

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIVISION DE ESTUDIOS

E 19

REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE ALGUNAS AREAS DE
USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA
BARRIO HORIZONTE NORTE

5 PLANOS

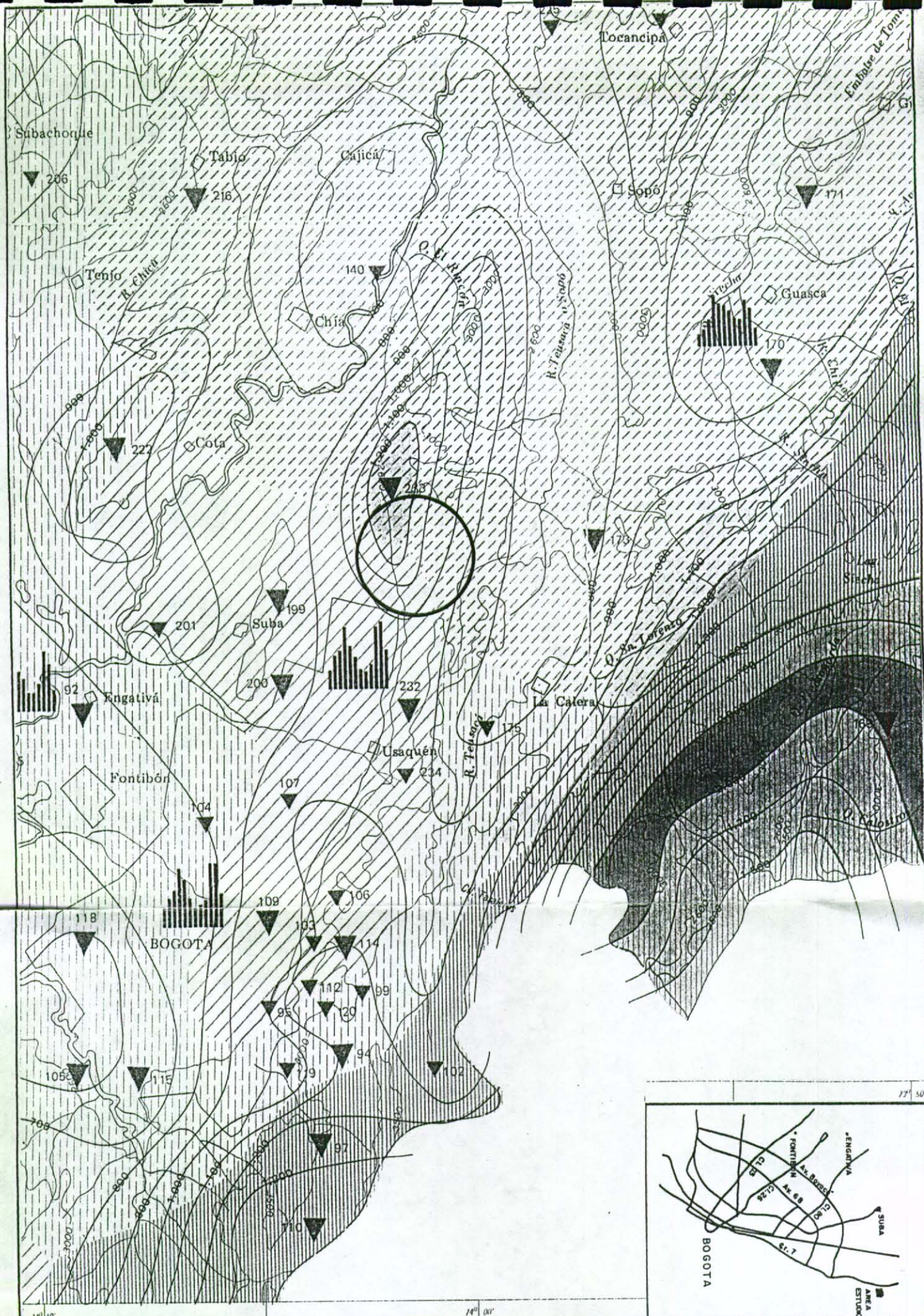
ifcaya
TDA

Bogotá, enero de 1990

Ingenieros Forestales Consultores y Asociados

E
353

DOCUMENTO
DIGITALIZADO



DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS

ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTÁ - BARRIO HORIZONTE NORTE.

Escala = 1:200.000

Fecha = OCT. 1.989



INGENIEROS FORESTALES
CONSULTORES Y ASOCIADOS

MAPA DE ISOYETAS

Figura N° 2

INDICE

	<u>Pág.</u>
I. INTRODUCCION Y LOCALIZACION	1
II. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO	4
III. EVALUACION Y DIAGNOSTICO	5
3.1. Generalidades	5
3.2. Aspectos climatológicos	5
3.2.1 Precipitación pluvial	5
3.2.2 Temperatura	7
3.2.3 Vientos	7
3.2.4 Zonas de vida y vegetación	12
3.2.5 Aspectos sociales	14
IV. GEOLOGIA	20
4.1. Geología regional	20
4.2. Geología local	21
4.3. Geología estructural	24
V. GEOMORFOLOGIA	28
5.1. Geomorfología regional	28
5.2. Geomorfología local	29
5.3. Origen de las geoformas actuales	31
VI. ANALISIS DE ESTABILIDAD	34
6.1. Zonificación geotécnica	34
6.2. Análisis de estabilidad	34
6.2.1. Zona Inestable Crítica (Zona IC)	34
6.2.2 Zona Inestable recuperable (Zona IR)	42
6.2.3 Zona estable dependiente (Zona ED)	42

6.2.4	Zona estable restringida (Zona ER)	43
6.2.5	Zona Estable (Zona E)	43
VII.	MEDIDAS CORRECTIVAS	46
7.1	Obras para la recuperación de la Zona Inestable Crítica (IC)	48
7.1.1	Plan de recuperación morfológica	48
7.2.	Obras para la recuperación de la Zona Inestable Dependiente	53
7.2.1	Plan de recuperación morfológica de la Zona ID	53
7.3.	Obras para la recuperación de la Zona Inestable Recuperable	54
7.3.1	Plan de recuperación morfológica para la Zona IR	54
7.4.	Secuencia general de actividades	54
7.5.	Manejo de aguas y control de arrastre de sedimentos	55
7.6	Cálculo de volúmenes de extracción	55
VIII	REHABILITACION ECOLOGICA	58
8.1	Generalidades	58
8.2	Obras de Revegetalización	59
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64

REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE ALGUNAS AREAS DE
USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA
BARRIO HORIZONTE NORTE

I. INTRODUCCION Y LOCALIZACION

Por sus características geológicas, aptas para la producción de materiales de construcción y por su cercanía al casco urbano, la zona Nororiental de la ciudad de Bogotá, desde hace muchos años se utiliza como fuente de extracción de materiales.

En efecto la mayor parte del flanco occidental de la denominada "Cordillera de Bogotá" o Cerros de Bogotá y que delimitan la Sabana en su parte oriental, han proporcionado a la ciudad de materiales de construcción; pero su explotación se ha venido haciendo, por lo general, sin ninguna planificación ni orden alguno y en forma rústica, sin el empleo de maquinaria o equipo adecuado.

Las áreas explotadas por contar con la vía de extracción, se fueron poblando por familias de escasos recursos y así se han formado barrios, que por no estar contemplados por Planeación Distrital, carecen de casi todos los servicios y se constituyen en verdaderos problemas para la administración de la ciudad.

no } El Barrio Horizonte Norte se estableció a lado y lado de la antigua
carretera a La Calera, generalmente en los patios de frentes de

extracción de materiales y hoy cuenta con un alto número de población (2.500 personas aproximadamente). Se localiza entre las calles 183 y 187 y entre las carreras 22 a 25 a unos 400 metros al Oriente de la avenida 7a., en una zona de fuertes pendientes. Por la parte Sur colinda con el barrio El Codito (Vease Figura No.1).

En la parte alta del barrio se presentan aún muchas explotaciones de materiales para construcción, de las cuales algunas se constituyen en amenaza permanente para los moradores del barrio, aparte de que los aportes de sedimentos y materiales de arrastre en época de lluvias, obstruyen el sistema de alcantarillado de la parte baja (avenida 7a.) formando un caos en la circulación de vehículos automotores que transitan en forma abundante en esta vía.

A los problemas anteriores se les sumó el peligro inminente de una laguna artificial, localizada en la parte alta que amenazaba con una posible avalancha, si seguía la extracción de materiales en el estrecho dique que la separaba del talud de explotación.

Por los continuos problemas de arrastre de materiales y sedimentos, así como por los peligros para los moradores del barrio, hubo un buen número de quejas y llamadas de atención sobre las posibilidades de riesgos, factores que obligaron a la Secretaria de Obras Públicas a contratar el estudio para la "Rehabilitación Morfológica y Ecológica de áreas de uso extractivo al Nor-oriente de Bogotá - Barrio Horizonte Norte"; estudio que se encomendó a la firma "Ingenieros Forestales Consultores y Asociados Limitada - IFCAYA LTDA", para realizarlo en el término de dos meses y medio.

II. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO

"Se transcribe el objetivo de los términos de referencia dados por la Secretaría de Obras Públicas, por considerarse claro y adecuado a la situación actual del barrio Horizonte. "El estudio tiene como objeto el de constituirse en instrumento técnico adecuado para la ejecución de las obras de rehabilitación Morfológica y Ecológica de los terrenos que han sido de uso extractivo a fin de darle estabilidad a taludes y pendientes, restablecer las condiciones del drenaje natural, regional y local, revegetalizar las superficies adecuadas y garantizar la protección y seguridad de las zonas aledañas."

El alcance detallado del estudio está dado por las exigencia hechas en el Artículo 4° de la Resolución No.3038 de 1976 de la Secretaría de Obras Públicas, por lo tanto, el presente trabajo se ciñe estrictamente al mencionado artículo y a cubrir en forma amplia lo expresado en los objetivos del estudio.

III. EVALUACION Y DIAGNOSTICO.

3.1 Generalidades

Para tener un conocimiento profundo de la zona en estudio se efectuó una recopilación exhaustiva de toda la información existente, la cual aparece al final, en la Bibliografía, no obstante entre los más importantes estan:

- Estudio Geotécnico y Geológico del Sector Oriental de Bogotá, D.E. Hidrovial Ltda. Secretaria de Obras Públicas de Bogotá. (1981).
- Estudio y Plan de Manejo de la Industria Extractiva en la Cuenca alta del Río Bogotá - EPAM LTDA- C.A.R - Secretaría de Obras Públicas. (1987).
- Estudio General de Suelos de las Provincias de Ubaté y Norte de la Sabana de Bogotá. IGAC.
- Investigaciones sobre caliza al Oriente de la Sabana de Bogotá. Boletín Geológico - Ingeominas. (1961).
- Planchas a escala 1:2.000, Nos. F-14 y F-15 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1981).
- Fotografías aéreas, Escala 1:30.000, Vuelo C-2269, No.044, 1987.

3.2 Aspectos climatológicos

3.2.1 Precipitación pluvial.

En la Sabana de Bogotá se presenta un régimen de lluvia bimodal como consecuencia del doble paso de la zona de convergencia intertropical (ITC) la cual se rige por la variación cíclica estacional del sol y que corresponde a la zona en donde convergen los vientos Alisos los cuales forman zonas de baja presión atmosférica en esta área.

El ITC en su paso por la Sabana de Bogotá hacia el Norte lleva las épocas lluviosas de los meses de abril y mayo y en su descenso hacia el Sur origina la época lluviosa de septiembre, octubre y parte de noviembre; este segundo período generalmente es más acentuado que el primero. Pero así mismo el "verano" o época seca es más fuerte y prolongado entre diciembre y los primeros meses del año; el período seco de julio y agosto es considerado como un "veranillo".

De acuerdo a su localización dentro de la Sabana de Bogotá un lugar o área geográfica puede presentar variaciones en el régimen pluviométrico y/o en temperatura por factores de tipo local (montañas, cuerpos de agua, predominancia de vientos, etc) que refuerzan o debilitan la acción del ITC.

Específicamente en la región donde se encuentra la zona de estudio, hacia la parte baja (avenida 7a.) se presenta el régimen normal de la Sabana de Bogotá, pero a medida que se sigue hacia el Oriente, en donde se inicia la zona montañosa, correspondiente al flanco Occidental de los Cerros que bordean la Sabana, la precipitación pluvial se aumenta y comienza a presentar tendencia a monomodal, por la influencia de los vientos cargados de humedad provenientes de los Llanos Orientales.

Las nubes provenientes de los Llanos Orientales que suben por la Cuenca del río Negro se distribuyen a la altura de la Cuenca del río Teusacá, para ingresar luego hacia la Sabana de Bogotá atravesando la Cordillera de Bogotá.

Es muy común observar como es el ingreso de esas nubes hacia la ciudad de Bogotá con dirección Noroccidente y pasando por encima del ramal montañoso que circunda la ciudad. Pero llama la atención de que por la disposición de las montañas más altas (Por encima de

3.000 m.s.n.m.) hacia el Norte de la zona de estudio se presenta un núcleo de mayor precipitación y que involucra al Barrio Horizonte, con promedios entre 1.100 a 1.200 mm/año (Veáse mapa de Isoyetas), en donde las lluvias son de tipo torrencial, motivo por el cual arrastran gran cantidad de sedimentos y materiales (Vease fotografía del escurrimiento en un día normal de lluvia fuerte).

La estación pluviométrica más cercana es la de Usaquén, no obstante, se considera que no es del todo la más representativa, puesto que el promedio multianual es ligeramente inferior. De todas maneras por ser la estación más cercana se presenta un gráfico de barras, en el cual se aprecia la distribución de la precipitación mensual, obtenida de promedios multianuales. Así mismo se presenta la tendencia de la curva de número de días con lluvia, también en promedio mensual multianual.

3.2.2 Temperatura

La temperatura promedio, estimada, es de unos 13°C, pero es inversamente proporcional a lo que sucede con la lluvia, puesto que hacia la parte alta disminuye. No obstante la parte baja es más susceptible de heladas. Así mismo la barrera montañosa que limita la Sabana y especialmente el casco urbano de Bogotá por su parte oriental, le imprime a la ciudad características climáticas especiales por los cambios diurnos y nocturnos que se presentan entre la Sabana y la zona montañosa, con el ascenso de las masas de aire caliente en días soleados y el descenso del aire frío de la montaña hacia la Sabana en las horas de la noche (Efecto Foem).

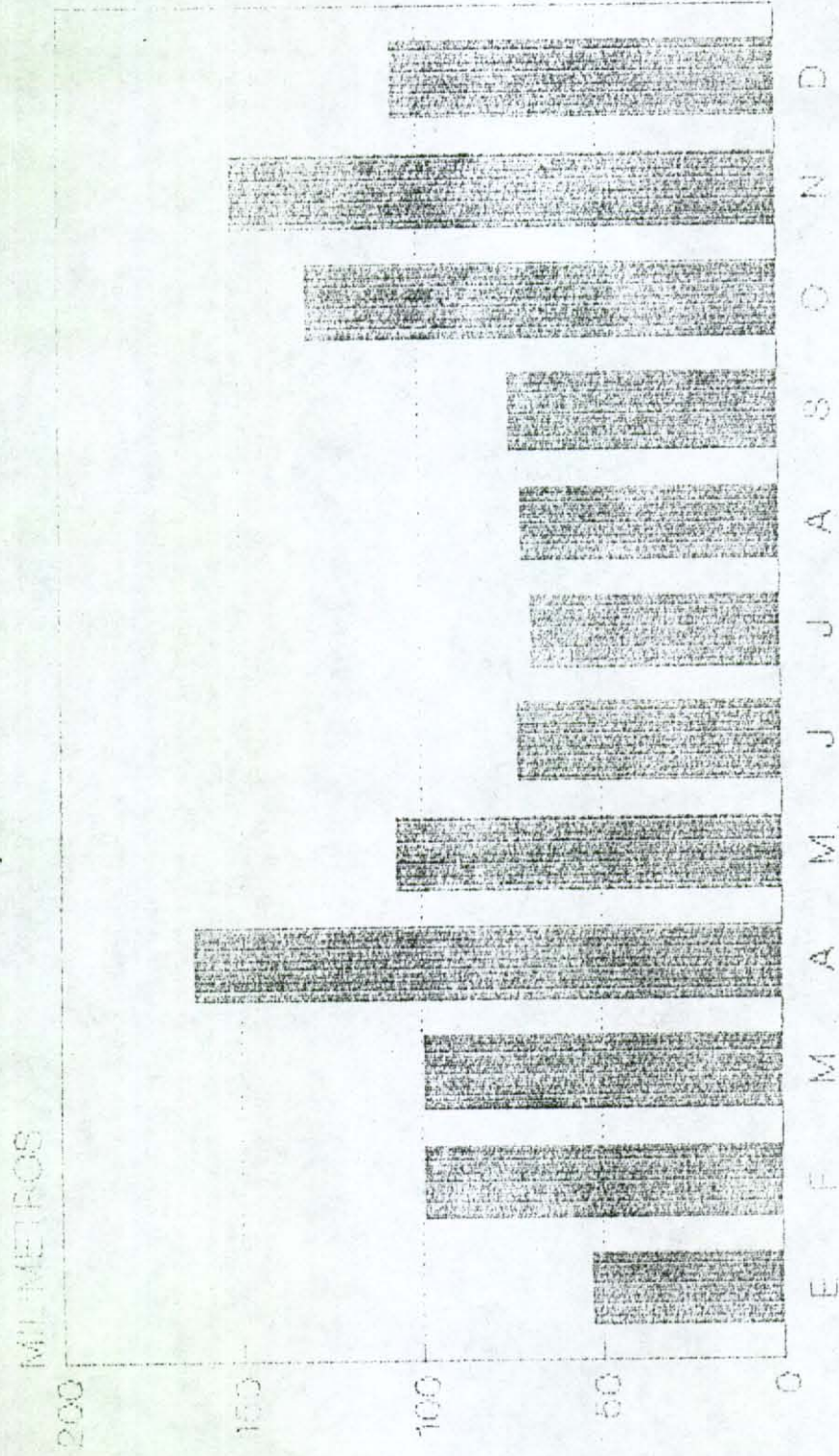
3.2.3 Vientos.

Por lo general en la Sabana de Bogotá predominan los vientos del Sur-Este y Nor-Este, de acuerdo también al desplazamiento del ITC.



En épocas de lluvia se forman torrentes que llevan materiales y gran cantidad de sedimentos que se depositan en la carrera 7a. y llegan a obstruir tanto las alcantarillas, como el tráfico vehicular.


ESTACION USAQUEEN
PRECIPITACION PROMEDIO



MESES

TOTAL MENSUAL

DOCUMENTO
 ILEGIBLE


 DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA
 SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
 DIVISION DE ESTUDIOS

INGENIEROS FORESTALES
 CONSULTORES Y ASOCIADOS

ifcaya
 IDA

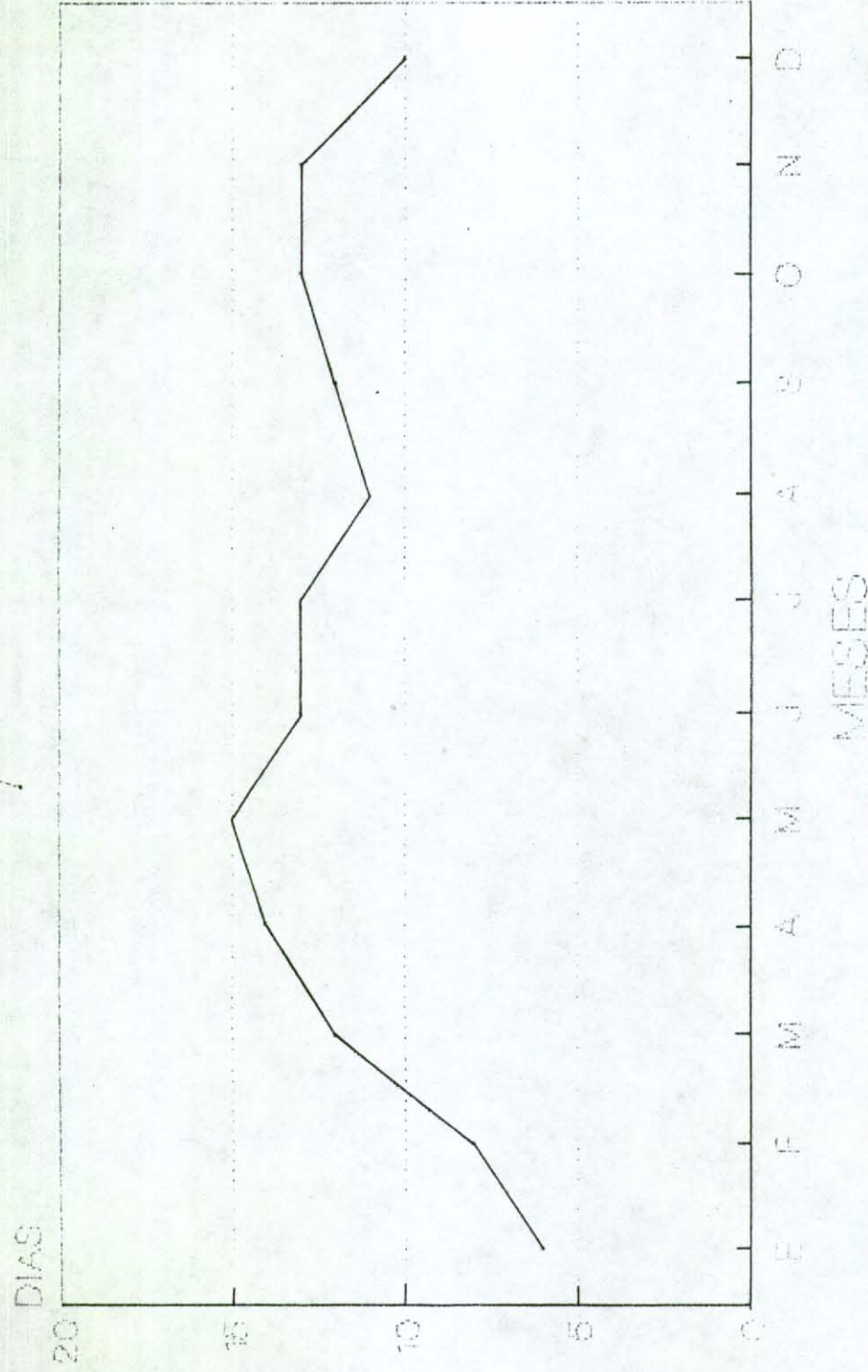
ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECO-
 LOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE
 DE BOGOTA - BARRIO HORIZONTE NORTE.

PRECIPITACION PLUVIAL PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL

Fecha = OCT. 1.989

Figura N°3

ESTACION USACQUEEN
NUMERO DE DIAS CON LLUVIA



DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTA
 SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
 DIVISION DE ESTUDIOS



INGENIEROS FORESTALES
 CONSULTORES Y ASOCIADOS

ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA - BARRIO HORIZONTE NORTE.

PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL DE NUMERO DE DIAS CON LLUVIA

Fecha = OCT. 1989

Figura Nº 4

Por otra parte, las circulaciones montaña-valle (vientos catabáticos) y Valle-Montaña (vientos anabáticos) condicionados por la distribución de las temperaturas, tienen una relativa importancia dentro de la Sabana. No obstante lo anterior, la zona de estudio por encontrarse frente a una depresión pronunciada que presenta la barrera montañosa oriental de Bogotá, por donde va la carretera a La Calera, está influenciada casi permanentemente por los vientos provenientes de los Llanos Orientales (veáse numeral 3.2.1. Precipitación) que soplan en sentido Noroeste y oeste. Estos vientos presentan velocidades medias de 1.5 a 2 m/sg., sin embargo en ciertas épocas pueden llegar hasta 4.5 m/sg.

3.2.4. Zonas de Vida y Vegetación

Según el sistema de zonas de vida de Holdridge, la zona de estudio se halla dentro de la formación bosque humedo Montano Bajo bh-MB.

Dentro de la zona de estudio (12 hectáreas) prácticamente no hay vegetación natural, salvo algunos matorrales esporádicos de Salvia, Zarzamora, Ciro, Chilco y algo de Romero. El Kikuyo si ha invadido las áreas en donde aún existe algo de suelo orgánico.

Se hizo un reconocimiento de las zonas aledañas en donde aún queda el bosque secundario y matorrales que contienen buena parte de la vegetación natural propia de la zona encontrándose las siguientes especies:

<u>NOMBRE VULGAR</u>	<u>NOMBRE TECNICO</u>	<u>FAMILIA</u>	<u>FORMA BIOLOGICA</u>
Angelito	Monochaetum myrtoideum	MELASTOMATACEAE	Arbusto
Aliso	Alnus jorullensis	BETULACEAE	Arbol
Ajicillo	Crimys granatensis	WINLERACEAE	Arbol
Acacia negra	Acacia melanoxyton	MIMOSACEAE	Arbol

<u>NOMBRE VULGAR</u>	<u>NOMBRE TECNICO</u>	<u>FAMILIA</u>	<u>FORMA BIOLÓGICA</u>
Arboloco	<i>Polymnia pyramidalis</i>	COMPOSITAE	Arbol
Arrayán	<i>Eugenia rhopaloides</i>	MYRICACEAE	Arbol
Borrachero	<i>Brugmansia</i> spp.	SOLANACEAE	Arbusto
Cardón, piñuela	<i>Puya goudotiana</i>	BROMELIACEAE	Arrosetada
Carretones, tréboles	<i>Trifolium</i> spp.	PAPILIONACEAE	Hierba
Cedrillo	<i>Phyllanthus salvaefolius</i>	EUPHORBIACEAE	Arbusto
Cedro	<i>Cedrela montana</i>	MELIACEAE	Arbol
Cerezo	<i>Prunus capuli</i>	ROSACEAE	Arbol
Ciprés	<i>Cupressus</i> spp.	CUPRESSACEAE	Arbol
Ciro	<i>Baccharis</i> sp.	COMPOSITAE	Arbusto
Corono	<i>Berberis goudotii</i>	BERBERICACEAE	Arbusto
Cucharo	<i>Rapanea</i> spp.	MYRSINACEAE	Arbol
Chucua-Chaque	<i>Viburnum</i> sp.	CAPRIFOLIACEAE	Arbol
Chusque	<i>Chusquea scandens</i>	GRAMINEAE	Arbusto
Chusquejon	<i>Swallenochloa tessellata</i>	GRAMINEAE	Arbusto
Duraznillo	<i>Abatia parviflora</i>	FLACOURTIACEAE	Arbol
Duraznillo	<i>Prunus buxifolia</i>	ROSACEAE	Arbol
Encenillo	<i>Weinmania fagaroides</i>	CUNONIACEAE	Arbol
Eucaliptu	<i>Eucaliptus globulus</i>	MYRTACEAE	Arbol
Gaque	<i>Clusia multiflora</i>	CLUSIACEAE	Arbol
Gateadoras	<i>Lycopodium</i> spp.	LYCOPODIACEAE	Bejuco
Hayuelo	<i>Dodonae viscosa</i>	SAPINDACEAE	Arbusto
Helecjo	<i>Blechnum loxense</i>	POLYPODIACEAE	Arrosetada Estipitosa
Jarilla	<i>Stevia lucida</i>	COMPOSITACEA	Arbusto
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	GRAMINAE	Hierba
Laurel de cera	<i>Myrica parvifolia</i>	MYRICACEAE	Arbol
Lenguevaca	<i>Rumex crispus</i>	POLYGONACEAE	Hierba
Liquenes	<i>Cladonia</i> sp.; <i>Parmelia</i> sp.	CLADONIACEAE PARMELIACEAE	Estrato muscinál

<u>NOMBRE VULGAR</u>	<u>NOMBRE TECNICO</u>	<u>FAMILIA</u>	<u>FORMA BIOLÓGICA</u>
Llanten	Plantago sp.	PLANTAGINACEAE	Hierba
Mano de león	Oreopanax florinbunfum	ARALIACEAE	Arbol
Mortino	Hesperomeles goudotiana	ROSACEAE	Arbusto
Papayuelo	Carica cundinamarcensis	CARICACEAE	Arbusto
Piñuela, quiche	Briesia sp.	BROMELIACEAE	Arrosetada
Raque	Valea stipularis	ELAEOCARPACEAE	Arbol
Retamo espinoso	Ulex europaeus	PAPILLIONACEAE	Arbusto
Romero	Diplostephium sp.	COMPOSITAE	Arbol
Salvio	Cordia lanata	BORRAGINACEAE	Arbusto
Sangretoro	Rumex acetosella	Polygonaceae	Hierba
Trompeto	Bocconia frutescens	PAPAVERACEAE	Arbol
Tuno	Miconia sp.	MELASTOMATAACEAE	Arbusto
Urapán	Fraxinus chinensis	OLEACEAE	Arbol
Uva	Macleania rupestris	ERICACEAE	Arbusto
Vira vira	Archyrocline sp.	COMPOSITAE	Hierba
Zarzas	Rubas spp.	ROSACEAE	Arbusto

3.2.5 Aspectos Sociales.

En la zona de estudio que comprende aproximadamente 12 hectáreas, viven 18 familias, de las cuales 12 en la actualidad están vinculadas a la explotación de las canteras que hay dentro del área; vinculación que comprende uno o dos miembros de la familia dedicados a las labores de extracción de materiales.

Los terrenos son de propiedad privada y pertenecen al Dr. Domingo Cristancho, quien para evitar las invasiones, tan frecuentes en

esos barrios, permite a estas familias vivir allí, sin pagar arriendo, a cambio de que ellos cuiden de que nadie extraño se vaya a establecer en el área y a su vez que extraigan materiales. Existen 5 frentes de explotación que se distribuyen entre las familias que viven en el área y cuyas casas se encuentran numeradas del 1 al 14. Solamente hay dos contratistas para explotación que no viven dentro del área (viven en el Barrio El Codito).

En promedio la producción por familia con una sola persona dedicada a la labor de extracción, con ayuda esporádica, de la esposa o de uno o dos hijos, por lo general menores de edad, es de cuatro viajes por semana (viaje de volqueta de tres metros cúbicos).

La labor incluye la extracción por medios manuales (Pica, pala, palancas, barras, almadena, etc.), cernida de arena o trituración de la piedra de arenisca tierna, hasta la cargada en la respectiva volqueta.

Normalmente se labora en tres o cuatro de los cinco frentes y se saca arena, rajón y piedra.

El rajón y la piedra la venden entre \$2.000.00 a \$2.500.00 el viaje y la arena a \$3.000.00 por viaje*.

Como pago de arrendamiento o derecho de explotación se le cancela al dueño del terreno \$250.00 por viaje de rajón o piedra y \$500.00 por viaje de arena.

Los ingresos promedios por familia son muy exiguos, ya que con cuatro viajes por semana recibiría una mensualidad de \$48.000.00, pero

* Datos tomados en diciembre de 1989.

debe pagar al dueño del terreno la suma de \$8.000.00 (16 viajes al mes por \$500.00), luego la entrada está por debajo del salario mínimo que es de \$41.000.00 aproximadamente.

Recientemente el acueducto estableció un tanque en la parte alta, para distribución de agua al barrio Horizonte y barrios vecinos, lo cual alivió en parte las grandes penalidades a que están continuamente sometidos los moradores del área de estudio y en general de las zonas aledañas, ya que no existe alcantarillado, ni luz para los de la parte alta.

Las casas son muy rústicas y construidas de desechos de contrucciones viejas de plásticos y de cartón o "paroid" (cartón encera-do).

Los niños por lo general estudian solo uno o dos años únicamente y entre los adultos hay marcado analfabetismo.

El siguiente cuadro resume los datos de las familias del área de estudio:

En total 107 personas viven dentro del área de estudio.

Además existen dos contratistas que viven en el barrio El Codito, son ellos Elogio Castañeda que con un obrero saca ocho viajes y Pablo Ariza que saca cuatro viajes semanales.

DATOS DE LAS FAMILIAS DEL AREA DE ESTUDIO

No. CASA	NOMBRE DEL JEFE DE FAMILIA	EDAD AÑOS	TRABAJAN EN EXTRACCION MATERIALES	ESPOSA	HIJOS QUE VIVEN EN LA ZONA		PERSONA QUE AYUDA EN LA EXTRACCION	No. VIAJES POR SEMANA	ESTUDIAN
					F	M			
1	JOSE CASTILLO	40	SI	X	2	1	ESPOSA	6	2
2	MARCELINO CARDENAS	61	NO (CELADOR)	X	4	2	2 HIJOS DE 11 Y 9 AÑOS	1	NINGUNO
3	ARISTOULO PORRAS	44	SI	SE FUE	1	5	2 HIJOS	3 0 4	2
4	DARIO SIERRA	50	NO	X	1	2	- 0 -	- 0 -	2
5	CARLOS AREVALO	52	TRANSPORTADOR	X	3	3	1 HIJO	5	2
6	LIBARDO SUA	33	SI	X	2	2	- 0 -	4	1
7	PABLO ISMAEL RIVERA	54	SI	X	4	4	1 HIJO	3	- 0 -
8	ALFONSO RIAÑO	52	SI	X	2		- 0 -	4	- 0 -
8A	NAZARIO VARGAS ROA	60	SI	X	3	3	3 HIJOS MENORES	5	3
9	SAMUEL BARRERA	55	SI	NO TIENE	-	-	- 0 -	3	- 0 -
10	LUIS GONZALES MONTAÑO	59	NO	X	3	2	- 0 -	5	2
11	MILCIADES PORRAS	48	SI	X	6	1	1 HIJO DE 11 AÑOS	3	2
12	MANUEL PORRAS	42	SI	X	3	3	- 0 -	4	-
13	CONSTANTINO N.N.	43	NO	X	3	3	- 0 -	-	-
	FAMILIAS SIN CONTRATO CON DUEÑO TERRENO								
	FAMILIA 1	-	NO	X	-	-	- 0 -	-	-
	FAMILIA 2	-	NO	X	-	-	- 0 -	-	-
	FAMILIA 3	-	NO	X	-	-	- 0 -	-	-
	FAMILIA 4	-	NO	X	2	3	- 0 -	-	4
18	CONTRATISTAS	--	--	16	39	34	- 0 -	42	-

17. 12

NUMERO TOTAL DE VIAJES/SEMANA.....54



Detalle de vivienda típica dentro del área de estudio.



Cuatro de las típicas viviendas, de personas, que hace varios años se dedican a la extracción de materiales para construcción, en la parte baja de la zona de estudio. Están localizadas al Noroccidente del área, cerca al coluvión (observense los bloques erráticos a la izquierda); arriba se aprecia el Talud 3.

IV. GEOLOGIA

4.1. Geología Regional

El área estudiada hace parte de una gran zona constituida geológicamente por rocas de la Formación Labor - Tierna, Grupo Guadalupe, cubiertas parcialmente por depósitos coluviales heterogéneos.

La Formación Labor-Tierna, (Ksglt), fue definida por Renzoni, G. (1968), así:

"La secuencia observada de la base al techo consta de un conjunto inferior constituido por areniscas blancas a gris claras y amarillas meteorizadas, cuarzosas, grano fino a grueso, subangular o subredondeado, friables a duras, estratificación gruesa a muy gruesa".

El conjunto superior está constituido por areniscas cuarzosas y faldespáticas de grano medio o conglomerático y ligeramente duras a friables con estratificación cruzadas en estratos de 0.2 a 3.0 m., presenta intercalaciones de delgadas capas de arcillolitas gris claras.

Los depósitos de ladera (Qdp) presentes en la zona son el resultado de la fracturación y arrastre que han sufrido los materiales arenosos predominantes y son más frecuentes en zonas con altas pendientes que facilitan su movimiento por gravedad. Estos depósitos de ladera se presentan a lo largo del piedemonte oriental de Bogotá y se componen de bloques y guijos dentro de una matriz arenosa consolidada.

Se presentan también en la parte más baja del piedemonte depósitos en forma de cono (Qd) constituídos principalmente por bloques, guijarros y guijos muy angulares de arenisca dentro de una matriz arcillo-arenosa insonsolidada.

Hacia el Occidente de la zona predominan las terrazas de superficie plana (Qta) constituídas por material arcilloso con intercalaciones de niveles arenosos y de gravas, en forma lenticular. (Veáse Fig.No.5).

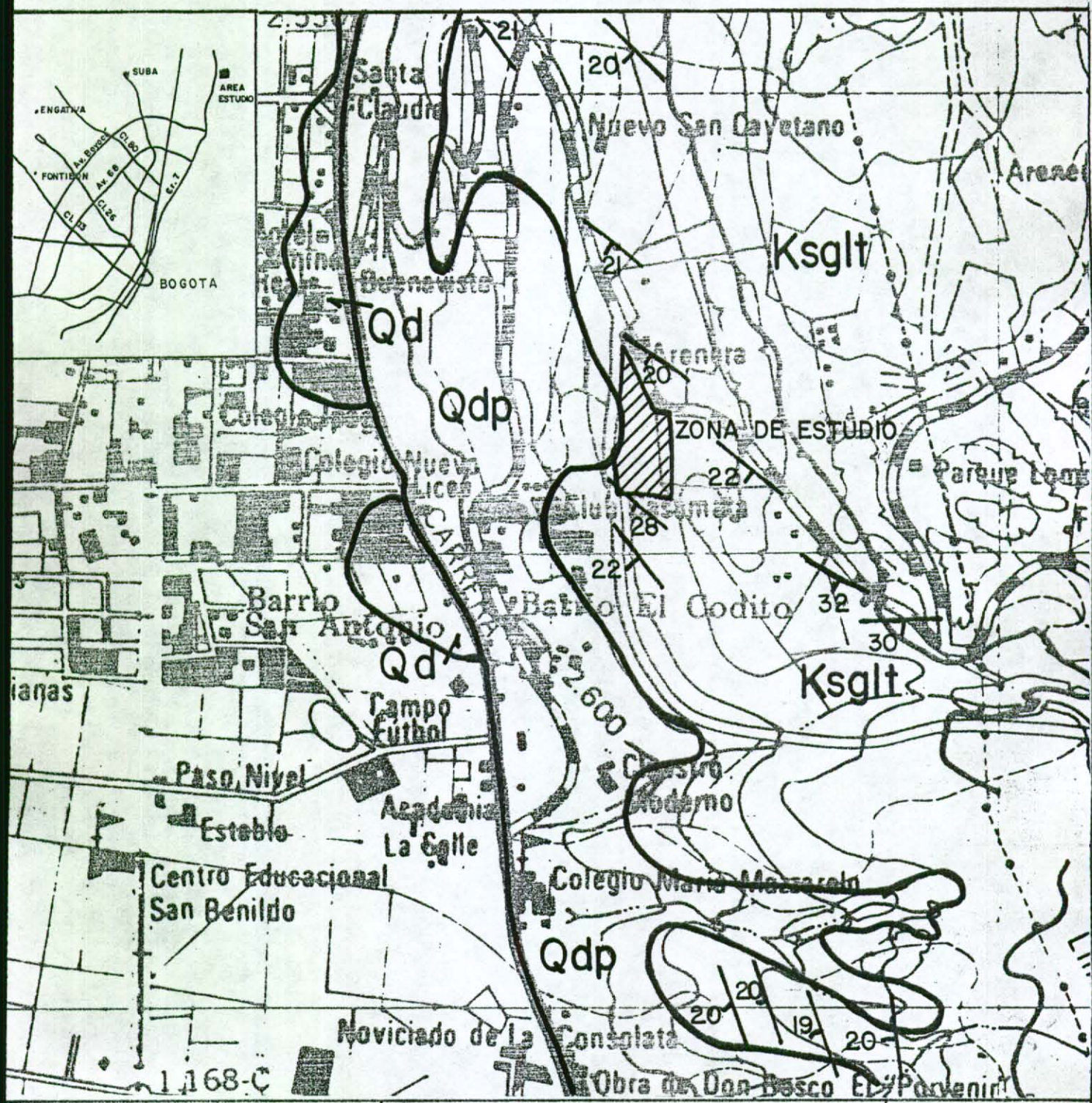
4.2 Geología Local


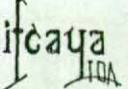
Se estableció que las rocas aflorantes pertenecen estratigráficamente al nivel superior de la Formación Tierna que en el presente trabajo se han separado por su diferente comportamiento geotécnico en Formación Tierna Arenisca (Ksta) y Formación Tierna-Brecha (Kstb); y depósitos cuaternarios de tipo coluvial. (Veáse Fig.No.6 y Plano 1).

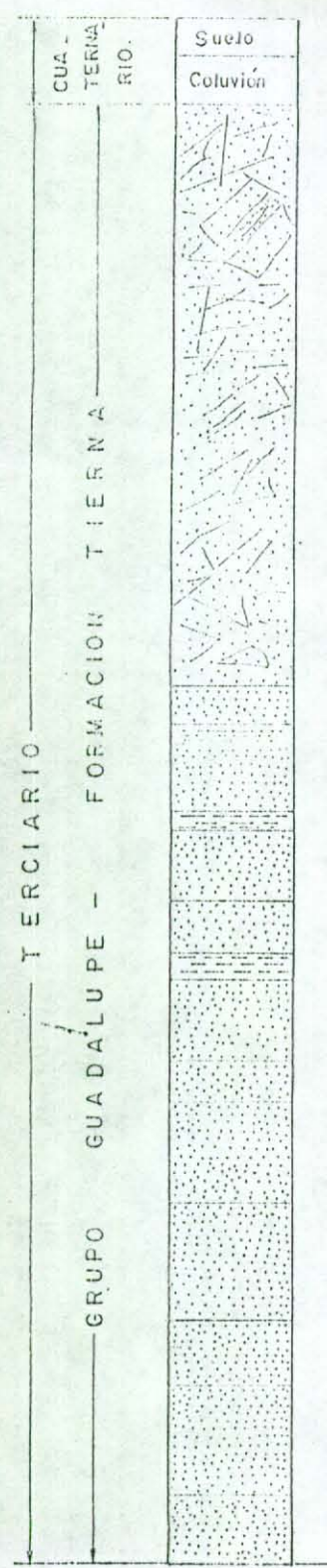
Unidad Ksta: Constituida por areniscas cuarzosas y cuarzo-feldespáticas de grano fino a grueso, de blancas a amarillentas, de duras a friables, bien seleccionadas y en algunos extractos se observa estratificación cruzada; los espesores de los estratos varían entre 0.5 a 3 m.

En la parte Oriental de la zona se observan tres estratos de arcillolita gris clara de 0.5 m. de espesor intercalada cada 2 m. con la arenisca predominante. Esta unidad (Ksta) alcanza hasta 30 m.

La unidad Kstb esta constituida por bloques de arenisca cuarzo-feldespática de grano medio a grueso, amarillento, de duras a friables, dentro de una matriz de arena fina y muy friable de color amarillo,



 <p>DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS DIVISIÓN DE ESTUDIOS</p>	<p>ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTÁ - BARRIO HORIZONTE NORTE.</p>	<p>Escala = 1:12.500</p>
 <p>INGENIEROS FORESTALES CONSULTORES Y ASOCIADOS</p>	<p>MAPA GEOLOGICO</p>	<p>Fecha = OCT. 1989</p> <p>Figura Nº 5</p>



Suelos con espesores hasta de 2 metros, ricos en materia orgánica.

Bloque de arena con matriz arenosa-fina de color pardo claro, con espesores hasta de 15 metros.

Bedas de faja compuesta de arenisca cuarzo - feldespática de color habano o amarillos de grano medio a fino muy friables, sumamente resquebrajados, entre los bloques desordenados hay areniscas más finas.

Areniscas cuarzo - feldespáticas, amarillas de grano medio.

Arcillolitas gris claras.

Arenisca cuarzosa de grano grueso blanca.

Arcillolita gris clara.

Arenisca cuarzosa de grano grueso blanca.

Arenisca cuarzosa de grano medio de color habano.

Arcillolita gris-dura

Arenisca cuarzosa de grano medio, blanca.

Arenisca medio a fino y cuarzo feldespático, amarilla friable.

Arenisca cuarzosa, medio a fina, blanca dura.



Arenisca media, blanca, cuarzosa.

Arenisca media, amarillosa, cuarzo - feldespática.

Arenisca media a fina, cuarzo - feldespática, friable.

Arenisca fina, cuarzo - feldespática, amarillosa, muy friable.

FIN

 <p>DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS DIVISIÓN DE ESTUDIOS</p>	<p>ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTÁ - BARRIO HORIZONTE NORTE.</p>	<p>Escala. 1:200</p>
		<p>Fecha = OCT. 1989</p>
		<p>Figura N°6</p>
 <p>INGENIEROS FORESTALES CONSULTORES Y ASOCIADOS</p>	<p>COLUMNA ESTRATIGRAFICA</p>	

milonitizada por la falla principal. Esta unidad alcanza un espesor de 20 m.

El cuaternario en la zona corresponde a depósitos recientes no consolidados y depósitos consolidados:

- a. Depósitos no Consolidados: Como son los depósitos de botaderos de tierra y en general desechos de construcción localizados en el sector Oriental del área con alturas promedio de 6 m. y rellenos o montículos constituidos por arenas y cantos procedentes de antiguas explotaciones del sector localizados en la parte Occidental del área.
- b. Depósitos Consolidados: Como son los suelos localizados en el sector Oriental y que están constituidos por arenas y guijarros de color amarillo intercalados con paleosuelos oscuros, ricos en materia orgánica, con un espesor promedio de 2,5 m.
- c. Depósitos Coluviales: Constituidos por bloques de areniscas provenientes de la Formación Tierna, con matriz arenosa de color amarillo localizadas en el sector Occidental del área. Estas acumulaciones alcanzan un espesor de 15 m. (Vease Plano 1).

4.3. Geología Estructural

El área estudiada está localizada sobre el flanco occidental del anticlinal de Usaquén, el cual tiene una dirección predominante N-S.

En el análisis fotogeológico se identificaron tres fallas paralelas, con dirección N-S que forman escalonamientos caracterizados por fuertes escarpes.

Localmente la falla oriental atravieza la zona, generando fallas secundarias en sentido N60E que afectan los taludes Sur-orientales, además zonas brechosas, escarpes y plegamientos.

Los estratos de areniscas presentan como característica predominante una orientación N-E con buzamiento dirigidos hacia el W con variaciones de 20° que se dan en poca distancia debido a la influencia de dicha falla (Veáse Plano 1.).

Otra consecuencia de la presencia de estas fallas en el área es el intenso diaclasamiento que contribuye a la inestabilidad de la zona.

Las familias de diaclasas predominantes son:

<u>Dirección</u>	<u>Buzamiento</u>	<u>Abertura</u>	<u>Relleno</u>	<u>Frecuencia</u>
N 62 E	60 SE	1 cm.	Arcilla	2 m.
N 60 W	70 SW	1 cm.	Arcilla	1.2 m.
N 20 E	70 SE	2 cm.	Arcilla	1.0 m.
N 50 W	70 NE	0.5 cm.	Limo	1 a 0.5 m.
E - W	85 SW	4 cm.	Areno-gravosa	1 a 0.3 m.



Observese el desplome de la parte superior del talud 3 que afecta una de las principales vías de acceso a la zona.



Detalle de las excavaciones, que pueden generar fenómenos de subsidencia, en la zona central del área.



El método de explotación es manual, lo que causa el desprendimiento de grandes bloques con peligro para las personas y viviendas. Los niños en su mayoría ayudan a la explotación y regularmente juegan en los taludes.

V. GEOMORFOLOGIA

5.1 Geomorfología Regional

Regionalmente se diferencian tres zonas morfológicas caracterizadas por pendientes abruptas y escarpadas hacia el Oriente y pendientes menores hacia el Occidente.

- a. Zona geomorfológica Oriental: Es la zona morfológica más abrupta y escarpada dentro del área de estudio debido a la presencia de areniscas duras y resistentes a la erosión y al efecto de fenómenos tectónicos en especial al fallamiento, los cuales han contribuido a la formación de escarpes y al levantamiento y hundimiento de bloques, la pendiente topográfica varía entre los 20° y 80°, el drenaje es subdendritico de baja densidad; está cubierta aún por especies vegetales nativas.
- b. Zona Geomorfológica Central: Presenta morfología abrupta y en algunos sectores escarpada por la presencia de niveles arenosos duros y friables que generan por lo tanto escalonamientos; la pendiente topográfica varía entre los 20° y 70°, con drenaje subdendrítico de baja densidad.

Dada la importancia industrial de las rocas que afloran en ésta zona, allí se han ubicado el mayor número de canteras cuya explotación incontrolada ha generado el deterioro ecológico.

- c. Zona Geomorfológica Occidental: Presenta una morfología ondulada y una pendiente topográfica que varía entre los 5° y 15°; constituida por depósitos coluviales provenientes de las

unidades litológicas ubicadas en las zonas orientales; el drenaje original ha sido alterado por los asentamientos urbanos y las labores de extracción de materiales de construcción.

El área de estudio hace parte de la zona geomorfológica central y occidental.

5.2 Geomorfología local

La zona estudiada esta localizada en la ladera de un cerro que corresponde a una pequeña estribación del cordón montañoso situado al Oriente de la ciudad de Bogotá, entre las cotas 2.705 y 2.765 cuya fisiografía actual es el resultado de la acción de los diferentes procesos morfoestructurales, morfodinámicos y antrópicos que alteraron su topografía original. (Ver Plano 1).

En la parte oriental y Sur-occidental la expresión morfológica está dada por niveles de areniscas duras y friables que forman pendientes mayores de 50°, taludes con dirección preferencial N-S, y alturas que llegan hasta los 30 m. y que corresponden a la zona explotada actualmente.

Los procesos morfodinámicos que caracterizan esta zona son los agrietamientos, desplomes y volcamientos de roca, y donde por efecto de las labores de explotación ha desaparecido la cobertura vegetal convirtiéndose esta área en la de mayor aporte de sedimentos (Ver Plano 2).

Hacia la parte central, la zona presenta una morfología irregular con patios de pendientes promedias de 10°, separadas por motículos de areniscas más dura que no ha sido explotada ó deshechos de antiguas explotaciones. Esta zona produce un arrastre de sedimentos de moderado a alto (Ver Plano 2).

Es frecuente encontrar excavaciones por debajo del nivel de los patios, como se identifica en el área Sur donde en alguna época se formaron empozamientos de agua que contribuían al deterioro ambiental de la zona.

Después de analizar las dimensiones y la composición litológica en ese sitio se estableció que dichos empozamientos no afectan la estabilidad y su composición silícea la hacen impermeable, descartando así la posibilidad de que se afecten los Barrio adyacentes.

Actualmente éstas depresiones no existen ya que fueron rellenadas con material de construcción y basuras, formando montículos hasta 6 m. por encima del nivel del patio actual y generando otro tipo de problemas, el cual se considerara más adelante. Anteriormente estas depresiones actuaban como pozos sedimentores, efecto que se ha perdido con tal modificación, por el contrario estos montículos de material sin ninguna compactación han aumentado la cantidad de sedimento que arrastran las aguas superficiales.

La parte occidental esta constituida principalmente por depósitos coluviales que corresponden al 20% del área, con una morfología alargada en sentido N-S, con topografía ondulada y una pendiente promedio de 20°; y bloques colgantes hasta de 3 m. de diámetro y agrietamientos en la parte superior que implican riesgos para las edificaciones aledañas.

En un aspecto notable dentro del área la baja densidad del drenaje, que hace que el escurrimiento difuso aumente los procesos erosivos de tipo laminar y acaravamiento.

El aporte de sedimentos de esta zona es bajo ya que corresponde a la zona con mayor cobertura vegetal (Ver Plano 2).

Al Sur-occidente de la zona, están ubicadas el mayor número de viviendas. sobre un antiguo patio de explotación, este patio tiene pendientes promedias de 5° y algunas irregularidades topográficas no muy importantes.

5.3 Origen de las geoformas actuales

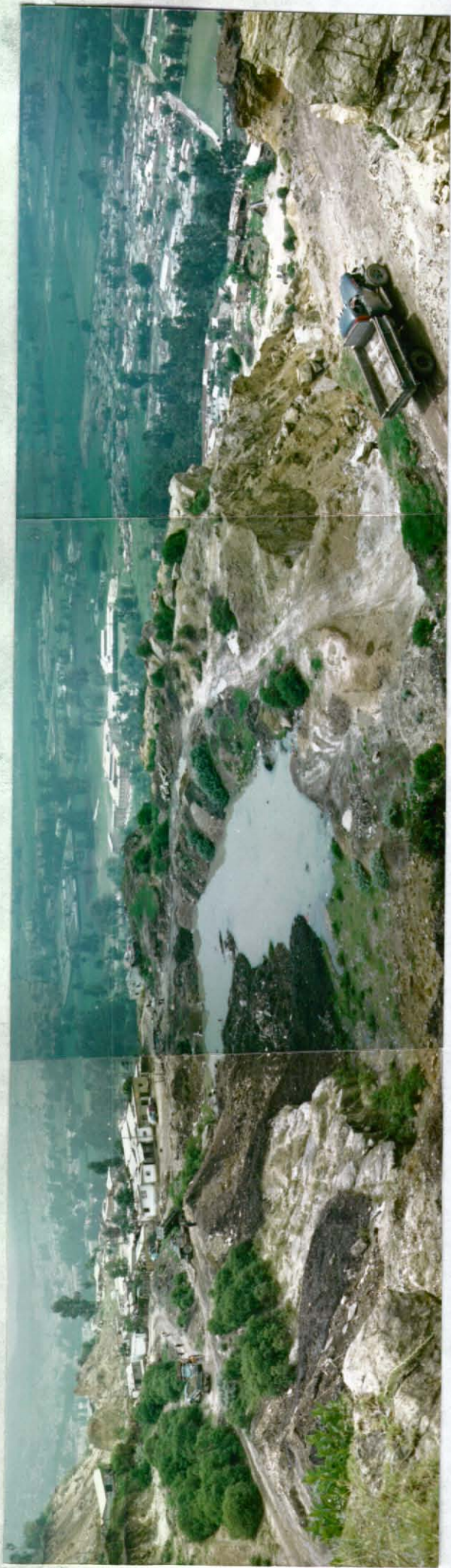
Se pueden diferenciar dos procesos fundamentales en el modelado del paisaje como son: La influencia morfoestructural ya descrita en el Capítulo IV. y la acción antrópica, las cuales imprimieron las principales características del relieve actual.

En ésta área el hombre actuó como un factor morfodinámico muy importante, ya que aumenta la velocidad de los procesos erosivos; virtualmente ha causado la desaparición parcial o total de la cobertura vegetal como resultado de las explotaciones indiscriminadas. Las prácticas extractivas, que consisten en socavar la pata del talud causando el desplome de la parte superior, y el uso de explosivos, han generado taludes verticales e inestables que frecuentemente presentan caída de bloques, como se observa en la parte oriental y Sur-occidental de la zona.

Drenaje Superficial: La escorrentía derivada de la lluvia que cae directamente sobre la zona o zonas aledañas, no se puede definir en un patrón de drenaje, por el deterioro actual del terreno como consecuencia de la extracción de material que destruyó los drenajes existentes, lo cual favorece el lavado de los terrenos pendientes sin vegetación y por ende la formación de cárcavas y microrrelieves erráticos; aunque en general puede considerarse que gran parte de las aguas superficiales son captadas en forma relativamente rápida por el denso sistema de cárcavas localizados en las vías de acceso

que tienen pendientes favorables para dicho escurrimiento (~~Ver en mapa Geomorfológico, la dirección de la escorrentía~~) (Plano 1).

El incremento de los procesos erosivos y de la remoción en masa hacen que aumente considerablemente el transporte de sedimentos, el cual va a depositarse en las vías principales y alcantarillas de los barrios más bajos convirtiéndose en un permanente problema tanto para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá como para la Secretaría de Obras Públicas que deben atender a su mantenimiento.



Panóramica tomada de arriba hacia abajo, en donde se aprecia el proceso de desecado de la laguna, rellanándola con basuras y desperdicios de construcción. La laguna estaba situada en la parte superior del Talud No.1. Al fondo se aprecia la ciudad, lo que induce a pensar que paisajísticamente esta cicatriz es visible desde cualquier punto de la Sabana de Bogotá.

VI. ANALISIS DE ESTABILIDAD

6.1. Zonificación geotécnica

De acuerdo a los parámetros observados, se elaboró un Mapa de Zonificación geotécnica cualitativo de el área de interés; este mapa consiste en mostrar, con límites lo más exacto posibles, zonas con grado de estabilidad diferente (Ver Plano 3). Con base al análisis de cada zona, es establecen diferentes medidas correctivas.

6.2. Análisis de estabilidad

Se plantea una subdivisión del área en cinco zonas, cuya descripción en la siguiente:

6.2.1 Zona Inestable Crítica (Zona IC).

Son terrenos con una morfología caótica, que representan un peligro potencial tanto para las personas que laboran en esta zona, como para las construcciones aledañas a ella. Corresponde a los taludes 1, 2, 3 y 4; localizados en la parte Central y Oriental del área como se indica en el Plano 3.

Para cada uno de los taludes se hizo un análisis estereográfico de discontinuidades estructurales, presentes en el cuerpo del talud y así se determinó que tipo de deslizamiento o falla de tipo planar, por cuña o volcamiento se presenta o se pueden presentar en dicho talud.

Para determinar las características y el análisis cinemático de estabilidad de los taludes, se establecieron los siguientes pasos:

- a. Recolección de datos estructurales: Durante esta etapa de campo se recolectaron los datos de las discontinuidades a fin de evaluar los posibles mecanismos de falla que se puedan originar.
- b. Análisis de los datos estructurales para establecer las diferentes familias de discontinuidades para cada talud. Mediante la representación estereográfica se puede visualizar el efecto de las discontinuidades en el comportamiento general del macizo rocoso en lo relativo a estabilidad.

Las condiciones estructurales críticas para que se presenten fallas planar y en cuña en el talud, son las siguientes:

- Falla Planar

La diferencia de azimut del buzamiento entre el talud y la discontinuidad es menor o igual a 20° es decir:

$$|\alpha_t - \alpha_d| \leq 20^\circ$$

donde: α_t = Azimut del buzamiento del talud

α_d = Azimut del buzamiento de la discontinuidad

La falla planar debe aparecer en la cara del talud. Esto significa que el buzamiento de la discontinuidad debe ser menor que el buzamiento de la cara del talud.

$$\psi_t > \psi_d$$

donde: ψ_t = Buzamiento del talud

ψ_d = Buzamiento de la discontinuidad

El buzamiento del plano de falla debe ser menor que el ángulo de fricción de este plano, es decir:

$$d < \emptyset$$

siendo \emptyset el ángulo de fricción interna asumida para la arenisca de la Formación Guadalupe igual a 40° .

La resistencia de las superficies laterales es despreciable.

- Falla en cuña.

Puede ocurrir la falla en cuña, cuando la línea de intersección entre dos planos tiene inclinación menor que la pendiente del talud, medida en la dirección del deslizamiento. Es decir, la condición de deslizamiento está definida como:

$$t > i \quad (\text{Condición cinemática})$$

$$t > \emptyset \quad (\text{Condición estática})$$

donde t = Inclinación de la cara del talud medida en la dirección de la línea de intersección.

i = Inclinación de la línea de intersección

\emptyset = Ángulo de fricción interna.

6.2.1.1 Talud 1:

Localizado en la parte Sur-occidental del área con altura de 30 m., dirección N-S y una inclinación hacia el W de 55° , los estratos tienen una dirección preferencial N10E buzando 35 al W; presenta dos familias principales de diaclasas: Familia 1 N60E/65E y Familia 2 N55W/75W con una frecuencia promedio de 1,2 metros.

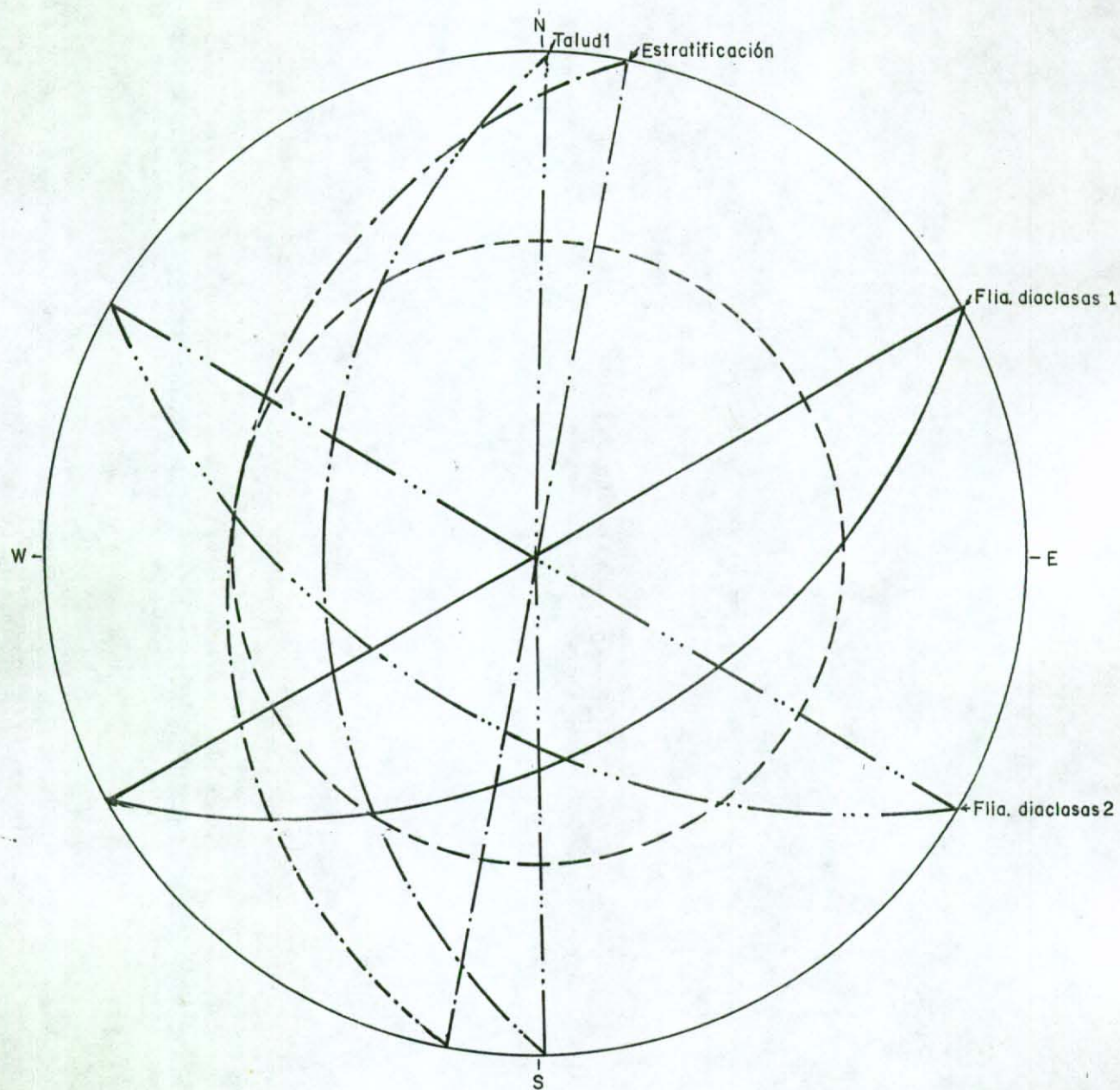
El talud 1 corresponde al principal frente de explotación, en él las malas prácticas de extracción han generado una erosión retrogresiva, caída de bloques, agrietamientos en la parte superior y fracturas irregulares debido al uso de explosivos convirtiéndose en un peligro potencial tanto para las personas que laboran en él, como para las construcciones ubicadas en su frente. Mediante la representación estereográfica del talud y las tres discontinuidades principales, se concluye que es susceptible a presentar fallas de tipo planar, por cuña y volcamiento lo que justifica su inclusión dentro de una zona inestable crítica. (Veáse Análisis estereográfico del Talud 1 - Figura No.7).

6.2.1.2 Talud 2:

Localizado en la parte central de los escarpes orientales con una altura promedio de 15 m. y una dirección N40W con una inclinación 80° al W. Los estratos tienen una dirección N 40 E, buzando 23° al W y tres familias de diaclasas: Familia 1: N 40 E/70 SE; Familia 2: N 70 W/90; Familia 3: N 44 W/75 NE con una frecuencia promedio de 1 a 0.5 m.

Las labores de explotación en el talud 2 son menores que en el resto del área. Presenta agrietamientos en la parte superior, fracturas irregulares por el uso de explosivos y caídas ocasionales de bloques.

Según el análisis estereográfico del talud y las tres discontinuidades principales, este talud no presenta fallas por cuña o volcamiento, pero sí fallas de tipo planar intenso que la incluyen dentro de la zona inestable crítica (Vease Figura No.8).

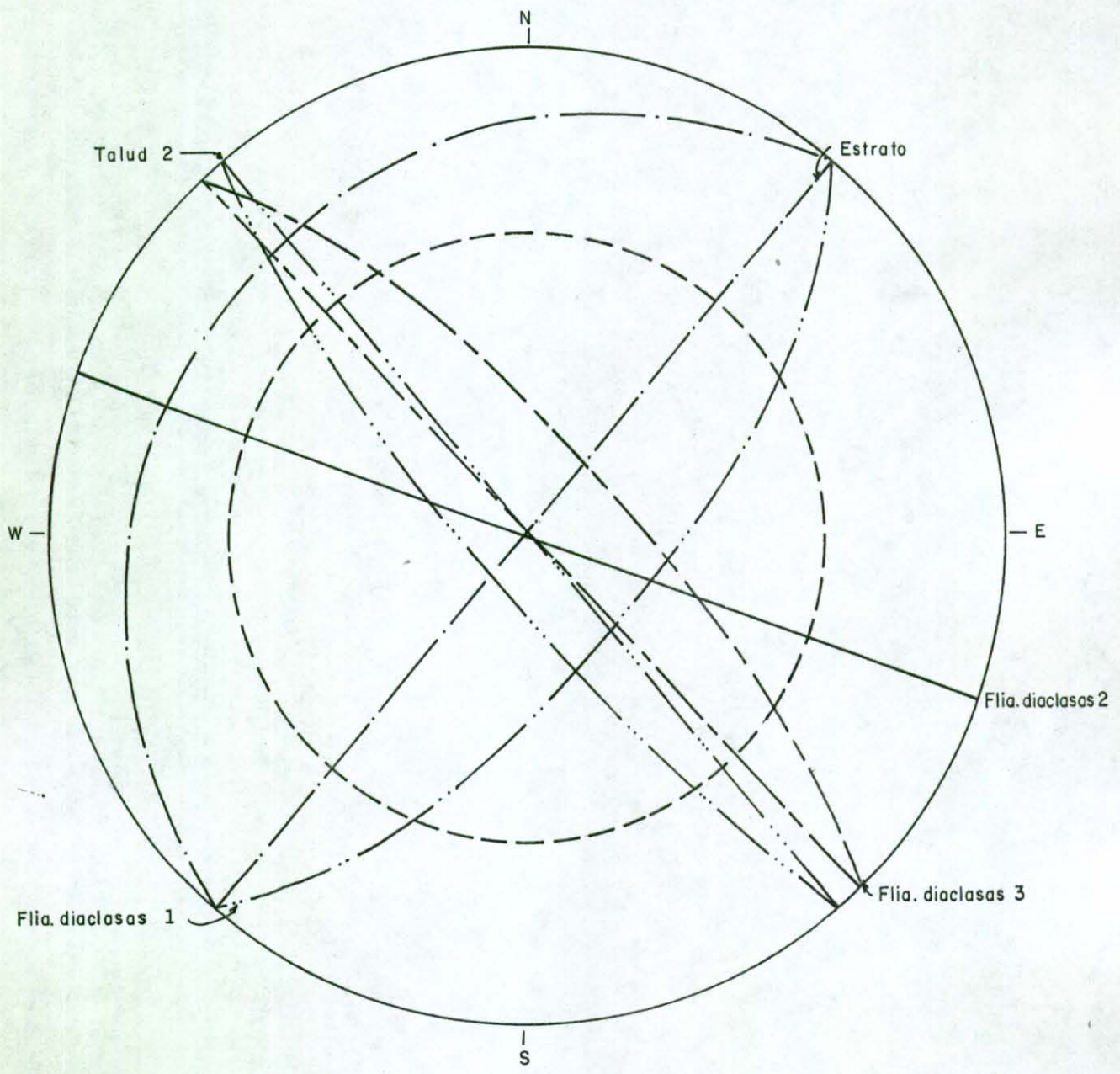


ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA.



ANALISIS ESTEREOGRAFICO DEL TALUD N°1 $\theta = 40^\circ$

FIG. 7



ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA.



ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD N° 2 $\phi = 40^\circ$

FIG. 8

6.2.1.3 Talud 3:

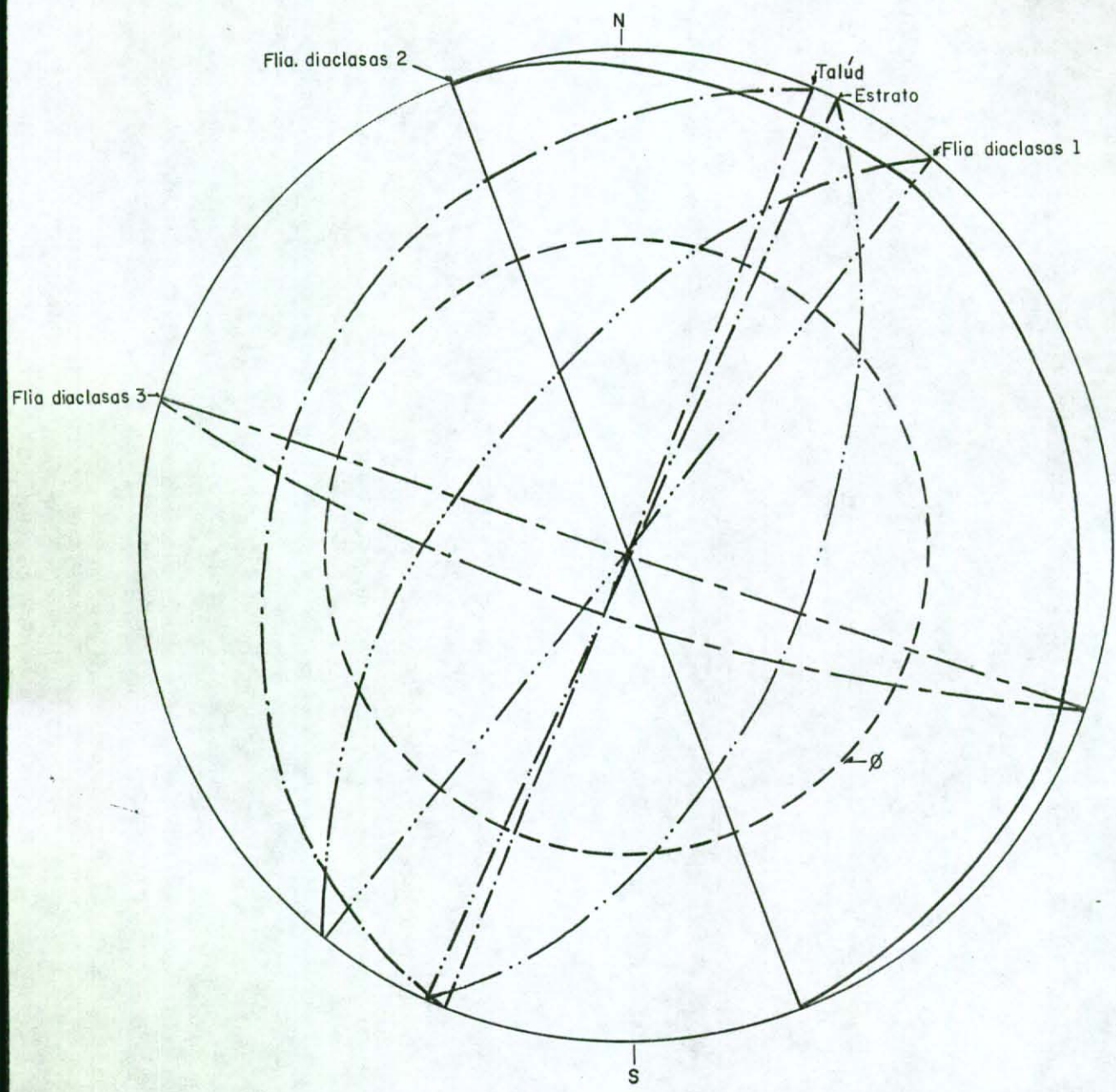
Localizado en la parte Nor-oriental de la zona, con una altura que va desde los 20 m. en el extremo Sur hasta los 5 m. en el extremo Norte, constituido por brechas de falla de la areniscas de la Formación Tierna. La dirección preferencial es N 50 E y una inclinación promedio de 80° hacia el W. Este talud tiene una morfología irregular ya que su composición litológica y resistencia a la erosión varía en tramos cortos, motivo por el cual no se le hizo análisis estereográfico. Por la facilidad para la extracción de material fue intensamente explotada; en el extremo Norte se pudo ver una entrada pronunciada de 2 m. de fondo, 2 m. de frente y 3 m. de altura que puede generar un fenómeno de subsidencia en la vía principal que conduce a La Calera. (Ver Plano 1).

6.2.1.4 Talud 4

Localizado en la parte Sur-oriental de la zona con alturas promedio de 10 m., con una dirección de N 70 W buzando 80° al W, los estratos tienen una dirección N 26 E, buzando 28° al W y presenta tres familias de diaclasas: Familia 1: N 40 E/60 SW; Familia 2: N 20 W/80 NE y Familia 3: N 25 E/60 SE con frecuencia promedio de 1.5 metros.

Este talud fue explotado hasta hace poco tiempo y su inestabilidad se manifiesta por caídas esporádicas de bloques y agrietamientos en su parte superior, también se observan fracturas por el uso de explosivos.

Se clasifica este talud como una zona inestable crítica porque el análisis estereográfico muestra su susceptibilidad a fallar de forma planar o por cuña, sin embargo, en el campo se estableció que es relativamente estable (Véase Figura No.9).



ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA.



ANALISIS ESTEREOGRAFICO DEL TALUD N° 4 Ø = 40°

FIG. 9

6.2.2. Zona Inestable recuperable (Zona IR).

Son terrenos que presentan inestabilidad manifiesta, sin embargo con algunos correctivos específicos se puede mejorar fácilmente su estabilidad.

Esta área esta localizada en la zona Sur-oriental, dentro de la cual esta ubicado el botadero; este sector no presenta actualmente fenómenos de movimiento significativos y no han presentado en el pasado, sin embargo por su conformación a base de desechos de construcción y basuras, sus condiciones de estabilidad son precarias debiendo procederse a su remoción, reconfiguración y posterior empradización.

Este botadero se trata de una masa recargada sobre un antiguo escarpe de explotación estable, pero un mayor aporte de basuras y desechos y su parte superior puede conllevar a una eventual desestabilización que en el momento no amenazaría ninguna construcción existente, sin embargo ante la presión reciente por desarrollar este sector urbanísticamente, se debe exigir a que acometa este tipo de proyecto el mejorar las condiciones de estabilidad de dicho sector antes de proceder a cualquier tipo de construcción para lograr con ello suprimir el problema de contaminación que éste presenta y disminuir el arrastre de sedimentos.

6.2.3 Zona estable dependiente (Zona ED).

Son terrenos que presentan estabilidad dependiente de factores internos y externos; internos como su composición litológica heterogénea (coluvión), la cual la hace más susceptible a presentar movimientos y ser erosionada; factores externos como el efecto de la escorrentía que produce erosión laminar, cárcavas; agrietamientos en la parte superior.

Esta zona esta localizada al occidente del área, se clasificó como una zona estable, pero por factores internos y aún externos (dinamita y malas prácticas de aprovechamiento) presenta sectores muy inestables ya que incluye grietas en la parte superior de la ladera, grandes bloques erráticos sobre ella y esporádicos desplomes en antiguos frentes de explotación, lo que lo convierte en un riesgo potencial para las zonas recreativas y los establecimientos educativos localizados al pie de la ladera.

6.2.4 Zona estable restringida (Zona ER).

Son terrenos estables, pero restringidos por estar ubicados cerca de frentes libres de taludes desprotegidos.

Esta localizada al Sur-occidente y en la parte central del extremo Norte. Esta zona no presenta ningún tipo de inestabilidad, sin embargo la cercanía a la zona inestable crítica limita las posibilidades de ser urbanizadas.

6.2.5 Zona Estable (Zona E).

La estabilidad de estos terrenos es de alto grado, pues sus condiciones naturales son muy favorables, dependiendo, sin embargo, del manejo que se le dé al terreno.

Esta zona se localiza al Orienta del área, su estabilidad puede llegar a ser afectada de continuar utilizándose como botadero de desechos y basura.



Panorámica de la zona de estudio



Panorámica del Talud No.1, frente principal de explotación actual. Se observa el aspecto caótico que se le ha imprimido con el método de extracción y los planos de estratificación que evidencian la susceptibilidad a la falla plana y por cuña.

VII. MEDIDAS CORRECTIVAS.

Para cada una de las zonas definidas como inestables, se hizo una evaluación de medidas correctivas aplicables a cada situación y cuya implementación se señala en los Planos 4 y 5.

Las obras más viables técnicas y económicas para la estabilización de la zona son de tres tipos:

- a. Obras de tipo civil para el buen manejo de las aguas y sedimentos como son:
 - Canales en las vías principales con sedimentadores, disipadores de energía y desarenadores.
 - Barreras escalonadas recolectoras de las aguas de escorrentía.
 - Muros ciclópeos de contención en zonas críticas.
 - Canalones longitudinales localizados en las bermas con inclinaciones no menores de 3°.
- b. Obras de recuperación morfológica: Este plan de recuperación morfológica se hizo considerando el análisis estructural de cada talud, para recuperar la estabilidad de cada zona y la armonía paisajística de toda el área.

Esta recuperación se basa en la disminución de las pendientes de cada talud mediante la extracción de material en forma ordenada y la construcción de bermas que mejoran las condiciones de estabilidad y de drenajes.

c. Obras de tipo forestal

- Implantes de vegetación, en terrenos donde no existe propiamente suelo y el material actual es inerte, o las pendientes son muy altas.
- Revegetalización en suelos degradados pero con posibilidades por textura y estructura de suelos, aún cuando tampoco presente suelo orgánico.
- Empradización con cespedones.
- Reforestación con especies nativas en áreas de pendientes hasta moderadas y donde las raíces encuentren forma de penetración

Deberán mantenerse buenas condiciones de drenaje de las bermas y taludes mientras avanza el establecimiento de la vegetación, así mismo se complementará con obras sencillas, tales como: construcción de terracetas, fajinas, zanjas de coronación, banquetas, etc.

El implemento de medidas correctivas indicadas, no obstante su costo, se justifica en el hecho de controlar los procesos erosivos, la sedimentación en las zonas bajas y el peligro inminente que presentan los taludes inestables.

7.1 Obras para la recuperación de la Zona Inestable Crítica (IC).

Teniendo en cuenta el grado de inestabilidad se considera que las obras más viables para su estabilidad son:

- a. La operación inmediata debe consistir en la remoción parcial del material inestable.
- b. Con un adecuado método de explotación, que consiste en el desplome de arriba hacia abajo, se deben ir conformando taludes con pendientes que garanticen su estabilidad.
- c. Se deben dejar bermas o terrazas, como mínimo de 5 m. de ancho, con canalones longitudinales, de pendiente muy suave hacia el Norte o Sur, según sea el caso, para facilitar la rápida evacuación del agua y así mejorar las condiciones de estabilidad del talud.
- d. En aquellos sitios donde después de adelantar todas las operaciones de excavación se observen grietas deberán ser tratadas, rellenándolas con material impermeable compactado, y en la parte superior material permeable que facilita la circulación del agua.

7.1.1. Plan de recuperación morfológica.

El siguiente patrón de recuperación morfológica que se ilustra en el Plano 5, el cual deberá seguirse de la manera más fiel posible.

- a. Talud 1: El plan de recuperación es el siguiente: De la cota 2.710 a la 2.725 el talud deberá dejarse con una pendiente de 20°, con una berma horizontal de 5 m, de ancho en la cota

2.716, con pendiente longitudinal no menor de 3° hacia el Norte, además se deberá construir un canalon recolector de aguas a lo largo de dicha berma cerca al talud, de manera que las aguas de escorrentía no afecten el talud más bajo topográficamente. (Veáse Perfil A-A' Fig.No.10).

- b. Talud 2: Este talud se debe conformar de la siguiente manera: En la parte Norte debe quedar con una pendiente de 20° entre la cota 2.730 y 2.735; y de 40° entre la cota 2.735 y 2.755, interrumpida por una berma de 5 m. de ancho, con una inclinación longitudinal de 3° hacia el Sur y un canalon a lo largo de la berma, cerca al talud superior.

La parte Sur del talud se debe conformar así: De la cota 2.730 a la 2.735 se deberá dejar una pendiente de 20° ; entre la cota 2.735 y 2.745 una pendiente de 40° ; con una berma horizontal en la cota 2.740, de 5 m. de ancho y una inclinación longitudinal no menor de 3° hacia el Norte, con su respectivo canalon cerca al talud superior. (Veáse Corte B-B'. Fig.No.11).

- c. El talud 3: El extremo Sur del talud tendrá la misma disposición del extremo Norte del Talud 2, solo que la inclinación longitudinal de la berma debe ser hacia el Sur.

El Norte del talud deberá quedar con la siguiente conformación: Desde la cota 2.740 a la cota 2.745 una pendiente de 20° , desde la cota 2.745 a la 2.755 la pendiente no podrá ser mayor de 45° ; el extremo Norte de este talud, no puede ser modificado por su cercanía a la vía que conduce a La Calera. Solo se podrán hacer obras correctivas como el relleno en ciclopeo que estabilizará la zona excavada. (Veáse Corte C-C' - Fig. No.12).

- d. Talud 4: Este talud deberá tener pocas modificaciones, por su cercanía a la vía que conduce a La Calera. Aunque no presenta graves problemas de estabilidad, su pendiente no podrá ser mayor de 45° entre las cotas 2.755 y 2.765. (Veáse Corte A-A', Figura No.10).

7.2 Obras para recuperación de la Zona Inestable Dependiente.

Para la recuperación de esta zona se deberá llevar la siguiente secuencia de actividades:

- a. Demolición de los grandes bloques que están sobre la ladera del coluvión, ya sea en forma manual o si se requiere con explosivos de baja velocidad.
- b. Adecuación morfológica por medio de la remoción parcial del coluvión.
- c. Adelantadas las dos primeras operaciones, se deberá tratar las grietas existentes.

7.2.1 Plan de recuperación Morfológica de la Zona ID.

El siguiente patrón de recuperación morfológica en esta zona se ilustra en el Plano 4., el cual deberá seguirse de la manera más fiel posible. Desde la cota 2.710 a la cota 2.715 deberá tener una pendiente de 10° , desde la cota 2.715 a la 2.725 una pendiente no mayor de 30° y desde la cota 2.725 a la 2.730, será una zona casi horizontal con pendientes promedio de 10° en los extremos Norte y Sur y de 5° en la parte central. Sobre la cota 2.715 se deberá dejar una berma de 5 m., de ancho e inclinada longitudinalmente no menos de 3° hacia el Sur con su respectivo canalón a lo largo de la berma, cerca al talud superior.

7.3 Obras para la recuperación de la Zona Inestable Recuperable.

Para recuperar ésta zona, se debe remover y compactar el basurero con buldozer y darle, junto con el talud sobre el cual esta apoyado, una disposición morfológica adecuada.

7.3.1 Plan de recuperación morfológica para la Zona IR.

Este terreno se debe adecuar con pendientes menores o iguales a 10° , desde la cota 2.725 a la cota 2.730; una pendiente de 20° desde la cota 2.730 a la 2.735; y una pendiente de 40° desde la cota 2.735 a la cota 2.745. En la cota 2.735 se deberá dejar una berma horizontal de 5 m. de ancho, con una inclinación longitudinal no menor de 3° hacia el Sur con su respectivo canalon recolector de aguas a lo largo de la berma al talud superior.

7.4 Secuencia general de actividades

Considerando que las medidas correctivas planteadas se ejecutarán a largo plazo es importante tener un orden de prioridades:

- a. La acción más inmediata deberá ser el control de sedimentos mediante el ordenamiento del drenaje por medio de los canales, canalones, sedimentadores y disipadores.
- b. Remoción parcial del material inestable.
- c. Adecuación del área siguiendo el plan de recuperación morfológica.
- d. Tratamiento de grietas.
- e. Recuperación de la cobertura vegetal.

7.5 Manejo de aguas y control de arrastre de sedimentos.

La disposición proyectada de los drenajes en el Plano 4., esta orientada a evitar el lavado de los terrenos pendientes, la formación de cárcavas y los desplomes producidos por la saturación de agua en las partes superiores de los taludes; y a controlar el arrastre de sedimentos.

Cada talud tiene depresiones que actuarán como drenaje para que el agua evacúe rápidamente a los canalones dispuestos en cada berma o a los canalones que bordean las vías de acceso.

A lo largo de los canalones se proyectan disipadores y sedimentadores cuya frecuencia depende de la pendiente del recorrido. Los sedimentadores recolectaran parcialmente las arenas a lo largo de los canales permitiendo que llegue la menor cantidad de sedimentos al desarenador localizado en la parte más baja del área. El detalle de tales obras se puede observar en el Anexo 1.

7.6 Cálculo de volúmenes de extracción

Para tener una idea de la permanencia de labores de extracción en el área, se elaboró un cálculo de reservas con base en la topografía actual y la topografía proyectada y se hallaron líneas isócoras (líneas que unen los puntos de igual profundidad), Plano 6., que muestra claramente las áreas y la profundidad a la cual debe hacerse la extracción de material para que la topografía actual tome la disposición morfológica que se plantea en el Plano 5.

Con base en el mapa de Isócoras se obtuvieron los siguientes volúmenes:

Arenas	: 305.312 m ³
Coluvión	: <u>77.690 m³</u>
TOTAL	384.002 m ³

Es importante anotar que el volumen obtenido corresponde a la roca in-sitú, la cual al ser extraída aumenta su volumen en 25%, por la descompactación, por lo tanto, el volumen que se debe considerar para el análisis es:

$$384.002 \times 0.25 = 96.000 \text{ para un total de } 480.002 \text{ m}^3$$

De acuerdo a la información obtenida directamente con los explotadores, se calcula un volumen de extracción diaria de 27 m^3 lo que equivale a un ritmo de explotación anual de 8.100 m^3 , trabajando 25 días al mes. Estos cálculos permiten establecer que para remover los 480.002 m^3 a este ritmo se requerirían 59 años.

Es de anotar que el ritmo de explotación no va ser siempre el mismo, puesto que las obras de recuperación morfológica en gran parte tendrá que ser en forma mecanizada, lo que disminuirá el tiempo requerido para la extracción de dicho volumen.

VIII. REHABILITACION ECOLOGICA

8.1 Generalidades

La minería a cielo abierto se caracteriza por destruir totalmente la capa vegetal que cubre el suelo, y por lo tanto, destruye también la vegetación que lo protege, así mismo varía sustancialmente la topografía y por lo tanto, destruye o interfiere los drenajes naturales.

Lo anterior implica que toda explotación de este tipo, deberá ser muy bien planificada previamente y se debe desarrollar siguiendo estrictamente las normas y procedimiento establecidos en ese Plan.

En el sector alto del barrio Horizonte Norte, dentro del área de estudio, se inició la explotación sin ninguna planificación previa y se comenzó en varios frentes de explotación, sin que hubiera entre ellos algún criterio de unificación o se tuvieran metas definidas hacia la conformación final del terreno. Por lo anterior, desafortunadamente todo el material producto del descapote, se perdió arrastrado por la torrencialidad formada por las aguas lluvias y seguramente contribuyó a los taponamientos de alcantarillas y al cubrimiento de la avenida 7a y calles aledañas localizadas en la parte baja.

El plan de rehabilitación morfológica ya expuesto en este estudio se debe complementar con la rehabilitación vegetal, para que tanto las obras diseñadas y propuestas así como la conformación definitiva que se planteó para el terreno, se puedan mantener, mediante una cobertura que las estabilice y las protega. Así mismo con esta cobertura y con la misma rehabilitación morfológica se busca disminuir el impacto causado por el deterioro paisajístico, el

cual se considera como "severo" dado la localización del área de estudio, la cual es visible fácilmente desde el Norte y Occidente de Bogotá a partir de la calle 140 aproximadamente.

Desafortunadamente la rehabilitación vegetal solamente se puede llevar a cabo cuando se haya conformado el terreno en la forma definitiva como va a quedar y se hayan ejecutado las obras de ingeniería propuestas. En el capítulo VII "Medidas Correctivas" se vió que al ritmo de explotación actual, los trabajos terminarían en un lapso de 59 años. No obstante, se deberá trabajar por parte, es decir, que a medida que se conforme una sección del área de estudio, se irá revegetalizando. La parte baja del terreno parece que es la que sufrirá menos cambios de acuerdo a la situación actual de los terrenos, por lo tanto, se deberá empezar por esta parte.

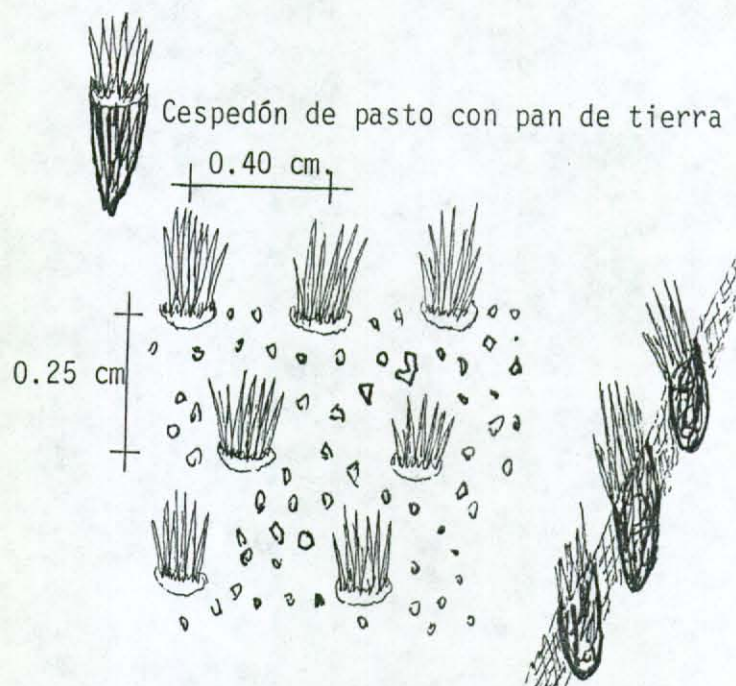
8.2 Obras de Revegetalización

Para complementar las obras de ingeniería, tales como terrazas o bermas, canales de desagüe, canales de coronación, taludes de cierta pendiente, desarenadores y vías con sus respectivas alcantarillas y cunetas, se deberá revegetalizar el terreno, para lo cual, se presentan las siguientes modalidades o alternativas:

- a. Implantes de vegetación. Este sistema se deberá utilizar para las zonas de mayores pendientes, es decir, para los taludes en donde la empradización con cespedones no garantice su prendimiento, tanto por la pendiente como por el tipo de suelo.

El sistema consiste en hacer hoyos en líneas dentro de las paredes del talud a distancias de 25 centímetros entre líneas y de 30 a 40 cm. entre plántulas, para luego plantar la vegetación más rústica que se encuentre en las áreas aledañas al

sector del estudio, tales como pastos naturales, kikuyo, paja ratón (*Callamagrostis effusa*), sacada en forma de cespedones pequeños, pero con bastante tierra y raíces, tal como se muestra más adelante en la figura. También se puede plantar material, producido en vivero en bolsa muy pequeña o en el sistema rootrainers (celdas pequeñas en libros plásticos). Las especies pueden ser Laurel de cera (*Myrica parvifolia*), Chilco (*Bacharis micrantha*), Hayuelo (*Dodonea viscosa*), Retamo (*Cystisus monspessutanus*) y el mismo Kikuyo sembrado por estolones



Pendiente 100 a 200% Figura No.17

Antes de sembrar las plántulas con su respectivo pan de tierra, se adicionará al fondo de cada hoyo una manotada (1/4 de libra) de tierra negra mezclada con abono orgánico, preferiblemente gallinaza, con 50 gramos de calfos.

- b. Empradización con cespedones. Este sistema se realizará para zonas con pendiente inferior a 45° , es decir por debajo del 100%. Consiste en conformar previamente el terreno, para luego adicionar una capa muy delgada (2 cm.) de tierra negra mezclada con abono orgánico y Calfos, seguidamente se debe cubrir el terreno con cespedones de pasto kikuyo, cortados en cuadros muy regulares, de tamaño hasta de un metro cuadrado por unidad.

Estos cespedones se deberán colocar en el suelo y luego pisarlos con una tabla, para que sus raíces hagan contacto directo con el suelo. Tal como en el anterior sistema la siembras se deberán efectuar preferiblemente al iniciarse el invierno, a finales de marzo, o a partir de septiembre.

- c. Inducción de la regeneración natural. Este sistema es para terrenos de pendientes entre suaves a moderadas y consiste en mezclar semillas de pastos que se adapten al lugar, tales como el Ray grass inglés, mezcladas con semillas de especies de la región, tales como Chilco, Laurel de cera, Hayuelo, Retamo, etc., sembradas en surcos muy superficiales, previa preparación del terreno (conformar y aflojar el suelo) con adición de una capa delgada de tierra negra, previamente abonada. También se puede sembrar la semilla al voleo, esparciéndola uniformemente, mezclada con aserrín o cascarilla de arroz, para luego cubrir el terreno con una capa delgada de tierra negra. Esta siembra también se debe efectuar al iniciarse las lluvias.
- d. Reforestación. Consiste en la siembra directa de especies arbóreas y arbustivas, tanto de nativas, como de especies que a pesar de no ser de la región se adapten a las condiciones del lugar, tales como:

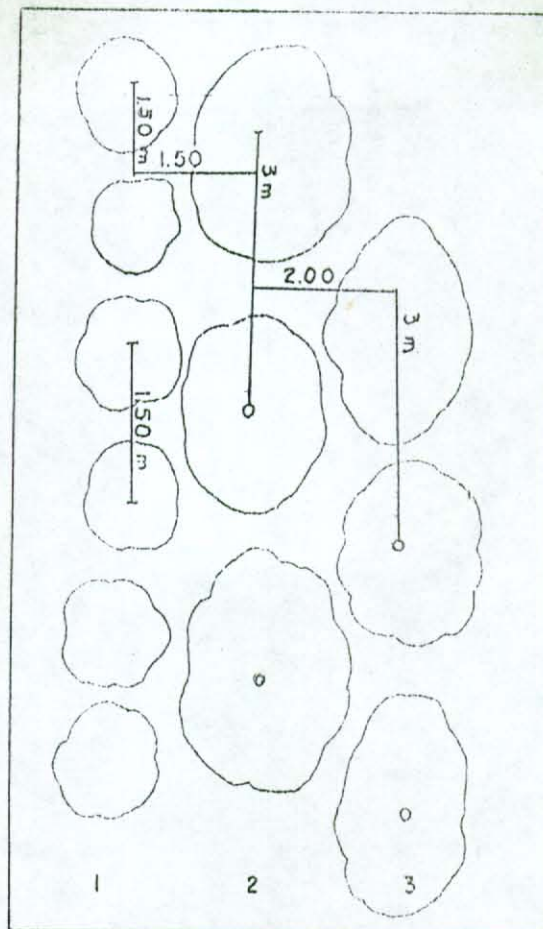
Acacia japonesa	=	Acacia melanoxilum
Acacia negra	=	Acacia decurrens
Urapan	=	Fraxinus cinnensis
Eucalipto	=	Eucaliptus globulus
Pinos	=	Pinus patula Pinus radiata

La reforestación se deberá hacer por fajas en sentido Norte-Sur, y a diferentes niveles para que cubran hasta donde sea posible la zona de extracción, que tan mal aspecto presenta, cuando se observa desde el Norte de Bogotá.

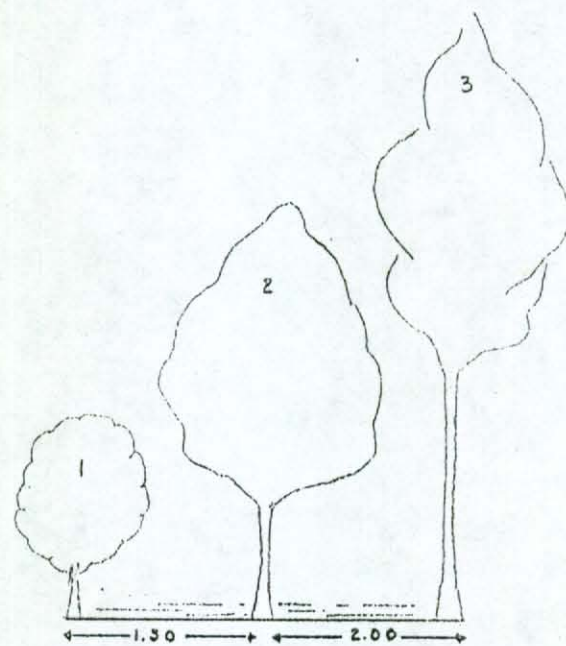
Se deberán establecer cuatro fajas, o barreras de árboles, con distancias entre barrera y barrera (W-E) cada 70 metros aproximadamente.

Para que cada barrera cumpla estrictamente la función de cubrimiento total de la visibilidad se deberá establecer a manera de barrera "rompeviento", por el sistema "Multiestrata", es decir en tres niveles así: Un primer nivel de arbustos de especies nativas empezando de Occidente a Oriente (Hayuelo, Chilco, Laurel de cera o Sauco), un segundo nivel, sembrado a dos metros del primero, hacia el Oriente y compuesto por Acacias o por Urapanes y un tercer nivel de árboles de gran altura, como son los Eucaliptus, especialmente Eucaliptu globulus. El esquema ilustra el sistema (Fig.No.18).

La primera franja o barrera de árboles se puede establecer bordeando la vía actual de la parte baja, en su parte occidental. Esta barrera se deberá establecer desde el inicio de las operaciones, para poner en marcha el presente plan de rehabilitación morfológica y ecológica.



PLANTA



VISTA LATERAL

1: Arbusto Nativo

2: Acacia

3: Eucalipto



DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS

ESTUDIO DE REHABILITACIÓN MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTÁ - BARRIO HORIZONTE NORTE.



INGENIEROS FORESTALES
CONSULTORES Y ASOCIADOS

BARRERA PARA MEJORAR EL IMPACTO VISUAL

Fecha = OCT. 1989

Figura Nº 18

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aún cuando a lo largo del informe algunas de las conclusiones y recomendaciones ya han sido planteadas, en éste capítulo se hace un recuento de las principales.

9.1 Conclusiones

- a. Los principales procesos morfodinámicos identificados en la zona son: erosión laminar, erosión retrogresiva, agrietamientos, desprendimientos de bloques por fallas.
- b. La acción antrópica y la influencia morfoestructural imprimieron las principales características del relieve actual.
- c. El origen de las condiciones precarias de estabilidad en que se encuentran algunos taludes es producto de las explotaciones sin mayor técnica.
- d. Según el análisis estereográfico, el Talud 1. presenta falla planar, por cuña y volcamiento; el Talud 2. presenta falla planar; el Talud 4. es susceptible a fallar en forma planar o por cuña.
- e. El avance de todos los fenómenos es retrogresivo, y la zona continuará deteriorándose a menos que las medidas preventivas y correctivas sean adoptadas.

- f. La zona constituida por coluviones se clasificó como zona estable dependiente pero por presentar grietas, bloques erráticos y esporádicos desplomes que lo convierten en un riesgo potencial para las construcciones aledañas, se considera como una zona inestable.
- g. La zona de botadero de basura se clasificó como inestable recuperable por estar conformada de desechos poco consolidados.
- h. La zona urbanizada se clasificó como estable restringida por estar localizada cerca a los talúdes inestables.
- i. La cobertura vegetal fué removida en su totalidad a través de los años y hoy solamente existen algunas especies pioneras que lograron establecerse posteriormente. La capa del suelo orgánico también se perdió casi en su totalidad.
- j. Los drenajes fueron interferidos por los cambios en la fisiografía, debido a acciones antrópicas. Por este motivo los torrentes que se forman con las lluvias, arrastran gran cantidad de materiales y sedimentos.

9.2 Recomendaciones

- a. Solicitar la colaboración de las personas que explotan en el área para alcanzar los objetivos propuestos en el plan de recuperación morfológica.
- b. La acción más inmediata deberá ser el control de sedimentos mediante el ordenamiento del drenaje por medio de los canalones, disipadores, desarenadores y sedimentadores.

- c. Otra acción de suma importancia es el establecimiento de la primera barrera de árboles para mejorar el impacto visual.
- d. Prohibir cualquier tipo de explotación en los taludes orientales a fin de proteger la banca de la vía que conduce a La Calera.
- e. La estabilización de la zona de botadero consiste en primera instancia en prohibir que se continúe depositando basuras y desechos en el área y luego proceder a su remoción, reconformación y posterior empradización.
- f. En el proceso de estabilización de los taludes es fundamental cambiar el método de explotación extrayendo el material de arriba hacia abajo.
- g. Impedir el desarrollo de nuevas viviendas cerca de frentes libres de taludes desprotegidos.
- h. Demoler los grandes bloques que están sobre la ladera así sea con explosivos de baja velocidad.
- i. Los explosivos que se recomiendan para fragmentar la roca dura deben ser de baja velocidad para evitar vibraciones y contaminación por ruido.
- j. Para lograr la disposición morfológica proyectada en el área, se deben variar y eliminar algunas vías secundarias como se puede apreciar en el Plano 5.

Una vez que cada área haya sido conformada de acuerdo a la disposición final, se deberá revegetalizar de inmediato, con las obras adicionales sencillas de control de erosión y que complementan la estabilidad de suelos.

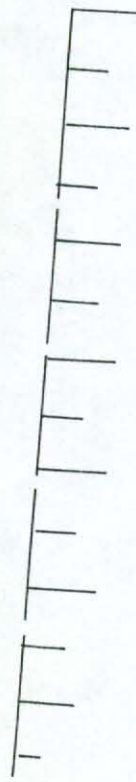
- k. Es importante hacer llegar copia de este estudio al Departamento Administrativo de Planeación Distrital para que en el caso de una futura urbanización se exija el cumplimiento de las medidas correctivas sugeridas en este estudio.

ANEXO No.1:

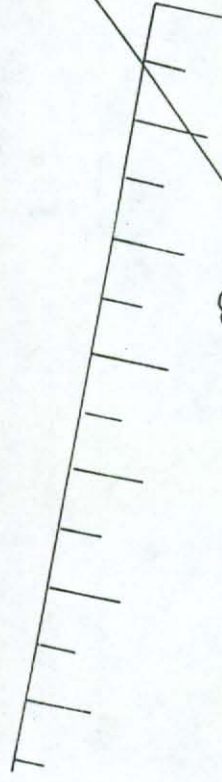
- Detalle de canales de recolección
- Detalle de sedimentador
- Esquema de sedimentador



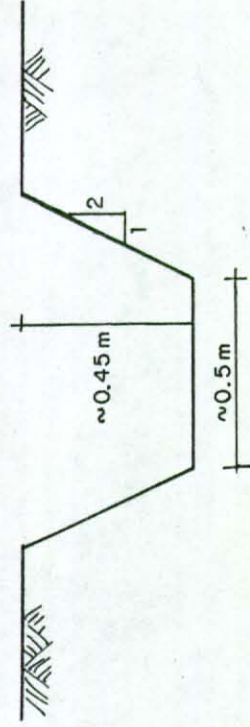
Pendiente $< 5\%$



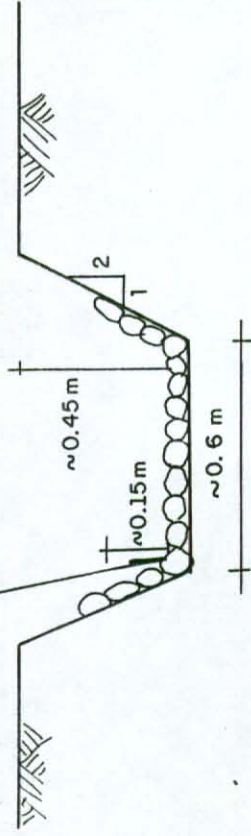
Pendiente de 5 a 10%



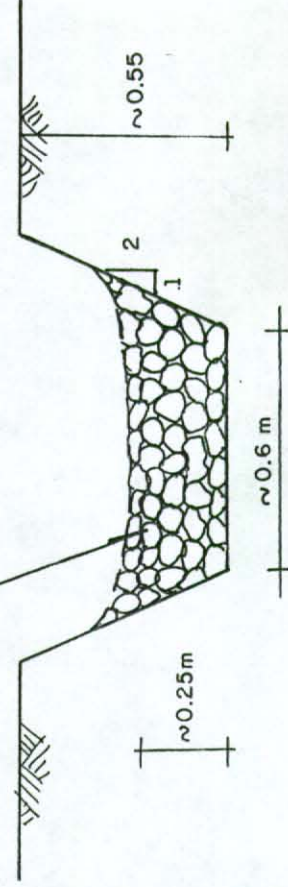
Pendiente $> 10\%$



Enrocado de Protección



Disipadores de Energía



ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA
Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTI-
VO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA.

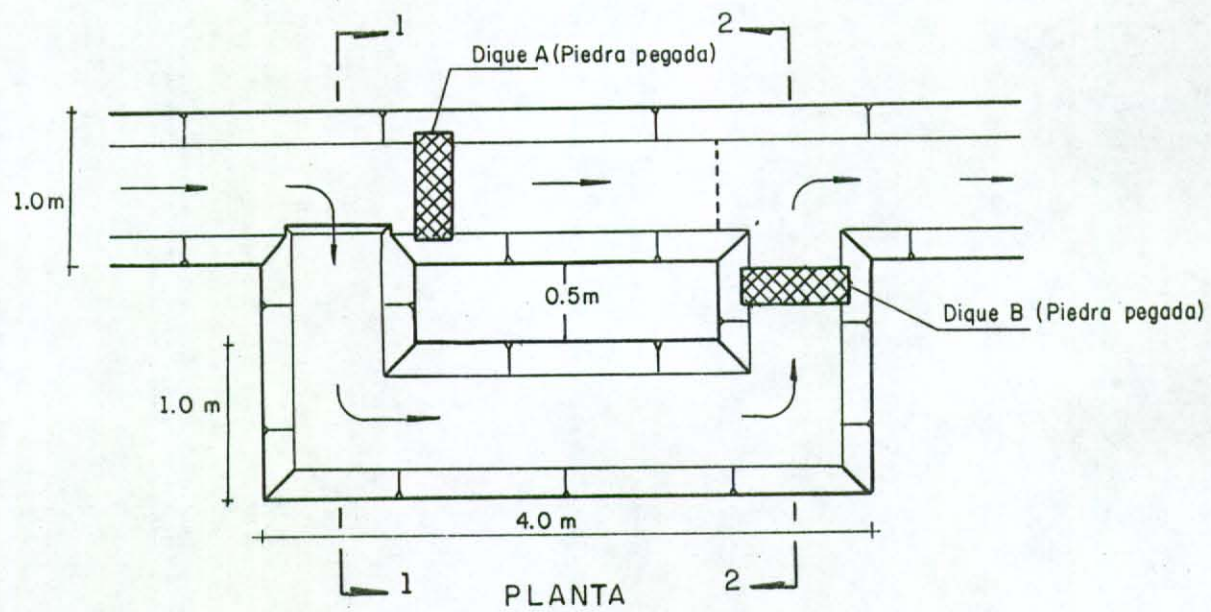
itcaya
IDA

DETALLE DE CANALES DE RECO-
LECCION - Escala 1:20

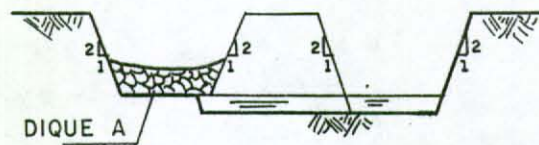
FIGURA Nº

14

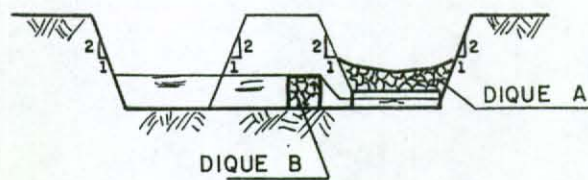
65



SECCION 1-1



SECCION 2-2



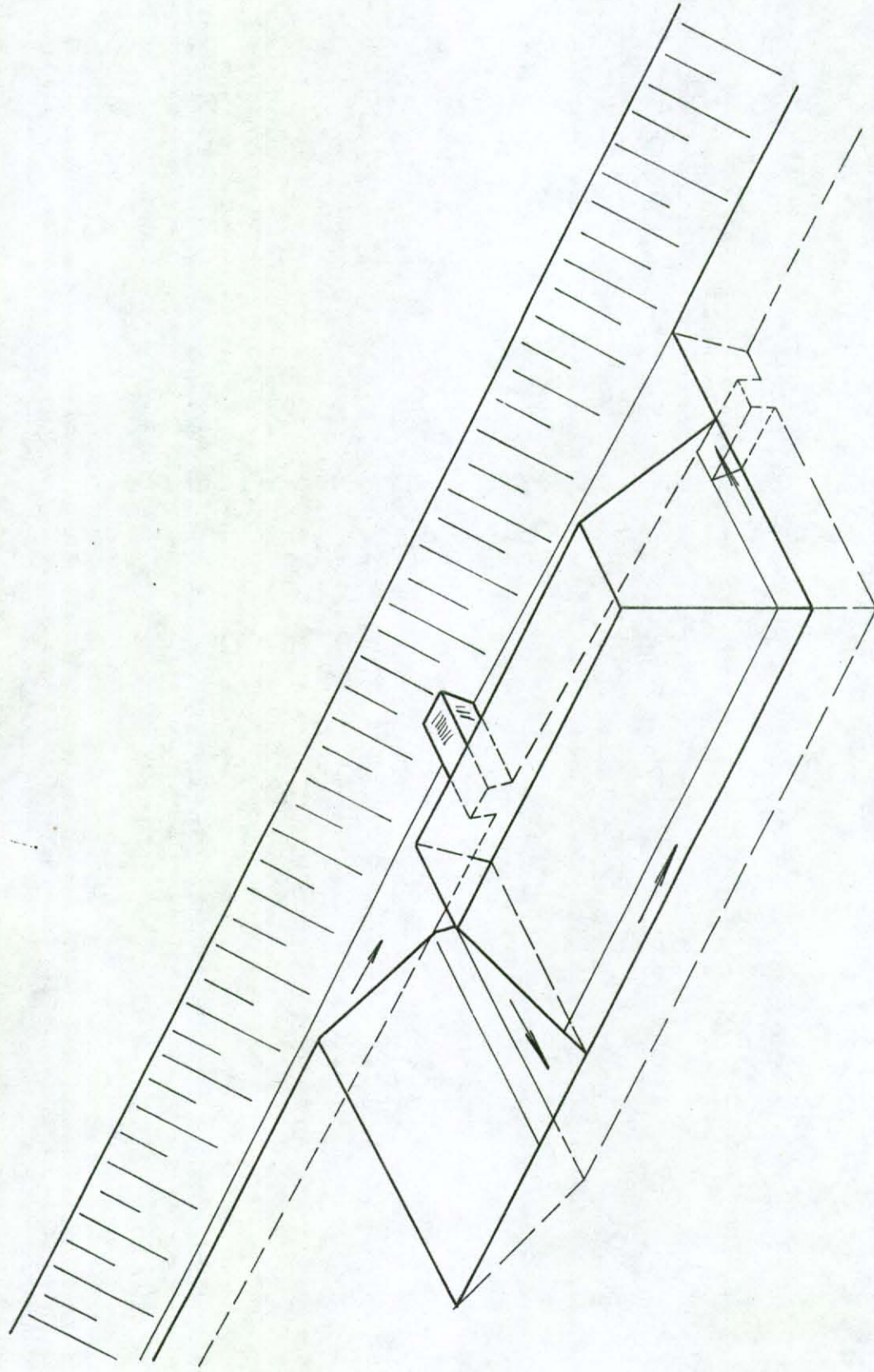
ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTIVO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA.

ifcaya
IOA

DETALLE DE SEDIMENTADOR

Escala 1:50

FIG.
15



ESTUDIO DE REHABILITACION MORFOLOGICA
Y ECOLOGICA DE AREAS DE USO EXTRACTI-
VO AL NOR-ORIENTE DE BOGOTA.

ifcayya
IDUA

ESQUEMA DE SEDIMENTADOR

Escala = 1:50

FIGURA Nº

16