
| 24.666 | 263 | 66.999 | 867 | 0.17 | 30.588 | 2.07 | 1.139 | 0.55 | -0.94 |
| 27.733 | 267 | 79.999 | 867 | 0.203 | 30.379 | 2.084 | 1.165 | 0.558 | -0.94 |
| 33.166 | 269 | 99.999 | 860 | 0.253 | 30.056 | 2.107 | 1.106 | 0.563 | -1.118 |
| 38.166 | 270 | 124.999 | 857 | 0.317 | 29.653 | 2.135 | 1.207 | 0.565 | -1.194 |
| 45.166 | 280 | 159.999 | 843 | 0.406 | 29.09 | 2.177 | 1.276 | 0.586 | -1.55 |
| 51.583 | 294 | 184.999 | 837 | 0.469 | 28.688 | 2.207 | 1.358 | 0.615 | -1.702 |
| 60.166 | 297 | 214.999 | 830 | 0.546 | 28.205 | 2.245 | 1.396 | 0.621 | -1.88 |
| 68 | 303 | 255.999 | 823 | 0.65 | 27.547 | 2.299 | 1.458 | 0.634 | -2.058 |
| 73.833 | 305 | 282.999 | 818 | 0.718 | 27.114 | 2.336 | 1.491 | 0.638 | -2.185 |
| 80.566 | 306 | 307.999 | 813 | 0.782 | 26.714 | 2.371 | 1.518 | 0.64 | -2.312 |
| 87.3 | 306 | 339.999 | 810 | 0.863 | 26.202 | 2.417 | 1.548 | 0.64 | -2.388 |
| 97 | 309 | 384.999 | 802 | 0.977 | 25.484 | 2.485 | 1.607 | 0.646 | -2.591 |
| 105 | 311 | 419.999 | 800 | 1.066 | 24.927 | 2.541 | 1.654 | 0.65 | -2.642 |
| 110 | 313 | 441.999 | 796 | 1.122 | 24.577 | 2.577 | 1.688 | 0.655 | -2.744 |

DESCRIPCION: Arena fina algo limosa de color gris habano.

Sector II Barrio Soratama.
Perforacion No. 2
Profundidad: 1.20m.
Prueba No. 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | |
|-----------------------|--------|---------|--------|------------------------------|
| diámetro (cm) | 6.35 | HUMEDAD | FINAL | |
| altura inic. (cm) | 2 | P1 (gr) | 121.2 | W unit. total 1.664 (gr/cm3) |
| volumen (cm3) | 63.338 | P2 (gr) | 112.3 | W unit. seco 1.49 (gr/cm3) |
| carga normal (kg) | 15.83 | P3 (gr) | 36 | |
| f. normal (kg/cm2) | 0.499 | w (%) | 11.664 | |
| índice de Suelo (gr.) | 110.0 | | | |

TAPA DE FALLA

| EMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|-------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| | 0 | 0 | 678 | 0 | 31.669 | 0.499 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 518 | 0 | 31.669 | 0.499 | 0 | 0 | -4.064 |
| 166 | 10 | 1.499 | 487 | 3.0E-03 | 31.645 | 0.5 | 0.041 | 0.003 | -4.852 |
| 416 | 20 | 3.999 | 487 | 0.01 | 31.604 | 0.5 | 0.003 | 0.167 | -4.852 |
| 393 | 30 | 9.999 | 487 | 0.025 | 31.507 | 0.502 | 0.126 | 0.251 | -4.852 |
| .166 | 40 | 22.999 | 447 | 0.058 | 31.298 | 0.505 | 0.169 | 0.335 | -5.868 |
| .5 | 50 | 35.999 | 428 | 0.091 | 31.088 | 0.509 | 0.213 | 0.418 | -6.35 |
| .166 | 63 | 69.999 | 379 | 0.177 | 30.54 | 0.518 | 0.273 | 0.527 | -7.595 |
| | 71 | 89.999 | 364 | 0.228 | 30.217 | 0.523 | 0.311 | 0.594 | -7.976 |
| | 75 | 109.999 | 349 | 0.279 | 29.895 | 0.529 | 0.332 | 0.628 | -8.357 |
| | 78 | 129.999 | 339 | 0.33 | 29.573 | 0.535 | 0.349 | 0.653 | -8.611 |
| .503 | 79 | 149.999 | 337 | 0.38 | 29.251 | 0.541 | 0.358 | 0.661 | -8.662 |
| .166 | 79 | 169.999 | 337 | 0.431 | 28.929 | 0.547 | 0.362 | 0.661 | -8.662 |
| 3.166 | 79 | 189.999 | 337 | 0.482 | 28.607 | 0.553 | 0.366 | 0.661 | -8.662 |
| 1 | 84 | 209.999 | 298 | 0.533 | 28.286 | 0.559 | 0.393 | 0.703 | -9.652 |
| 7.5 | 86 | 229.999 | 298 | 0.584 | 27.964 | 0.566 | 0.407 | 0.72 | -9.856 |
| 3.666 | 84 | 259.999 | 289 | 0.66 | 27.483 | 0.575 | 0.405 | 0.703 | -9.881 |
| 3.333 | 83 | 289.999 | 289 | 0.736 | 27.002 | 0.586 | 0.407 | 0.695 | -9.881 |
| 1 | 83 | 319.999 | 265 | 0.812 | 26.522 | 0.596 | 0.414 | 0.695 | -10.491 |
| 1 | 84 | 349.999 | 247 | 0.888 | 26.042 | 0.607 | 0.427 | 0.703 | -10.948 |
| 1 | 82 | 379.999 | 246 | 0.965 | 25.563 | 0.619 | 0.425 | 0.686 | -10.973 |
| 1 | 82 | 409.999 | 232 | 1.041 | 25.086 | 0.631 | 0.433 | 0.686 | -11.329 |
| 1 | 82 | 439.999 | 228 | 1.117 | 24.609 | 0.643 | 0.441 | 0.686 | -11.43 |

DESCRIPCION: Arcilla limo-arenosa color gris oscura.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 3.

Profundidad: 1.60 m.

Prueba No. 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|--|---------|--------|--|---|
| Ø | | | | | | | |
| Diámetro (cm) | 6.35 | | | HUMEDAD | | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | | | P1 (gr) | 137.2 | | W unit. total 1.517 (gr/cm ³) |
| Volumen (cm ³) | 63.338 | | | P2 (gr) | 113.8 | | W unit. seco 1.159 (gr/cm ³) |
| Carga normal (kg) | 31.67 | | | P3 (gr) | 37.8 | | |
| Esf. normal (kg/cm ²) | 1 | | | w (%) | 38.789 | | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRIG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|--------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|---------------|-------------------------|
| | 0 | 0 | 1153 | 0 | 31.669 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| .25 | 10 | 0.999 | 1140 | 2.0E-03 | 31.653 | 1 | 0.041 | 0.041 | -0.127 |
| .833 | 20 | 1.499 | 1147 | 3.0E-03 | 31.645 | 1 | 0.083 | 0.083 | -0.153 |
| .833 | 30 | 2.499 | 1141 | 6.0E-03 | 31.628 | 1.001 | 0.125 | 0.125 | -0.305 |
| .25 | 40 | 3.999 | 1138 | 0.01 | 31.604 | 1.002 | 0.167 | 0.167 | -0.381 |
| .25 | 50 | 6.999 | 1137 | 0.017 | 31.556 | 1.003 | 0.21 | 0.209 | -0.407 |
| 3 | 60 | 12.999 | 1128 | 0.033 | 31.459 | 1.006 | 0.252 | 0.251 | -0.635 |
| 3 | 80 | 25.999 | 1089 | 0.066 | 31.249 | 1.013 | 0.339 | 0.334 | -1.626 |
| 7.083 | 100 | 37.999 | 1064 | 0.096 | 31.056 | 1.019 | 0.426 | 0.418 | -2.261 |
| 1 | 109 | 49.999 | 1048 | 0.126 | 30.862 | 1.026 | 0.468 | 0.456 | -2.667 |
| 1.166 | 131 | 69.999 | 1028 | 0.177 | 30.54 | 1.036 | 0.568 | 0.548 | -3.175 |
| 1.25 | 145 | 89.999 | 1017 | 0.228 | 30.217 | 1.048 | 0.636 | 0.607 | -3.455 |
| 1.233 | 156 | 109.999 | 1002 | 0.279 | 29.895 | 1.059 | 0.691 | 0.653 | -3.836 |
| 1.416 | 163 | 129.999 | 995 | 0.33 | 29.573 | 1.07 | 0.73 | 0.682 | -4.014 |
| 1.166 | 169 | 149.999 | 988 | 0.38 | 29.251 | 1.082 | 0.765 | 0.707 | -4.191 |
| 13.583 | 176 | 169.999 | 984 | 0.431 | 28.929 | 1.094 | 0.806 | 0.736 | -4.293 |
| 4.666 | 180 | 189.999 | 983 | 0.482 | 28.607 | 1.107 | 0.834 | 0.753 | -4.318 |
| 10.333 | 183 | 219.999 | 985 | 0.558 | 28.125 | 1.126 | 0.862 | 0.766 | -4.268 |
| 5.416 | 188 | 249.999 | 980 | 0.634 | 27.643 | 1.145 | 0.901 | 0.787 | -4.191 |
| 8.666 | 188 | 279.999 | 988 | 0.711 | 27.162 | 1.165 | 0.917 | 0.787 | -4.191 |
| 7.333 | 188 | 309.999 | 1000 | 0.787 | 26.682 | 1.186 | 0.934 | 0.787 | -3.683 |
| 0.5 | 184 | 339.999 | 1010 | 0.863 | 26.202 | 1.208 | 0.931 | 0.77 | -3.633 |
| 4.5 | 183 | 369.999 | 1018 | 0.939 | 25.723 | 1.231 | 0.943 | 0.766 | -3.429 |
| 7.166 | 182 | 399.999 | 1028 | 1.015 | 25.245 | 1.254 | 0.955 | 0.761 | -3.175 |
| 5.666 | 182 | 439.999 | 1038 | 1.117 | 24.689 | 1.286 | 0.98 | 0.761 | -2.921 |

DESCRIPCION: Arcilla limo-arenosa color gris oscura.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 3.

Profundidad: 1.60 m.

Prueba No. 2.

TABLA No. 9 Cont.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|--------|---|
| diámetro (cm) | 6.35 | HUMEDAD | | |
| altura inic. (cm) | 2 | P1 (gr) | 54.77 | W unit. total 1.511 (gr/cm ³) |
| volumen (cm ³) | 63.338 | P2 (gr) | 42.99 | W unit. seco 1.114 (gr/cm ³) |
| carga normal (kg) | 63.34 | P3 (gr) | 9.93 | |
| sf. normal (kg/cm ²) | 2 | w (%) | 35.632 | |

TAPA DE FALLA

| EMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|--------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| | 0 | 0 | 888 | 0 | 31.669 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 833 | 10 | 0.499 | 882 | 1.0E-03 | 31.661 | 2 | 0.041 | 0.02 | -0.153 |
| 883 | 20 | 0.999 | 879 | 2.0E-03 | 31.653 | 2.001 | 0.083 | 0.041 | -0.229 |
| 883 | 30 | 0.999 | 878 | 2.0E-03 | 31.653 | 2.001 | 0.125 | 0.062 | -0.254 |
| 75 | 40 | 1.499 | 877 | 3.0E-03 | 31.645 | 2.001 | 0.167 | 0.083 | -0.28 |
| 85 | 60 | 2.999 | 870 | 7.0E-03 | 31.62 | 2.003 | 0.251 | 0.125 | -0.458 |
| 166 | 80 | 4.999 | 863 | 0.012 | 31.588 | 2.005 | 0.335 | 0.167 | -0.635 |
| 1.166 | 100 | 7.999 | 855 | 0.02 | 31.54 | 2.009 | 0.42 | 0.209 | -0.839 |
| 1.916 | 120 | 10.999 | 847 | 0.027 | 31.491 | 2.011 | 0.505 | 0.251 | -1.042 |
| 1.666 | 140 | 15.999 | 838 | 0.04 | 31.411 | 2.016 | 0.59 | 0.293 | -1.27 |
| 1.75 | 160 | 18.999 | 827 | 0.048 | 31.362 | 2.019 | 0.676 | 0.334 | -1.55 |
| 1.25 | 180 | 37.999 | 827 | 0.096 | 31.056 | 2.039 | 0.768 | 0.376 | -1.55 |
| | 200 | 38.999 | 807 | 0.099 | 31.04 | 2.04 | 0.854 | 0.418 | -2.058 |
| 1.666 | 220 | 46.999 | 807 | 0.119 | 30.911 | 2.049 | 0.943 | 0.46 | -2.058 |
| 1.5 | 244 | 59.999 | 807 | 0.152 | 30.701 | 2.063 | 1.053 | 0.51 | -2.058 |
| | 258 | 79.999 | 769 | 0.203 | 30.379 | 2.084 | 1.125 | 0.54 | -3.023 |
| | 271 | 99.999 | 761 | 0.253 | 30.056 | 2.107 | 1.195 | 0.567 | -3.226 |
| | 271 | 119.999 | 758 | 0.304 | 29.734 | 2.13 | 1.208 | 0.567 | -3.302 |
| 1.25 | 285 | 139.999 | 753 | 0.355 | 29.412 | 2.153 | 1.284 | 0.596 | -3.429 |
| 1.333 | 289 | 159.999 | 748 | 0.406 | 29.09 | 2.177 | 1.317 | 0.604 | -3.556 |
| 15.583 | 302 | 189.999 | 748 | 0.482 | 28.607 | 2.214 | 1.399 | 0.632 | -3.556 |
| 12 | 294 | 219.999 | 747 | 0.558 | 28.125 | 2.252 | 1.385 | 0.615 | -3.582 |
| 15.5 | 299 | 249.999 | 743 | 0.634 | 27.643 | 2.291 | 1.434 | 0.625 | -3.683 |
| 13 | 307 | 279.999 | 739 | 0.711 | 27.162 | 2.331 | 1.498 | 0.642 | -3.785 |
| 13.25 | 307 | 309.999 | 736 | 0.787 | 26.682 | 2.373 | 1.525 | 0.642 | -3.861 |
| 16.5 | 303 | 339.999 | 737 | 0.863 | 26.202 | 2.417 | 1.533 | 0.634 | -3.836 |
| 11 | 310 | 369.999 | 732 | 0.939 | 25.723 | 2.462 | 1.597 | 0.648 | -3.963 |
| 16.666 | 317 | 399.999 | 729 | 1.015 | 25.245 | 2.508 | 1.664 | 0.663 | -4.039 |
| 11.416 | 321 | 429.999 | 729 | 1.092 | 24.768 | 2.557 | 1.718 | 0.671 | -4.039 |
| 15.416 | 320 | 459.999 | 728 | 1.168 | 24.291 | 2.607 | 1.746 | 0.669 | -4.064 |

DESCRIPCION: Arcilla limo-arenosa color gris oscura.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 3.

Profundidad: 1.60 m.

Prueba No. 3.

el

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | |
|--------------------|--------|-----------------|--------|--------|
| Diametro (ca) | 6.35 | HUMEDAD INICIAL | FINAL | |
| tura inic. (ca) | 2 | P1 (gr) | 386 | 160.0 |
| Volumen (ca3) | 63.338 | P2 (gr) | 282.8 | 138.5 |
| Carga normal (kg) | 15.83 | P3 (gr) | 114.3 | 37.3 |
| C. normal (kg/cm2) | 0.499 | w (%) | 13.768 | 21.245 |
| Mo de Suelo (gr.) | 121.0 | | | |
| ETAPA DE FALLA | | | | |

W unit. total 1.989 (gr/cm3)
W unit. seco 1.677 (gr/cm3)

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORR6 | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | $\frac{v}{s}$ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|--------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|------------|--------------|---------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 978 | 0 | 31.669 | 0.499 | 0 | 0 | 0 |
| 1.35 | 28 | 0.799 | 977 | 2.0E-03 | 31.656 | 0.5 | 0.087 | 0.175 | -0.026 |
| 3.1 | 40 | 1.299 | 977 | 3.0E-03 | 31.648 | 0.5 | 0.175 | 0.351 | -0.026 |
| 4.166 | 55 | 2.699 | 977 | 6.0E-03 | 31.625 | 0.5 | 0.242 | 0.483 | -0.026 |
| 6.116 | 80 | 11.999 | 977 | 0.83 | 31.475 | 0.502 | 0.353 | 0.703 | -0.026 |
| 8.9 | 82 | 21.999 | 978 | 0.855 | 31.314 | 0.505 | 0.364 | 0.72 | 0 |
| 10.666 | 79 | 36.999 | 977 | 0.893 | 31.072 | 0.509 | 0.353 | 0.694 | -0.026 |
| 13.65 | 79 | 56.999 | 977 | 0.144 | 30.749 | 0.514 | 0.357 | 0.694 | -0.026 |
| 20.633 | 80 | 93.999 | 977 | 0.238 | 30.153 | 0.524 | 0.369 | 0.703 | -0.026 |
| 27.5 | 82 | 129.999 | 977 | 0.33 | 29.573 | 0.535 | 0.385 | 0.72 | -0.026 |
| 34.833 | 82 | 169.999 | 978 | 0.431 | 28.929 | 0.547 | 0.394 | 0.72 | 0 |
| 41.666 | 84 | 214.999 | 978 | 0.546 | 28.205 | 0.561 | 0.414 | 0.738 | 0 |
| 56.333 | 85 | 254.999 | 977 | 0.647 | 27.563 | 0.574 | 0.429 | 0.747 | -0.026 |
| 65 | 84 | 295.999 | 978 | 0.751 | 26.906 | 0.588 | 0.434 | 0.738 | 0 |
| 71.883 | 83 | 339.999 | 977 | 0.863 | 26.202 | 0.604 | 0.44 | 0.729 | -0.026 |
| 82.5 | 82 | 371.999 | 977 | 0.944 | 25.691 | 0.616 | 0.444 | 0.72 | -0.026 |
| 89.833 | 83 | 404.999 | 976 | 1.028 | 25.165 | 0.629 | 0.459 | 0.729 | -0.051 |

DESCRIPCION: Recebo arcillo arenoso de color habano amarillento con presencia de gravas finas.

Sector I Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza.
Perforacion No. 4
Profundidad: 1.65 m.
Prueba No.1

82

TABLA No. 10 Cont.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | |
|----------------------|--------|---------------|--------|------------------------------|
| Diametro (cm) | 6.35 | HUMEDAD FINAL | | |
| Altura inic. (cm) | 2 | P1 (gr) | 164.9 | W unit. total 1.886 (gr/cm3) |
| Volumen (cm3) | 63.338 | P2 (gr) | 142.2 | W unit. seco 1.538 (gr/cm3) |
| Carga normal (kg) | 31.67 | P3 (gr) | 41.6 | |
| Esf. normal (kg/cm2) | 1 | w (%) | 22.564 | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORR6 | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^2$ dV(cm) |
|---------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|------------|--------------|---------------|----------------------|
| 0 | 0 | 0 | 663 | 0 | 31.669 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1.5 | 28 | 1.999 | 663 | 5.0E-03 | 31.636 | 1.001 | 0.087 | 0.087 | 0 |
| 2.6 | 48 | 2.999 | 662 | 7.0E-03 | 31.62 | 1.001 | 0.176 | 0.175 | -0.026 |
| 3.75 | 68 | 4.999 | 662 | 0.012 | 31.588 | 1.002 | 0.264 | 0.263 | -0.026 |
| 5 | 88 | 11.999 | 653 | 0.03 | 31.475 | 1.006 | 0.353 | 0.351 | -0.254 |
| 12.5 | 108 | 30.999 | 613 | 0.078 | 31.169 | 1.016 | 0.446 | 0.439 | -1.27 |
| 22.833 | 128 | 57.999 | 572 | 0.147 | 30.733 | 1.03 | 0.543 | 0.527 | -2.312 |
| 29.166 | 131 | 84.999 | 558 | 0.215 | 30.298 | 1.045 | 0.601 | 0.575 | -2.871 |
| 32 | 138 | 99.999 | 532 | 0.253 | 30.056 | 1.053 | 0.639 | 0.606 | -3.328 |
| 36 | 146 | 119.999 | 524 | 0.304 | 29.734 | 1.065 | 0.683 | 0.641 | -3.531 |
| 40 | 156 | 139.999 | 521 | 0.355 | 29.412 | 1.076 | 0.738 | 0.685 | -3.607 |
| 43.833 | 162 | 159.999 | 519 | 0.406 | 29.09 | 1.088 | 0.775 | 0.711 | -3.658 |
| 49.416 | 166.5 | 179.999 | 519 | 0.457 | 28.768 | 1.1 | 0.805 | 0.731 | -3.658 |
| 55.833 | 170 | 199.999 | 519 | 0.507 | 28.446 | 1.113 | 0.831 | 0.747 | -3.658 |
| 62.666 | 171.2 | 219.999 | 519 | 0.558 | 28.125 | 1.126 | 0.847 | 0.752 | -3.658 |
| 69 | 172.5 | 239.999 | 523 | 0.609 | 27.804 | 1.139 | 0.863 | 0.758 | -3.556 |
| 75.166 | 174.4 | 259.999 | 523 | 0.66 | 27.483 | 1.152 | 0.883 | 0.766 | -3.556 |
| 81.166 | 176 | 279.999 | 542 | 0.711 | 27.162 | 1.165 | 0.901 | 0.773 | -3.074 |
| 87.5 | 177 | 299.999 | 552 | 0.761 | 26.842 | 1.179 | 0.917 | 0.777 | -2.82 |
| 94.166 | 178 | 319.999 | 562 | 0.812 | 26.522 | 1.194 | 0.934 | 0.782 | -2.566 |
| 100.333 | 177.5 | 339.999 | 562 | 0.863 | 26.202 | 1.208 | 0.942 | 0.78 | -2.566 |
| 107.416 | 177.5 | 359.999 | 572 | 0.914 | 25.882 | 1.223 | 0.954 | 0.78 | -2.312 |
| 114.166 | 178 | 379.999 | 583 | 0.965 | 25.563 | 1.238 | 0.969 | 0.782 | -2.032 |
| 121.166 | 181.5 | 399.999 | 602 | 1.015 | 25.245 | 1.254 | 1 | 0.797 | -1.55 |

DESCRIPCION: Recebo arcillo arenoso de color habano amarillento con presencia de gravas finas.

Sector I Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza.
 Perforacion No. 4
 Profundidad: 1.65 m.
 Prueba No.2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | | |
|---|----------------------|--------|---------------|--------|------------------------------|
| Ø | Diametro (cm) | 6.35 | HUMEDAD FINAL | | |
| ■ | Altura inic. (cm) | 2 | P1 (gr) | 163.3 | W unit. total 1.893 (gr/cm3) |
| ■ | Volumen (cm3) | 63.338 | P2 (gr) | 141.3 | W unit. seco 1.557 (gr/cm3) |
| ■ | Carga normal (kg) | 63.34 | P3 (gr) | 39 | |
| ■ | Esf. normal (kg/cm2) | 2 | w (%) | 21.585 | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRGE | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|---------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|---------------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 850 | 0 | 31.669 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 0.7 | 30 | 0.499 | 850 | 1.0E-03 | 31.661 | 2 | 0.131 | 0.065 | 0 |
| 2.166 | 70 | 1.499 | 835 | 3.8E-03 | 31.645 | 2.001 | 0.307 | 0.153 | -0.381 |
| 4.433 | 130 | 5.999 | 820 | 0.015 | 31.572 | 2.006 | 0.573 | 0.285 | -0.762 |
| 7 | 170 | 14.999 | 805 | 0.038 | 31.427 | 2.015 | 0.752 | 0.373 | -1.143 |
| 9.8 | 200 | 24.999 | 790 | 0.063 | 31.265 | 2.025 | 0.89 | 0.439 | -1.524 |
| 16.5 | 244 | 49.999 | 745 | 0.126 | 30.862 | 2.052 | 1.1 | 0.536 | -2.667 |
| 23 | 270 | 74.999 | 710 | 0.19 | 30.459 | 2.079 | 1.233 | 0.593 | -3.556 |
| 29.5 | 295 | 99.999 | 700 | 0.253 | 30.056 | 2.107 | 1.366 | 0.648 | -3.81 |
| 36.166 | 307 | 123.999 | 689 | 0.314 | 29.67 | 2.134 | 1.44 | 0.674 | -4.09 |
| 41.5 | 316 | 149.999 | 682 | 0.38 | 29.251 | 2.165 | 1.503 | 0.694 | -4.268 |
| 48 | 326 | 179.999 | 679 | 0.457 | 28.768 | 2.201 | 1.577 | 0.716 | -4.344 |
| 56.5 | 326 | 209.999 | 679 | 0.533 | 28.286 | 2.239 | 1.604 | 0.716 | -4.344 |
| 64 | 328 | 239.999 | 679 | 0.609 | 27.804 | 2.278 | 1.641 | 0.72 | -4.344 |
| 72 | 328 | 269.999 | 679 | 0.685 | 27.322 | 2.318 | 1.67 | 0.72 | -4.344 |
| 72.5 | 335 | 344.999 | 679 | 0.876 | 26.122 | 2.424 | 1.784 | 0.736 | -4.344 |
| 101.333 | 335 | 379.999 | 675 | 0.965 | 25.563 | 2.477 | 1.823 | 0.736 | -4.445 |
| 108 | 337 | 404.999 | 675 | 1.028 | 25.165 | 2.516 | 1.863 | 0.74 | -4.445 |
| 113.166 | 339 | 424.999 | 675 | 1.079 | 24.847 | 2.549 | 1.898 | 0.744 | -4.445 |
| 118.5 | 339 | 449.999 | 675 | 1.142 | 24.45 | 2.59 | 1.929 | 0.744 | -4.445 |

DESCRIPCION: Recebo arcillo arenoso de color habano amarillento con presencia de gravas finas.

Sector I Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza.
 Perforacion No. 4
 Profundidad: 1.65 m.
 Prueba No.3

TABLA No. 11.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 I E I

CORTE DIRECTO

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|-----|
| Diametro (cm) | 4.838 | HUMEDAD INICIAL | |
| Altura inic. (cm) | 3.36 | P1 (gr) | 111 |
| Volumen (cm ³) | 61.767 | P2 (gr) | 110 |
| Carga normal (kg) | 11.7 | P3 (gr) | 10 |
| Def. normal (kg/cm ²) | 0.499 | w (%) | 1 |
| Peso de roca (gr.) | 1870 | | |

W unit. total 3.027 (gr/cm³)
 W unit. seco 2.997 (gr/cm³)

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRIG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | $\frac{z}{s}$ | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|--------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|---------------|-------------------------|
| | 0 | 0 | 1204 | 0 | 23.406 | 0.499 | 0 | 0 | 0 |
| | 15 | 0 | 1205 | 0 | 23.406 | 0.499 | 0.084 | 0.169 | 0.025 |
| 2 | 35 | 0.399 | 1207 | 1.0E-03 | 23.401 | 0.499 | 0.198 | 0.396 | 0.076 |
| 6.666 | 46 | 1.299 | 1208 | 3.0E-03 | 23.39 | 0.5 | 0.26 | 0.521 | 0.101 |
| 5 | 43 | 7.999 | 1207 | 0.02 | 23.307 | 0.501 | 0.244 | 0.487 | 0.076 |
| 4.25 | 41 | 12.999 | 1207 | 0.033 | 23.246 | 0.503 | 0.233 | 0.464 | 0.076 |
| 7.5 | 38.5 | 32.999 | 1204 | 0.083 | 23 | 0.508 | 0.221 | 0.436 | 0 |
| 1 | 40 | 49.999 | 1201 | 0.126 | 22.791 | 0.513 | 0.232 | 0.453 | -0.077 |
| 14.033 | 41 | 74.999 | 1198 | 0.19 | 22.484 | 0.52 | 0.241 | 0.464 | -0.153 |
| 19.666 | 41 | 104.999 | 1196 | 0.266 | 22.115 | 0.529 | 0.245 | 0.464 | -0.204 |
| 5.5 | 42 | 134.999 | 1193 | 0.342 | 21.747 | 0.537 | 0.256 | 0.475 | -0.28 |
| 27 | 42 | 159.999 | 1186 | 0.406 | 21.44 | 0.545 | 0.259 | 0.475 | -0.458 |
| 33 | 42 | 189.999 | 1185 | 0.482 | 21.071 | 0.555 | 0.264 | 0.475 | -0.483 |
| | 42 | 239.999 | 1180 | 0.609 | 20.456 | 0.571 | 0.272 | 0.475 | -0.61 |
| | 42 | 269.999 | 1176 | 0.685 | 20.088 | 0.582 | 0.277 | 0.475 | -0.712 |
| 50 | 42 | 304.999 | 1172 | 0.774 | 19.658 | 0.595 | 0.283 | 0.475 | -0.813 |
| 7.666 | 42 | 349.999 | 1168 | 0.898 | 19.105 | 0.612 | 0.291 | 0.475 | -0.915 |
| | 43 | 381.999 | 1165 | 0.97 | 18.712 | 0.625 | 0.304 | 0.487 | -0.991 |
| 63.5 | 43 | 399.999 | 1164 | 1.015 | 18.49 | 0.632 | 0.308 | 0.487 | -1.016 |

DESCRIPCION: Arenisca de grano fino color habano amarillenta.

Sector II Barrio Soratama.

Muestra superficial

Prueba No. 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | | | | |
|----------------------|--------|--|--|---------|-----|--|------------------------------|
| Ø | | | | | | | |
| Diametro (cm) | 4.838 | | | HUMEDAD | | | |
| Altura inic. (cm) | 3.36 | | | P1 (gr) | 111 | | W unit. total 3.827 (gr/cm3) |
| Volumen (cm3) | 61.767 | | | P2 (gr) | 110 | | W unit. seco 2.997 (gr/cm3) |
| Carga normal (kg) | 23.41 | | | P3 (gr) | 10 | | |
| Esf. normal (kg/cm2) | 1 | | | w (%) | 1 | | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRIG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/σ | $\times 10^{-2}$ dV (cm) |
|--------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|---------------|-----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1178 | 0 | 23.406 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1.166 | 30 | 0 | 1178 | 0 | 23.406 | 1 | 0.169 | 0.169 | 0 |
| 2.333 | 60 | 0.499 | 1182 | 1.0E-03 | 23.4 | 1 | 0.339 | 0.339 | 0.101 |
| 3.5 | 72 | 2.999 | 1185 | 7.0E-03 | 23.369 | 1.001 | 0.408 | 0.407 | 0.177 |
| 4.583 | 75 | 7.999 | 1185 | 0.02 | 23.307 | 1.004 | 0.426 | 0.424 | 0.177 |
| 7 | 78 | 19.999 | 1183 | 0.05 | 23.16 | 1.01 | 0.446 | 0.441 | 0.126 |
| 9 | 79 | 34.999 | 1182 | 0.088 | 22.976 | 1.018 | 0.455 | 0.447 | 0.101 |
| 13.5 | 83 | 59.999 | 1178 | 0.152 | 22.668 | 1.032 | 0.485 | 0.47 | 0 |
| 21.75 | 84 | 104.999 | 1175 | 0.266 | 22.115 | 1.058 | 0.503 | 0.475 | -0.077 |
| 24 | 83 | 124.999 | 1170 | 0.317 | 21.87 | 1.07 | 0.503 | 0.47 | -0.204 |
| 31 | 84 | 164.999 | 1168 | 0.419 | 21.378 | 1.095 | 0.52 | 0.475 | -0.254 |
| 37 | 86 | 204.999 | 1164 | 0.52 | 20.807 | 1.12 | 0.545 | 0.487 | -0.356 |
| 40 | 86 | 224.999 | 1159 | 0.571 | 20.641 | 1.134 | 0.552 | 0.487 | -0.483 |
| 43.666 | 87 | 249.999 | 1158 | 0.634 | 20.334 | 1.151 | 0.567 | 0.492 | -0.508 |
| 47 | 85.5 | 279.999 | 1157 | 0.711 | 19.965 | 1.172 | 0.574 | 0.489 | -0.534 |
| 50 | 85 | 299.999 | 1158 | 0.761 | 19.719 | 1.187 | 0.571 | 0.481 | -0.508 |
| 54.333 | 86 | 329.999 | 1158 | 0.838 | 19.351 | 1.209 | 0.589 | 0.487 | -0.508 |
| 0.75 | 85 | 359.999 | 1156 | 0.914 | 18.982 | 1.233 | 0.593 | 0.481 | -0.559 |
| 61 | 84 | 389.999 | 1154 | 0.99 | 18.613 | 1.257 | 0.598 | 0.475 | -0.61 |
| 65.333 | 85 | 419.999 | 1151 | 1.066 | 18.245 | 1.283 | 0.617 | 0.481 | -0.686 |

DESCRIPCION: Arenisca de grano fino color habano amarillenta.

Sector II Barrio Soratama.
 Muestra superficial.
 Prueba No. 2.

86

TABLA No. 11 Cont.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

| | | | | |
|-----------------------------------|--------|---------|-----|---|
| Diámetro (cm) | 4.838 | HUMEDAD | | |
| Altura inic. (cm) | 3.36 | P1 (gr) | 111 | W unit. total 3.827 (gr/cm ³) |
| Volumen (cm ³) | 61.767 | P2 (gr) | 118 | W unit. seco 2.997 (gr/cm ³) |
| Carga normal (kg) | 46.82 | P3 (gr) | 18 | |
| Esf. normal (kg/cm ²) | 2 | w (%) | 1 | |

ETAPA DE FALLA

| TIEMPO | ANILLO CARGA | DES HORIZ E-3in | DES VERT E-4in | DES. HORIZ (cm) | AREA CORRG | ESF NORMAL | ESF CORTANTE | τ/g | $\times 10^{-2}$ dV(cm) |
|--------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|----------|----------------------------|
| | 0 | 0 | 1147 | 0 | 23.406 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 30 | 0.099 | 1147 | 0 | 23.405 | 2 | 0.169 | 0.084 | 0 |
| 3.25 | 100 | 0.599 | 1147 | 1.0E-03 | 23.398 | 2 | 0.566 | 0.283 | 0 |
| 3.33 | 140 | 11.999 | 1148 | 0.03 | 23.258 | 2.013 | 0.798 | 0.396 | 0.025 |
| 6.66 | 148 | 26.999 | 1147 | 0.068 | 23.074 | 2.029 | 0.85 | 0.419 | 0 |
| 13.33 | 152 | 45.999 | 1143 | 0.116 | 22.84 | 2.049 | 0.882 | 0.43 | -0.102 |
| 20.75 | 152 | 79.999 | 1138 | 0.203 | 22.423 | 2.088 | 0.898 | 0.43 | -0.229 |
| 33.66 | 154 | 119.999 | 1137 | 0.304 | 21.931 | 2.134 | 0.93 | 0.436 | -0.254 |
| 38.75 | 159 | 149.999 | 1135 | 0.38 | 21.562 | 2.171 | 0.977 | 0.45 | -0.305 |
| 49.75 | 156 | 179.999 | 1130 | 0.457 | 21.194 | 2.209 | 0.975 | 0.441 | -0.432 |
| 59.33 | 161 | 217.999 | 1128 | 0.553 | 20.727 | 2.258 | 1.029 | 0.455 | -0.483 |
| 56.25 | 158 | 259.999 | 1126 | 0.66 | 20.211 | 2.316 | 1.056 | 0.455 | -0.534 |
| 64.416 | 158 | 291.999 | 1119 | 0.741 | 19.817 | 2.362 | 1.057 | 0.447 | -0.712 |
| 72.75 | 158 | 339.999 | 1117 | 0.863 | 19.228 | 2.434 | 1.089 | 0.447 | -0.762 |
| 83.33 | 156 | 370.999 | 1114 | 0.942 | 18.847 | 2.484 | 1.097 | 0.441 | -0.839 |
| | 158 | 399.999 | 1108 | 1.015 | 18.49 | 2.532 | 1.132 | 0.447 | -0.991 |
| | 157 | 424.999 | 1107 | 1.079 | 18.103 | 2.574 | 1.144 | 0.444 | -1.016 |



DESCRIPCION: Arenisca de grano fino color habano amarillenta.

Sector II Barrio Soratama.

Muestra superficial.

Prueba No. 3.



Muestra No. 3. C.D. (consolidado drenado: 4 horas en la etapa de falla y 1 hora en la consolidación).

Muestra No. 4 : C.U. (consolidado no drenado 1 hora 30 minutos en la etapa de falla y 8 horas en la de consolidación).

Muestra No. 5 : Roca tiempo de falla 1 hora 05 minutos. Este ensayo se realizó para condiciones inundadas.

Los esfuerzos normales utilizados fueron de 0.5, 1.0 y 1.5 Kgf/cm² que teniendo en cuenta el área de la muestra representan cargas de 16.0, 32.0 y 63.5 Kgf, aproximadamente.

Los resultados de los ensayos de corte se muestran en las anteriores tablas a partir de las cuales se levantaron las figuras 5, 6, 7, 8 y 9 en donde se enseñan los parámetros de cohesión y fricción interna corres-

FIGURA No. 5
Curva 7-G Perforación No. 1

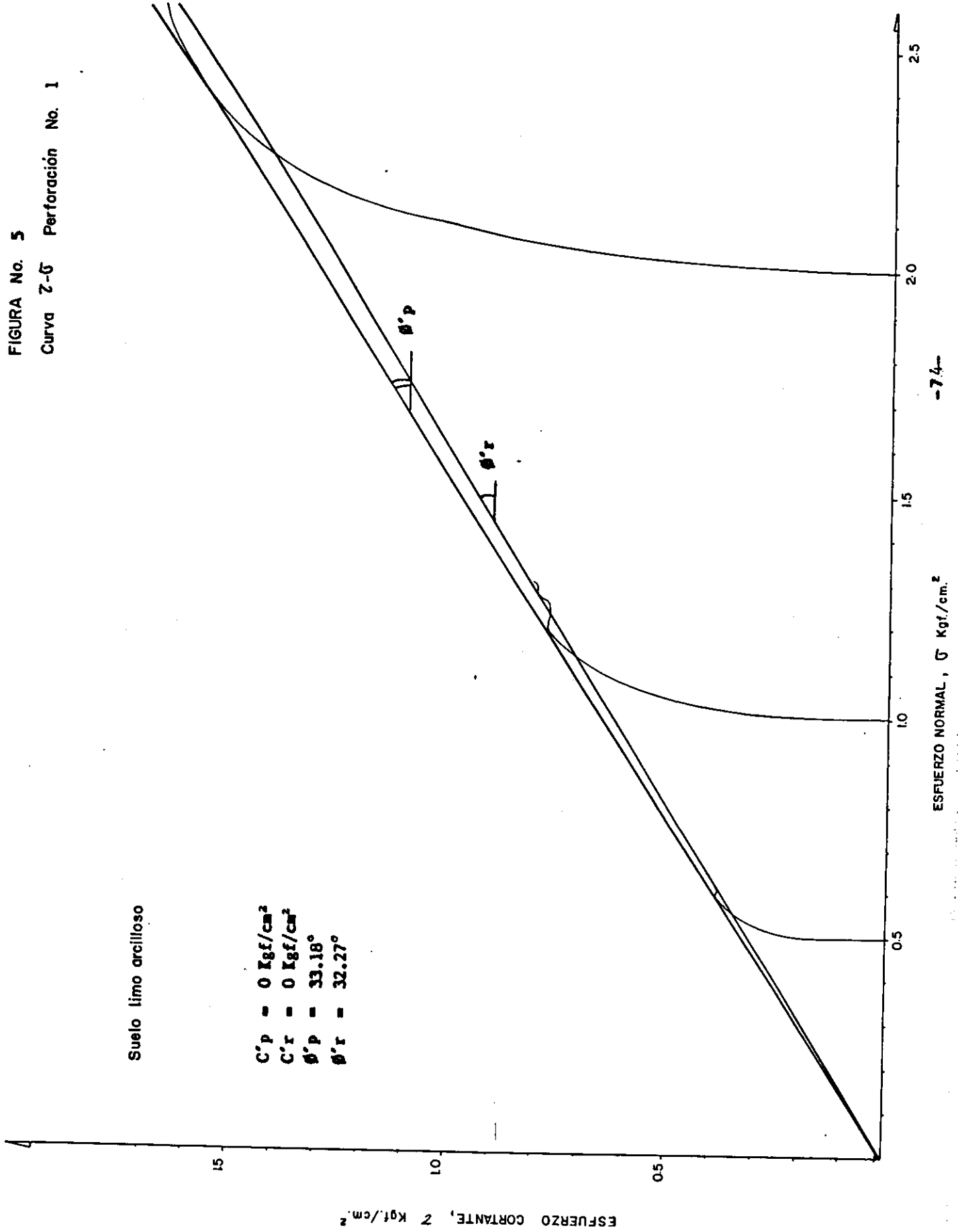


FIGURA No. 6
 Curva Z-σ Perforación No. 2

Suelo : arena fina algo limoso

- C'p = 0 Kgf/cm²
- C'r = 0 Kgf/cm²
- φ'p = 32.57°
- φ'r = 29.54°

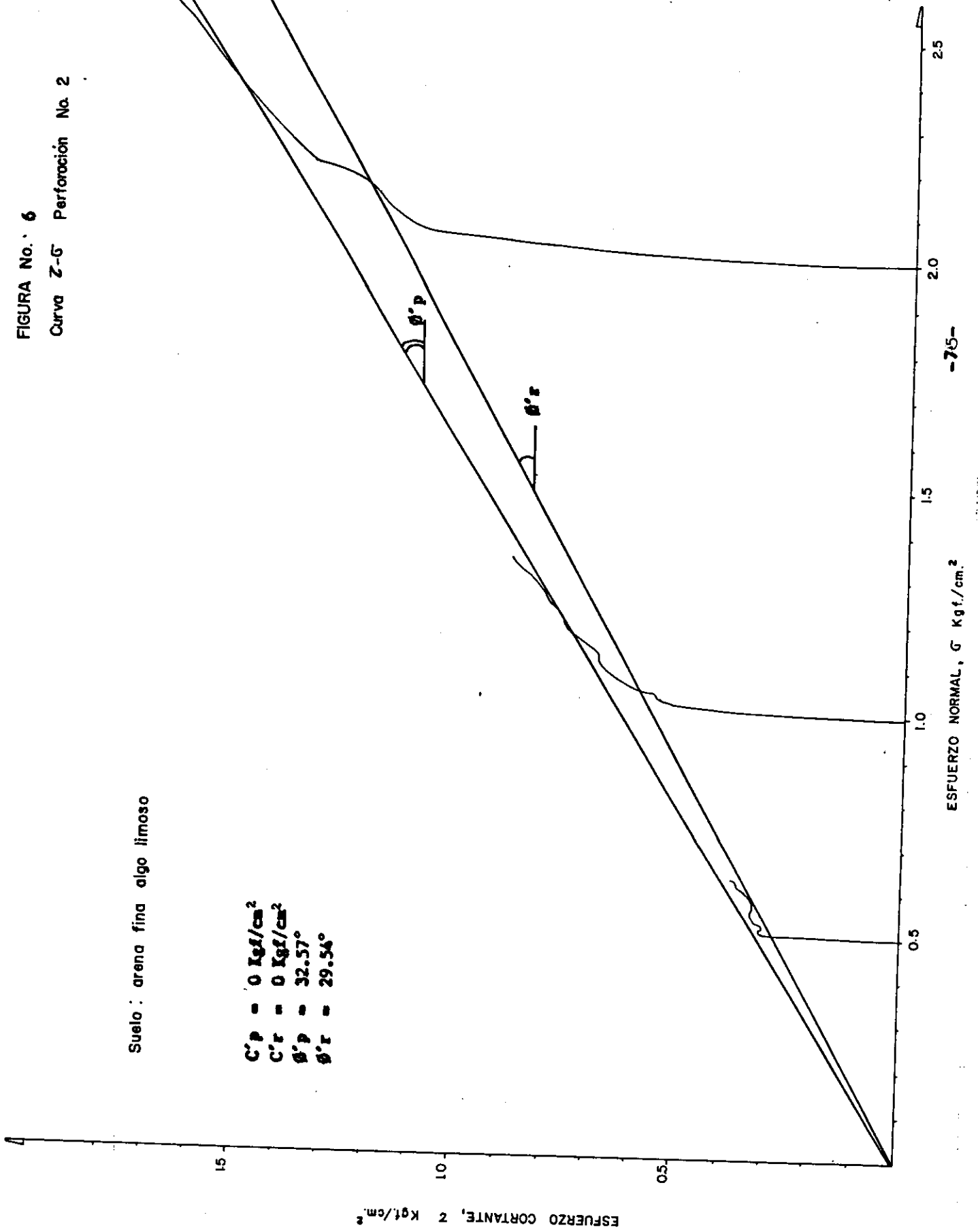
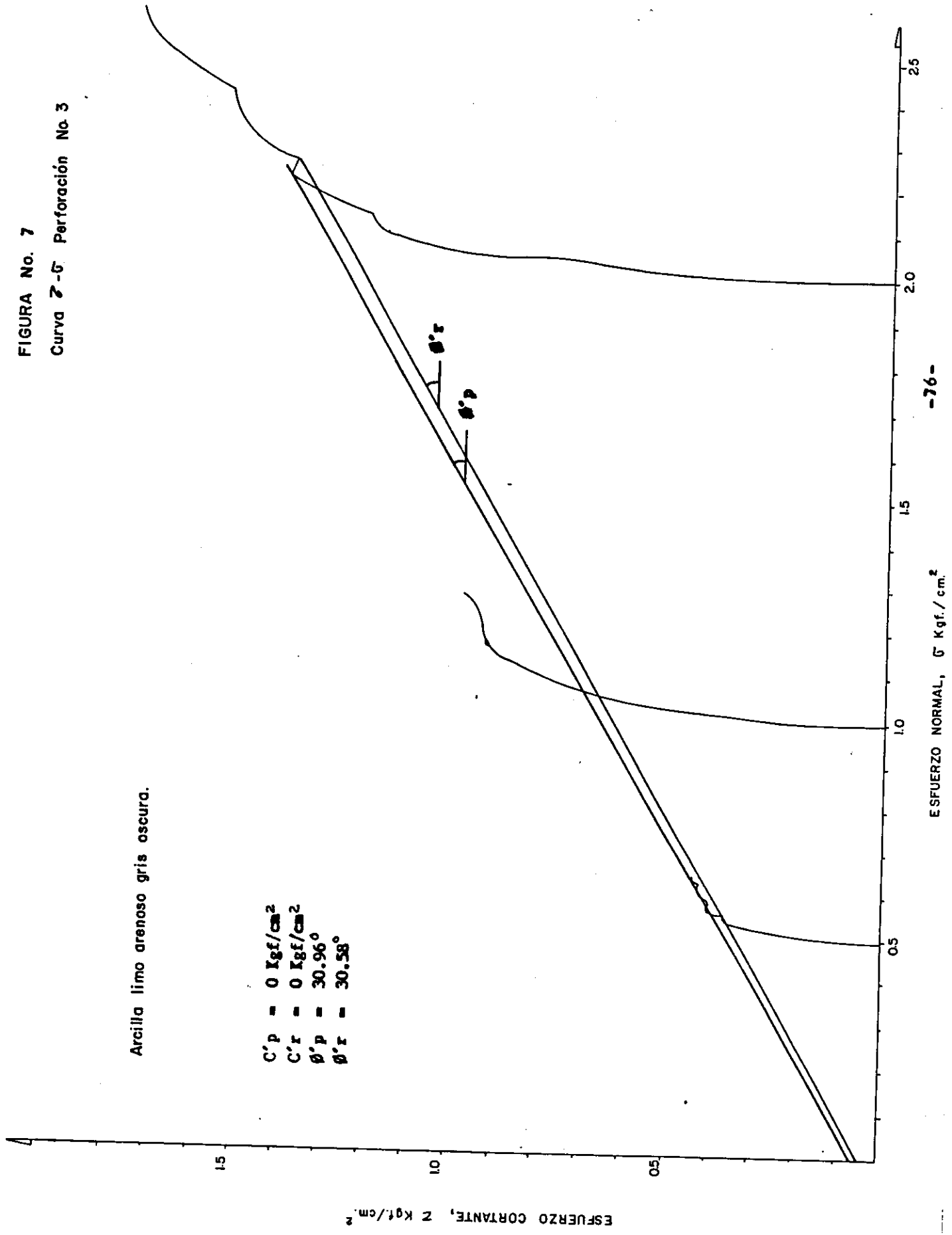


FIGURA No. 7
 Curva 7-5 Perforación No. 3

Arcilla limo arenoso gris oscura.

- C'p = 0 Kgf/cm²
- C'r = 0 Kgf/cm²
- φ'p = 30.96°
- φ'r = 30.58°

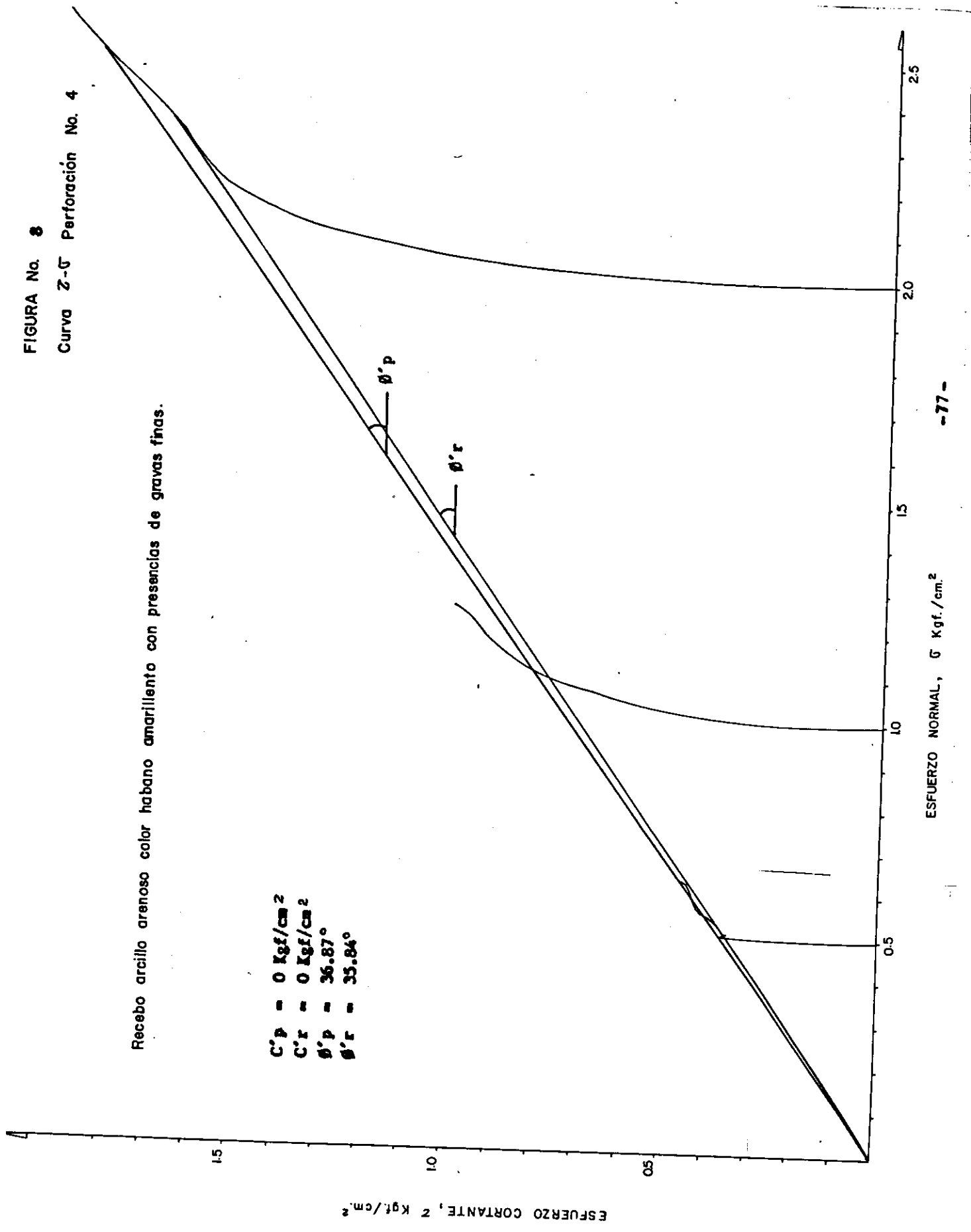


ESFUERZO NORMAL, σ Kgf./cm.²

FIGURA No. 8
Curva τ - σ Perforación No. 4

Recebo arcillo arenoso color habano amarillento con presencias de gravas finas.

- $C'p = 0 \text{ Kgf/cm}^2$
- $C'r = 0 \text{ Kgf/cm}^2$
- $\theta'p = 36.87^\circ$
- $\theta'r = 35.84^\circ$



ESFUERZO NORMAL, σ Kgf./cm.²

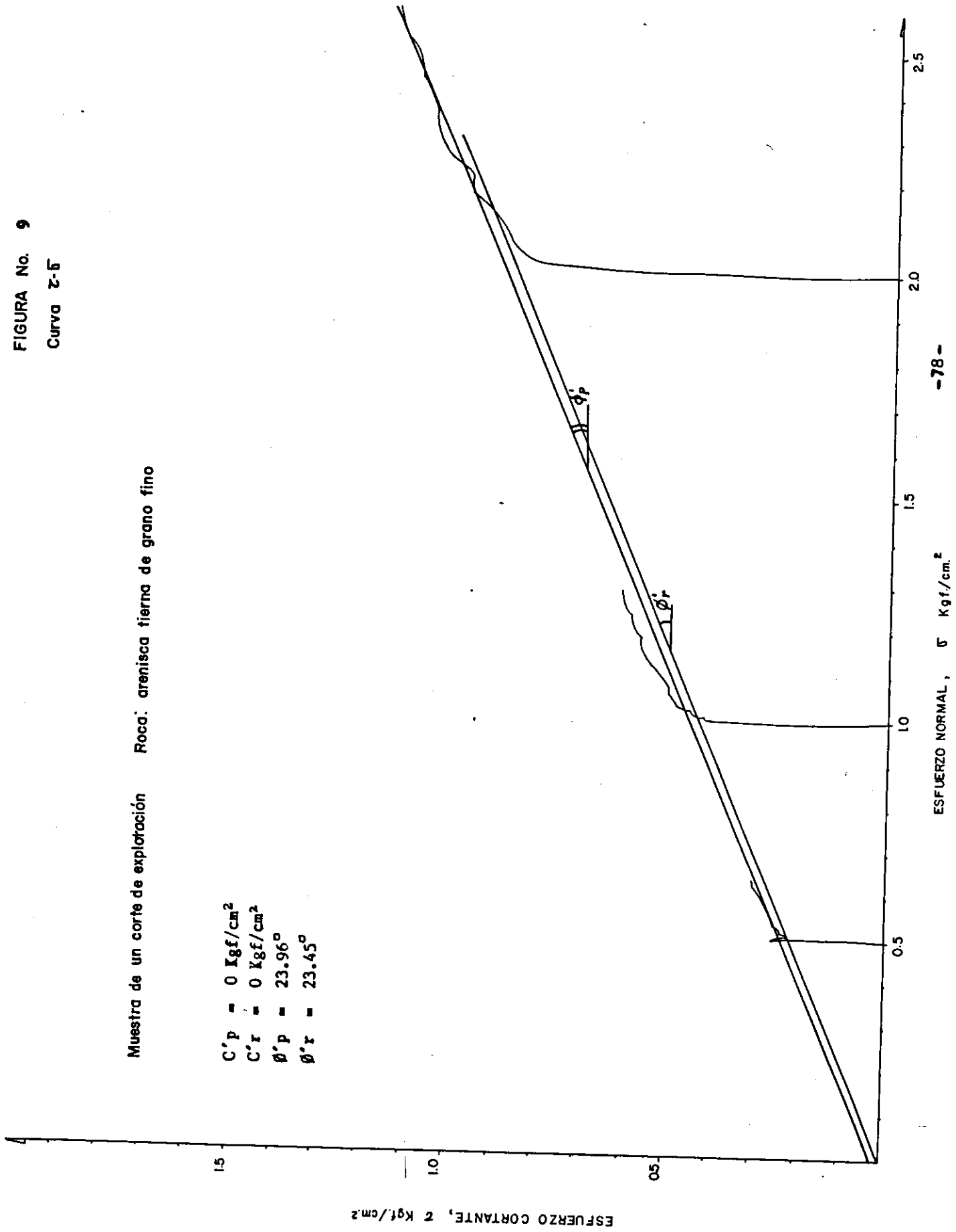
ESFUERZO CORTANTE, τ Kgf./cm.²

FIGURA No. 9

Curva z-5

Muestra de un corte de explotación Roca: arenisca tierna de grano fino

- $C'p = 0 \text{ Kg/cm}^2$
- $C'r = 0 \text{ Kg/cm}^2$
- $\phi'p = 23.96^\circ$
- $\phi'r = 23.45^\circ$





pondientes.

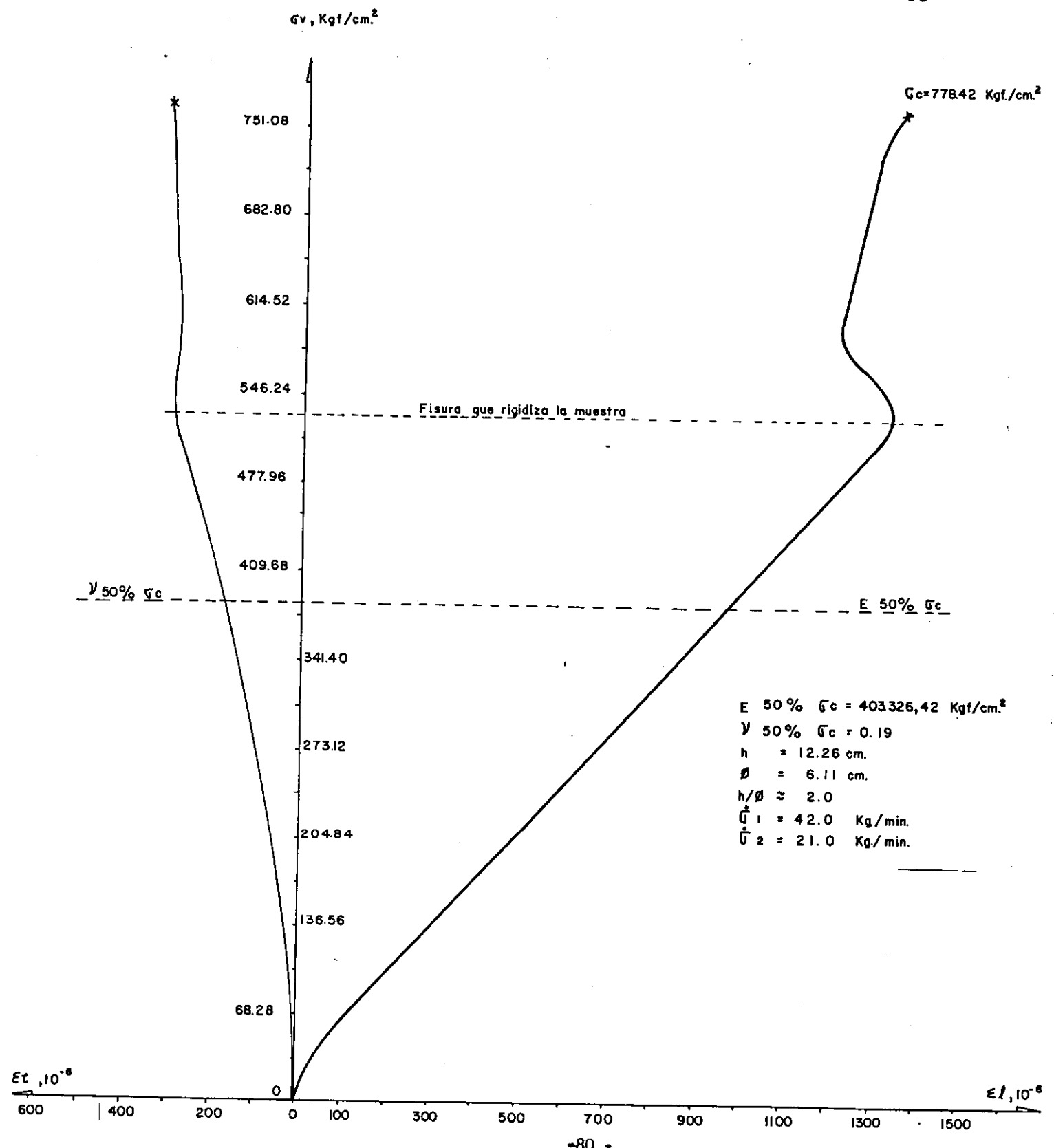
En resumen los resultados muestran el carácter frágil de los materiales arenosos o arenos limosos, y el carácter dúctil de aquellos en los cuales se presenta arcilla.

Los planos de falla, escarpes, detectados en el terreno, se encontraron sobre materiales en donde era notoria la presencia de arcilla (suelos arcillo limosos y limo arcillosos).

6.6.4. RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA Y A LA TRACCION INDIRECTA.

Esta prueba se realizó en una muestra de roca, arenisca, tomada del corte cercano al sitio de la perforación 2. con sus resultados se levantó la figura 10 en donde se muestran las características geomecánicas deducidas.

FIGURA No. 10



Ensayo a la compresión simple.

Arenisca habana amarillenta de grano fino sitio alledaño a la perforación No. 2



6.7. ANALISIS CINEMATICO DE ESTABILIDAD.

Durante las visitas de campo se pudo constatar que los movimientos de los bloques, en el sector II, y la masa en el sector I, presentan un claro control estructural, debido a lo cual se realizaron los respectivos levantamientos detallados de diaclasas, estratificación y cortes (sector II) y diaclasas y estratificación así como grietas en el sector I. El objeto de estos levantamientos fue el de evaluar la influencia de las mismas en la estabilidad del talud tanto natural como artificial.

La representación estereográfica de los diagramas de polos, y los círculos principales se muestran en las figuras 11 y 11A para el sector I (Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza) y en las figuras 12 y 12A para el Sector II (Barrio Soratama).

6.8. PRINCIPALES TIPOS DE INESTABILIDAD.

Dependen principalmente de la combinación compleja

Diaclasas ○
Estratificación △

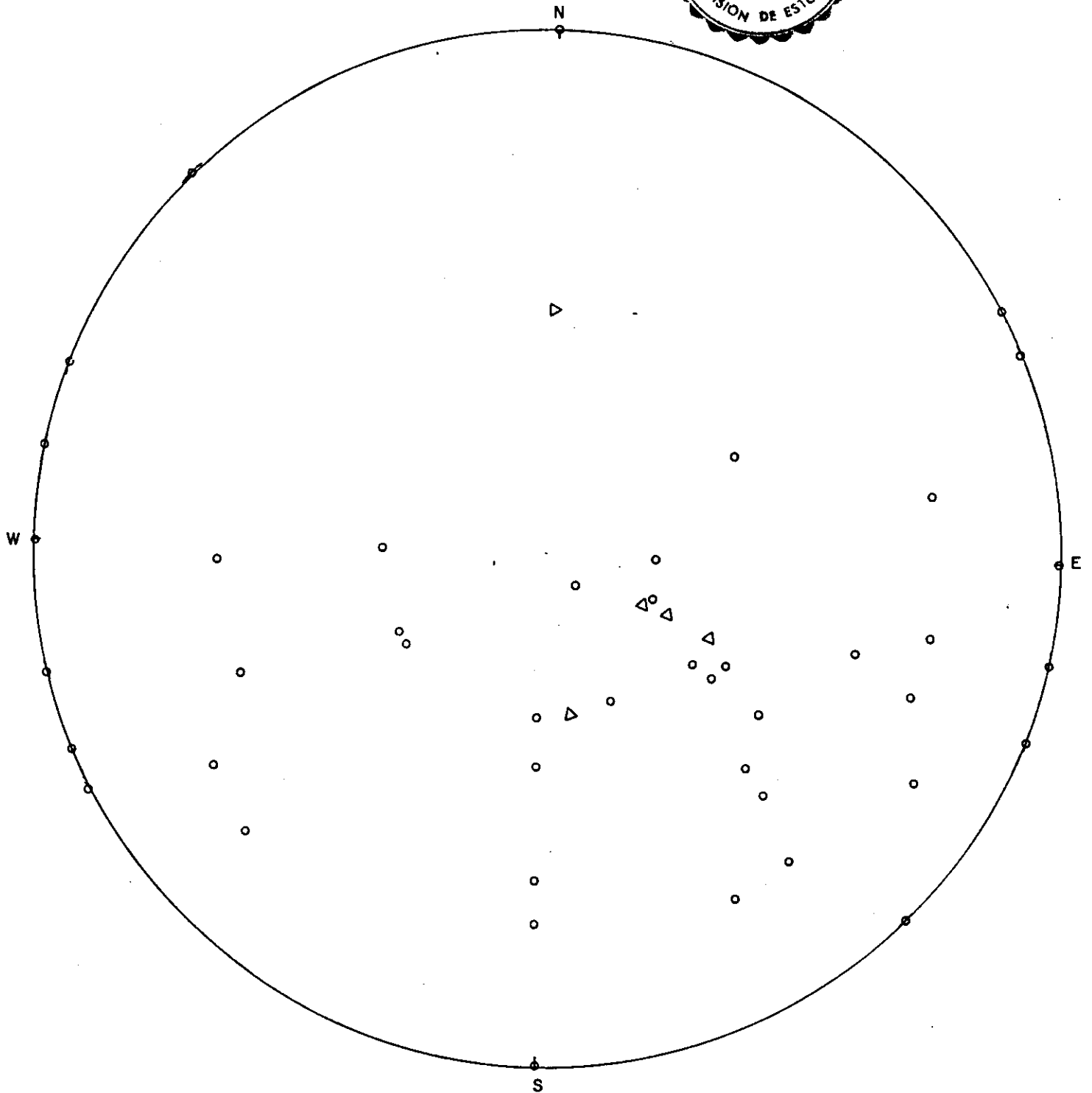
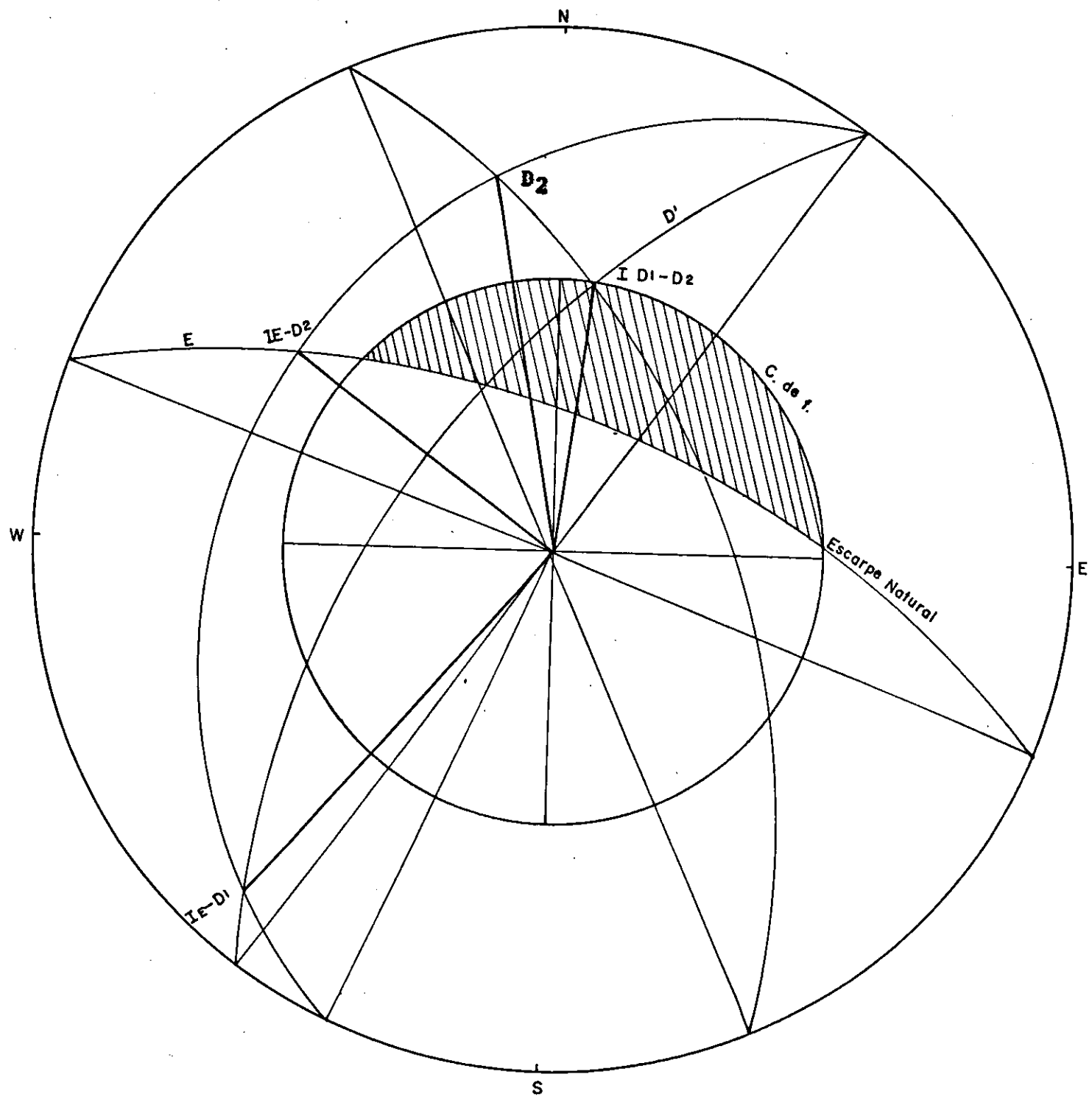


Diagrama de polos.



Deslizamiento en la dirección de $I D_1 - D_2 = N-S / 38^\circ$

Diaclasas ◦
Estratificación △

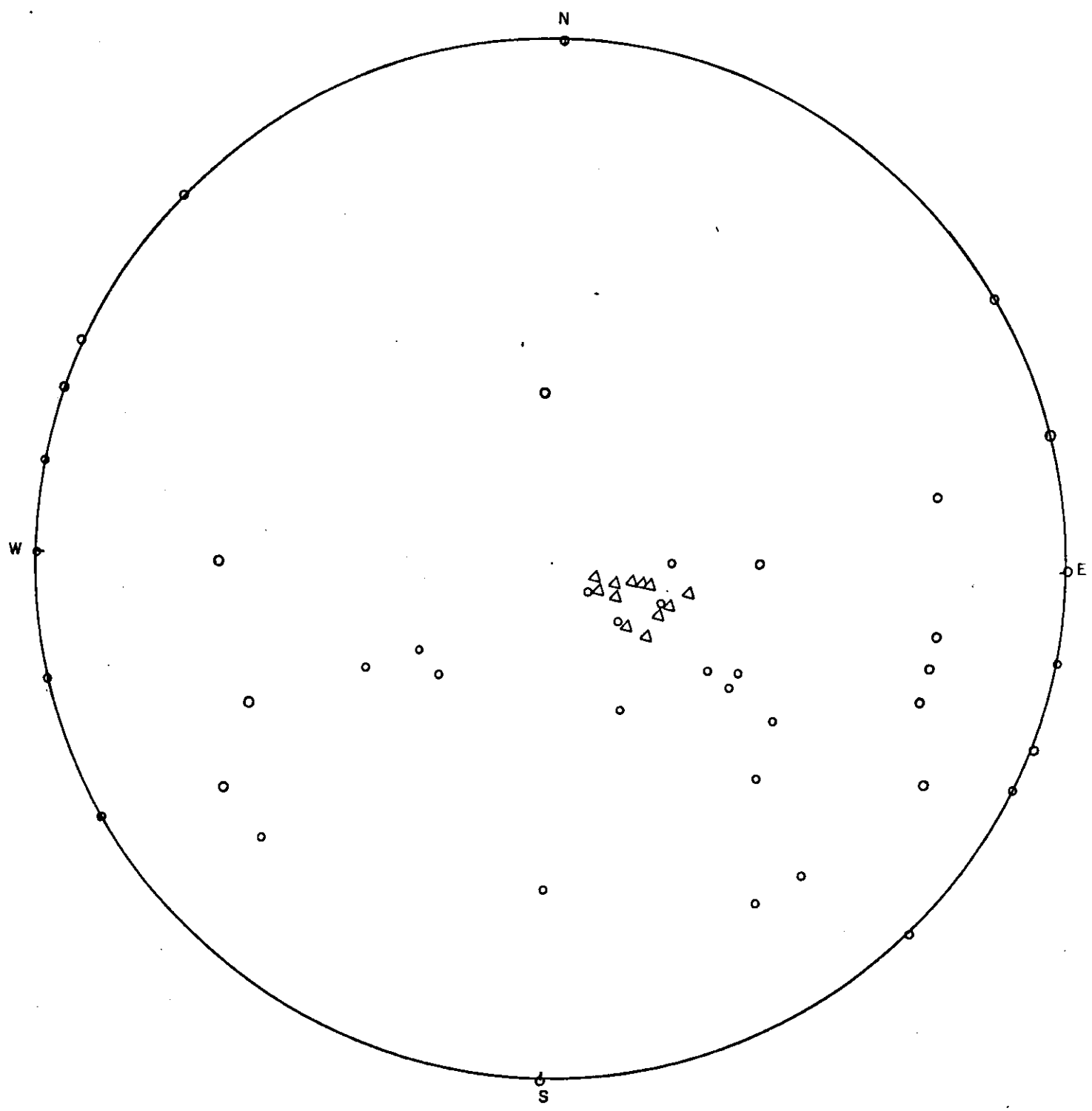
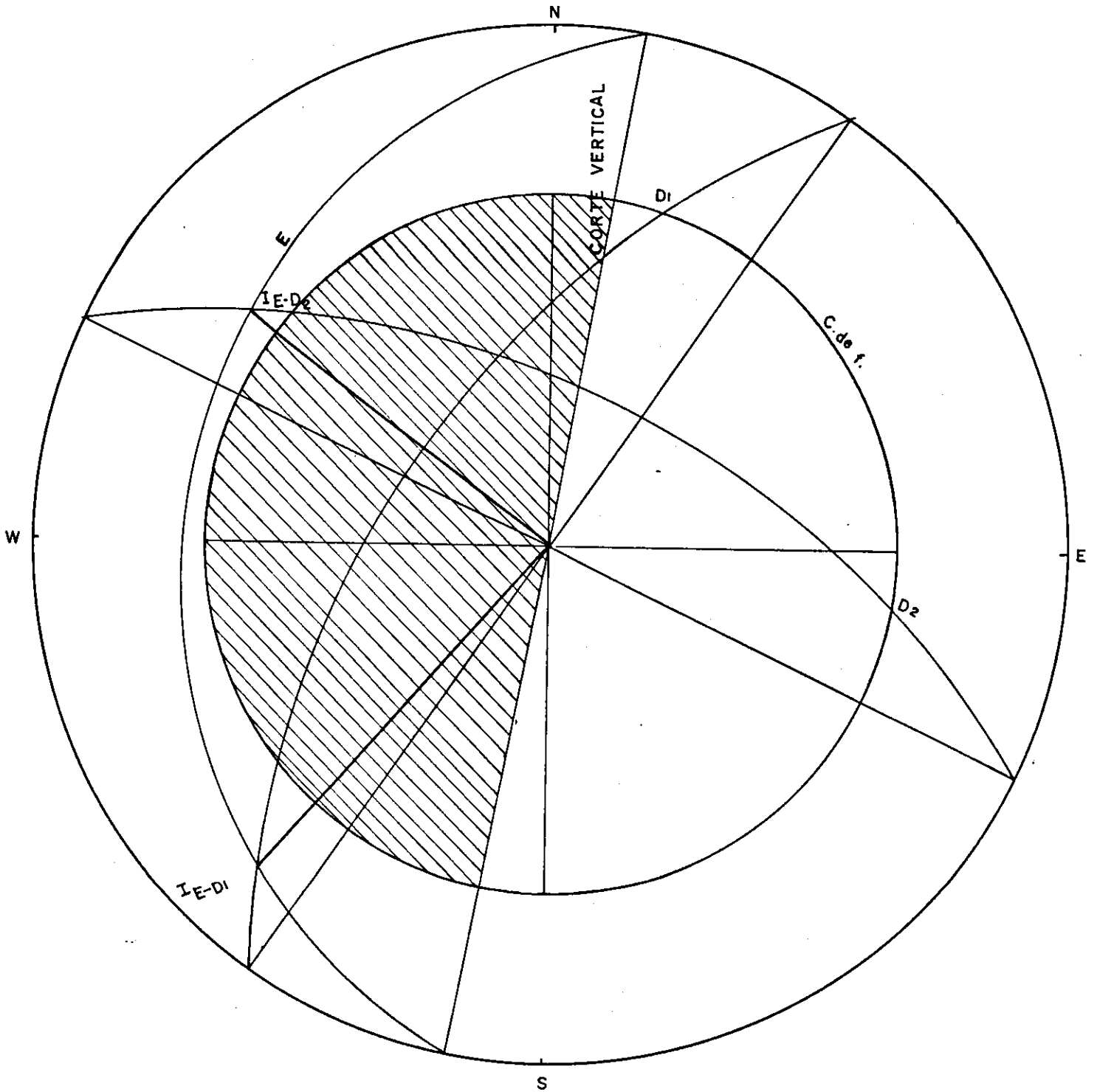


Diagrama de polos.



No se presentan deslizamientos de bloques solo caída por gravedad.

I E - D₁ : N 65 W / 18°

I E - D₂ : N 35 E / 10°



de factores tales como el tipo de material que interviene, las estructuras geológicas predominantes, el clima, la actividad geomorfológica predominante y el nivel de perturbaciones que se producen en la ladera debido a las excavaciones.

las causas de los movimientos en masa son:

6.8.1. REALES :

Llevar la masa al borde de la falla.

- Litología.
- Meteorización.
- Estructuras.
- Agua subterránea.

6.8.2. DETONANTES :

Ponen la masa en movimiento.

- Naturales
 - . Alta precipitación.



- . Sismos.
- . Erosión.
- . Socavación.

- Cargas
 - . Sobrecarga.
 - . Cortes.

- Drenajes
 - . Drenaje impedido.
 - . Descarga de agua dentro del talud.

- Vegetación
 - . Deforestación.
 - . Cultivo.

6.8.3. CONTRIBUYENTES:

Aceleran o frenan el movimiento tienen la misma clasificación que los detonantes.



7.0. ANALISIS HIDROLOGICO.

Puesto que la Sabana de Bogotá se caracteriza por la presencia de microclimas que originan variaciones tanto en la temperatura como en la precipitación (Ortom, 1.983), a fin de determinar la influencia de la hidrología local en la tasa de movimiento de las masas potencialmente inestables, se utilizaron los datos suministrados por la C.A.R. y la E.A.A.B. correspondientes a las estaciones más cercanas al lugar de estudio.

- Estación 4 - 8042 Torca - Usaquén.
- Estación 4 - 8033 Usaquén.

Sus registros de precipitaciones se presentan a continuación Tabla 12 , en donde:

- \bar{P}_A : Precipitación media anual.
- \bar{P}_{AM} : Precipitación media multianual.
- \bar{P}_{MA}^i : Precipitación media mensual multianual.

TABLA No. 12. A
 ESTACION PLUVIOMETRICA USAQUEN
 REGISTRO DE LUVIAS 1975 - 1989

| AÑOS | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPT. | OCT. | NOV. | DIC. | ANUAL - P.A. |
|----------------|-------|------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 1975 | 18.9 | 74.8 | 170.0 | 93.6 | 108.2 | 25.3 | 49.6 | 65.8 | 62.0 | 95.7 | 122.8 | 130.9 | 753.9 |
| 1976 | 0.0 | 15.2 | 70.8 | 113.1 | 93.1 | 30.4 | 3.9 | 24.9 | 26.9 | 13.3 | 124.0 | 184.0 | 1179.2 |
| 1977 | 17.0 | 65.0 | 91.0 | 141.0 | 101.0 | 69.0 | 57.0 | 49.0 | 65.0 | 97.0 | 87.0 | 62.0 | 901.0 |
| 1978 | 3.0 | 4.0 | 99.0 | 247.0 | 162.0 | 144.0 | 86.0 | 174.0 | 163.0 | 378.0 | 437.0 | 75.0 | 1972.0 |
| 1979 | 64.0 | 413.0 | 98.0 | 330.0 | 220.0 | 386.0 | 156.0 | 274.0 | 149.0 | 96.0 | 71.0 | 193.0 | 2450.0 |
| 1980 | 30.0 | 110.0 | 103.0 | 250.0 | 224.0 | 79.0 | 147.0 | 103.0 | 71.0 | 128.0 | 289.0 | 70.0 | 1604.0 |
| 1981 | 75.0 | 92.0 | 195.0 | 294.0 | 48.0 | 20.0 | 52.0 | 39.0 | 37.0 | 150.0 | 110.0 | 312.0 | 1424.0 |
| 1982 | 50.0 | 178.0 | 190.0 | 299.0 | 77.0 | 39.0 | 55.0 | 30.1 | 23.0 | 80.0 | 8.0 | 75.0 | 1104.1 |
| 1983 | 160.0 | 72.0 | 82.0 | 88.0 | 30.0 | 93.0 | 20.0 | 75.0 | 52.0 | 60.0 | 120.0 | 45.0 | 897.0 |
| 1984 | 91.0 | 100.0 | 67.0 | 75.0 | 65.0 | 45.0 | 67.0 | 62.0 | 120.0 | 241.0 | 127.0 | 53.0 | 1113.0 |
| 1985 | 114.0 | 118.0 | 54.0 | 130.0 | 88.0 | 90.0 | 32.0 | 44.0 | 32.0 | 144.0 | 165.0 | 26.0 | 1037.0 |
| 1986 | 25.0 | 60.0 | 91.0 | 100.0 | 154.0 | 14.0 | 81.0 | 51.0 | 41.0 | 260.0 | 130.0 | 27.0 | 1034.0 |
| 1987 | 115.0 | 98.0 | 51.0 | 59.0 | 74.0 | 51.0 | 30.0 | 85.0 | 89.0 | 188.0 | 190.0 | 111.0 | 1141.0 |
| 1988 | 30.0 | 124.1 | 238.0 | 129.0 | 82.0 | 76.0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1989 | 792.9 | 1524.1 | 1599.8 | 2484.3 | 1601.3 | 1216.2 | 872.4 | 1091.2 | 1056.4 | 2245.3 | 2076.7 | 1428.3 | 17309.8 |
| TOTAL | 792.9 | 1524.1 | 1599.8 | 2484.3 | 1601.3 | 1216.2 | 872.4 | 1091.2 | 1056.4 | 2245.3 | 2076.7 | 1428.3 | 17309.8 |
| \bar{P}_M | 56.6 | 108.9 | 114.3 | 165.6 | 106.7 | 81.1 | 62.3 | 77.9 | 75.4 | 160.4 | 148.3 | 102.0 | - |
| \bar{P}_{MA} | 56.6 | 165.5 | 279.8 | 445.4 | 552.1 | 633.2 | 695.5 | 773.4 | 848.8 | 1009.2 | 1157.5 | 1259.5 | - |
| \bar{C}_P | 0.54 | 1.15 | 1.09 | 1.63 | 1.02 | 0.80 | 0.59 | 0.74 | 0.74 | 1.53 | 1.46 | 0.97 | - |
| \bar{P}_{AM} | - | 1236.4 mm. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

TOMADO DE E.A.A.B.

TABLA 12 B.
 ESTACION PLUVIOMETRICA TORCA - USAQUEN
 REGISTRO DE LLUVIAS 1960 - 1989

| AÑOS | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPT. | OCT. | NOV. | DIC. | ANUAL - P ^á |
|------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| 1960 | Inst. | | | | | | | | | | | | |
| 1961 | 92.6 | 21.1 | 19.7 | 119.5 | 77.5 | 33.1 | 44.3 | 41.1 | 42.0 | 161.4 | 45.5 | 75.7 | 659.8 |
| 1962 | 133.6 | 15.0 | 146.0 | 109.3 | 24.3 | 94.2 | 53.3 | 37.8 | 34.4 | 170.4 | 119.6 | 26.6 | 929.6 |
| 1963 | 70.9 | 41.0 | 109.2 | 63.8 | 118.8 | 54.5 | 50.7 | 99.1 | 52.9 | 107.8 | 215.1 | 86.6 | 1107.1 |
| 1964 | 6.5 | 20.3 | 112.8 | 188.4 | 176.8 | 51.4 | 32.8 | 29.3 | 10.6 | 15.3 | 31.6 | 21.1 | 773.0 |
| 1965 | 32.5 | 68.0 | 8.6 | 230.5 | 128.5 | 123.0 | 70.0 | 35.5 | 42.0 | 114.0 | 131.0 | 84.5 | 994.4 |
| 1966 | 7.5 | 53.0 | 34.5 | 296.0 | 164.5 | 63.0 | 84.0 | 50.5 | 14.5 | 168.5 | 135.0 | 87.5 | 1198.5 |
| 1967 | 45.6 | 40.5 | 130.0 | 31.0 | 102.5 | 114.0 | 59.5 | 104.5 | 61.0 | 185.0 | 335.0 | 176.0 | 1359.0 |
| 1968 | 18.5 | 37.0 | 100.5 | 176.0 | 147.5 | 158.8 | 142.0 | 63.5 | 53.0 | 121.5 | 237.5 | 70.5 | 1356.9 |
| 1969 | 98.5 | 29.0 | 91.5 | 246.0 | 47.6 | 143.0 | 93.0 | 12.0 | 151.5 | 78.3 | 200.5 | 52.0 | 1170.9 |
| 1970 | 34.0 | 177.0 | 14.0 | 362.0 | 155.5 | 92.0 | 40.5 | 91.0 | 207.5 | 246.1 | 176.5 | 88.0 | 1600.6 |
| 1971 | 83.5 | 103.5 | 37.0 | 68.0 | 150.0 | 87.0 | 83.0 | 57.5 | 182.0 | 296.0 | 241.0 | 70.0 | 1482.5 |
| 1972 | 174.5 | 114.5 | 189.5 | 265.0 | 199.5 | 93.0 | 91.5 | 104.5 | 107.5 | 238.0 | 181.5 | 55.6 | 1712.6 |
| 1973 | 90.5 | 0.5 | 191.5 | 330.5 | 168.0 | 154.0 | 114.0 | 61.0 | 43.5 | 146.0 | 213.0 | 43.0 | 1753.5 |
| 1974 | 91.2 | 148.0 | 134.5 | 128.0 | 139.5 | 87.0 | 103.0 | 101.5 | 210.5 | 135.5 | 176.0 | 280.5 | 1587.0 |
| 1975 | 7.5 | 195.0 | 155.0 | 147.5 | 220.0 | 51.0 | 69.0 | 65.5 | 148.5 | 167.5 | 229.5 | 50.0 | 1542.7 |
| 1976 | 52.5 | 130.5 | 115.5 | 190.0 | 166.5 | 128.0 | 102.5 | 110.5 | 196.5 | 169.0 | 185.0 | 197.0 | 1763.0 |
| 1977 | 23.5 | 56.0 | 199.0 | 321.2 | 206.5 | 108.5 | 88.5 | 33.5 | 131.0 | 349.0 | 218.5 | 54.5 | 1893.2 |
| 1978 | 11.0 | 41.0 | 145.5 | 185.5 | 151.5 | 113.5 | 103.5 | 91.5 | 162.0 | 97.0 | 362.0 | 93.5 | 1585.0 |
| 1979 | 152.0 | 257.5 | 199.0 | 210.0 | 221.0 | 170.0 | 51.5 | 67.5 | 178.0 | 174.0 | 90.0 | 59.5 | 1472.5 |
| 1980 | 59.0 | 256.0 | 184.5 | 263.5 | 197.5 | 309.5 | 85.0 | 199.5 | 143.0 | 442.0 | 339.0 | 178.5 | 2751.5 |
| 1981 | 21.0 | 79.5 | 69.0 | 157.5 | 82.0 | 223.0 | 16.0 | 160.5 | 110.5 | 113.5 | 110.5 | 196.5 | 1554.0 |
| | | | 57.0 | 243.0 | 377.5 | 118.5 | 67.0 | 136.0 | 140.0 | 179.5 | 275.0 | 127.0 | 1821.0 |

TABLA 12 B. Cont.
 ESTACION PLUVIOMETRICA TORCA - USAQUEN
 REGISTRO DE LLUVIAS 1960 - 1989

| AÑOS | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPT. | OCT. | NOV. | DIC. | ANUAL - P _a |
|------------------|--------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|
| 1982 | 99.00 | 59.0 | 129.0 | 227.1 | 29.0 | 35.0 | 48.0 | 29.0 | 37.0 | 69.0 | 58.0 | 45.0 | 864.1 |
| 1983 | 40.0 | 68.0 | 125.0 | 158.0 | 66.0 | 70.0 | 92.0 | 83.0 | 37.0 | 90.0 | 39.0 | 102.0 | 970.0 |
| 1984 | 83.0 | 84.0 | 38.0 | 46.0 | 94.0 | 69.0 | 64.0 | 79.0 | 77.0 | 87.0 | 98.0 | 44.0 | 863.0 |
| 1985 | 43.0 | 9.0 | 27.0 | 50.0 | 104.0 | 54.0 | 84.0 | 50.0 | 134.0 | 113.0 | 56.0 | 83.0 | 807.0 |
| 1986 | 114.0 | 118.0 | 54.0 | 110.0 | 88.0 | 90.0 | 32.0 | 44.0 | 32.0 | 144.0 | 161.0 | 26.0 | 1013.0 |
| 1987 | 24.0 | 157.0 | 168.0 | 106.0 | 184.0 | 132.0 | 74.0 | 82.0 | 56.0 | 87.0 | 198.0 | 84.0 | 1352.0 |
| 1988 | 36.2 | 59.2 | 83.7 | 263.5 | 34.4 | 97.3 | 102.7 | 72.0 | 117.1 | 210.0 | 188.6 | 76.1 | 1340.8 |
| 1989 | 28.4 | 41.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 1774.0 | 2480 | 3067.8 | 5292.8 | 4022.4 | 3117.3 | 2141.3 | 2192.3 | 5104.8 | 4675.3 | 5046.9 | 2625.2 | 39278.2 |
| P _{MA} | 61.2 | 85.5 | 105.8 | 182.5 | 138.7 | 107.5 | 73.8 | 75.6 | 176.0 | 161.2 | 174.0 | 90.5 | 1354.4 |
| P _{MAA} | 61.2 | 146.7 | 252.5 | 435.0 | 573.7 | 681.2 | 755.0 | 830.6 | 1006.6 | 1167.8 | 1341.8 | 1432.3 | - |
| C _P | 0.53 | 0.82 | 0.92 | 1.64 | 1.20 | 0.96 | 0.64 | 0.66 | 1.58 | 1.40 | 1.56 | 0.79 | - |
| P _{AM} | = 1354.4 mm. | | | | | | | | | | | | |

TOMADO DE C.A.R.



\bar{P}_{MAA}^{-i} : Precipitación media mensual multianual acumulada

C_p : Coeficiente pluviométrico.

Si $C_p > 1$: Período lluvioso.

$C_p < 1$: Período seco.

i : Mes.

$$\bar{P}_{MA}^{-i} = \frac{\sum P_i}{\text{No. de registros}}$$

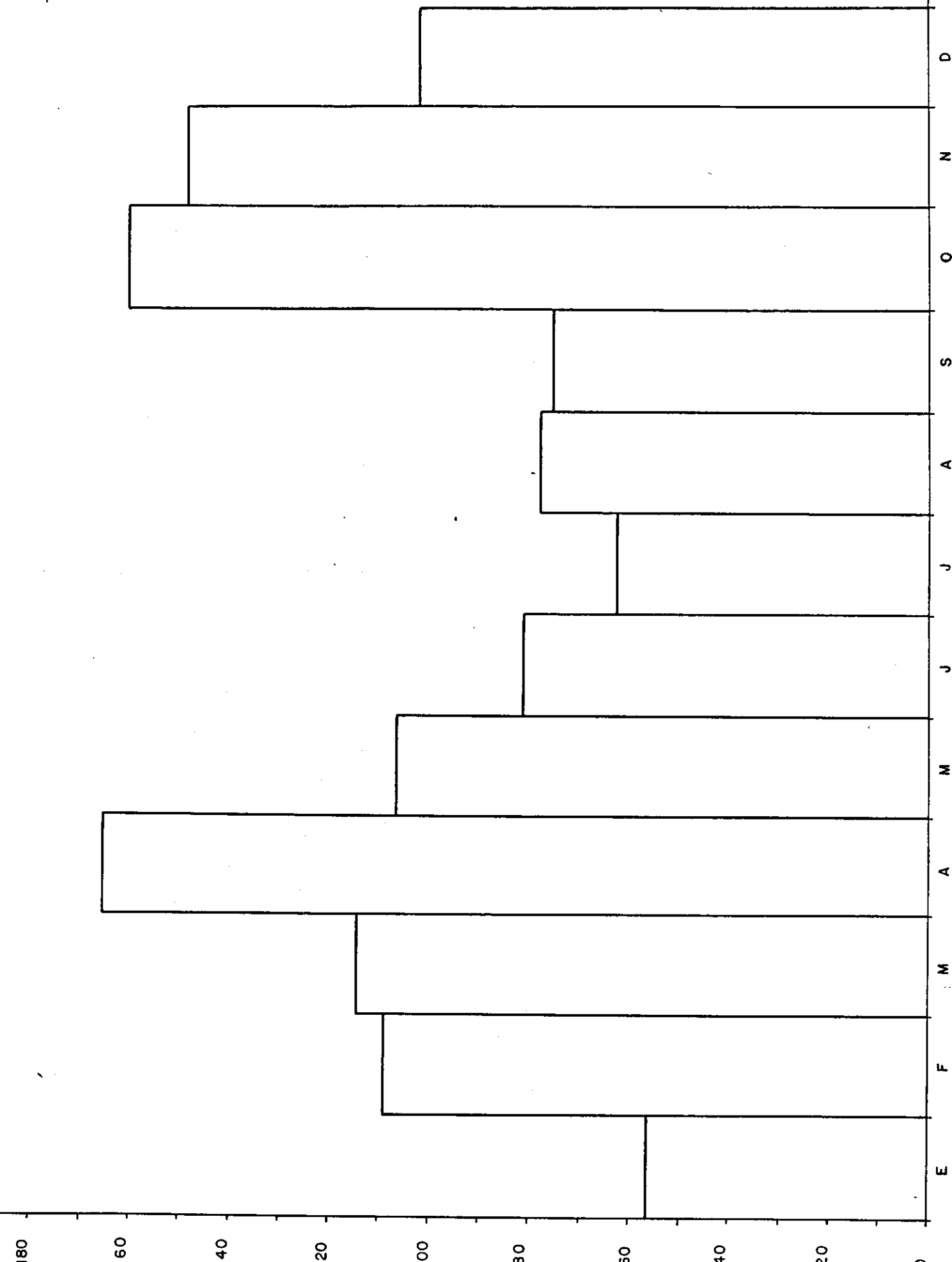
$$\bar{P}_{AM} = \frac{\sum \bar{P}_A}{\text{No. de registros}}$$

$$C_p^i = \frac{\bar{P}_{MA}^{-i} / \text{No. días del mes}}{\bar{P}_{AM} / 365}$$

Igualmente se enseñan los histogramas figuras 13 y 13A y los correspondientes coeficientes pluviométricos, figuras 14 y 14A.

De las gráficas de los coeficientes pluviométricos se

Figura 13
Precipitación Mensual, Militar, Medellín
Estación USAQUEN (1.975 - 1.989)



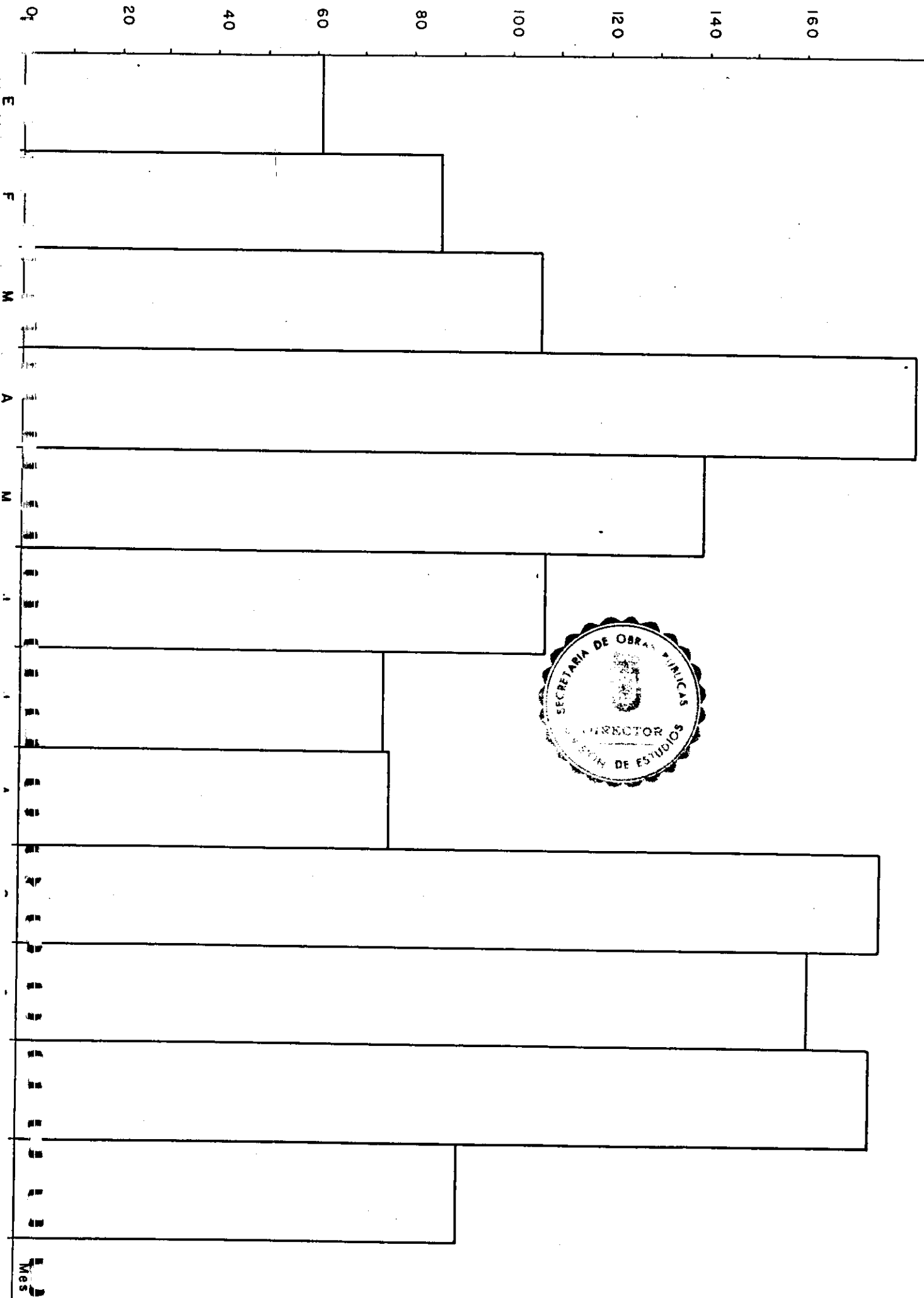


Figura 13A Precipitación Mensual Multianual Media
 Estación TORCA - USAQUEN (1.960 - 1.989)

Figura 14 Coeficiente Pluviométrico
Estación USAQUEN (1.975 - 1.989)

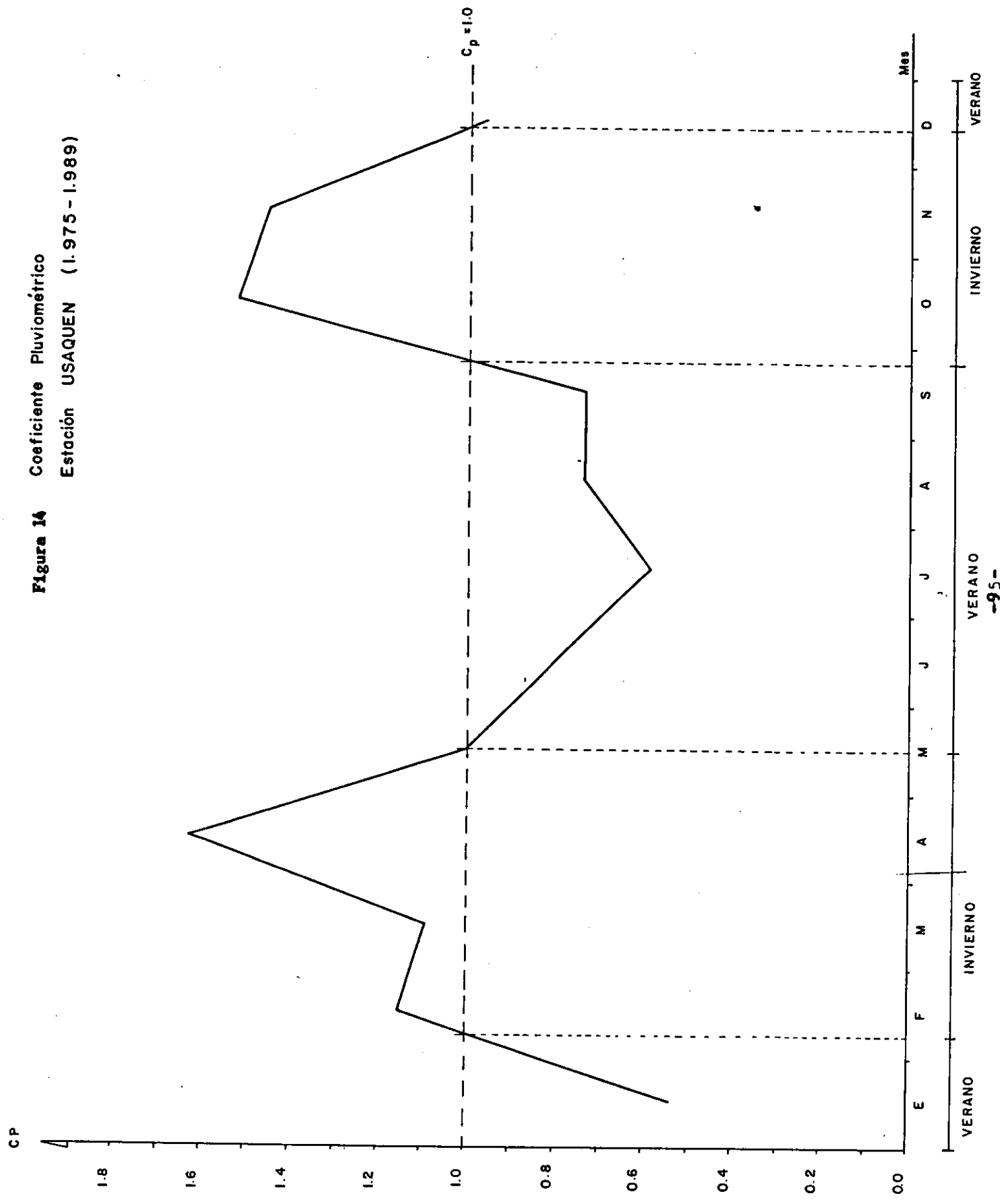
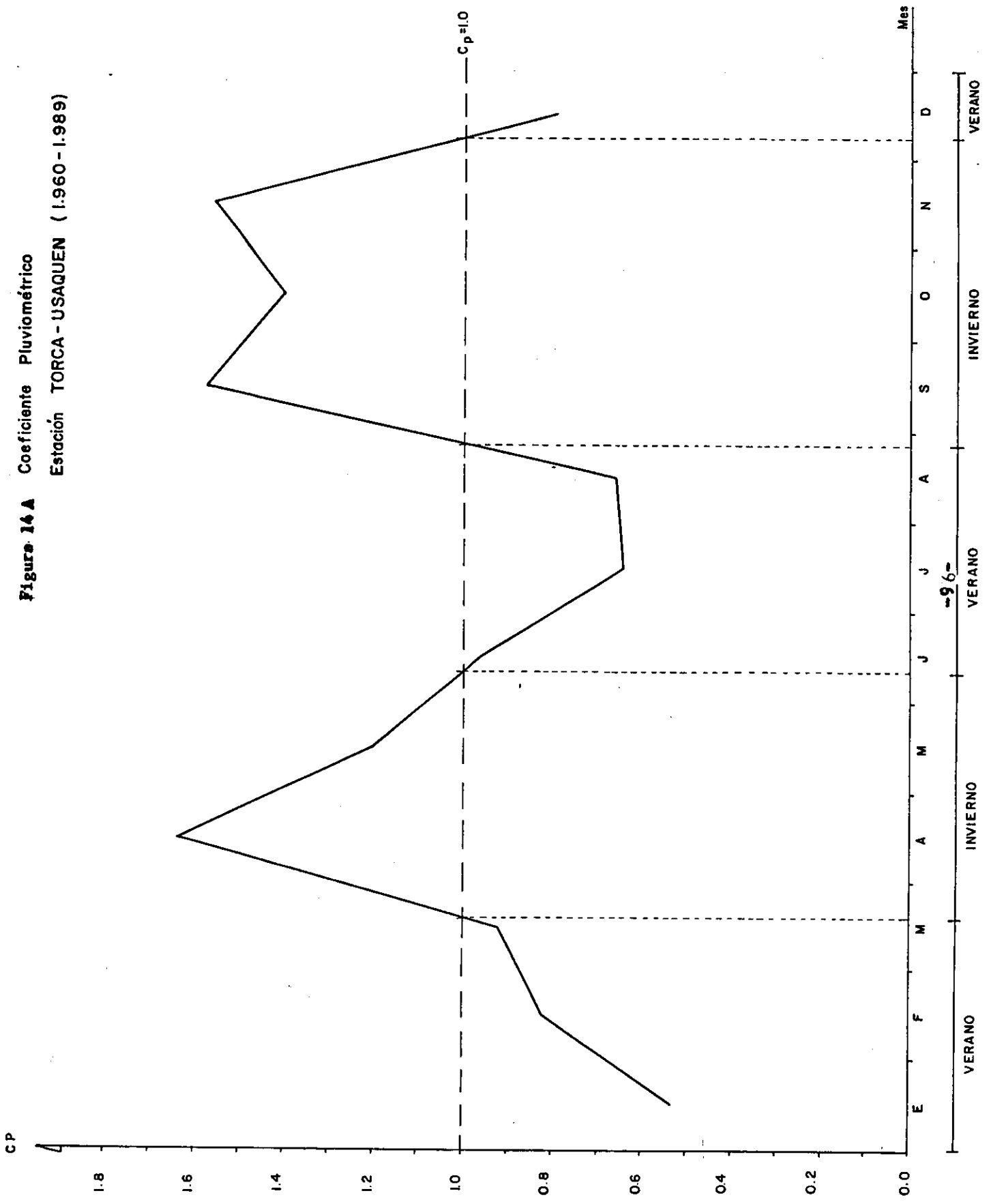


Figura 14 A Coeficiente Pluviométrico
Estación TORCA - USAQUEN (1.960 - 1.989)





INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

11

observa que los períodos lluviosos para la Estación Torca - Usaquén se sitúan entre mediados de Marzo y mediados de Junio, el primero, y entre fines de Agosto y principios de Diciembre, el segundo. Por su parte la Estación Usaquén enseña un primer invierno hacia principios de Febrero que se prolonga hasta mediados de Mayo, y uno segundo que comienza hacia fines de Septiembre prolongándose hasta mediados de Diciembre.

La superposición de estos dos registros muestra entonces dos períodos lluviosos en el año que se presentan así:

- Primer período de invierno: Principios de Febrero mediados de Junio, con una precipitación promedio superior a los 100 mm/mes. Su duración es de aproximadamente 17 semanas.
- Segundo período de invierno: Finales de Agosto - mediados de Diciembre, con una precipitación promedio superior a los 130 mm/mes y una duración de aproximadamente 15 semanas.



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

112

De lo anterior se desprende que en las 3/5 partes del año los sectores en estudio están sometidos a constantes y fuertes lluvias que socavan los taludes, y al fluir libremente por las vías de acceso, arrastran gran cantidad de suelos ayudadas por las pendientes, el inexistente sistema de drenaje y cunetas y la poca permeabilidad primaria de los estratos superiores.

Igualmente se anota que, como bien es sabido, el agua tiene un efecto nocivo sobre la estabilidad de las laderas y cortes de explotación pues dispara el deslizamiento. Esta situación quedó demostrada para el sector I (Parte Norte de la cantera El Cedro Olano e Ibiza) en un estudio realizado por la División Geología Ambiental de Ingeominas en Octubre de 1.987 en el que se logró correlacionar lluvias VS. movimiento de la masa inestable mediante el análisis de los desplazamientos registrados en los mojones localizados en la zona I (Figuras 15, 16 y 17), indicativos además de las amenazas por caídas de bloques.

Los desplazamientos se presentaron normales a las cur-



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

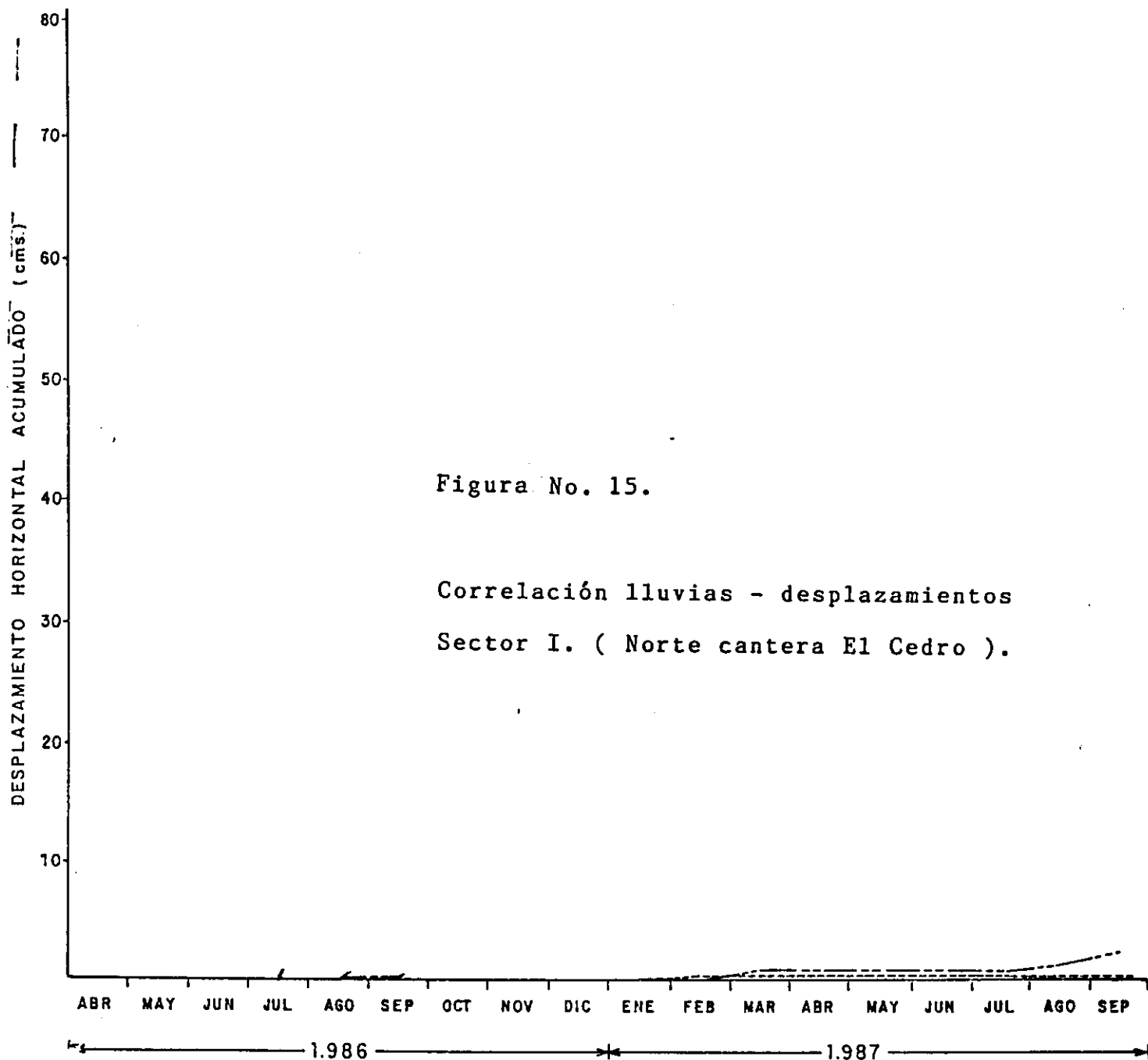
113

vas de nivel. La zona 1, única incluida en el sector de estudio de nuestra investigación, corresponde a la más estable en donde los desplazamientos han sido mínimos.





INGEVEL Y CIA. LTDA.
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
 VIAS - CONSTRUCCIONES



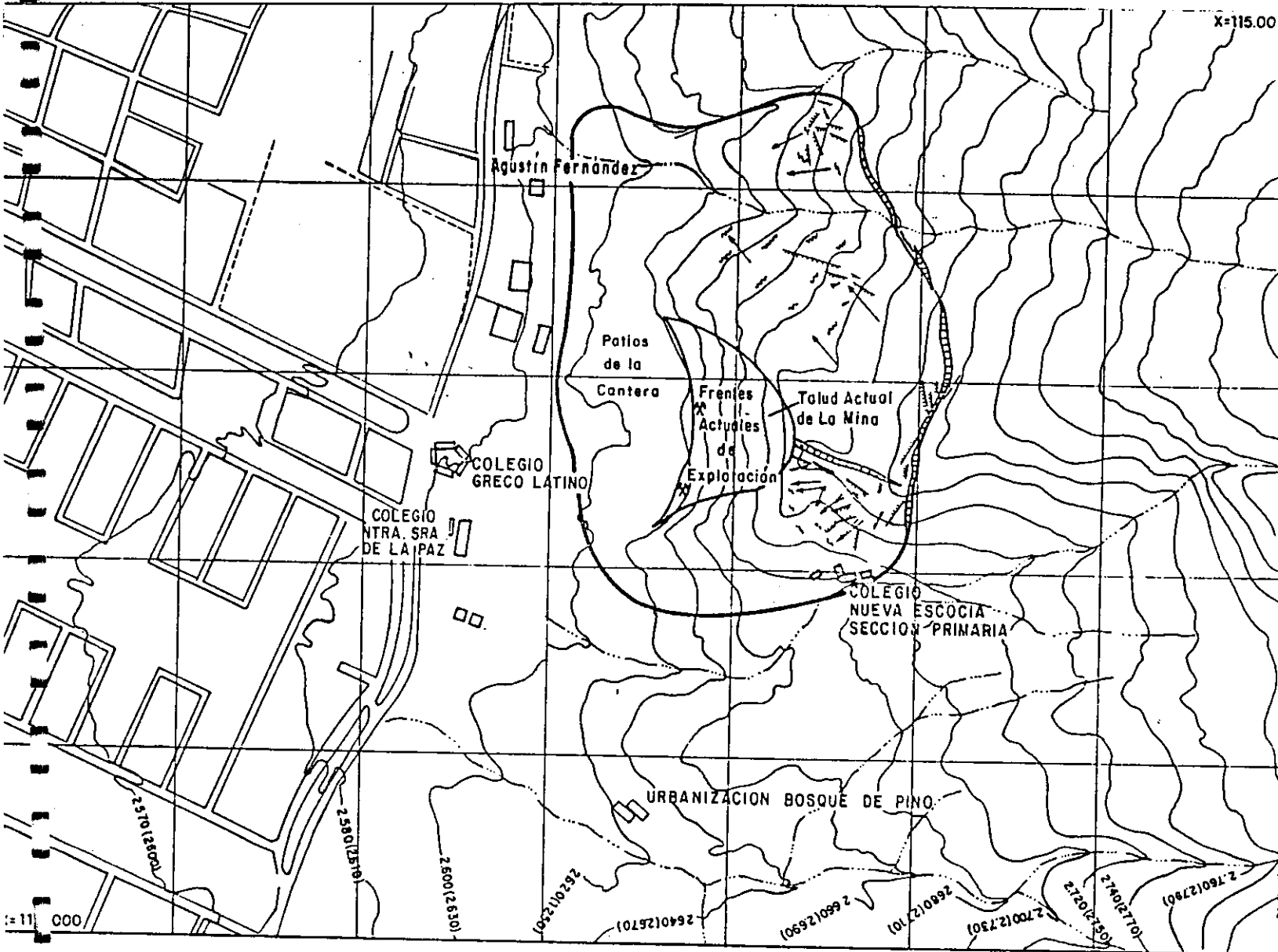
Tomado de INGEOMINAS








INGEVEL Y CIA. LTDA.
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
 VIAS - CONSTRUCCIONES

115

Figura No. 16 Zona inestable Sector I.



CONVENCIONES

-  Grieta de corona que presenta salto variable entre 0.20 y 13.5m.
-  Grietas originadas por el movimiento de la masa.
-  Zona de movimientos recientes
-  Area de amenazas por deslizamientos o caída de bloques.
-  Frente de explotación

TOMADO DE
 Evaluación de la zona
 de amenaza por desliza-
 miento y caída de blo-
 ques recebera El Cedro.

INGEOMINAS 1.987.



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

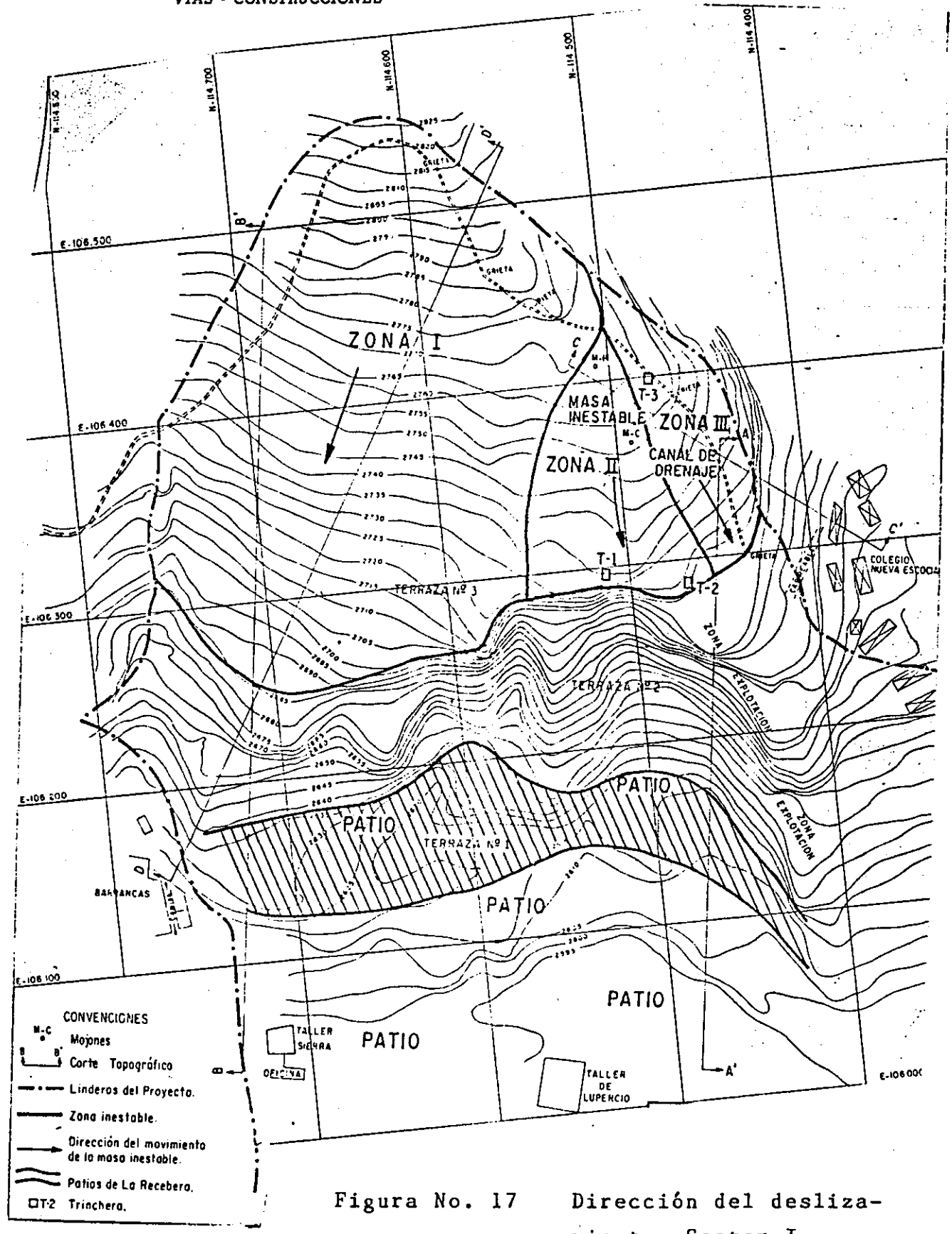


Figura No. 17 Dirección del deslizamiento Sector I.

Tomado de INGEOMINAS.



8.0. ANALISIS DE ENSAYOS DE INFILTRACION.

Para este análisis se utilizó la ecuación de infiltración de Green - Ampt, ampliamente usada en riegos. Es un método en donde por medio de ajustes numéricos es posible hallar valores aproximados de permeabilidad.

La ecuación general de Green - Ampt se expresa normalmente como:

$$I = Kt + \Omega \ln \left(1 + \frac{I}{\Omega} \right)$$

en donde

I = Infiltración total en el tiempo t , (cm).

K = Permeabilidad en el terreno saturado, (cm/seg.).

t = Tiempo, (seg).

Ω = Potencial hidráulico, (cm).

Al derivar aquella expresión respecto al tiempo, encontramos una nueva que nos permite determinar la tasa de infiltración mediante:



118

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

$$i = \frac{dI}{dt} = K + K \frac{\Omega}{I} = A + B \left(\frac{1}{I} \right)$$

Luego $A = K$: intercepto de la recta con la ordenada (en un gráfico $\frac{dI}{dt}$ VS. $\frac{1}{I}$), y $B = K\Omega$: pendiente - de la recta.

La recta característica de este comportamiento se obtiene mediante un ajuste por mínimos cuadrados.

El proceso de ensayos en el terreno consistió en realizar un sondeo hasta una profundidad dada, llenarlo de agua y observar su variación de nivel con el tiempo. Es decir, buscamos la expresión de la cual podemos obtener la infiltración I a partir de los niveles de agua para luego aplicar el método numérico descrito y deducir la permeabilidad in - situ.

Los sondeos que utilizamos no estuvieron revestidos, por lo que la expresión que nos permitió hallar I , en todo momento fue:



$$I = r_h \frac{1 - h_o/h}{\frac{r_h + H}{h} - 1}$$

$$h = f(t) ; P = 2r$$
$$A = r^2 ; r_h = r/2$$

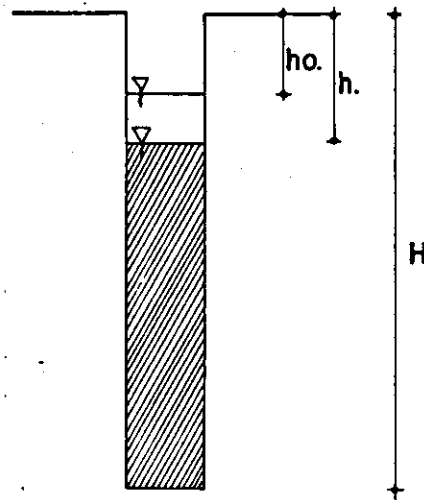
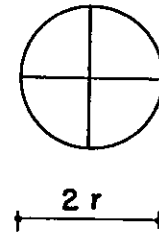


DIAGRAMA No. 3

ESQUEMA PERMEABILIDAD IN-SITU.



A continuación enseñamos los resultados obtenidos en el campo para 3 de las 4 perforaciones realizadas ya que la cuarta de ellas, realizada en el Sector I, por encontrarse en una zona de fuerte densidad de agrietamientos, producto de la explotación de las canteras, insinuaba una infiltración total instantánea (en el momento de la perforación la barrena descendía por gravedad sin ningún obstáculo).

El análisis de estas permeabilidades permite clasificar el suelo como un terreno poco permeable, en lo que a permeabilidad primaria se refiere. No obstante, la per



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

120

meabilidad secundaria sí es muy importante tal como se dijo antes; ésta tiene bastantes puntos de afloramiento en la superficie tales como la vía de acceso al Barrio Soratama y las antiguas áreas de extracción, entre otras.



TABLA No. 13 A.-ENSAYOS DE INFILTRACION IN SITU.

PERFORACION No. 1.

Localización : Barrio Soratama.

X = 116.115 Y = 106.865 Cota = 2.802 m.s.n.m.

Profundidad, H = 70 cm. Perímetro, P = 25 cm.

Diámetro, D = 8 cm. Area, A = 50.26 cm².

Radio hidráulico, $r_h = A/P = 2.01$ cm.

Lectura inicial de profundidad del nivel de agua, $h_0 =$
10.00 cm.

Lectura al tiempo t, de la profundidad del nivel de
agua, h.

Infiltración total al tiempo t, I (cm).

| Tiempo Seg. | h, cm. | h_0/h | $(h-h_0)$, cm. | $(r_h + H)/h$ | I, cm. |
|----------------|--------|---------|-----------------|---------------|---------|
| 00 | 10.00 | 1.000 | 0.00 | 7.20 | 0.00000 |
| 30 | 11.10 | 0.901 | 1.10 | 6.49 | 0.03624 |
| 60 | 12.00 | 0.833 | 2.00 | 6.00 | 0.06713 |



122

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

| Tiempo Seg. | $h, \text{cm.}$ | h_0/h | $(h-h_0), \text{cm.}$ | $(r_h + H)/h$ | $I, \text{cm.}$ |
|----------------|-----------------|---------|-----------------------|---------------|-----------------|
| 90 | 13.00 | 0.769 | 3.00 | 5.54 | 0.10227 |
| 120 | 13.70 | 0.730 | 3.70 | 5.26 | 0.12739 |
| 150 | 14.40 | 0.694 | 4.40 | 5.00 | 0.15376 |
| 180 | 15.40 | 0.649 | 5.40 | 4.67 | 0.19224 |
| 210 | 16.10 | 0.621 | 6.10 | 4.47 | 0.21954 |
| 240 | 18.20 | 0.549 | 8.20 | 3.96 | 0.30625 |
| 270 | 18.60 | 0.538 | 8.60 | 3.87 | 0.32356 |
| 300 | 19.10 | 0.523 | 9.10 | 3.77 | 0.34613 |
| 330 | 19.80 | 0.505 | 9.80 | 3.64 | 0.37687 |
| 360 | 20.10 | 0.498 | 10.10 | 3.58 | 0.39109 |
| 390 | 20.60 | 0.485 | 10.60 | 3.49 | 0.41572 |
| 420 | 21.20 | 0.472 | 11.20 | 3.40 | 0.44220 |
| 450 | 21.60 | 0.463 | 11.60 | 3.33 | 0.46325 |
| 480 | 22.20 | 0.450 | 12.20 | 3.24 | 0.49353 |
| 510 | 22.90 | 0.437 | 12.90 | 3.14 | 0.52880 |
| 540 | 23.30 | 0.429 | 13.30 | 3.09 | 0.54914 |
| 570 | 24.00 | 0.417 | 14.00 | 3.00 | 0.58591 |
| 600 | 24.50 | 0.408 | 14.50 | 2.94 | 0.61336 |

Tal como se enuncia en las figuras 18 y 19 , la permea-



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

123

bilidad de este terreno ($K = 1,72 \times 10^{-4}$ cm/seg.) es
baja, lo que lo clasifica como un terreno poco permea-
ble.

Figura 18 Ensayo de Permeabilidad
 Ladera en suelo limo arcilloso
 Perforación No. 1, sin revestir.

$\frac{dI}{dt} \times 10^{-4}$ cm./seg.

$K = 172 \times 10^{-4}$ cm./seg.
 $\mu = 0.005$ cm.

Resultados:
 $K = 1.72 \times 10^{-4}$ cm./seg.

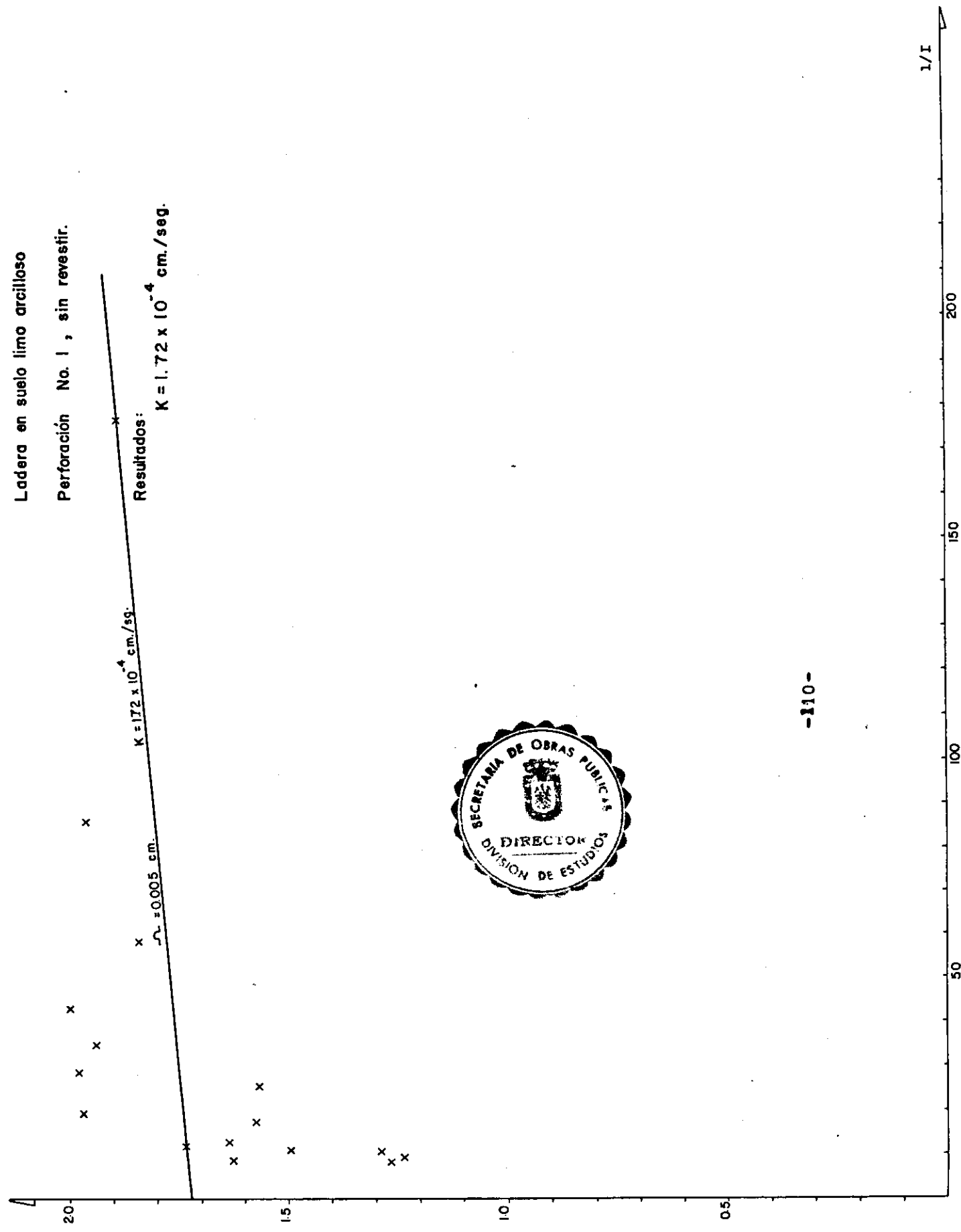
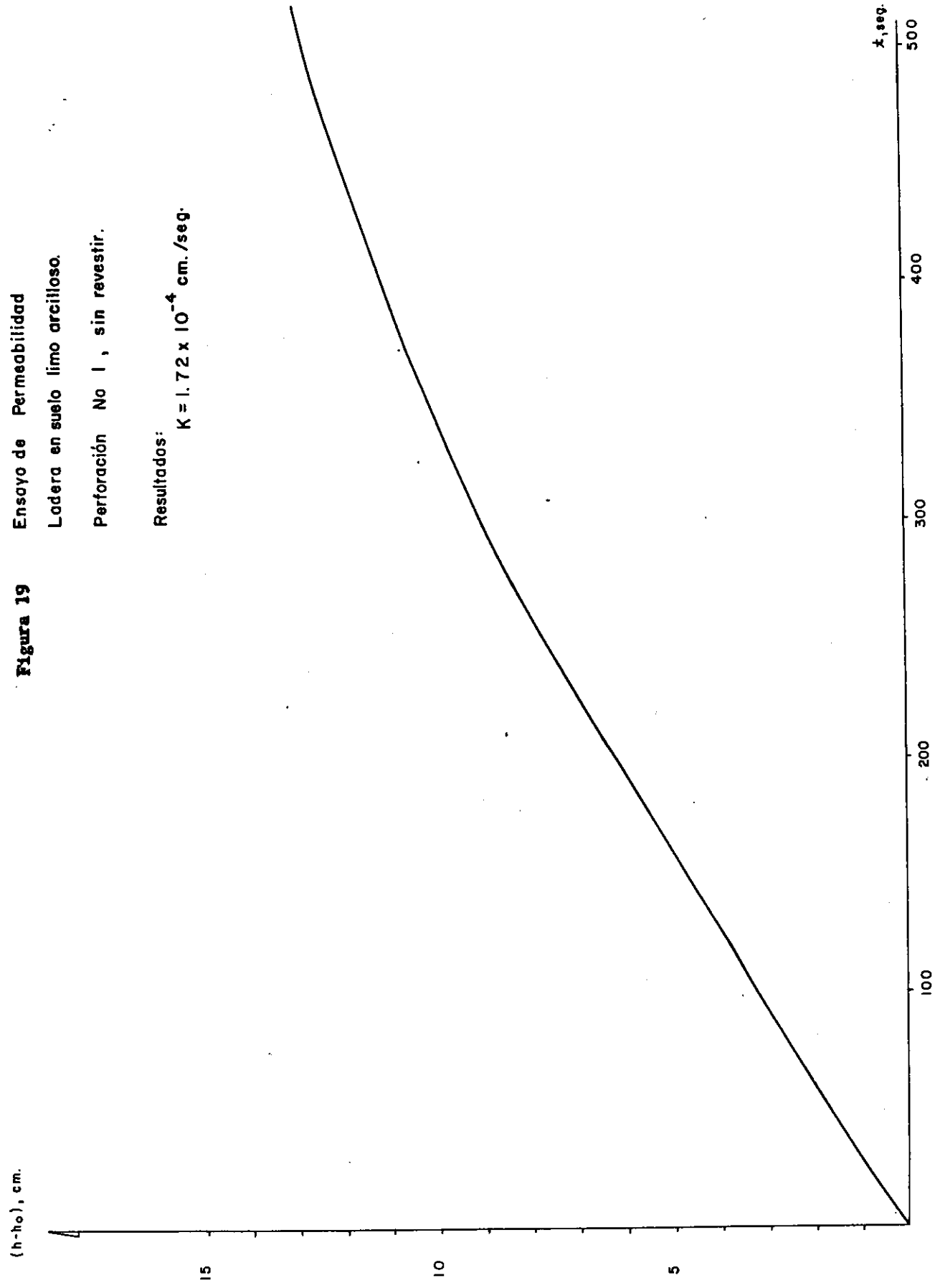


Figura 19 Ensayo de Permeabilidad

Ladera en suelo limo arcilloso.

Perforación No 1, sin revestir.

Resultados:
 $K = 1.72 \times 10^{-4}$ cm./seg.





INGEVEL Y CIA. LTDA.
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
 VIAS - CONSTRUCCIONES

TABLA No. 13 B-ENSAYOS DE INFILTRACION IN - SITU.

PERFORACION No. 2.

Localización : Barrio Soratama.

X = 116.125 Y = 106.790 Cota = 2.783 m.s.n.m.
 Profundidad, H = 180 cm. Perímetro, P = 24 cm.
 Diámetro, D = 7.62 cm. Area, A = 45.60 cm² .
 Radio hidráulico, r_h = A/P = 1.90 cm.

Lectura inicial de profundidad del nivel de agua, h₀ = 15.00 cm.

Lectura al tiempo t, de la profundidad del nivel de agua, h.

Infiltración total al tiempo t, I (cm).

| Tiempo Seg. | h,cm. | h ₀ /h | (h-h ₀),cm. | (r _h + H)/h | I,cm. |
|-------------|-------|-------------------|-------------------------|------------------------|---------|
| 0 | 15.00 | 1.000 | 0.000 | 12.13 | 0.00000 |
| 30 | 15.50 | 0.968 | 0.500 | 11.73 | 0.00566 |
| 60 | 16.00 | 0.937 | 1.000 | 11.37 | 0.01154 |



127

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

| Tiempo Seg. | h, cm. | h_0/h | $(h-h_0)$, cm. | $(r_h + H)/h$ | I, cm. |
|----------------|--------|---------|-----------------|---------------|---------|
| 90 | 16.50 | 0.910 | 1.500 | 11.02 | 0.01706 |
| 120 | 17.00 | 0.882 | 2.000 | 10.70 | 0.02311 |
| 150 | 17.50 | 0.857 | 2.500 | 10.39 | 0.02893 |
| 180 | 17.50 | 0.857 | 2.500 | 10.39 | 0.02893 |
| 180 | 18.00 | 0.833 | 3.000 | 10.10 | 0.03487 |
| 210 | 18.40 | 0.815 | 3.400 | 9.88 | 0.03958 |
| 240 | 19.00 | 0.789 | 4.000 | 9.57 | 0.04678 |
| 270 | 19.50 | 0.769 | 4.500 | 9.33 | 0.05269 |
| 300 | 19.90 | 0.754 | 4.900 | 9.14 | 0.05742 |
| 330 | 20.60 | 0.728 | 5.600 | 8.83 | 0.06600 |
| 360 | 21.20 | 0.707 | 6.200 | 8.58 | 0.07344 |
| 390 | 21.60 | 0.694 | 6.600 | 8.42 | 0.07835 |
| 420 | 22.00 | 0.682 | 7.000 | 8.23 | 0.08357 |
| 450 | 22.40 | 0.670 | 7.400 | 8.12 | 0.08806 |
| 480 | 22.90 | 0.655 | 7.900 | 7.94 | 0.09445 |
| 510 | 23.20 | 0.646 | 8.200 | 7.84 | 0.09833 |
| 540 | 23.50 | 0.638 | 8.500 | 7.74 | 0.10205 |
| 570 | 23.90 | 0.628 | 8.900 | 7.61 | 0.10693 |
| 600 | 24.20 | 0.620 | 9.200 | 7.52 | 0.11074 |

Igualmente este material se caracteriza como de baja



128

INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

permeabilidad, que lo clasifica también como un terreno poco permeable, Figuras 20 y 21 .

Figura 20 Ensayo de Permeabilidad

Ladera en arena fina algo limosa.

Perforación No. 2, sin revestir.

Resultados: $K = 8.55 \times 10^{-4}$ cm./seg.

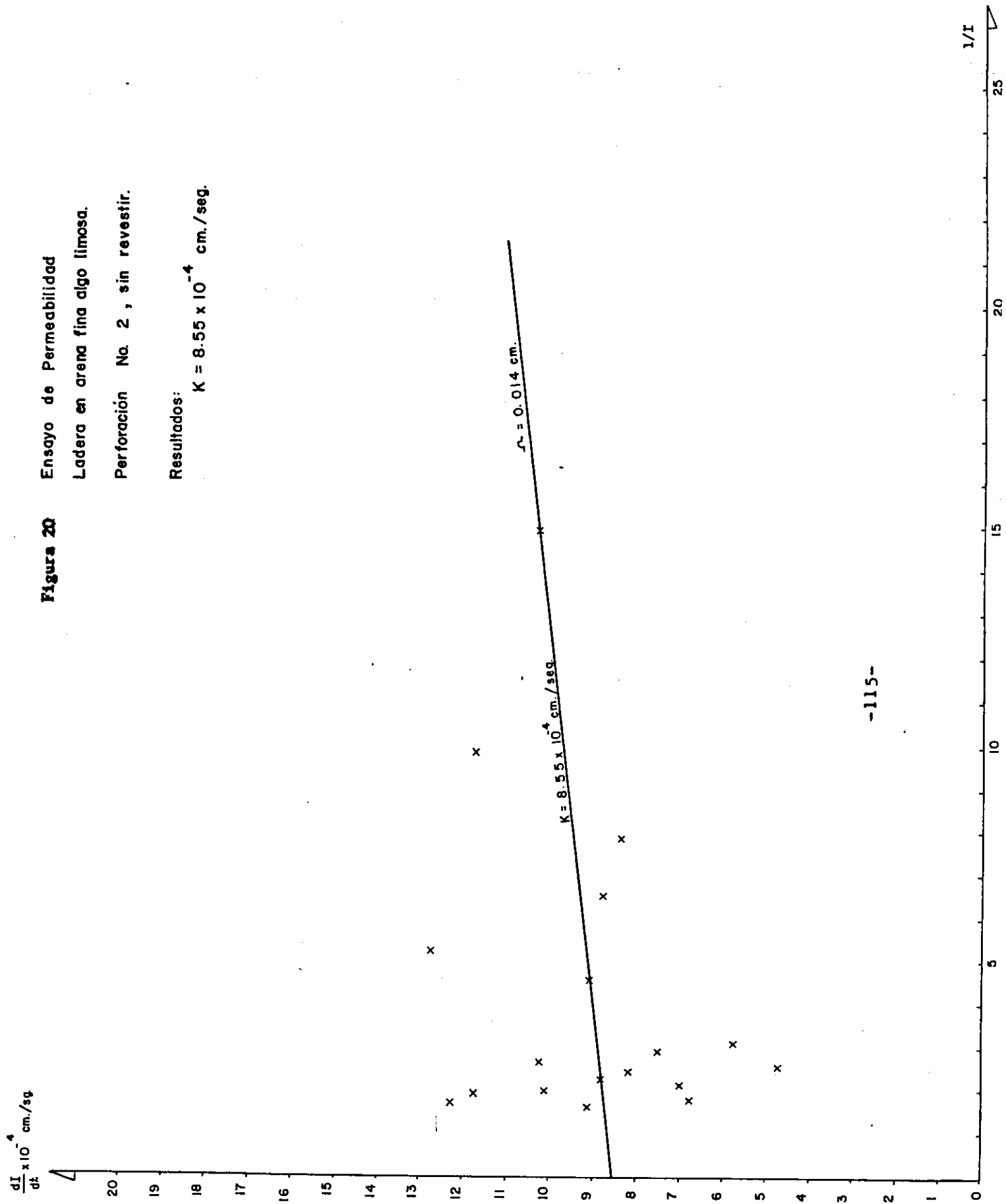


Figura 21 Ensayo de Permeabilidad
Ladera en arena fina algo limosa.
Perforación No 2, sin revestir.

Resultados:
 $K = 8.55 \times 10^{-4}$ cm./seg.

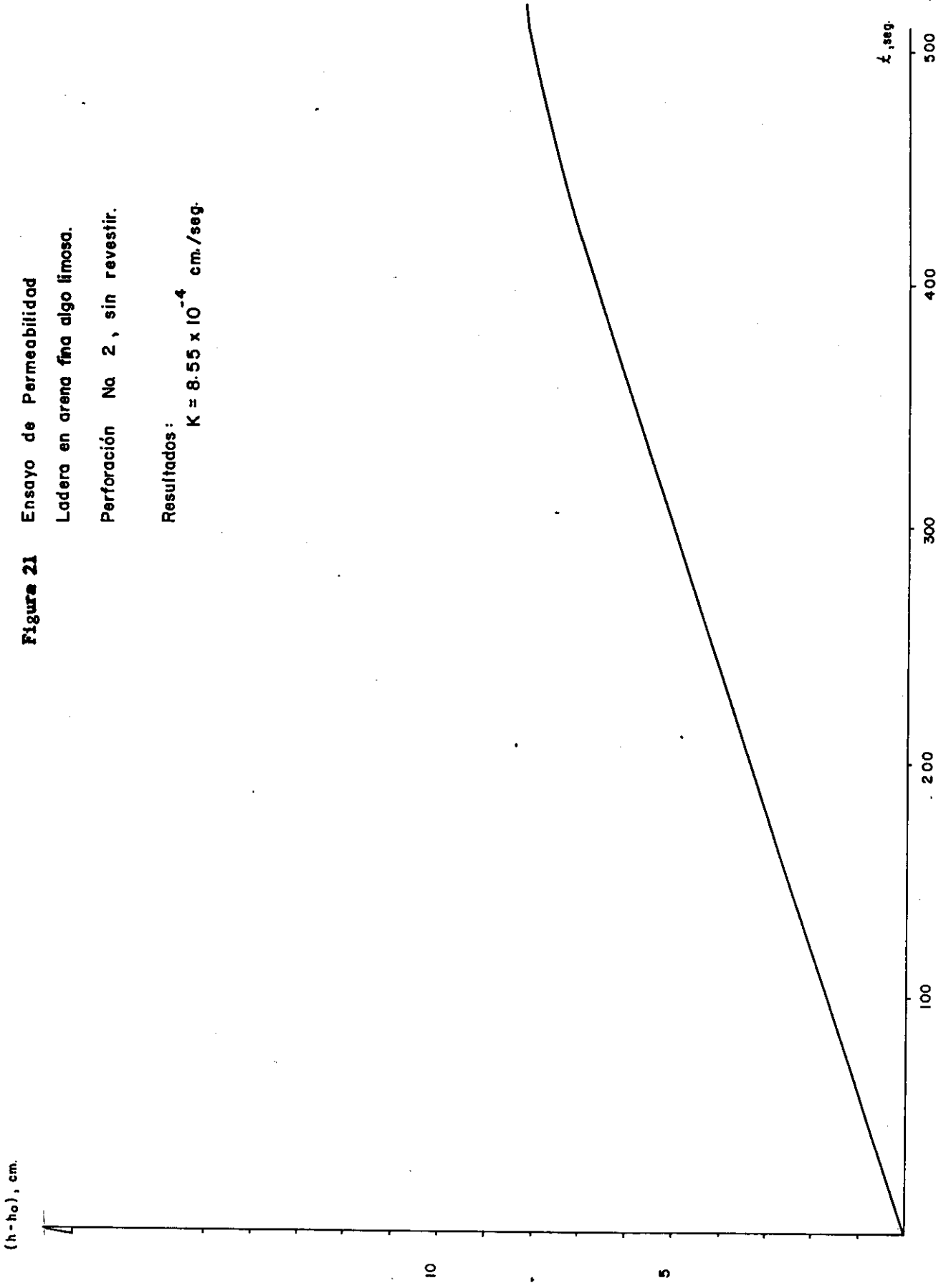




TABLA No. 13 C ENSAYOS DE INFILTRACION IN - SITU.

PERFORACION No. 3.

Localización: Barrio Soratama.

X = 116.190 Y = 106.580 Cota = 2.718 m.s.n.m.

Profundidad, H = 165 cm. Perímetro, P = 25 cm.

Diámetro, D = 8 cm. Area, A = 50,26 cm² .

Radio hidráulico, $r_h = A/P = 2.01$ cm.

Lectura inicial de profundidad del nivel de agua, $h_0 = 12.5$ cm.

Lectura al tiempo t, de la profundidad del nivel de agua, h.

Infiltración total al tiempo t, I (cm).

| Tiempo Seg. | h,cm. | h_0/h | $(h-h_0)$,cm. | $(r_h + H)/h$ | I,cm. |
|----------------|-------|---------|----------------|---------------|---------|
| 00 | 12.50 | 1.000 | 0.000 | 13.36 | 0.00000 |
| 30 | 12.60 | 0.992 | 0.100 | 13.25 | 0.00131 |
| 60 | 12.80 | 0.976 | 0.300 | 13.05 | 0.00400 |



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

132

| Tiempo Seg. | h, cm. | h_o/h | $(h-h_o)$, cm. | $(r_h + H)/h$ | I, cm. |
|----------------|--------|---------|-----------------|---------------|---------|
| 90 | 13.30 | 0.940 | 0.800 | 12.56 | 0.01043 |
| 120 | 14.00 | 0.893 | 1.500 | 11.93 | 0.01968 |
| 150 | 14.20 | 0.880 | 1.700 | 11.76 | 0.02242 |
| 180 | 14.30 | 0.874 | 1.800 | 11.68 | 0.02371 |
| 210 | 14.50 | 0.862 | 2.000 | 11.52 | 0.02637 |
| 240 | 14.80 | 0.844 | 2.300 | 11.28 | 0.03050 |
| 270 | 15.00 | 0.833 | 2.500 | 11.13 | 0.03314 |
| 300 | 15.20 | 0.822 | 2.700 | 10.99 | 0.03581 |
| 330 | 15.50 | 0.806 | 3.000 | 10.77 | 0.03991 |
| 360 | 15.80 | 0.791 | 3.300 | 10.57 | 0.04390 |
| 390 | 16.00 | 0.781 | 3.500 | 10.44 | 0.04663 |
| 420 | 16.40 | 0.762 | 3.900 | 10.18 | 0.05211 |
| 450 | 16.60 | 0.753 | 4.100 | 10.06 | 0.05480 |
| 480 | 16.80 | 0.744 | 4.300 | 9.94 | 0.05756 |
| 510 | 17.00 | 0.735 | 4.500 | 9.82 | 0.06039 |
| 540 | 17.20 | 0.727 | 4.700 | 9.71 | 0.06300 |
| 570 | 17.50 | 0.714 | 5.000 | 9.54 | 0.06731 |
| 600 | 17.80 | 0.702 | 5.300 | 9.38 | 0.07148 |

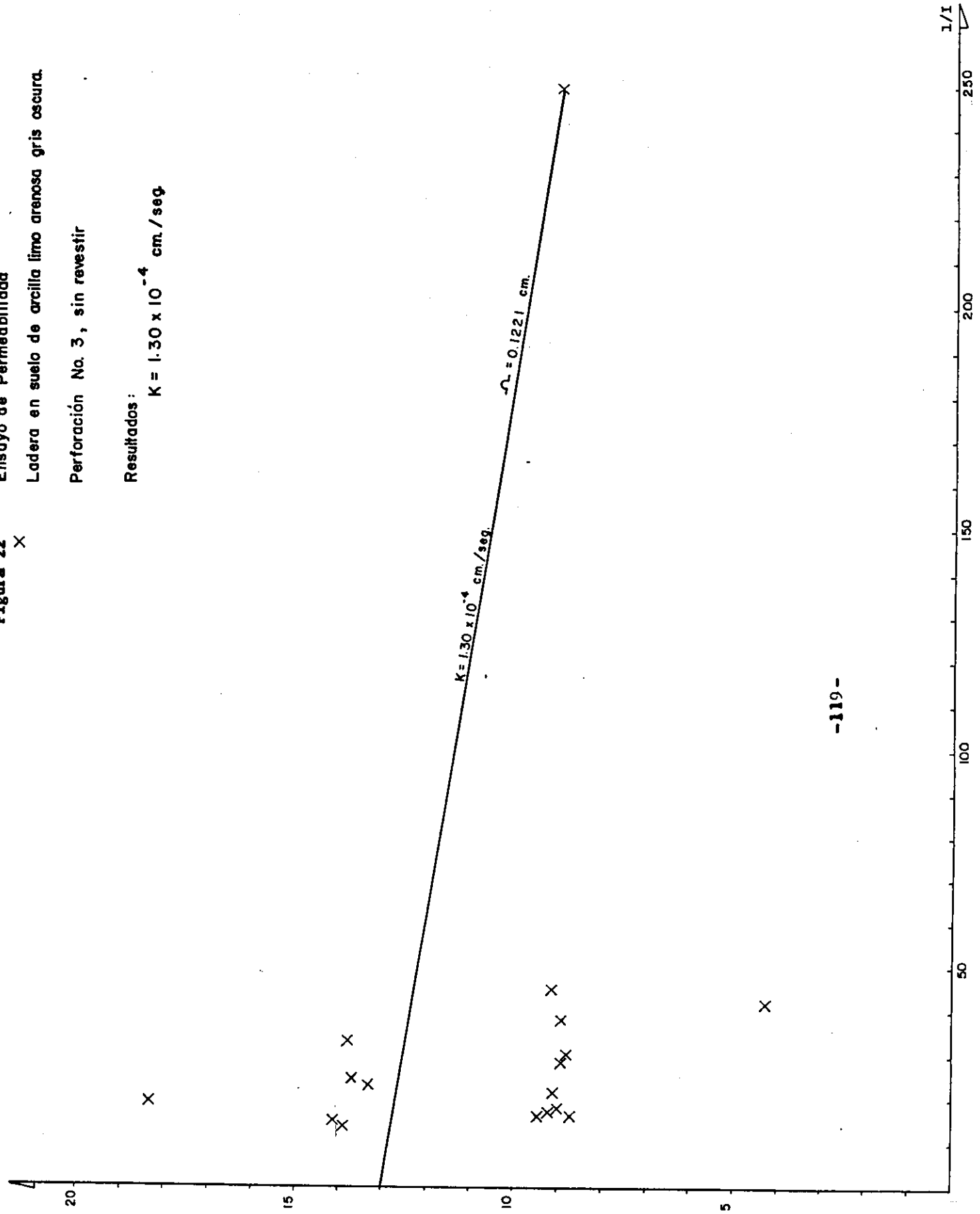
Igualmente este terreno enseña un comportamiento poco permeable, Figuras 22 y 23 .

$\frac{dI}{dt} \times 10^{-5}$ cm./seg.

Figura 22 X

Ensayo de Permeabilidad
Ladera en suelo de arcilla limo arenosa gris oscura.
Perforación No. 3, sin revestir

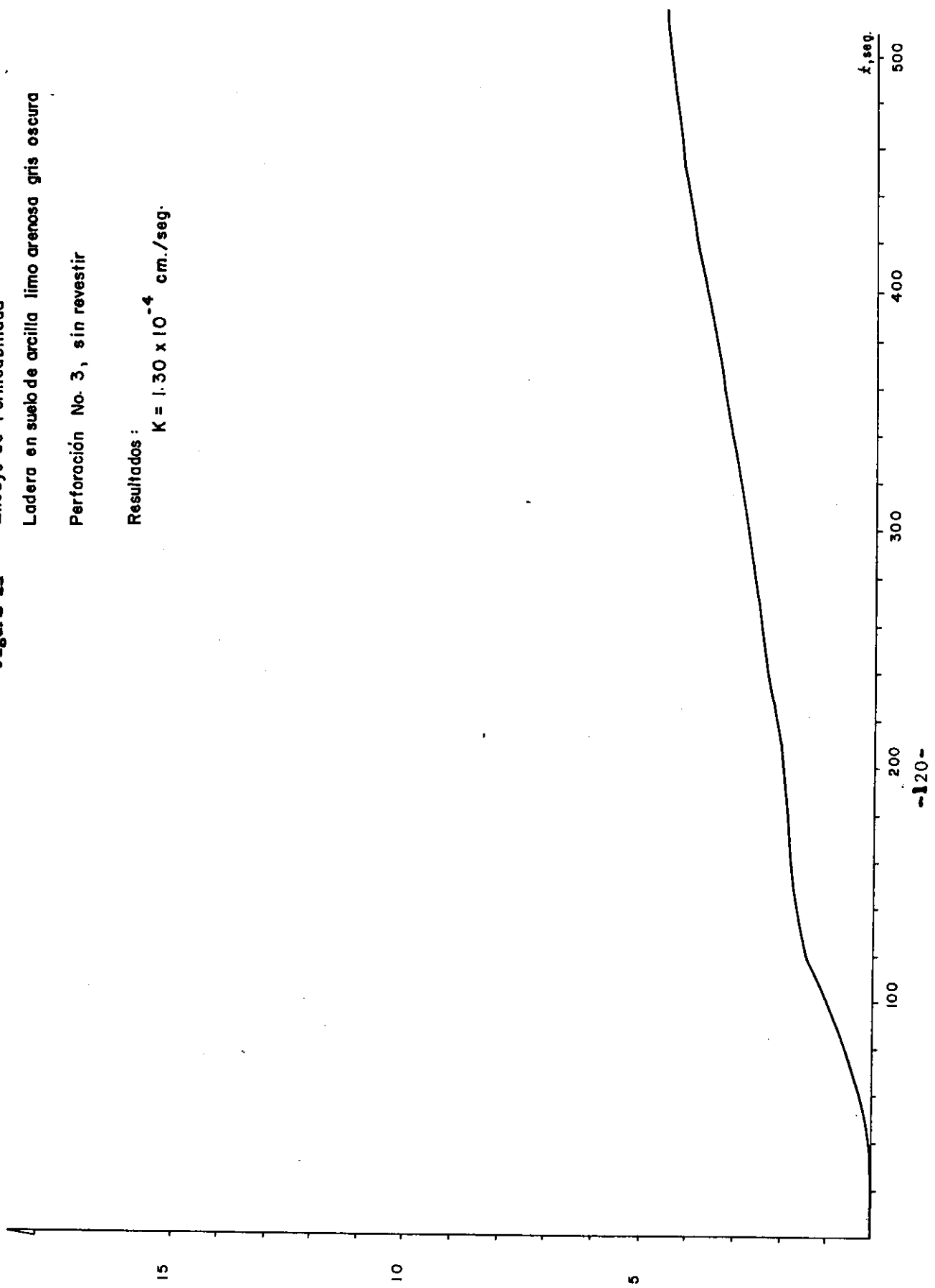
Resultados:
 $K = 1.30 \times 10^{-4}$ cm./seg.



(h-h₀), cm.

Figura 23 Ensayo de Permeabilidad
Ladera en suelo de arcilla limo arenosa gris oscura
Perforación No. 3, sin revestir

Resultados : $K = 1.30 \times 10^{-4}$ cm./seg.



-120-



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

135



9.0. ZONIFICACION GEOTECNICA.

Con base en el análisis de los anteriores capítulos se elaboraron mapas de zonificación Geotécnica o de aptitud física del terreno, contemplando las siguientes categorías:

9.1. SECTOR I.

9.1.1. Areas degradadas por la explotación de canteras, aprovechables para reforestación.

9.1.2. Areas urbanizadas consideradas de alto riesgo geológico por fenómenos de deslizamientos o movimientos en masa, consecuencia de la explotación antitécnica de las canteras.

9.2. SECTOR II.

9.2.1. Area sin riesgo geológico aparente, correspondiente a la zona de bosques (Sur - Oeste del sector), los cuales deben protegerse



ya que cumplen una función estabilizadora.

9.2.2. Areas urbanizadas con riesgos por caída de bloques, rehabilitables con algunas medidas correctivas, como el encauzamiento de las aguas superficiales, principal agente desestabilizador.

9.2.3. Areas urbanizadas con necesidad de reubicación, por el estado de deterioro, consecuencia del agrietamiento tanto interior como exterior que exhiben las viviendas.

9.2.4. Areas urbanizables sin riesgo aparente sujetas a medidas correctivas: Remoción de bloques tanto de la parte plana como del talud, ya que estos últimos amenazan caerse por gravedad.

9. 2.5. Areas degradadas por explotación de canteras y posteriores procesos erosivos, las que podrían recuperarse mediante procesos



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

137

de remoción de bloques, manejo de pendientes, empradización y arborización.



10.0. CONCLUSIONES.

- 1- Desde el punto de vista litológico la zona es muy homogénea y estructuralmente estable. Las geoformas están gobernadas básicamente por la estratificación, consideración válida para el Sector II (Barrio Soratama). En el Sector I, el paisaje ha sido modelado por procesos de denudación perturbado en la actualidad por la extracción de material.

- 2- Los cortes dejados por la explotación de materiales para construcción (verticales y en algunos casos con pendientes negativas) junto con el diaclasamiento favorecen la caída de bloques por gravedad.

- 3- En el Sector II (Barrio Soratama) se detectó la presencia de dos familias de discontinuidades:
 - N 30° W / 70 E
 - N 51° E / 75 Wy una estratificación de 15° a 25° hacia el Oeste.



con dirección preferencialmente N 10°-15° E.

En el Sector I (Olano, El Cedro, Cerro Ibiza) presenta grietas de tracción generadas por la explotación de materiales en dirección N-E a NW-SE hasta N-S, sobre los depósitos recientes.

Las Areniscas de la Formación Labor se explotan en las canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza, su dirección es N 10°-20° E y buzamientos no superiores a 20°W.

4- La poca permeabilidad del suelo facilita la escorrentía de las aguas lluvias.

la alta permeabilidad de la roca aflorante, permite el movimiento del agua subsuperficial.

5- La zona se caracteriza por una alta pluviosidad alcanzando los 100 mm/mes. durante las 3/5 partes del año.

6- La falta de alcantarillados adecuados para encauzar



las aguas negras incrementa el caudal de las aguas superficiales, intensificando los procesos erosivos.

- 7- El drenaje natural está constituido por dos cauces de canal profundo, de dirección E - W tanto en el Sector I como en el Sector II.
- 8- La principal vía de acceso al Sector I (Barrio Soratama) es una carretera de montaña construida sin ninguna obra de arte para la protección frente a las aguas superficiales.
- 9- Esta vía esta sometida a un alto flujo de vehículos de carga pesada (6 toneladas en promedio) causando vibraciones y posibles generadores de grietas contaminando igualmente con ruido y dispersión de partículas finas.
- 10- Los principales riesgos naturales que se detectaron en los dos (2) Sectores, son fenómenos de movimientos en masa (Sector I) y caídas de bloques (Sector II), favorecidos por la falta de encauzamiento tan-



to de las aguas lluvias de escorrentía como de deshecho y la inadecuada explotación de las canteras localizadas en la zona aledañas a ella.

11- Se diferenciaron dos tipos de materiales:

- ROCA: Arenisca de grano fino.

Resistencia a la compresión simple superior a los 700 Kgf/cm² .

Resistencia a la tracción simple \approx 70 Kgf/cm² .

E : 403.326 Kgf/cm² .

ν : 0.19

γ_t : 2.3 gr/cm³ .

ϕ : 23.5°

c : 0 Kgf/cm² .

- SUELO : Areno - Limo - Arcilloso.

C : 0 Kgf/cm² .

ϕ : 33°

γ_t : 1.6 gr/cm³ .

12- Consecuencias de la propiedades Geomecánicas



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

142

- ROCA: Sin ningún problema para la cimentación de obras civiles en el Sector II (Viviendas de, a lo sumo, dos pisos).

- SUELO: Estable en condiciones naturales dado que su ángulo de fricción interna (33°) es superior al de la pendiente natural.

13- Todo lo anterior permitió zonificar los dos sectores de la siguiente manera:

SECTOR I.

A. Areas degradadas por la explotación de canteras, aprovechables para reforestación.

B. Areas urbanizadas consideradas de alto riesgo geológico por deslizamientos o movimientos en masa.

SECTOR II.

A. Area sin riesgo geológico aparente, correspondien



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

143

te a zona de bosques.

B₁. Areas urbanizadas con riesgos por caída de bloques, rehabilitables con medidas correctivas.

B₂. Areas urbanizadas con necesidad de reubicación.

B₃. Areas urbanizables sin riesgo aparente, sujetas a medidas correctivas.

C . Areas degradadas por explotación de canteras y posteriores procesos erosivos.



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

144



11.0. RECOMENDACIONES.

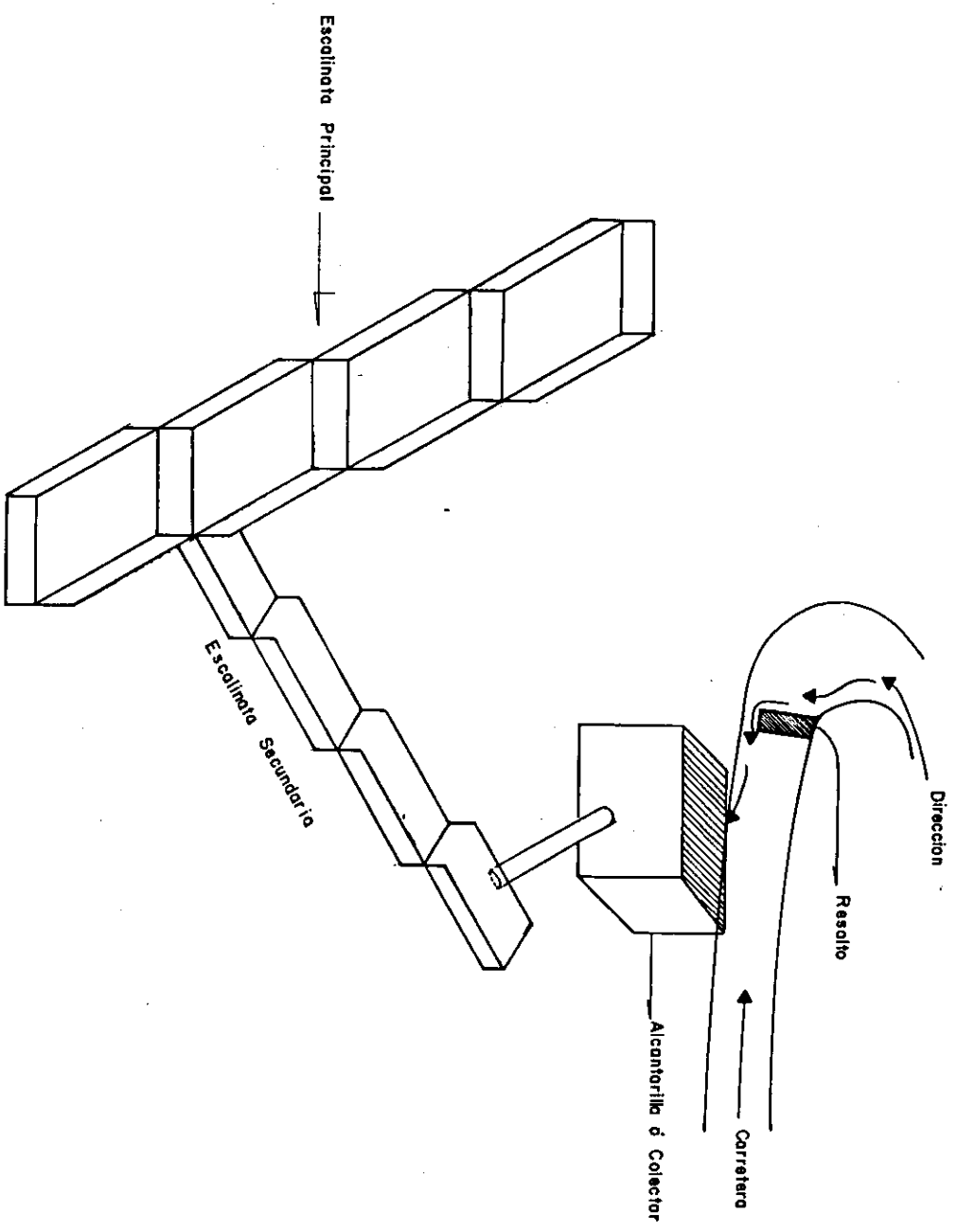
11.1. AGUAS.

1- Llevar a cabo una campaña para la no utilización de los manantiales que se localizan en el Sector II (Barrio Soratama) ya que estos, si bien en algunos casos provienen de los mismos tanques que se encuentran en la parte más alta del Barrio, se contaminan en su trayecto con las aguas de deshecho.

Actualmente estas aguas se utilizan no solo para el lavado de ropas sino incluso para el consumo humano.

Esta campaña podría estar coordinada por la junta de acción comunal.

2- Encauzar las aguas que recorren el Barrio Soratama, para lo cual parece que el mejor sistema es el de escalinatas (Figura 24), adecuando



Esquema de Escalinas, Resaltos y Alcantarillas colectoras.



do los canales de drenaje natural, puesto que si bien en verano el caudal natural es prácticamente inexistente, en invierno colmaría las alcantarillas dado su volumen y cantidad de se dimentos.

- 3- Canalizar las aguas negras hasta la escalinata mas cercana. Obviamente esta conexión se haría siempre y cuando no se pudiera construir el alcantarillado para todo el Barrio.
- 4- En las zonas urbanizadas del Sector II (Barrio Soratamá), es urgente realizar una revisión y reparación de las redes de alcantarillado para la corrección de rupturas y fugas que pueda presentar, así como la limpieza de los cauces y la eliminación de basureros.
- 5- Establecer una recolección ágil y sistemática de las basuras en el Barrio Soratama. Realizar campañas tendientes a educar a los habitan tes con respecto al manejo de los materiales



de deshecho, con participación activa de las organizaciones comunitarias existentes en el Barrio. Implantar sanciones a los infractores.

6- Impedir el descargue de material residual de las canteras en los canales de drenaje, Sector I, ya que esto podría generar fenómenos de remoción en masa, especialmente en épocas de Invierno.

7- Realizar exámenes Físico-Químico-Biológicos de las aguas provenientes de los materiales, dado que su turbidez y coloración podrían indicar un cierto grado de contaminación.

11.2. TALUDES.

1- Dado que algunos sitios, tales como el aldeaño a la perforación (P₁), se encuentran algunos bloques propensos a caer, se sugiere que se desprendan de una vez puesto que su tamaño es bastante voluminoso y en su caída no controla-



- da pueden arrasar con algunas de las viviendas cercanas.
- 2- Prohibir la extracción del material de la pata del talud que se localiza a la altura de la cota 2.720 m.s.n.m. y de las coordenadas X: 116.300 Y: 106.700, (Ver Plancha Geológica).
 - 3- Impedir la extracción de Arenisca Friable de la parte media y baja del talud, que se encuentra sobre la cota 2.760 m.s.n.m., extremo NE del sector II (Barrio Soratama), en una antigua cantera por peligro inminente de caída de bloques, ya que en la parte superior se detecta una grieta de tracción de más de 5 m. de longitud y una abertura de más de 10 cms. (Fotografías Nos. 32 y 33).
 - 4- En el sector II (Barrio Soratama) han quedado zonas con pendientes hasta de 20º , correspondientes a planos de estratificación las cuales deben protegerse mediante un revestimiento con Gunita (0.5 a 1 cm de espesor) a fin de



frenar el desarrollo de surcos de erosión propiciados por las aguas superficiales.

- 5- Reglamentar en forma eficaz las actividades de explotación de las Canteras en el Sector I (Olano, El Cedro y Cerro Ibiza), de tal manera que utilicen los métodos más adecuados, explotación comenzando por la parte alta y siguiendo el sistema de bermas, así como la recuperación simultánea del paisaje.

11.3. CARRETERAS.

- 1 Limitar el tránsito de vehículos pesados por la única vía de acceso al Barrio Soratama (Sector II), buscando que la evacuación de los materiales explotados por las canteras aledañas, se realice por un carreteable que existe en predios de la Cantera Servitá y cuyo empalme no tendría más de 100 m. de longitud. Evitando de esta manera la contaminación del aire con materiales particulados, la avería de viviendas, por vibración probablemente y el continuo deterioro de las redes de acueducto y al-



cantarillado.

2- Las vías con que cuenta el Barrio Soratama son de montaña, propensas al deterioro por las aguas de escorrentía, se recomienda construir obras de conducción, así:

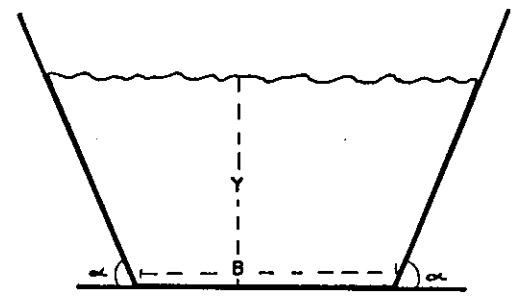
a- Cunetas adecuadas al lado y lado de la vía siguiendo los canales que ya se han formado (Fotografías Nos. 34 y 35). Ver el diseño propuesto en las Figuras Nos. 25 y 26.

b- Alcantarillas cada 100 ó 150 m. que sirvan de colectoras para dirigir estas aguas hacia las instalaciones de drenaje más próximas mediante canalización (canalización abierta o tubería de diámetro apropiado).

c- Resaltos en diagonal que sirvan como conductores y desaceleradores de las aguas que circulan por la mitad de la vía. Estos resaltos estarían localizados algunos metros

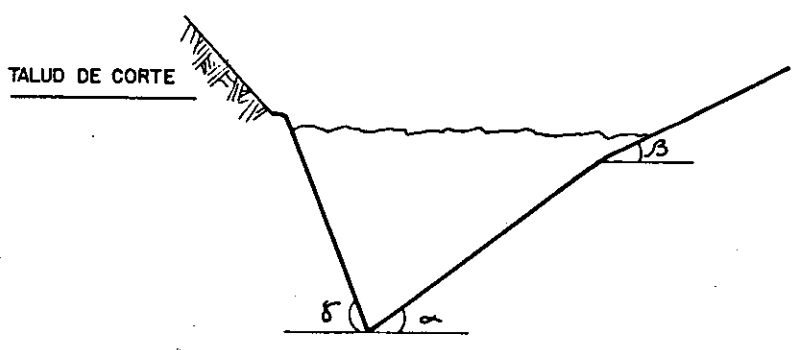
FIGURA No. 25
FIGURA No. 26

Esquema de cunetas



Y = Profundidad
B = Ancho de la base
 $\alpha = 70^\circ$

Sección trapezoidal o simplificada



$\alpha = 35^\circ$
 $\beta = 30^\circ$
 $\delta = 70^\circ$

Sección triangular inundada

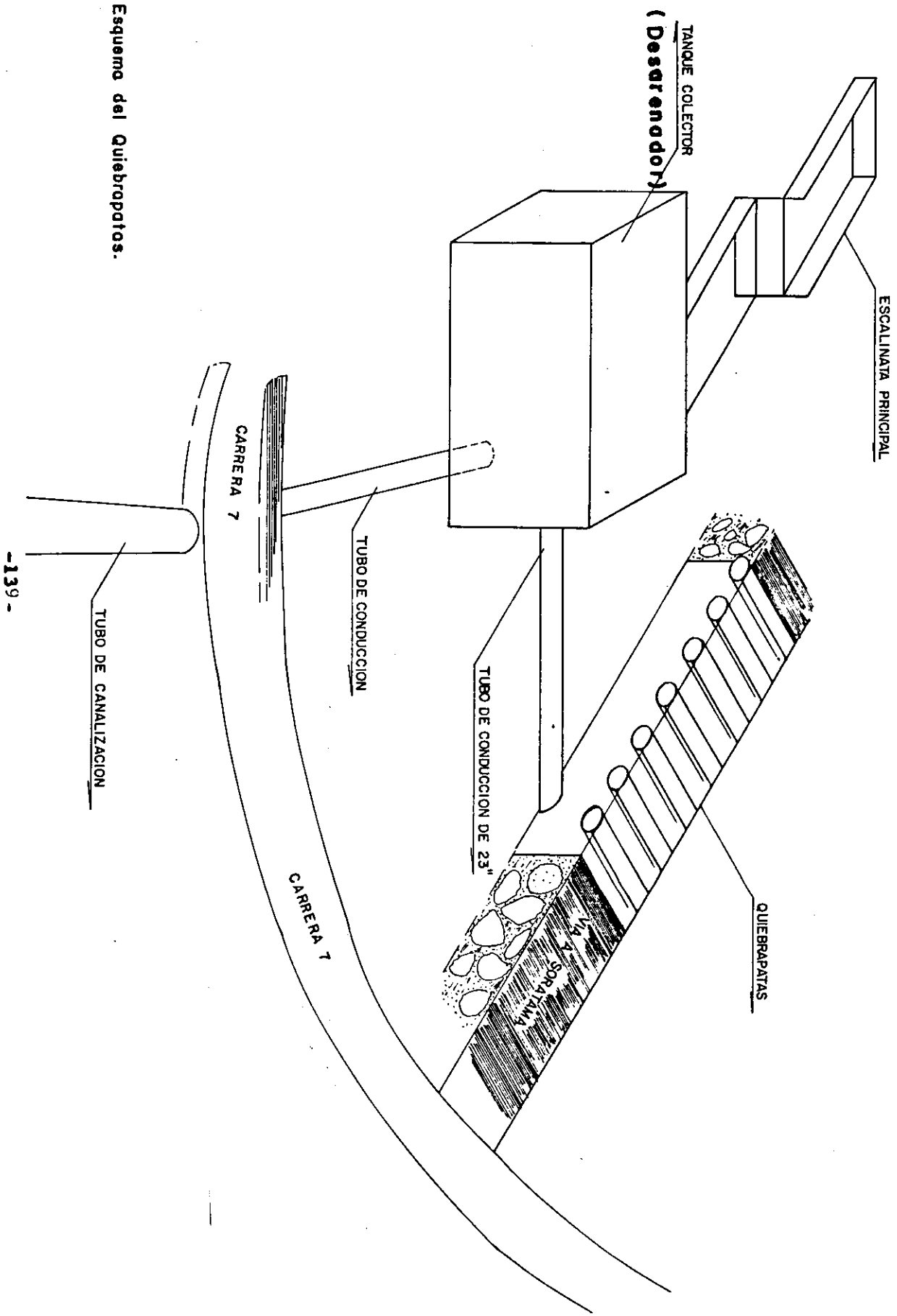


arriba de las alcantarillas propuestas.

- d- Quiebrapatatas en la parte inferior del Barrio a fin de coleccionar todas las aguas remanentes que quisieran invadir la Carrera 7^a (Figura No. 27). Estas aguas asi encauzadas irán a desembocar a la escalinata principal antes de entrar a la canalización que atraviesa la Carrera 7^a.

11.4. ARBORIZACION.

- 1- Rehabilitar las áreas degradadas por la explotación de canteras: escombreras, botaderos y reforestar con especies nativas, tales como pino, eucalipto, laurel de cera, paja amarga, helecho marranero, alisos, etc.
- 2- A fin de llevar a cabo la anterior recomendación se sugiere contactar el programa de " Hojas Verdes ", al igual que al INDERENA, los cuales muy seguramente suministrarán estas especies.



Esquema del Quebrapatas.



su plantación podrá realizarse con la colaboración de entidades como Scouts de Colombia, Centros Educativos del Sector, Defensa Civil, etc. quienes trabajarán bajo la coordinación de la Junta de Acción Comunal y la dirección del Centro de ayuda a la Comunidad de la Universidad Nacional de Colombia.

- 3- Es de suma importancia impedir la tala del bosque nativo que aún prevalece en la Zona Sur-Occidental del Sector II y toda en área del Sector I.

11.5. VIVIENDAS.

- 1- Reubicar las viviendas localizadas en el Area B₂ (Ver plancha 2/2 de zonificación Geotécnica), las cuales presentan un avanzado estado de deterioro y agrietamiento tanto en las paredes internas como externas.
- 2- Reubicar la casa localizada sobre la cota 2.790



m.s.n.m. Coordenadas X: 106.170 Y: 106.850,
debido a que prácticamente se encuentra obstru
yendo un canal de drenaje natural.

11.6. ZONAS DE RECUPERACION.

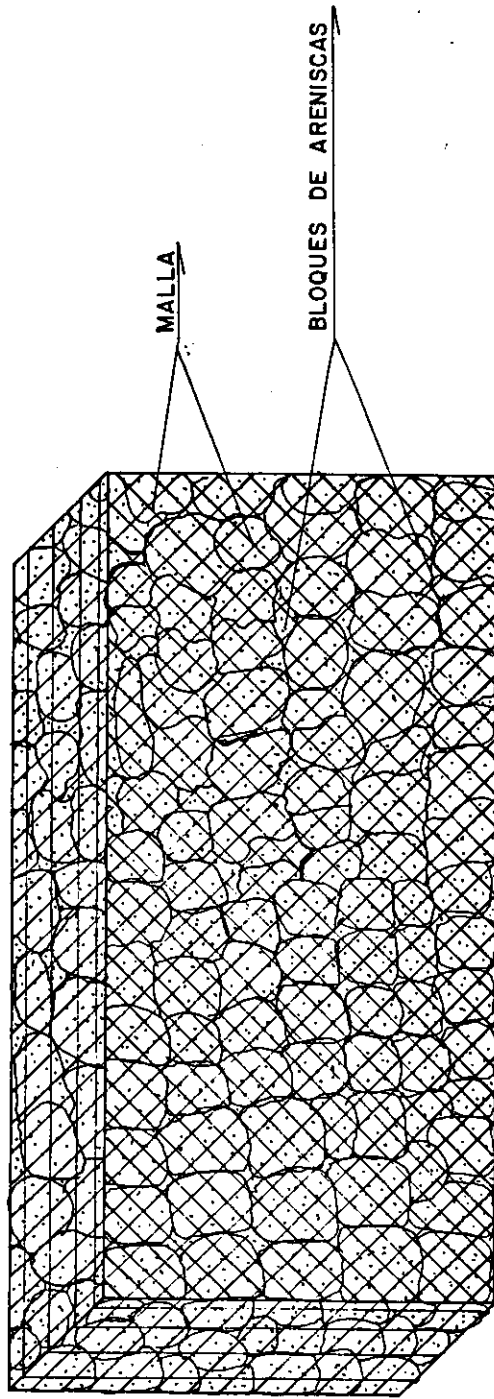
Las zonas de recuperación se muestran en las plan
chas Nos. 1 y 2 de zonificación Geotécnica en don
de se recomiendan sus posibles usos:

1. Viviendas.
2. Zona de recreación.
3. Protección de bosque natural.
4. Reforestación.

Para la correcta adecuación la mayoría de estas
zonas solo requieren de la trituración y evacua
ción de los grandes bloques remanentes de la ex
plotación.

11.7. OBRAS DE PROTECCION.

- 1- Construir gaviones protectores de taludes (Fi



Modelo de gavión que puede construirse con bloques extraídos de las canteras cercanas .



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

152

gura No. 28), como en el caso del Sector aldeano a un Kinder que funciona sobre la vía de acceso al Barrio Soratama, (Coordenadas X: 116.300 Y: 106.700) para evitar el deterioro de la vía y la destrucción de viviendas; igualmente para el lugar donde se hizo la perforación (P₃) ya que allí la Carretera se hizo pasar sobre un relleno. Los arboles que se encuentran en la parte baja enseñan reptación (Fotografías Nos. 36 y 37). Estos gaviones deben reforzarse con postes.

- 2- Construir gaviones o en su defecto colocar bloques en el área de la perforación (P₂) para que sirvan de barrera a los potenciales desprendimientos que puedan originarse, ya que esta es una zona habilitable para urbanizar.



12.0 RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA EL SECTOR I.

En el extremo nor-oriental del Sector I (Plancha Geologica 1/2), hacia los meses Abril, Mayo un deslizamiento de tipo combinado rotacional-planar, coadyuvado por el avance de la Cantera Olano y el período invernal de ésta época; mientras la extracción del material en la pata restaba capacidad de contención en la parte pasiva del deslizamiento, la parte activa de este veía su componente incrementar debido a los fuertes aguaceros y de otro lado la resistencia al corte disminuía por el aumento de la presión de poros generados por el agua en la superficie del deslizamiento que parece ser la parte superior de un estrato de arenisca friable.

La expresión que rige este comportamiento es:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

El volumen total calculado es de aproximadamente: 22.000 M³. y ocupa una lengüeta que se va angostando hacia la pata.

Las características que hoy presenta esta masa son



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

159

las de un cuerpo agrietado en toda su longitud, con grietas tanto longitudinales como transversales y que manifiesta una notoria susceptibilidad al movimiento, el cual es responsable de la pérdida de las características mecánicas de la masa por el remoldeo

Dadas las características anteriores de esta masa en movimiento y a que su deterioro puede generar un proceso retrogresivo que a la postre iría a extenderse más allá de la actual cresta, se recomienda:

- 1- Evacuar las viviendas que se encuentran en la zona del deslizamiento, (Ver fotografía No. 23A).
- 2- Suspender la extracción del material en la pata de dicho deslizamiento.
- 3- Descargar el material en remoción empezando por la parte superior.
- 4- Banquear el terreno que se encuentra encima de la actual cresta, a fin de estabilizarlo (Ver diagrama No. 4); esto podría hacerse con pequeños



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

150

bancos de relación $H/V = 2/1$ dejando entre banco y banco una terraza lo más ancha posible (1.0 - 1.50 metros).

5- En la pata de los pequeños bancos deberán hacerse unas cunetas superficiales que recojan las aguas y las viertan hacia los extremos laterales que actualmente constituyen canales naturales.

6- Se sugieren igualmente algunos drenes sub-horizontales hacia el frente de los cuales permitirían descargar la masa superior fruto de eventuales aguaceros. Estos drenes deberán ser dos (2) por banca y de una profundidad de por lo menos dos (2) metros.

7- Adicionalmente se recomienda una empradización acompañada de las especies nativas tales como paja amarga y helecho marranero.

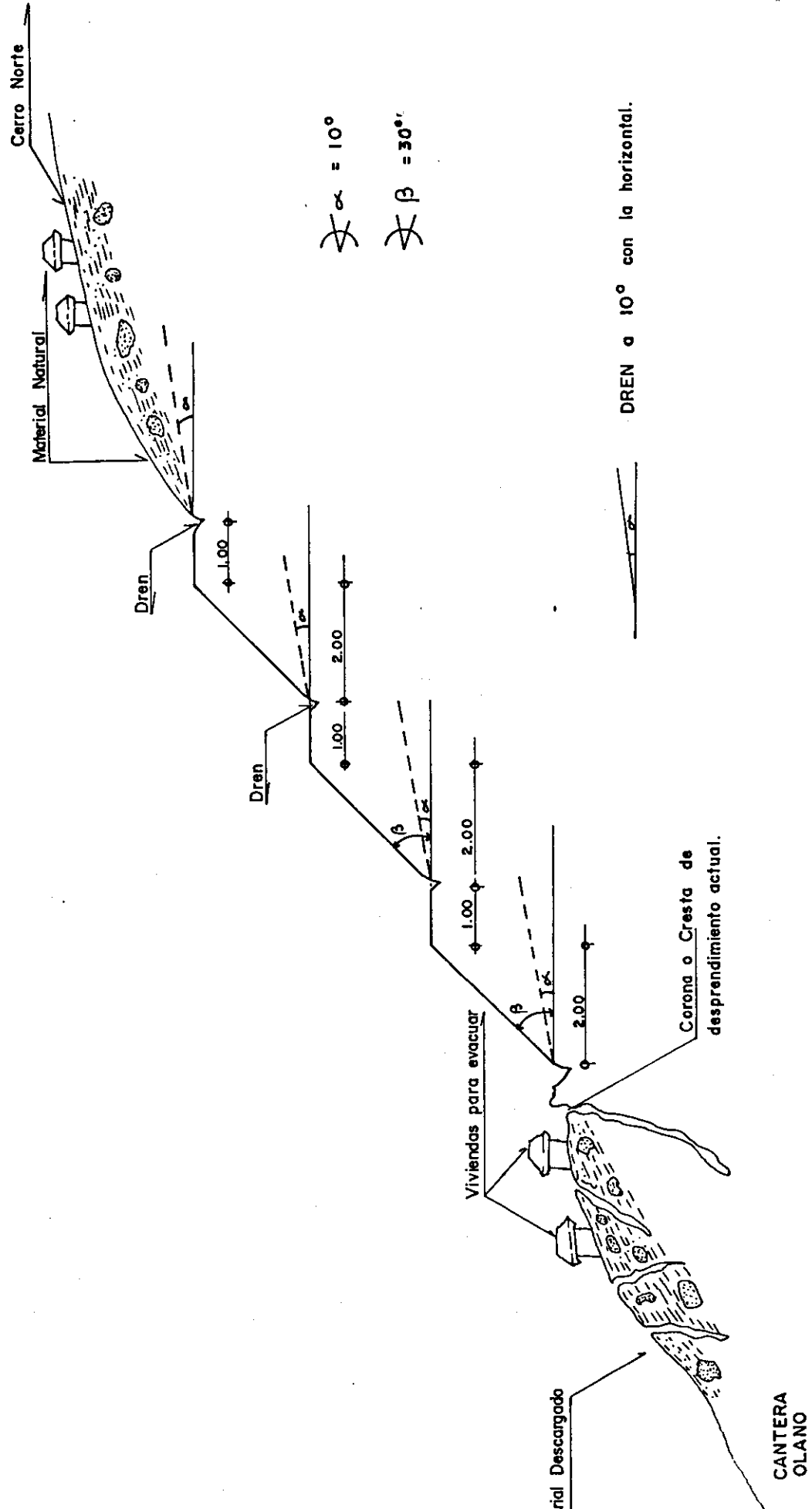


DIAGRAMA No. 4

Manera como debe realizarse el banqueo para evitar un proceso retrogresivo que pueda afectar la población asentada por encima de la corona de desprendimiento actual.



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

162

BIBLIOGRAFIA

CAR. Datos tomados de la estación pluviométrica Usaquén.

Registro de lluvias 1.975 - 1.989.

CAR. Datos tomados de la estación pluviométrica Torca

Usaquén. Registro de lluvias 1.960 - 1.989.

GARCIA N., Jesús y CARO., Pablo. Evaluación de la zona

de amenaza por deslizamiento y caída de bloques Rece-
bera El Cedro. INGEOMINAS. Bogotá, 1.987.

GUTIERREZ T., Luis Marcelo. Modificaciones al Estudio
de Recuperación Morfológica y Ecológica de los pre-
dios Villa Servitá. Mayo 1.988.

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA. Estudio Geológico y proyec-
to de Recuperación Morfológica de las canteras El Zu-
que, Suba y Soratama. Secretaría de Obras Públicas
del Distrito. 1.988.

LOBO GUERRERO U., Alberto. Estudio Geológico y proyec-



INGEVEL Y CIA. LTDA.
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS
VIAS - CONSTRUCCIONES

163

to de recuperación de la rezebada El Cedro. Bogotá,
1.983.

PONCE M., Alvaro. Información actualizada de las obras
de Explotación y Recuperación Morfológica de la can-
tera Olano. 1.987.

RODRIGUEZ., José A. Mapa de Riesgos por caída de blo-
ques o deslizamientos, zona de canteras, Norte de Bo-
gotá. INGEOMINAS, 1.987.