

INDICE

	Página
1.0 INTRODUCCION.	1
2.0 GENERALIDADES.	1
2.1 Localización.	1
2.2 Descripción del Problema.	1
2.3 Topografía.	2
3.0 INVESTIGACION GEOTECNICA.	2
3.1 Geología.	2
3.1.1 Geología de Superficie.	3
3.1.2 Geología Estructural.	3
3.2 Geomorfología.	3
3.3 Exploración del Subsuelo.	4
3.3.1 Levantamiento Estructural del macizo.	4
3.3.2 Trincheras.	4
3.3.3 Ensayos de Laboratorio.	4
4.0 CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO.	5
4.1 Macizo rocoso	5
4.1.1 Clasificación	5
4.1.2 Caracterización Macizo rocoso	5
4.2 Suelos	5
5.0 ANALISIS HIDROLOGICO E HIDRAULICO.	6
5.1 Precipitación.	6
5.2 Caudal máximo.	6
5.3 Análisis hidráulico	7
5.3.1 Diseño de la Cuneta Interceptora	7
5.3.2 Diseño de los disipadores	7
6.0 ANALISIS DE ESTABILIDAD	7
6.1 Generalidades.	7
6.2 Modos de Falla por discontinuidades.	8
6.2.1 Análisis Cinemático - Falla planar y en cuña	8
6.2.2 Análisis Cinemático de Falla por volteo	8

TABLA 4

**ANALISIS CINEMATICO DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS
BARRIO LA FISCALA**

TALUD No F1RESUM ORIENTACION N72E

Plano No	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Posibilidad Cinemática			Posibilidad falta planar
			$b > \emptyset$	$ at-ab \leq 20$	$b < t$	
D1	185	86	si	no	no	no
D2	90	86	si	no	no	no
D3	5	86	si	no	no	no
E	290	20	no	no	si	no

Cuña No falla en cuña						
I1	274	19	no	no	si	no
I2	276	19	no	no	si	no
I3	0	7	no	no	si	no
I4	275	0	no	no	si	no
I5	138	84	si	no	no	no
I6	48	85	si	no	no	no

D: Diaclasa Buzamiento t 80
E: Estratos Azimut: at 162
Friccion 20

TALUD No F1RESUM ORIENTACION N34E

Plano No	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Posibilidad Cinemática			Posibilidad falta planar
			$b > \emptyset$	$ at-ab \leq 20$	$b < t$	
D1	185	86	si	no	no	no
D2	90	86	si	no	no	no
D3	5	86	si	no	no	no
E	290	20	no	no	si	no

Cuña No falla en cuña						
I1	274	19	no	no	si	no
I2	276	19	no	no	si	no
I3	0	7	no	no	si	no
I4	275	0	no	no	si	no
I5	138	84	si	si	no	no
I6	48	85	si	no	no	no

D: Diaclasa Buzamiento t 80
E: Estratos Azimut: at 124
Friccion 20

FISCAC11.XLS

TABLA 5

**ANALISIS CINEMATICO DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS
BARRIO LA FISCALA**

TALUD No F2RESUM ORIENTACION N30E

Plano No	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Posibilidad Cinemática			Posibilidad falta planar
			$b > 0$	$ at-ab \leq 20$	$b < t$	
D1	185	86	si	no	no	no
D2	90	86	si	no	no	no
D3	5	86	si	no	no	no
E	90	25	si	no	si	no
Cuña No						falta en cuña
11	360	0	no	no	si	no
12	97	25	si	no	si	no
13	93	25	si	no	si	no
14	138	84	si	si	no	no
15	48	85	si	no	no	no
16	275	0	no	no	si	no

D: Diaclasa Buzamiento t 80
E: Estratos Azimut: at 120
Friccion 20

TALUD No F2RESUM ORIENTACION N55W

Plano No	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Posibilidad Cinemática			Posibilidad falta planar
			$b > 0$	$ at-ab \leq 20$	$b < t$	
D1	185	86	si	no	no	no
D2	90	86	si	no	no	no
D3	5	86	si	no	no	no
E	90	25	si	no	si	no
Cuña No						falta en cuña
11	360	0	no	no	si	no
12	97	25	si	no	si	no
13	93	25	si	no	si	no
14	138	84	si	no	no	no
15	48	85	si	no	no	no
16	275	0	no	no	si	no

FISCALIZ.XLS

D: Diaclasa Buzamiento t 80
E: Estratos Azimut: at 215
Friccion 20

TABLA 7

ANALISIS CINEMATICO DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS
FALLA POR VOLTEO
BARRIO LA FISCALA - SECTOR LA ESCUELA

TALUD No F2RESUM ORIENTACION N30E

Plano No	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Posibilidad Cinemática		Posibilidad de falla por Volteo
			$(at+150) < ab < (at+210)$	$t > (90-b+\phi)$	
D1	185	86	no	si	no
D2	90	86	no	si	no
D3	5	86	no	si	no
E	90	25	no	no	no

D: Diaclasa Buzamiento t 80
E: Estratos Azimut: at 120
Friccion 20

TALUD No F2RESUM ORIENTACION N55W

Plano No	Az. de Buz. ab	Buzamiento b	Posibilidad Cinemática		Posibilidad de falla por Volteo
			$(at+150) < ab < (at+210)$	$t > (90-b+\phi)$	
D1	185	86	no	si	no
D2	90	86	no	si	no
D3	5	86	no	si	no
E	90	25	no	no	no

D: Diaclasa Buzamiento t 80
E: Estratos Azimut: at 215
Friccion 20

F3ACIN.XLS

ANEXOS



MEDIDAS DE CANTIDAD DE OBRA	
OBRA :	LA FISCALA
PLANO :	No.3
EJECUTANTE :	INGENIERIA GEOAMBIENTAL
FECHA :	ABRIL 1996

HOJA No. DE

1	2	3	4	1	2	3	4
			1) EXCAVACION.				
			• Gavion				
1	3						
	155	465	m ³				
			• Zanjas de Coronación				
1	0.4						
	700	280	m ³				
			• Estructuras de Caida.				
1	0.5						
	6.5						
	19	4.75	m ³				
		749.75	m ³				
			2) EXCAVACION EN ROCA				
			• Perfilado total.				
1	26						
	340	8840	m ³				
			3) GAVION				
1	6						
	155	950	m ³				
			4) CONCRETO				
			• Zanja Coronación				
1	1.7						
	0.1						
	700	119	m ³				
			• Estructuras de Caida				
1	1.5						
	0.4						
	0.5						
	27.5	8.25	m ³				
1	0.3						
	20	6	m ³				
		133.25	m ³				
			5) RECEO COMPACTADO				
1	1.7						
	0.1						
	700	119	m ³				

PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II
SITIO LA FISCALA
 Presupuesto Aproximado según Medidas Correctivas

ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario	valor total (Millones de \$)
1	Gaviones	m ³	930.00	72,015.00	66.97
2	Excavación en roca	m ³	8,840.00	14,071.00	124.39
3	Concreto 2500 psi	m ³	133.30	104,748.00	13.96
4	Recebo Compactado	m ³	119.00	14,798.00	1.76
5	Excavación en material común	m ³	749.80	12,589.00	9.44
SUBTOTAL					216.52
A.I.U.(25%)					54.13
TOTAL					270.66

pre-fs.xls

NOTA: Estos precios no incluyen I.V.A.

000008

ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO LA FISCALA ALTA - SECTOR CASA VECINAL - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

6.3 Evaluación de Estabilidad.	8
6.3.1 Macizo rocoso	8
6.3.2 Materiales inconsolidados	9
 7.0 MEDIDAS CORRECTIVAS.	 9
7.1 Cortes mineros	9
7.2 Obras Complementarias.	9
7.3 Obras Paisajísticas.	10

FIGURAS
 TABLAS
 PLANOS
 ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localización General.
- Figura 2. Localización de Estaciones.
- Figura 3. Levantamiento de Macizos Rocosos
- Figura 4. Análisis de frecuencia
- Figura 5. Columna estratigráfica AA'
- Figura 6. Columna estratigráfica CC'
- Figura 7. Sección trapezoidal cuneta
- Figura 8. Disipadores de energía
- Figura 9. Muro de protección en gaviones

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Ensayos de carga puntual y peso unitario
- Tabla 2. Estimación de los parámetros de Hoek - Brown y envolvente equivalente de Mohr.
- Tabla 3. Estimación de los parámetros de Hoek - Brown y envolvente equivalente de Mohr.
- Tabla 4. Análisis cinemático de Taludes en macizos rocosos, Falla Planar y en Cuña
- Tabla 5. Análisis cinemático de Taludes en macizos rocosos, Falla Planar y en Cuña
- Tabla 6. Análisis cinemático de Taludes en macizos rocosos, Falla por Volteo
- Tabla 7. Análisis cinemático de Taludes en macizos rocosos, Falla por Volteo

000010

ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO LA FISCALA ALTA - SECTOR CASA VECINAL - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

LISTA DE PLANOS

- Plano 1. Topografía.
- Plano 2. Geología.
- Plano 3. Medidas Correctivas.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Cantidades de obra
- Anexo 2. Presupuesto aproximado según medidas correctivas

ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO LA FISCALA - SECTOR LA ESCUELA

1.0 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Evaluación de Susceptibilidad y Amenaza Preliminar - Fase I (INGEOMINAS, 1995), el área de estudio se enmarca dentro de una zona definida en términos de categorías de estabilidad V, con laderas que presentan deslizamientos frecuentes y alto grado de erosión, asociados a períodos lluviosos.

El deterioro actual del paisaje es producto de la explotación antitécnica de materiales, la cual dejó taludes verticales en arenisca conformados geoméricamente de forma errática y; taludes de pendientes suaves en arcillolitas con procesos de erosión intensa, expuestos directamente al intemperismo, que caracterizan el área como una zona con nivel de alta susceptibilidad a que se presenten fenómenos de remoción en masa. La existencia de la Casa Vecinal en la base del talud genera una exposición casi directa de la edificación al fenómeno, alta vulnerabilidad, colocando en riesgo a la comunidad que desarrolla sus actividades cotidianas en dicho lugar.

El estudio geotécnico del sector presenta un análisis de estabilidad teniendo en cuenta los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, y antrópicos que afectan directamente la estabilidad del área, y presenta soluciones que permiten mitigar o minimizar el grado de amenaza de la zona.

2.0 GENERALIDADES

2.1 Localización

El área de estudio se localiza en la parte media de la vertiente derecha del Río Tunjuelito, sobre el costado sur oriental, en el sector denominado La Fiscala Alta, costado derecho de la vía de acceso a la Fábrica Ladrillera Oriental (Figura 1). El sector se identifica con la nomenclatura Carrera 2a No 2C - 14 este de la localidad de Usme, donde actualmente funciona la Casa Vecinal y el Jardín Infantil comunitario.

2.2 Descripción del Problema

La zona de estudio corresponde a un antiguo frente de explotación de materiales para construcción, al cual no se le realizó ningún tipo de recuperación morfológica, dando como resultado taludes cuasi-verticales, de altura variable entre 20 y 25 m, entallados en rocas sedimentarias, areniscas de la Formación Regadera, delineados en forma errática y sobre los cuales se evidencian fenómenos de remoción en masa como caída de bloques y fallas locales de tipo traslacional gobernados por las discontinuidades verticales y la pérdida de soporte en la base. Suprayaciendo los bancos de areniscas se encuentran arcillolitas, ubicadas en la cresta del talud que configuran una topografía suave, donde se evidencia procesos de erosión intensos cuyo desarrollo ha generado en forma continua pequeños flujos de lodos que escurren por la cara del talud y se depositan en el patio del área de explotación.

En general el área se caracteriza por estar desprovista de cobertura vegetal lo que ha permitido la acción directa de los agentes de meteorización, y acelerado los procesos denudativos que actúan en el área.

2.3 Topografía

Teniendo en cuenta los continuos cambios morfométricos a que está expuesta el área de estudio, para efectos del análisis y diseño de obras correctivas se realizó un levantamiento topográfico semidetallado, escala 1:1000 (Plano 1), destacando los aspectos del relieve local que involucraban las franjas críticas de estabilidad.

3.0 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

La investigación geotécnica se realizó con base en un trabajo de campo que permitió caracterizar cualitativamente el área, el macizo rocoso; cartografiar depósitos recientes y procesos denudativos presentes en el área y; de una exploración en profundidad de tal forma que permitiera definir la forma y/o geometría de los depósitos mediante métodos directos o indirectos.

3.1 Geología

3.1.1 Geología de Superficie

En el área estudiada afloran rocas sedimentarias de edad Terciaria pertenecientes a la **Formación Regadera (Ter)**, constituida por una secuencia de areniscas cuarzosas de color gris claro a blanco y violáceas amarillentas, de grano fino a medio, blandas, friables, superficialmente muy meteorizadas, en general fracturadas a muy fracturadas, y en estratos entre 2.5 m y 5 m de espesor; localmente ferruginosas, de grano grueso a conglomerático. La secuencia estratigráfica muestra intercalaciones menores de arcillolitas gris claras y violáceas, y en la parte superior se presenta un nivel de arcillolitas con un espesor entre 2.50 y 3.0 m aproximadamente.

Suprayaciendo discordantemente a las rocas de la Formación Regadera se encuentran depósitos de suelo residual (**Qsr**), coluviales (**Qc**) y materiales de desechos y/o de explotaciones mineras (**Qre**).

Los suelos residuales (**Qsr**), afloran en la parte más alta del sector y en algunos sitios se encuentran interceptados por fragmentos rocosos con algún transporte; son, principalmente, el resultado de la meteorización de las arcillolitas. Estos depósitos presentan espesores variables que oscilan entre pocos centímetros y 1.50 m, aproximadamente.

Los depósitos de ladera y coluviales (**Qc**), afloran en algunos sectores de la parte media-alta del área y corresponden a antiguos suelos residuales trasladados, con fragmentos y bloques líticos de areniscas, lodolitas y limolitas, en matriz areno-limosa; estos materiales alcanzan espesores hasta de 2.5 m.

Los materiales de desechos y/o de explotaciones mineras antiguas (**Qre**), se presentan en la pata de los taludes de las antiguas zonas de explotación a lo largo de los cauces y en algunos sitios aislados.

En el Plano 2, se encuentran cartografiadas las unidades definidas y descritas en los párrafos anteriores.

3.1.2 Geología Estructural

El área estudiada se ubica dentro del flanco oriental del sinclinal Usme-Tunjuelito; como elementos tectónicos más sobresalientes se tiene un sinclinal y fallas locales.

El eje del pliegue sinclinal tiene una dirección N-S. Los estratos que conforman el flanco oriental presentan un rumbo promedio de N20°E y un buzamiento promedio de 10° NW, cuya dirección es contraria a la pendiente de los taludes; los estratos del flanco occidental presentan un rumbo promedio de N20W y buzamientos promedio de 23°NE,

En cuanto a las estructuras de fallamiento se tienen dos estructuras de tipo inverso, magnitud media y de pequeño desplazamiento, que afectan cada una a un flanco del pliegue sinclinal; La del flanco oriental presenta una dirección N20E, una inclinación de 35° al NW; mientras que la que afecta al flanco oeste tiene una dirección de N50W e inclinación de 45°NE.

3.2 GEOMORFOLOGÍA

El sector se ubica dentro de la unidad geomorfológica estructural-denudacional, que corresponde a colinas y cerros de interfluvios tectónicamente orientados; con laderas de pendientes moderadas a suaves intensamente disectadas, modeladas en rocas areno-arcillosas de la Formación Regadera.

El entorno geomorfológico está principalmente influenciado por la acción antrópica. Las actividades de explotación minera han dejado condiciones heteromorfológicas con variaciones entre laderas rocosas rectilíneas, y escarpes artificiales (taludes verticales) de alturas promedio de 20 m, donde los macizos se encuentran moderadamente fracturados y meteorizados en superficie.

La vegetación nativa ha desaparecido y no ha tenido una adecuada recuperación de la cobertura vegetal, facilitando el desarrollo de erosión en surcos y, cárcavas con profundidades del orden de las décimas de centímetros y con intensidad moderada.

El patrón de drenaje ha sido modificado por el establecimiento de las zonas de explotación en el filo de la Serranía, las cuales provocaron cambios morfológicos y morfométricos en las laderas, desplazaron o eliminaron la divisoria de aguas, por ende las áreas de aporte de las microcuencas circunscritas. Los cauces naturales fueron interceptados y/o desplazados modificando las secciones hidráulicas, forzando a los efluentes a buscar o generar canales de evacuación que repercuten directamente en el modelo erosivo del sector.

Entre los procesos morfodinámicos más sobresalientes en los taludes de corte de las canteras se tienen: erosión en surcos y cárcavas de intensidad moderada; movimientos de remoción en masa como deslizamientos traslacionales, caída de bloques, y flujo de detritos (en el nivel basal arcilloso), de pequeña a moderada magnitud. Estos procesos han producido variaciones laterales

en los escarpes artificiales, caracterizado por presencia de cuñas de falla; y depósitos de acumulación con formas lobuladas-convexas en la base de los cortes.

3.3 Exploración del Subsuelo

La exploración del subsuelo involucró: el levantamiento detallado de los afloramientos rocosos, y exploración directa mediante trincheras. La **Figura 2** muestra la localización de las estaciones para toma de datos en el macizo rocoso y la localización de trincheras.

3.3.1 Levantamiento Estructural del Macizo

Para el levantamiento estructural se tomo información de discontinuidades en dos sectores, en taludes orientados N72E, N34E, N30E y N55W. Se identificaron orientaciones, separación, abertura, tipo relleno y persistencia de los sistemas principales y secundarios. En total se tomaron 200 datos estructurales, que se representaron en una red ciclográfica (**Figuras 3 y 4**), de cuyo análisis resultaron cuatro familias de discontinuidades, contando con la estratificación, orientadas:

Estratificación	NS / 25E N20E / 20NW
Diaclasa principal	N85W / 86 SW
Diaclasa secundaria	NS / 86E N85W / 86NE.

Las diaclasas principales se caracterizan por presentar persistencia de continuidad media a continuas, espaciadas entre 5 y 50 cm (próximas a separadas), cerradas a ligeramente abiertas, de rugosidad planar rugosa y con relleno areno-arcilloso o limpias.

Las diaclasas secundarias presentan una persistencia discontinua a continuidad media, con espaciamiento próximo entre 30 cm y 100 cm. En general, en superficie se encuentran cerradas a ligeramente abiertas por desconfinamiento, con relleno arcillo-arenoso y con rugosidad planar.

Los niveles de arcillolita presentan una estratificación laminar con espesores menores a 20 cm, y conformando bancos de 10 y 15 m. La estratificación en la arenisca es muy gruesa con espesor de estrato entre 1 y 3 m, y localmente laminar con estratos del orden de 5cm.

3.3.2 Trincheras

Se aprovecharon los taludes cuasi-verticales, sobre los cuales se levantaron dos (2) columnas estratigráficas detalladas, identificando tipo, espesores y condición local de las rocas (**Figuras 5 y 6**).

3.3.3 Ensayos de Laboratorio

Para la caracterización del material rocoso se realizaron sobre muestras de bloque ensayos de peso unitario e índice de carga puntual (**Tabla 1**).

4.0 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

4.1 Macizo Rocoso

4.1.1 Clasificación

La clasificación del macizo rocoso se realizó con base en los métodos Hoek (Geological Strength Index, SGI, 1994), y Bieniawski (Rock Mass Rating, 1976).

Los bancos de arenisca se clasificaron con:

Rock Mass Rating (RMR)	=	34- 44
Geological Strength Index (GSI)	=	45- 50

En los taludes de arcillolita los parámetros de clasificación adoptados fueron:

RMR	=	32 - 42
GSI	=	45

Estos índices representan macizos rocosos inalterados, con una estructura constituida por bloques cúbicos bien entrelazados formados por tres grupos de discontinuidades ortogonales; altamente meteorizados en superficie.

4.1.2 Caracterización del Macizo Rocoso

La caracterización del macizo rocoso se realizó con base en los criterios de clasificación de Hoek (1994), expuestos en su artículo "Strength of Rock and Rock Masses", presentado en el Primer Curso Suramericano de Movimientos de Masas (Venezuela, 1995).

El sistema de clasificación emplea la constante del material para roca intacta (m_i), el GSI, y la resistencia a la compresión simple, característico del macizo y material rocoso constitutivos del talud. Se destaca, sin embargo, que durante el análisis se tuvo en cuenta la variaciones locales en la resistencia del material rocoso, establecida con base en los ensayos de carga puntual.

La Evaluación de la resistencia del macizo rocoso contempla la determinación de los parámetros de resistencia (c , ϕ) y de la envolvente en función de los esfuerzos normales; la estimación del módulo de deformación (E) y de los parámetros adimensionales m_b , s y a de Hoek-Brown. En las Tablas 2 y 3, se presentan los parámetros de resistencia definidos para el macizo rocoso.

4.2 Suelos

En el área de estudio se observa únicamente depósitos cuaternarios que engloban suelos recientes de estériles, desechos de construcción y basuras, depositados, en forma aleatoria y sin ningún tratamiento, especialmente en la pata de los taludes existentes. Estos suelos no se caracterizaron geotécnicamente debido a su origen y heterogeneidad; su estudio se enfocó hacia la determinación de la geometría y la ubicación espacial para ser tenidos en cuenta en los diseños.

5.0 ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

El área de estudio está ubicada en la zona media de la cuenca de la quebrada Hoya del Ramo; la divisoria de aguas del filo de "La Serranía" origina dos sistemas de drenaje. El primero drena hacia la franja norte y el segundo hacia el sur; para efectos del análisis hidráulico se tomó como representativo el sistema de drenaje sur. Estos dos sistemas no tienen cauces principales, y la escorrentía superficial contribuye a la formación de frentes erosivos y ablandamiento de la masa superficial del suelo.

5.1 Precipitación

Para el cálculo de la precipitación media multianual y máxima mensual se utilizó el método de las Isoyetas, presentadas en el anexo de este estudio. Y se obtuvo los siguientes resultados: $P_{\text{media multianual}} = 790 \text{ mm}$, $P_{\text{máxima mensual}} = 94 \text{ mm}$. Para el cálculo de la intensidad se utilizó "Normas de Diseño de Alcantarillas", EAAB, 1990.

5.2 Caudal Máximo

Para el cálculo del Caudal Máximo esperado, se utilizó el método racional. Definido por la ecuación:

$$Q = c \cdot i \cdot A$$

Donde Q es el caudal pico producido por un aguacero de intensidad i , uniformemente distribuido sobre el área de la cuenca A . El término c se denomina "coeficiente de escorrentía", su valor numérico se define entre 0 y 1, y depende de las características fisiográficas de la cuenca y de la cobertura del suelo. Para efectos de diseño se tomó $c = 0.50$ que corresponde a una zona suburbana.

Para determinar la intensidad de lluvia, fué necesario calcular el tiempo de concentración, para tal efecto se empleo la formula de Kirpich.

$$t_c = 0.9466 (l/\sqrt{s})^{0.77}$$

Donde:

l = longitud de viaje km
 s = pendiente m/km
 t_c = horas

entonces:

$$t_c = 0.9466 \left(\frac{0.27}{\sqrt{111.11}} \right)^{0.77}$$

con $t_c = 3.38 \text{ min.}$, para efectos de diseño se tomó $t_c = 10 \text{ min.}$ y para un $Tr = 50$ años obtenemos $i = 115 \text{ mm/h}$

Por lo tanto:

$$Q = 0.00278 \times 0.5 \times 115 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \times 0.94 \text{ ha}$$

$$Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.3 Análisis Hidráulico

En esta sección se calculan y se recomiendan las dimensiones mínimas necesarias de las cunetas interceptoras dispuestas en la corona y base de los taludes para los caudales determinados en el numeral anterior (**Plano 3**).

5.3.1 Diseño de la Cuneta Interceptora:

Para el cálculo de la sección trapezoidal se utilizó la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S} * A$$

donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

A = Area (m²).

R = Radio hidráulico (m).

s = Pendiente (m/m).

Q = Caudal (m³/s).

Para el diseño se seleccionó un n = 0.013 correspondiente a un material en hormigon. Resolviendo la ecuación de Manning por el método de Newton, se obtuvo las siguientes dimensiones: b = 0.3 m; z = 1 m; y_n = 0.15 m; la sección típica se muestra en la **Figura 7**.

5.3.2 Diseño de los Disipadores

Como criterio de diseño se adoptaron las gradas que mejor se acomodaron al perfil del talud, así se obtuvieron huellas de 0.4 m y contrahuellas de 1 m. La sección transversal se muestra en la **Figura 8**.

6.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

6.1 Generalidades

Teniendo en cuenta las características geométrica del talud y la condición in-situ del macizo, se evaluaron diferentes modos de falla controlados por las superficies de las discontinuidades como falla planar, en cuña y por volteo. Y se consideró que el macizo no presenta posibilidad de falla planar (Talud Infinito) y circular.

Sobre los depósitos recientes inconsolidados se observaron varios tipos de fenómenos de remoción en masa enumerados en el numeral 3.2, que se presentan principalmente a lo largo del contacto con el material parental. Estos fenómenos no se modelaron en el presente estudio, dado que las obras de adecuación de éstos involucran su remoción.

6.2 Modos de Falla por Discontinuidades

6.2.1 Análisis Cinemático - Falla Planar y en Cuña

Con base en el análisis de Frecuencia de la red polar se determinaron cinco familias de discontinuidades, incluyendo la estratificación. Definidas así:

Estratificación	NS / 25E N20E / 20NW
Diaclasa principal	N85W / 86 SW
Diaclasa secundaria	NS / 86E N85W / 86NE.

Para el análisis cinemático de este tipo de fallas se empleo el criterio presentado por Hoek y Bray (1974), teniendo en cuenta las orientaciones principales de los taludes. Las Tablas 4 y 5 muestran los datos de entrada, y los resultados para diferentes condiciones.

Con las inclinaciones y direcciones actuales de los taludes, N72E/80SE, N34E/80SE, N30E/80SE, N55E/80SW, se determinó que no hay posibilidad de falla planar a lo largo de las discontinuidades, ni posibilidad cinemática de falla sobre los planos de intersección de las estructuras.

6.2.2 Análisis Cinemático de Falla por Volteo

Para las direcciones e inclinaciones del talud se determinó que no hay posibilidad de falla por volteo a lo largo de las superficies estructurales (discontinuidades) establecidas. Las Tablas 6 y 7 registran las orientaciones y buzamientos tanto del talud como de las discontinuidades empleadas en el análisis y los resultados obtenidos con ellas.

6.3 Evaluación de Estabilidad

6.3.1 Macizo Rocoso

De acuerdo con los resultados presentados en los numerales 6.2.1 y 6.2.2, se establece que taludes pseudoverticales ($>80^\circ$) y orientados preferiblemente en las direcciones presentes son estables y su deterioró en la estabilidad está asociado con sectores donde se ha socavado la base

de los mismos, facilitando la acción de las discontinuidades verticales por cuya abertura se infiltra el agua, llevando al colapso local del talud.

6.3.2 Materiales Inconsolidados

La condición natural de inestabilidad de estos materiales, de composición heterogénea, hace que éstos sean tratados técnicamente para mejorar su estabilidad, o en lo posible deban ser retirados parcial o totalmente para evitar la falla de estos depósitos. En nuestro caso estos materiales se encuentran dispuestos en la pata de talud, son de poco espesor y configuran una morfología semiplana.

7.0 MEDIDAS CORRECTIVAS

7.1 Cortes Mineros

Los resultados de la investigación geotécnica y las consideraciones del análisis cinemático permiten concluir en el área, que para las direcciones y pendientes actuales de los cortes es poco probable la falla de los taludes. La degradación en la condición de estabilidad es producto de la acción del agua, bien alterando el material o penetrando por las discontinuidades y separando las unidades líticas. De esta manera, las obras de prevención se dirigirán al tratamiento de los taludes mediante el retiro de los bloques en estado crítico de estabilidad y la conformación de los mismos con pendiente máxima de 85°.

La conformación de los taludes se realizará siguiendo los alineamientos actuales, perfilando los cortes con una pendiente uniforme y buscando obtener los mínimos movimientos de tierra. El **Pano 3**, ilustra las medidas adoptadas para los taludes.

El talud ubicado detrás de las edificaciones, sector noroccidental, se perfilará aterrazando la superficie, a partir de la cota 2640 msnm, con buzamiento 70° y salvando una altura de 20 m. y siguiendo la morfología del terreno **Plano 3**. El corte orientado N30E y que transcurre paralelo a la vía se adecuara hasta la cota 2660 msnm, con buzamiento de 70° desde el nivel actual de la pata.

7.2 Obras Complementarias

La protección de los cortes se realizará gracias al manejo del agua de escorrentía, mediante la construcción de zanjas de coronación (**Figura 7**), a dos aguas, con patrón de drenaje orientado este - oeste y viceversa, que intercepten y evacúen el agua superficial hacia zonas morfológicamente menos escarpadas. (**Plano 3**). Los efluentes captados por las cunetas serán evacuados hasta los colectores de la zona, pasando por estructuras de caída en concreto reforzado de 0.30 m. de ancho, y contrapie de 1.0 m. de alto (**Figura 8**)

Los depósitos acumulados en la pata del talud serán removidos en su totalidad, y para protección de la escuela se conformará un muro en gaviones a dos niveles con longitud aproximada de 100 m. (**Figura 9**) El muro tendrá como función permitir el represamiento del material caído y/o desplazado y de esta manera reducir la vulnerabilidad de la zona.

7.3 Obras Paisajísticas

Estas obras pretenden mejorar el entorno ambiental del sector y ayudar a mantener la estabilidad que se logre con las medidas correctivas y preventivas expuestas. Así se tiene la empedradización de las cimas de los taludes, la siembra de especies nativas en la zona aledaña a los cauces antiguos y en la pata de los taludes.

FIGURAS

FIGURA 1
LOCALIZACION GENERAL

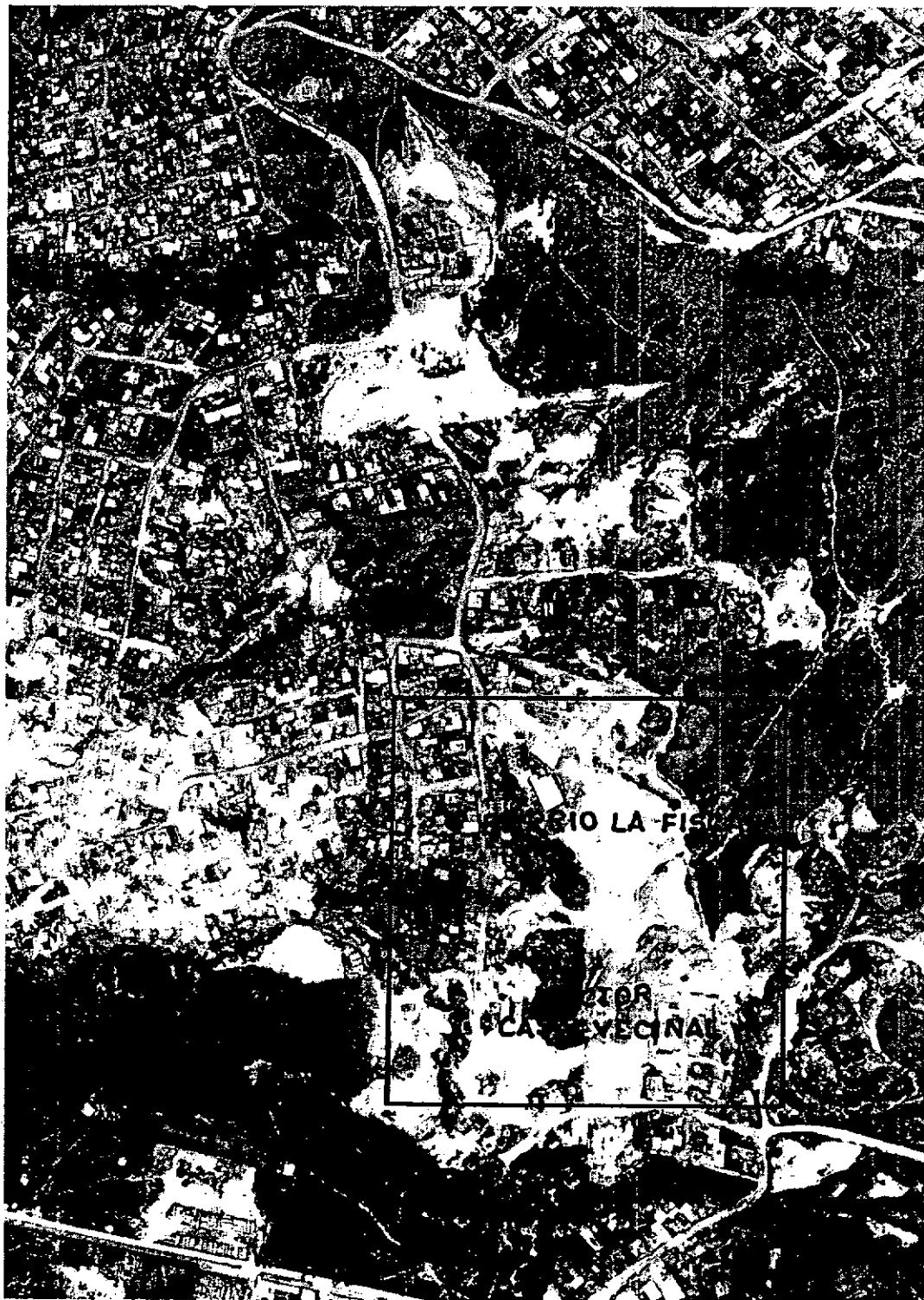
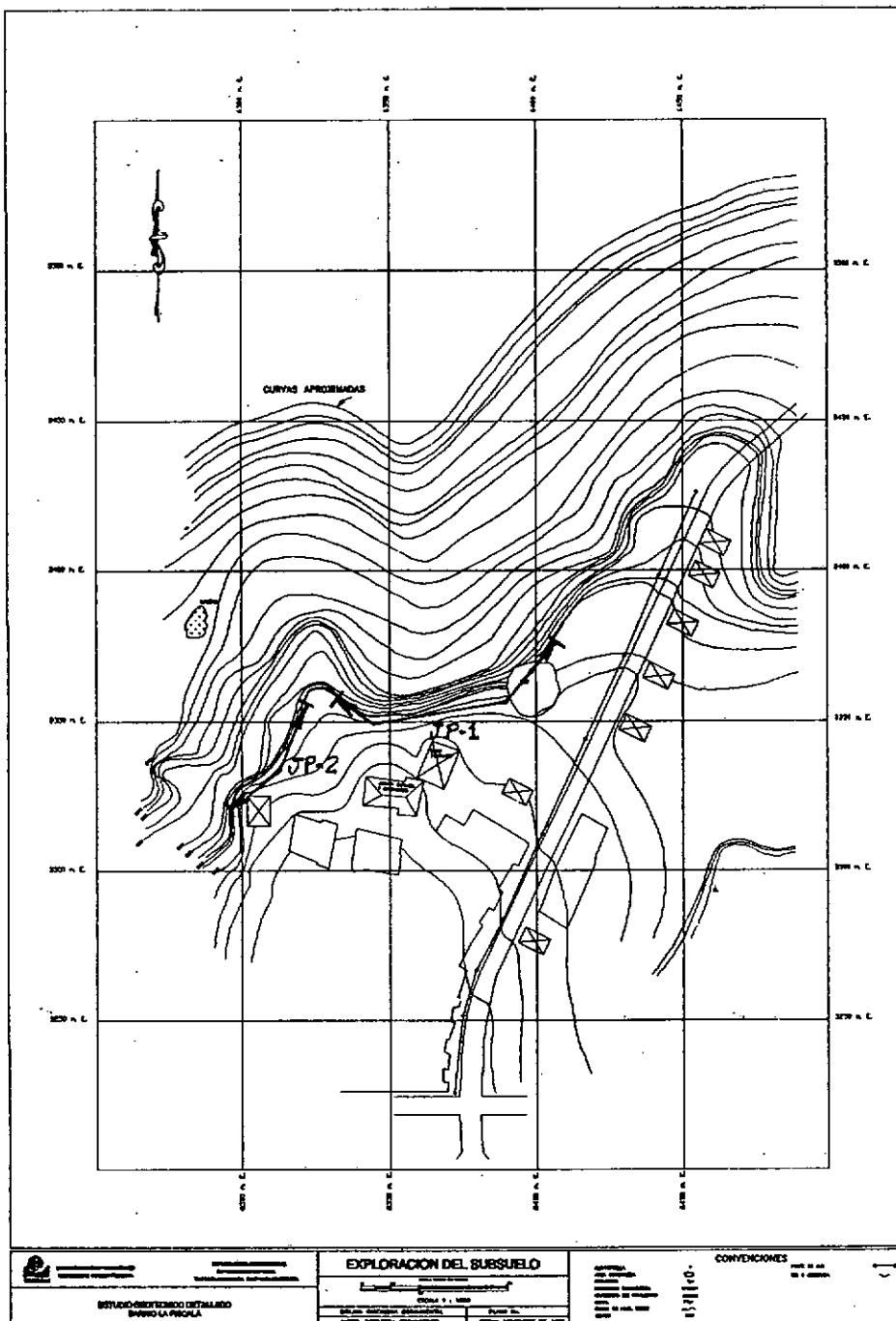


FIGURA 2
LOCALIZACION DE ESTACIONES



Estación Macizo Rocosó

FIGURA 3

LEVANTAMIENTO DE MACIZOS ROCOSOS LA FISCALA

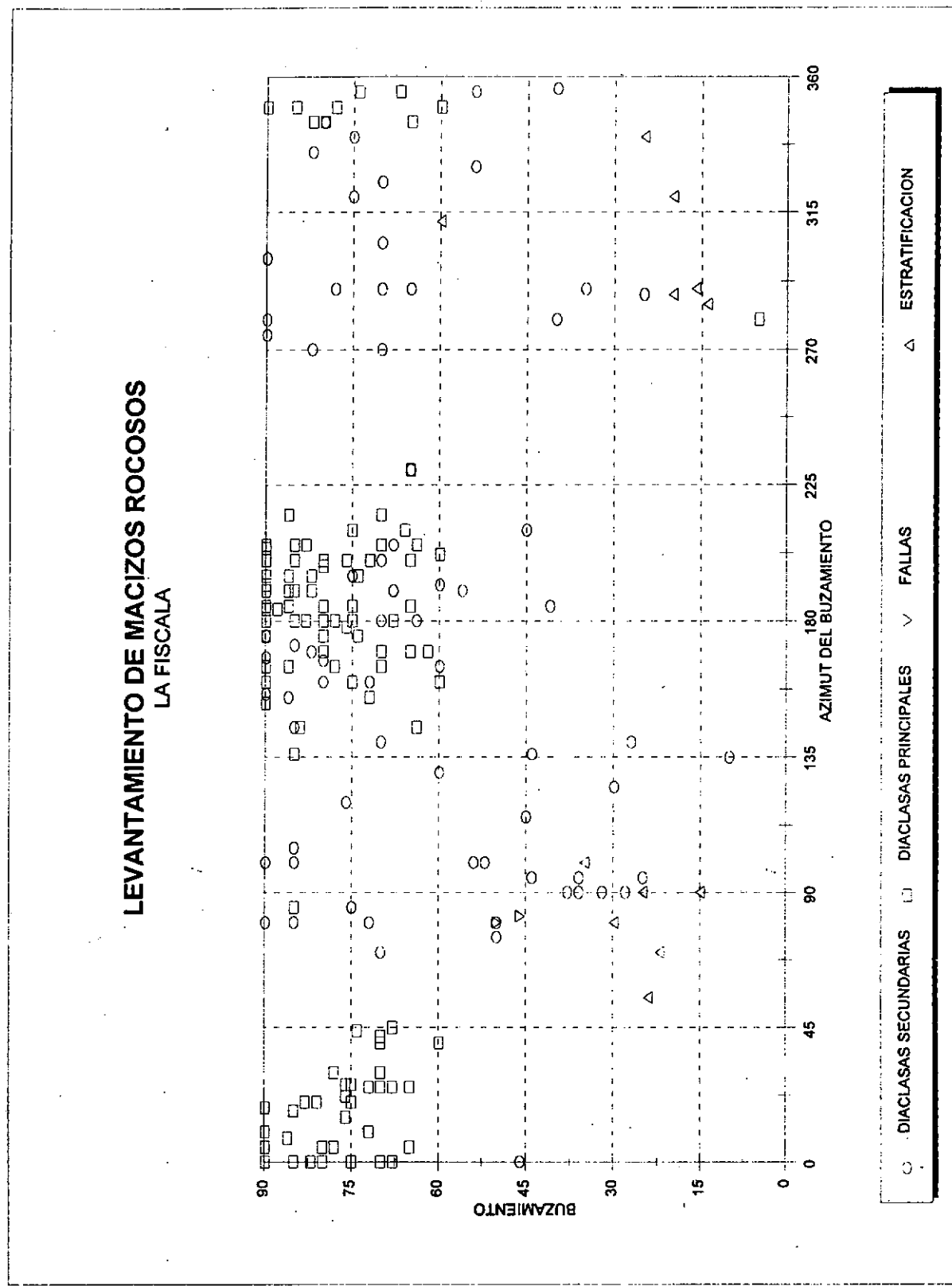
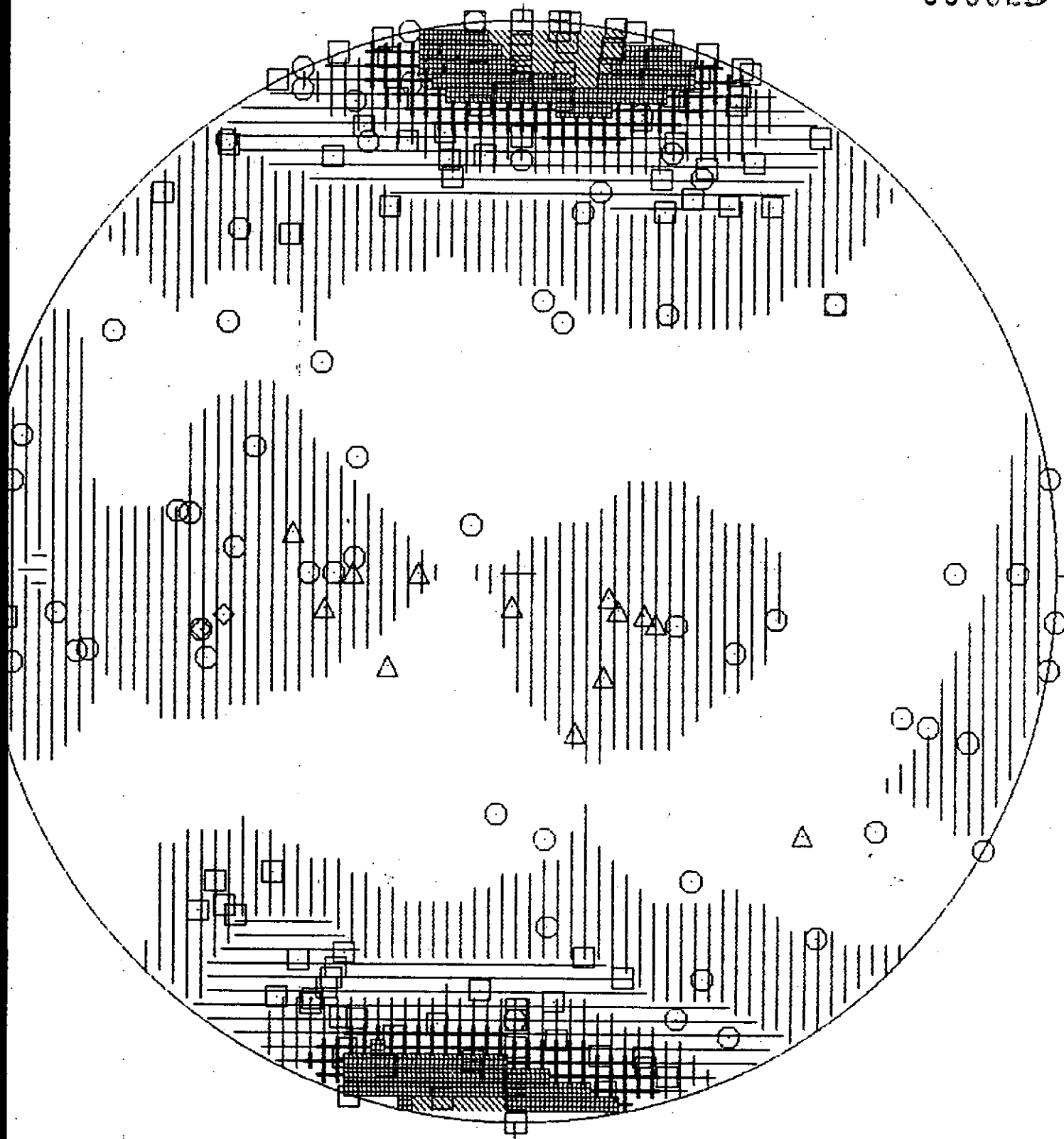


FIGURA 4
LA FISCALA
North

000025



200 Points

LEGEND (for first 9 intervals)

- | | | | |
|---|--------|---|--------|
| □ | 1- 3 | ▨ | 16- 18 |
| ▤ | 4- 6 | ▩ | 19- 21 |
| ▧ | 7- 9 | ▪ | 22- 24 |
| ▩ | 10- 12 | ▫ | 25- 27 |
| ▫ | 13- 15 | | |

Contour Method: Kamb (1959)

Counting Area: 0.043

Expected No.: 8.61 Pts. per Area

Sigma: 2.87

Contour Intervals: 3 Sigma

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals

FIGURA 5

SECTOR LA FISCALA
COLUMNA ESTRATIGRAFICA - A A'

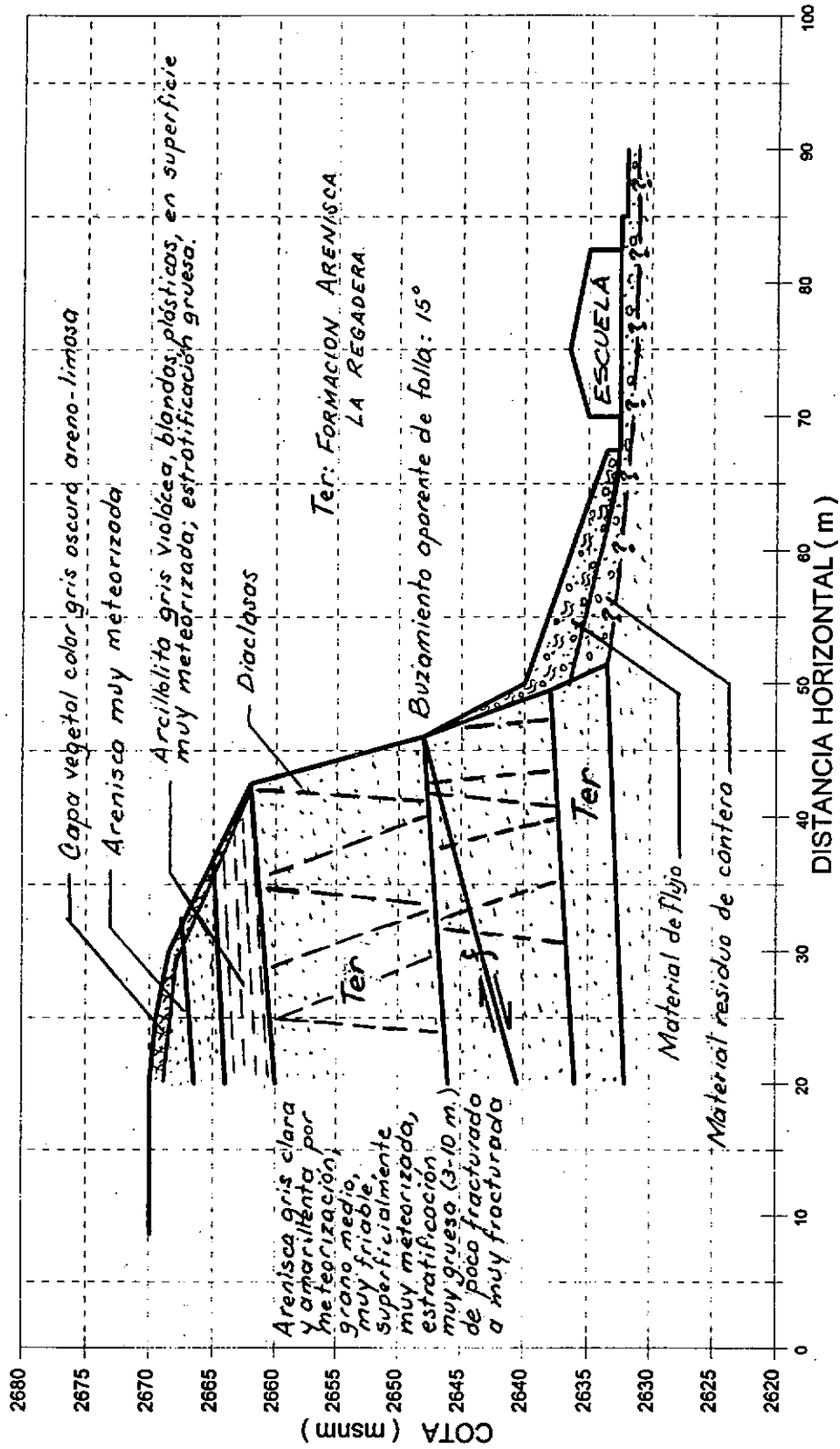


FIGURA 6

SECTOR LA FISCALA
COLUMNA ESTRATIGRAFICA - CC'

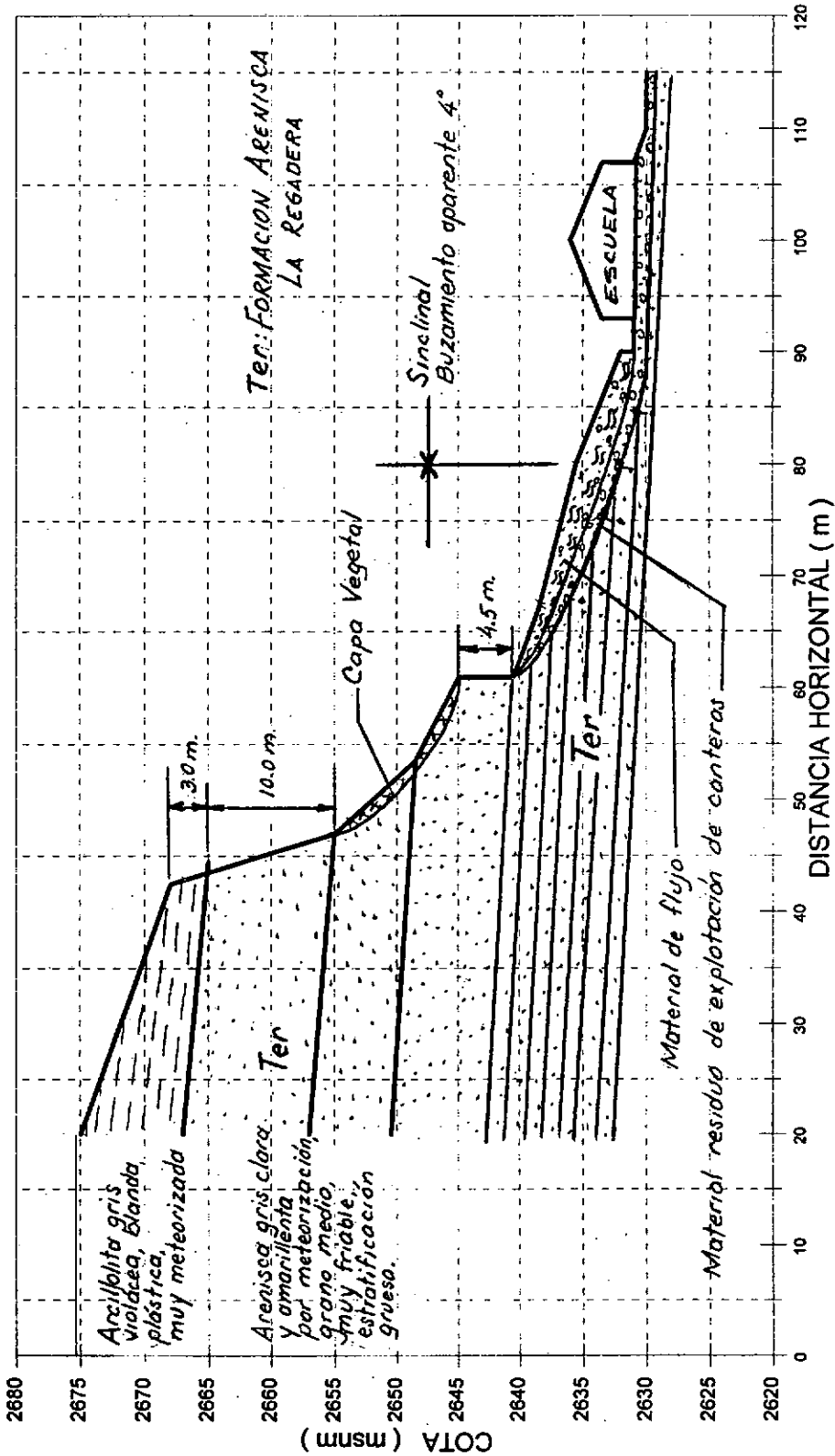
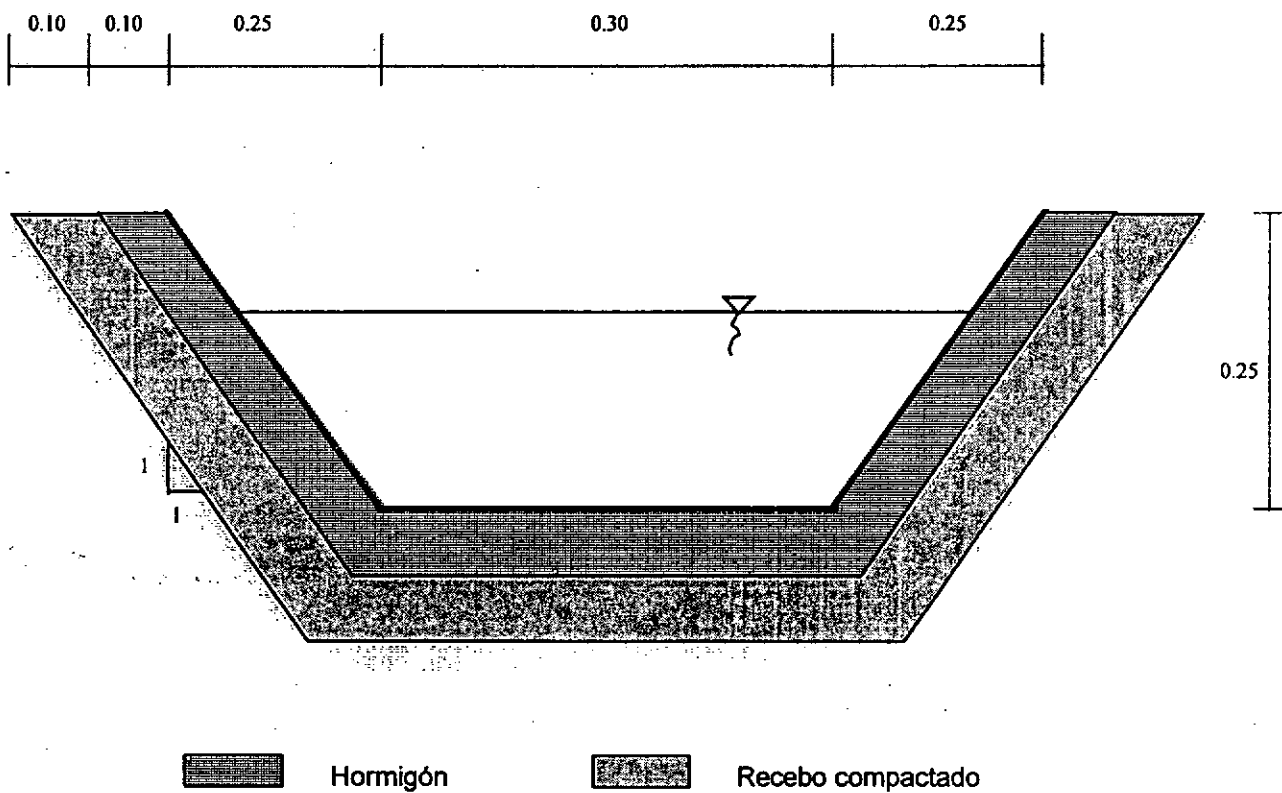


FIGURA No.7

DISEÑO SECCION TRAPEZOIDAL DE LA CUNETTA



Esquema sin escala
Dimensiones en metros

FIGURA 8
DISIPADORES DE ENERGIA

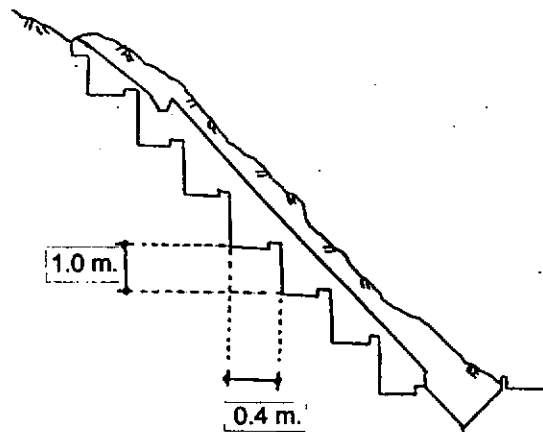
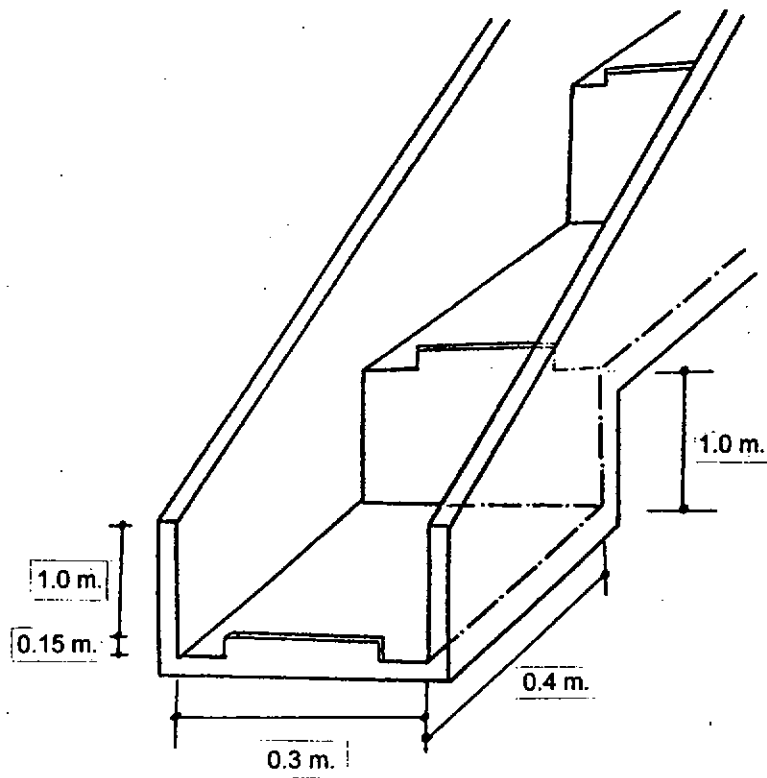
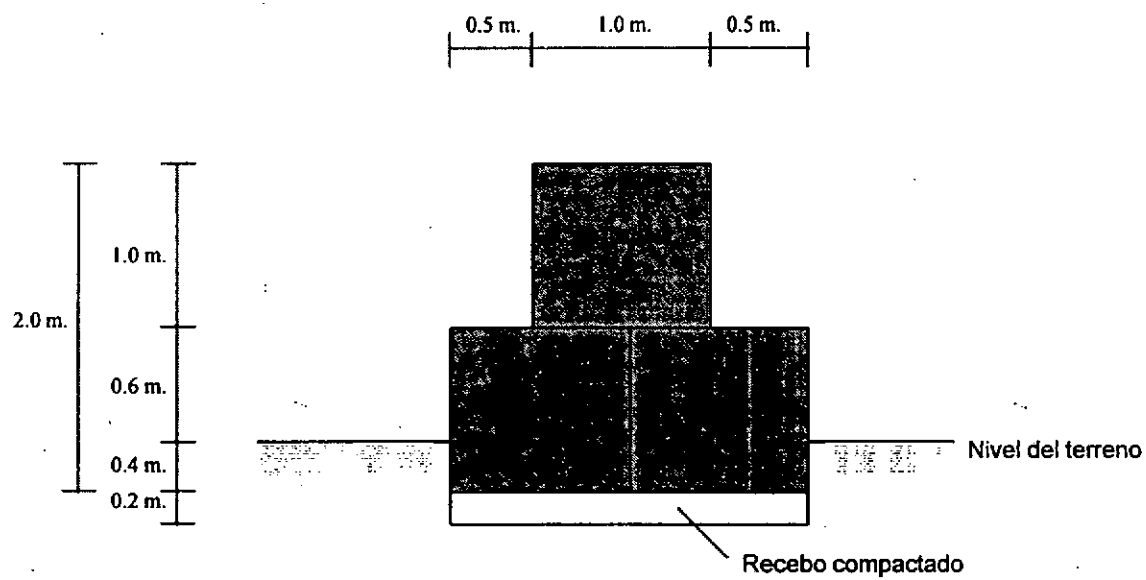


Figura 9
Sección Transversal
Muro de protección en gaviones



000031

TABLAS

TABLA 1
PROYECTO CIUDAD BOLIVAR - FASE II
ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL
SITIO: LA FISCALA

ESTACION 1

MUESTRA No	PESO UNIT	D1(cm)	W1(cm)	W2(cm)	P(kN)	P(kg-f)	De(cm)	Is(kg/cm2)	F	I ₅₀ (kg/cm2)	I ₅₀ (kg/cm2)	σ _c (kg/cm2)	DESCRIPCION
1	1.83	7	10.5	6.8	1.5	153.0612	7.785	2.526	1.220	3.082			ARENISCAS DE GRANO FINO. COLOR HABANO CON VETAS CAFES Y ROJIZAS. DE CONSIS- TENCIA BLANDA.
		5.6	10.6	6.3	1	102.0408	6.702	2.272	1.141	2.592	2.439	56.088	
		4.6	9.4	6.4	0.5	51.02041	6.122	1.361	1.095	1.491			
		6	8.9	6.8	1.5	153.0612	7.207	2.946	1.179	3.473			
		6.2	6.3	4.5	0.5	51.02041	5.960	1.436	1.082	1.554			
		6.2	12.2	10.4	5.5	561.2245	9.061	6.836	1.307	8.933			
2		8.3	10.2	6.4	9.5	969.3878	8.224	14.333	1.251	17.930	18.760	431.484	
		6	10.4	7.5	8.5	867.3469	7.569	15.138	1.205	18.244			
		3.5	7.4	5.5	7	714.2857	4.951	29.143	0.996	29.013			
		5.6	9.1	6.2	7.5	765.3061	6.849	17.312	1.137	19.681			
3		6	11.5	8.3	1.5	153.0612	7.963	2.414	1.233	2.976			
		4.6	10.3	6.3	1	102.0408	6.074	2.765	1.092	3.019	3.285	75.549	
		4.7	9.1	6.3	1.3	132.6531	6.140	3.519	1.097	3.859			

ESTACION 2

MUESTRA No	PESO UNIT	D1(cm)	W1(cm)	W2(cm)	P(kN)	P(kg-f)	De(cm)	Is(kg/cm2)	F	I ₅₀ (kg/cm2)	I ₅₀ (kg/cm2)	σ _c (kg/cm2)	DESCRIPCION
1	1.83	6.7	14	8.5	2.5	255.102	8.515	3.518	1.271	4.471	5.174	119.013	ARENISCA DE GRANO FINO. DE COLOR AMARILLO. DE CONSISTENCIA BLANDA.
		6.3	9.5	6.8	3.5	357.1429	7.385	6.548	1.192	7.804			
		3.5	9.5	6.8	1.5	153.0612	5.505	5.051	1.044	5.274			
		3.3	6.8	3.4	0.5	51.02041	3.780	3.571	0.882	3.149			
		7.7	17	6.4	7.5	765.3061	7.921	12.197	1.230	15.003			
2		7.4	14.5	6.9	15	1530.612	8.063	23.544	1.240	29.192	33.999	781.975	
		6	13.2	8.1	9	918.3673	7.866	14.841	1.226	18.198			
		3.8	13	3.9	14.5	1479.592	4.344	78.412	0.939	73.603			

TABLA 2

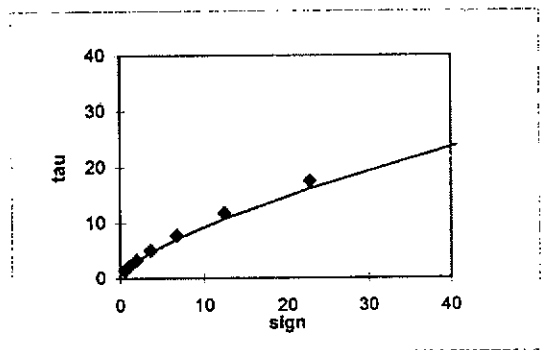
ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE HOEK-BROWN Y ENVOLVENTE EQUIVALENTE DE MOHR

ADAPTADO DE HOEK, 1994

BARRIO LA FISCALA

DATOS: GSI = 45 sigci (Mpa) = 48 mi= 19

RESULTADOS
 mb/mi = 0.14
 mb = 2.665
 s = 0.00222
 a = 0.50
 sigt= -0.040
 A= 1.9
 B= 0.68
 E = 5195



Angulo de friccion y
 cohesion para diferentes
 esfuerzos normales :

- _n = 7 MPa
- _ = 7.22 MPa
- > = 35.0 degrees
- c = 2.33 MPa

- _n = 25 MPa
- _ = 17.10 MPa
- > = 24.8 degrees
- c = 5.54 MPa

FIS1HOEK.XLS

sig3	sig1	ds1ds3	sign	snd	tau	X	Y	XY	X^2	Taucalc
0.19	5.58	12.86	0.58	0.54	1.40	-0.27	0.14	-0.04	0.07	1.34
0.38	7.66	9.78	1.05	1.01	2.11	0.00	0.33	0.00	0.00	2.02
0.75	10.80	7.36	1.95	1.91	3.26	0.28	0.51	0.14	0.08	3.06
1.50	15.53	5.56	3.64	3.60	5.05	0.56	0.70	0.39	0.31	4.66
3.00	22.72	4.24	6.76	6.72	7.75	0.83	0.89	0.74	0.68	7.08
6.00	33.80	3.30	12.46	12.42	11.74	1.09	1.07	1.17	1.20	10.70
12.00	51.24	2.63	22.81	22.77	17.53	1.36	1.24	1.69	1.84	16.09
24.00	79.45	2.15	41.59	41.55	25.81	1.62	1.41	2.28	2.62	24.13
Sums =						5.47	6.30	6.38	6.81	

TABLA 3

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE HOEK-BROWN Y ENVOLVENTE EQUIVALENTE DE MOHR

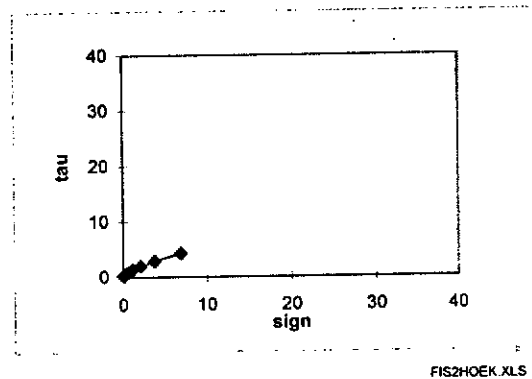
ADAPTADO DE HOEK, 1994

BARRIO LA FISCALA

DATOS: GSI = 45 sigci (Mpa) = 8 mi = 19

RESULTADOS

mb/mi = 0.14
 mb = 2.665
 s = 0.00222
 a = 0.50
 sigt = -0.007
 A = 1.2
 B = 0.68
 E = 2121



Angulo de friccion y
 cohesion para diferentes
 esfuerzos normales :

$\mu_n = 2$ MPa
 $\mu = 1.85$ MPa
 $\gamma = 32.0$ degrees
 $c = 0.60$ MPa

$\mu_n = 5$ MPa
 $\mu = 3.44$ MPa
 $\gamma = 24.9$ degrees
 $c = 1.12$ MPa

sig3	sig1	ds1ds3	sign	snd	tau	X	Y	XY	X^2	Taucalc
0.03	0.93	12.86	0.10	0.09	0.23	-1.05	-0.63	0.66	1.10	0.24
0.06	1.28	9.78	0.18	0.17	0.35	-0.77	-0.45	0.35	0.60	0.36
0.13	1.80	7.36	0.33	0.32	0.54	-0.50	-0.26	0.13	0.25	0.54
0.25	2.59	5.56	0.61	0.60	0.84	-0.22	-0.08	0.02	0.05	0.83
0.50	3.79	4.24	1.13	1.12	1.29	0.05	0.11	0.01	0.00	1.26
1.00	5.63	3.30	2.08	2.07	1.96	0.32	0.29	0.09	0.10	1.90
2.00	8.54	2.63	3.80	3.80	2.92	0.58	0.47	0.27	0.34	2.86
4.00	13.24	2.15	6.93	6.92	4.30	0.84	0.63	0.53	0.71	4.29
Sums =						-0.76	0.08	2.06	3.14	